631.6
D.79г м
7389

А. Д. ДУБАХ

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЛИОРАЦИИ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

631.6
Д-69 г.м.

Проф. А. Д. ДУБАХ
Доктор с.-х. наук

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЛИОРАЦИИ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

Допущено Всесоюзным комитетом по делам высшей школы при СНК СССР в качестве учебника для втузов

7389 Б-6 хр.

Белорусского
Сельскохозяйственного
Института
Библиотека
631.6
Шифр Д. 79 г.м.
Инв. № 7389

МОСКВА ГОСЛЕСТЕХИЗДАТ 1945

РАЗДЕЛ I

ГИДРОЛОГИЯ

Глава 1

ВВЕДЕНИЕ

Мелиоративные мероприятия являются одним из способов воздействия человека на физико-географическую среду земли.

Воздействие человека на землю началось с простейшей обработки ее в борьбе за свое существование. Обработка земли сопровождалась посевами, посадкой растений, а затем и поливом их.

С древнейших времен человек воздействует на воду путем орошения земель, а затем—осушения их.

В Южной Индии, Месопотамии, Египте, Китае орошение начали применять за тысячелетия до нашей эры. Еще в глубокой древности орошение было известно в среднеазиатской части СССР (Мервский и Тедженский оазисы Туркменской ССР, Хорезы—нижнее течение Аму-Дарьи—и предгорные районы бассейнов Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи). Только благодаря орошению Средняя Азия является обильнейшим источником хлопка, риса, фруктов. В настоящее время крупные ирригационные работы ведутся в СССР (в Средней Азии), США и в Индии.

У нас появилась новая форма ирригационного строительства—строительство огромных сооружений. В ряду таких на первом месте стоит строительство Ферганского оросительного канала протяжением 265 км, выполненное в трехмесячный срок.

Другой вид воздействия на воду—осушение земель—значительно повышает производительность сельскохозяйственных и лесных земель и создает новые площади для возделывания. При осушении надлежаще выбранных лесных площадей годичный прирост древесины увеличивается на 3 м^3 с гектара, а суммарный достигает в некоторых случаях 10 м^3 на гектар в год при полноте древостоя 0,6—0,8. К наибольшим по масштабам осушительным работам последнего времени относится осушение Колхидской низменности в Грузинской ССР. Площадь низмен-

ности—около 200 тыс. га. Здесь протекают реки Рион, Хопи, Супса. Притоки Риона несут с гор после ливней массы воды, которая разливается по всей низменности вследствие образования в устьях рек подпорных валов из-за осаждения приносимых с гор наносов. При таких условиях затопления на низменности культивируется преимущественно кукуруза; климат же и почвы соответствуют требованиям весьма ценных субтропических культур: чайного дерева, мандаринов, новозеландского льна, рами и многих других.

СУЩНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕЛИОРАЦИЙ

Состояние, движение и деятельность воды на поверхности земного шара, в его недрах и воздушной оболочке изучает гидрология.

Вода на поверхности земного шара образует гидросферу и является предметом изучения гидрологии в узком понимании; вода в атмосфере изучается гидрометеорологией, а вода в земной коре — гидрогеологией.

Способы воздействия на движение и деятельность воды в природе, с целью использования свойств воды для народнохозяйственных нужд, изучает и осуществляет гидротехника.

Гидротехника по содержанию делится на четыре основные ветви: транспортная гидротехника, энергетическая, санитарная (коммунальная) и мелиоративная.

Под мелиоративной гидротехникой, или под гидротехнической мелиорацией, разумеется комплекс таких работ, которые коренным образом и на продолжительное время улучшают водный режим земельной площади в целях создания или дальнейшего развития на ней условий для получения сельскохозяйственной или лесной продукции.

Кроме мелиорации гидротехнической, улучшающей земельную территорию посредством изменения водного режима, имеются лесные мелиорации, которые изменяют условия эксплоатации земельной территории непосредственным разведением леса, и мелиорации механо-технические, состоящие в удалении с территории предметов, препятствующих ее эксплоатации (камни, пни), в выравнивании поверхности и т. п.

В излагаемом курсе в состав гидротехнической мелиорации включаются: осушение лесных земель, орошение питомников, парков и садов, обводнение (пруды, колодцы), борьба с эрозией (смыв и оврагообразование), борьба с оползнями и горными потоками.

В настоящем курсе изложена лишь гидротехническая мелиорация и только применительно к лесным землям. Ясно, что излагаемая именно таким образом гидротехническая мелиорация лесных земель требует сочетания лесных, гидрологических и инженерных знаний.

Гидротехнические мелиорации четырех основных видов—осушение, орошение, обводнение и защита площадей от размыва—ранее излагались как резко очерченные по содержанию дисциплины, осушение же даже противопоставлялось орошению.

Ныне конечной технической задачей мелиорации земельной территории является создание на территории такого комплекса устройств, посредством которого можно регулировать водный режим в грунте, т. е. отводить избыток и пополнять недостаток воды, когда это полезно для растительности. Осушение и орошение во многих случаях целесообразно осуществлять на одной и той же территории.

Качественные цели мелиорации меняются и развиваются с изменением хозяйственно-социальных условий. В дореволюционное время осушение ограничивалось прорытием канав на больших расстояниях друг от друга. Теперь мелиорация ведется с расчетом на интенсивное использование площади, что требует более частой осушительной сети. Площади, которые сейчас считаются не нуждающимися в мелиорации, в будущем включатся в число объектов мелиорации.

Значение и свойства воды в природе и жизни человека

Вода в состоянии движения и покоя имеет разностороннее значение в жизни и деятельности человека.

Влияние на климат. Близость моря регулирует температуру и влажность воздуха, умеряя колебания их; создается морской и континентальный климат.

В береговых зонах южных стран под влиянием моря происходит правильная внутрисуточная смена ветров, именуемых бризами. Днем суша нагревается сильнее моря, воздух над сушей расширяется, столб его становится выше, в верхних слоях воздух начинает передвигаться с суши на море, а в нижних—с моря на сушу. Ночью суша остывает сильнее моря, воздух сжимается, в верхних слоях создается движение с моря на сушу, а в нижних—с суши на море. Такие бризы наблюдаются в частности по берегам Крыма.

Внутригодичные колебания температуры суши и океана создают муссоны, дующие летом с океана, когда над сушей теплее, а зимой — с суши. Летом муссон приносит значительные количества влаги и создает обилие осадков. Это резко выражено, например, в Индии, где летний муссон выделяет обильные осадки на южном склоне Гималайских гор. Здесь пункт Черрапундней имеет наибольшее в мире количество осадков — 1 250 мм за год.

Течение больших масс воды в океане перемещает тепло с экватора на север. Течение Атлантического океана Гольфстрем

доходит до северного полюса. Благодаря этому течению имеются незамерзающие порты на севере Европейского материка, например порт Мурманск.

Вода больших рек Сибири, текущих с юга на север, несет огромные количества тепла, согревающего устьевую зону этих рек.

Транспортное значение. Значение водных путей в расселении, торговых сношениях людей и в создании государств достаточно освещено в истории СССР. До 1940 г. в СССР значилось около 100 тыс. км водных путей, включая лесосплавные. Строительство канала им. Сталина (Белое море—Онежское озеро), канала Москва—Волга, проект реконструкции Волги иллюстрируют значение водных путей в Советском Союзе.

Энергетическое значение. Движущаяся вода обладает кинетической энергией. Если Q м³ воды в секунду падает с высоты H м, то теоретическая работа P равна:
в килограммометрах в секунду:

$$P = Q \cdot \delta \cdot H,$$

или в лошадиных силах:

$$N = \frac{Q \cdot \delta \cdot H}{75},$$

где δ — вес 1 м³ воды, равный 1 000 кг.

Одна лошадиная сила эквивалентна 0,75 квт.

Крупнейшие гидростанции СССР приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование станций	Год пуска в эксплоатацию
Волховская	1926
Днепровская	1932
Нижне-свирская	1933
Рионская	1933
Нивская (р. Нива)	1934
Иваньковская (Волга у отхода канала от р. Волги на Москву)	1937
Куйбышевская	Проектируется
Рыбинская	Строится
Угличская	»

Промышленное потребление воды. Во всех технологических процессах вода потребляется для промывки, осуществления реакций, вводится в состав изготовляемого продукта.

В воде нуждается всякий двигатель: паровой — для превращения ее в пар, прочие двигатели — для охлаждения частей.

Бытовое значение (коммунальное потребление). При расчетах городского водоснабжения принимают не менее 100 л воды в день на человека, считая столовые, прачечные, бани, исключая фабрики и заводы.

Пищевое значение воды для растений и животных. Для построения 1 кг сухого вещества растение пропускает через себя 300—800 кг воды, испаряя воду в воздух (транспирационное испарение). Вода является составной частью вещества растения, растворяет минеральные вещества, транспортирует их из почвы в растение. Основная задача гидротехнической мелиорации заключается именно в том, чтобы создать в грунте содержание воды, наиболее благоприятное для жизни растения.

Отрицательное значение воды. Наряду с полезнейшими свойствами воды она нередко оказывает и вредное действие. Избыточное насыщение почвы водой, выражающееся близким от поверхности стоянием уровня грунтовой воды, вызывает вредное для растительности заболачивание почвы. Заболачивание почвы ведет к образованию болота, на котором гибнет культурная растительность. По Ленинградской области болота занимают 18,1% площади, а болота вместе с заболоченными землями — 32,6% от площади области. Эта огромная площадь требует отвода избытка воды из почвогрунта. Избыточное увлажнение грунта затрудняет сообщение.

Влажность воздуха и сырость грунта создают антисанитарные условия жизни. Застой воды на поверхности способствует размножению малярийного комара.

Большое скопление весенней или дождевой воды в реках вызывает наводнения. Памятно наводнение в Москве весной 1908 г., часты внезапные наводнения на системе р. Миссисипи. Известны наводнения в Ленинграде от ветрового нагона воды в Неву, особенно сильные в 1824 г. и ровно через сто лет — в 1924 г.

Слишком быстрое стекание воды по поверхности полей сопровождается смывом верхнего плодородного слоя почвы (эрозия) и затем размывом грунта отдельными водотоками, ведущими к образованию оврагов.

Бурный сток воды с горных склонов и по горным долинам выносит из ущелий массы продуктов выветривания горных пород в виде ила и камней, заносящих культурные площади долин (горные селевые потоки). Например, селевой поток по р. Алмаатинке в 1921 г. разрушил 463 постройки г. Алма-Ата, при этом погибло до 500 человек, много скота и большие площади посевов.

Скопление воды в виде снега на крутых склонах образует снежные обвалы, обрушающиеся в долину (снежные лавины). Так, в Хибинских горах в районе г. Кировска в 1936 и 1938 гг. наблюдались крупные обвалы снега.

Глава 2

ЭЛЕМЕНТЫ ГИДРАВЛИКИ

Теоретическая механика изучает законы равновесия и движения идеальных тел, в том числе и идеальных жидкостей, в отвлеченной среде, в которой нет сопротивлений. Практическая механика и параллельно гидравлика изучают равновесие и движение реальных тел в действительной среде. Формулы, выводимые для движения идеальной жидкости, пригодны для характеристики движения воды в реальной среде после введения в них поправочных коэфициентов, полученных в результате экспериментальных наблюдений.

Гидравлика рассматривает: 1) физические свойства воды, 2) равновесие воды (статика), 3) движение воды (гидродинамика).

Физические свойства воды

Вода обладает константными и специфическими свойствами. Благодаря константности свойств воды многие физические свойства остальных тел характеризуются путем сравнения с водой. Вес 1 см³ чистой воды при +4° Ц принят за грамм, вес литра воды — за килограмм. Вес всех остальных тел сравнивается с весом воды и выражается удельным весом, т. е. отношением веса тела к весу равновеликого объема воды; удельный вес льда—0,92.

Количество тепла, затрачиваемого на то, чтобы поднять температуру 1 см³ воды на 1° Ц, называется малой калорией.

Теплоемкость всех остальных тел сравнивается с теплоемкостью воды.

По разнице температуры чистой воды в момент кипения и в момент замерзания составлена сотенная шкала градусов температуры Цельсия.

Специфичность воды заключается в том, что наибольшую плотность чистая вода имеет при +4°Ц; лед легче воды. Это свойство имеет чрезвычайно важное значение: лед водоемов держится на воде, под ним остается в жидком состоянии вода. Прочие же жидкости при замерзании уплотняются, и „лед" их погружается на дно сосуда, постепенно заполняя его.

Чтобы перевести 1 кг льда с температурой 0° в воду температурой 0°, потребуется 80 больших калорий (теплота плавления), а чтобы обратить в пар 1 кг воды при температуре 100°,— 537 больших калорий.

Статика

В состоянии покоя вода находится в водоемах и сосудах. При гидротехническом проектировании учитывается давление воды в этом состоянии на дно и стенки сосуда. Плотина, образующая водоем, аналогична стенке сосуда. Поэтому необходимо рассмотреть основные положения гидростатики.

Закон Паскаля. Давление, производимое внешними силами на находящуюся в равновесии жидкость, передается внутри жидкости равномерно и целиком по всем направлениям. Экспериментально это иллюстрируется давлением поршня на жидкость в замкнутом сосуде. Если к поршню приложена сила в 1 кг на 1 см², то в любом месте стенки сосуда независимо от положения выявится добавочное давление в 1 кг на 1 см² стенки.

Давление покоящейся жидкости на дно сосуда. Давление воды на дно сосуда равно весу столба воды, который имеет основанием дно сосуда, а высотой—вертикальное расстояние дна от поверхности воды (рис. 1). В сосуде с вертикальными стенками давление на дно равно весу самой воды. В расширяющемся кверху сосуде вес части воды воспринимается наклонными

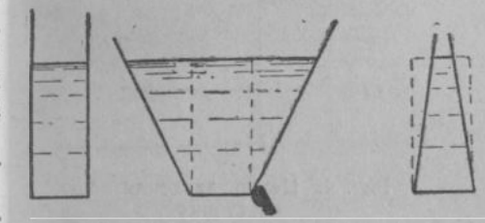


Рис. 1. Давление воды на дно

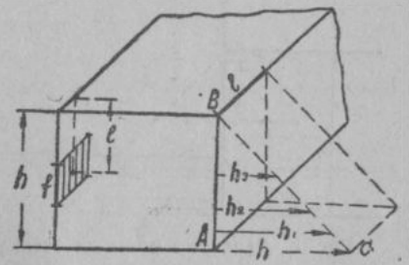


Рис. 2. Давление воды на боковую стенку

стенками сосуда. Если сосуд суживается кверху, часть дна, лежащая отвесно под верхней поверхностью воды (являющаяся ее проекцией), должна выдерживать давление покоящегося на ней столба жидкости. Но так как всякое давление внутри жидкости распространяется равномерно во все стороны, то и остальная часть дна, являющаяся проекцией стенок, воспринимает на каждую квадратную единицу поверхности то же давление. Получается, что жидкости могут оказывать на дно сосуда давление, большее своего веса (парадокс Стевина).

Давление жидкости на боковую стенку сосуда равно весу столба воды, имеющего основанием площадь стенки, а высотой—расстояние от центра тяжести стенки до поверхности воды (рис.2):

$$P = f \cdot l \cdot \delta,$$

где:

P — общее давление;
f — площадь стенки;
l — расстояние от поверхности воды до центра тяжести;
δ — удельный вес воды.

Это правило относится ко всякой части стенки.

Пример. Глубина воды в сосуде равна 2 м, ширина стенки — 1,5 м. Давление воды на всю боковую стенку при этом составит:

$$P = 1{,}5 \times 2 \times \frac{2}{2} \times 1\,000 = 3\,000 \text{ кг}.$$

В сосуде имеется боковой клапан размерами 0,1 м × 0,1 м. Центр его тяжести находится на расстоянии 0,5 м от поверхности. Определить давление воды на клапан.

$$P = 0{,}1 \times 0{,}1 \times 0{,}5 \times 1\,000 = 5 \text{ кг}.$$

Давление на боковую стенку графически изображается треугольником давления (рис. 2). На площадку у самого дна сосуда давит столб воды высотой h, на площадку в расстоянии h_1

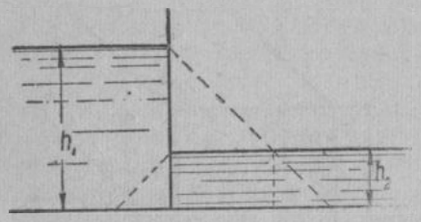


Рис. 3. Давление воды на стенку с двух сторон

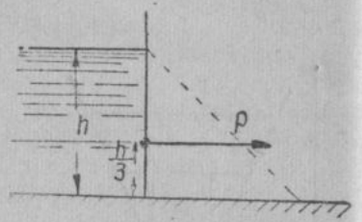


Рис. 4. Центр давления воды на стенку

от поверхности воды давит столб воды высотой h_1, и т. д. Откладывая высоты давления h, h_1, h_2 и др. в горизонтальном направлении и соединяя концы их, получаем треугольник давления ABC. Площадь этого треугольника $\frac{h \cdot h}{2}$, умноженная на вес δ единицы объема воды, равна давлению воды на стенку AB на протяжении единицы ее длины (перпендикулярно к плоскости чертежа).

$$P = \frac{h \cdot h}{2} \cdot \delta = \frac{h^2}{2} \cdot \delta$$

(при h в м и $\delta = 1\,000$ кг).

Если вода находится по обе стороны стенки, но с разными напорами, давление выразится треугольниками (рис. 3). Величина равнодействующей сил давлений с обеих сторон будет:

$$P = \frac{h_1^2}{2} \cdot \delta - \frac{h_2^2}{2} \cdot \delta.$$

Центр давления воды (рис. 4) на прямоугольную стенку сосуда расположен на расстоянии одной трети напора воды от основания стенки, так как центр тяжести треугольника давления

находится на одной трети высоты треугольника. Следовательно, если стенка (затвор) может вращаться вокруг горизонтальной оси, то при положении оси на расстоянии $^1/_3 h$ от нижнего края затвора последний будет в равновесии. Если же затвор занимает часть стенки, то центр давления на такой затвор найти сложнее.

В гидротехническом строительстве сосудом является бассейн, пруд, озеро, а стенкой сосуда — плотина, образующая подъем воды. На откос плотины давление воды направлено перпендикулярно поверхности откоса (рис. 5). Если давление на откос плотины разложить на горизонтальное и вертикальное, то горизонтальная слагающая P_1 будет равна давлению воды на вертикальную проекцию aB откоса AB, а вертикальная слагающая P_2 — давлению воды на горизонтальную проекцию aA откоса AB.

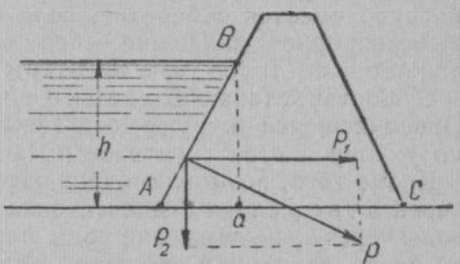


Рис. 5. Давление воды на наклонную стенку

Горизонтальная слагающая давления стремится сдвинуть плотину по плоскости ее сопряжения с материковым грунтом и опрокинуть вокруг оси C.

Длина пруда никакого влияния на величину гидростатического давления не оказывает. При расчете плотин учитывается также добавочное давление, создаваемое нагоном волны, который тем сильнее, чем длиннее водоем.

Уровни воды в сообщающихся открытых сосудах при установившемся равновесии находятся на одной высоте и не зависят от формы и размеров сосудов. Но если жидкость движется из сосуда в сосуд, то уровни в них находятся на разных высотах.

Давление на дно в движущемся вверх сосуде с ускорением i в секунду увеличивается на величину $P = \frac{W \cdot \delta}{g} \cdot i$, получаемую из основного положения физики, что сила определяется произведением массы тела на ускорение:

$$P = m \cdot i.$$

Масса же выражается через вес тела ($W \cdot \delta$), деленный на g. Здесь:

W — объем воды в сосуде в м³;
δ — вес единицы объема, равный 1 000 кг;
g — ускорение свободно падающего тела, равное 9,8 м/сек.;
i — ускорение движения сосуда кверху в м/сек.

Так, при $W = 0{,}1$ м³ и $i = 0{,}2$ м/сек. увеличение давления на дно равно:

$$P = \frac{0{,}1 \cdot 1\,000}{9{,}81} \cdot 0{,}2 = 2 \text{ кг}.$$

Движение воды (гидродинамика)

Движение воды по руслам рек, каналам, лоткам называется в гидравлике движением воды по открытому руслу. В мелиорации чаще всего приходится иметь дело именно с этим родом движения, начиная с малой борозды и кончая рекой. Движение воды по водопроводным трубам бывает: 1) напорное, когда вода оказывает давление на поперечное сечение трубы, измеряемое высотой столба воды в пьезометре; в этом случае, если в трубе имеется отверстие, вода выбивается из него фонтаном; 2) безнапорное движение — без давления; в этом случае вода движется по трубе, как по открытому руслу.

Существует также подземное движение воды по порам грунта. Просочившаяся в грунт вода движется между частицами грунта по уклону и дает грунтовое питание рекам.

Кроме того, возможно очень распространенное движение воды через отверстия в дне и стенках сосудов, например вытекание воды через кран, движение воды через водослив, переливание ее через затворы в плотине. Через водосливы вода подается из канала в оросительные канавы.

Движение воды характеризуется скоростью течения и расходом воды. Скорость выражается в метрах в 1 сек. Под расходом воды разумеется объем ее, проходящий через рассматриваемое сечение русла в единицу времени. Объем выражается для рек в кубических метрах, для малых потоков — в литрах; за единицу времени принимается одна секунда.

Определение скоростей и расходов воды существующих потоков и проектирование размеров канала или трубы для пропуска требуемого расхода воды являются основными гидравлическими задачами мелиоративного строительства.

Движение воды бывает установившееся и неустановившееся.

Установившимся называется такое движение, при котором скорость и расход воды остаются постоянными за рассматриваемый отрезок времени, например, когда в течение суток секундный расход воды в реке остается неизменным.

Движение называется неустановившимся, когда скорость или расход воды за рассматриваемый отрезок времени меняется, например, когда вода в реке прибывает или убывает.

Движение воды классифицируется еще по признаку равномерности.

Движение называется равномерным, когда оно происходит с одинаковой скоростью на рассматриваемом протяжении

русла, например в русле одинаковой формы и одинаковой площади поперечного сечения.

Движение неравномерное происходит в русле с меняющейся площадью поперечного сечения, например в реке при русле то сужающемся, то расширяющемся.

Движение воды в открытом русле. При решении вопроса о размерах канала для отвода воды с осушаемой площади для подачи воды на орошаемую площадь и отвода ливневых вод с горных склонов пользуются одной из основных формул гидравлики — формулой Шези. Формула эта применяется при так называемом безнапорном движении жидкости в открытом русле при равномерном установившемся движении.

Положим, что имеется отрезок прямолинейного канала AB (рис. 6), поперечное сечение которого на всем протяжении L одинаково. Глубина воды и скорость течения также одинаковы на всем протяжении и остаются неизменными во времени. Следовательно, движение в канале будет равномерным и установившимся.

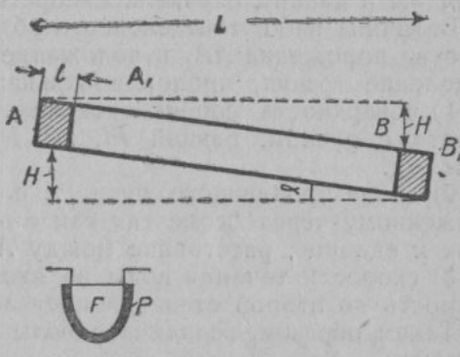


Рис. 6. Движение воды по каналу

Разность в высоте поверхности воды в точке A и в точке B называется падением по каналу от A до B и обозначается обычно через H.

Падение между двумя точками, деленное на расстояние между ними, т. е. $\frac{H}{L}$, называется гидравлическим уклоном между этими точками, обозначается обычно через I и выражается десятичной дробью, отвлеченным числом.

Если, например, $H = 3$ м и $L = 600$ м, то:

$$I = \frac{H}{L} = \frac{3}{600} = 0{,}005.$$

Величина уклона выражается иногда в процентах; для данного случая она составит $0{,}5\%$.

Продвижение призмы воды AB в положение A_1B_1 (рис. 6) можно рассматривать как перемещение малой призмы воды AA_1 в положение BB_1, при этом срединная часть A_1B не переместилась. Объем малой призмы AA_1 выражается через $F \cdot l$. Вес воды в этом объеме: $F \cdot l \cdot \delta$.

При перемещении выделенной призмы из положения AA_1 в положение BB_1 центр тяжести призмы опустится на величину

H, причем поперечное сечение F и длина призмы останутся без изменения ввиду того, что течение воды рассматривается как равномерное и установившееся.

При понижении центра тяжести тела по вертикали на расстояние H тело производит работу, определяемую произведением веса тела на вертикальный путь; в данном случае работа выражается формулой:

$$F \cdot l \cdot \delta \cdot H. \qquad (1)$$

Так как скорость течения в точках A и B одинакова, площади поперечного сечения потока, так называемые живые сечения, также одинаковы. Следовательно, вся работа выделенного объема воды в рассматриваемых условиях идет на преодоление трений жидкости о стенки и дно русла на пройденном пути, а также на преодоление внутренних трений в самой жидкости, чем мы в данном случае пренебрегаем.

Величина работы выделенного объема воды при перемещении его из положения AA_1 в положение BB_1, затрачиваемая на преодоление трения, пропорциональна:

1) поверхности соприкосновения выделенного объема жидкости с руслом, равной Pl, где P — смоченный периметр (см. рис. 6);

2) длине пройденного пути, т. е. расстоянию от A до B, выраженному через $L\cos\alpha$; так как α очень мал и $\cos\alpha$ очень близок к единице, расстояние между A и B принимаем равным L;

3) скорости течения воды во второй степени, т. е. v^2; зависимость во второй степени определена опытным путем.

Таким образом, величина работы по преодолению трения составит:

$$P \cdot l \cdot L \cdot v^2 \cdot \alpha, \qquad (2)$$

где α — общий коэфициент пропорциональности.

Так как работа падения рассматриваемого объема воды равна, как было указано, работе по преодолению трения, то, приравнивая выражения (1) и (2), получаем:

$$F \cdot l \cdot \delta \cdot \mathrm{H} = \alpha \cdot P \cdot l \cdot L \cdot v^2.$$

Отсюда:

$$v^2 = \frac{\delta}{\alpha} \cdot \frac{F}{P} \cdot \frac{H}{L} \cdot$$

$$v = \sqrt{\frac{\delta}{\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{F}{P}} \cdot \sqrt{\frac{H}{L}}. \qquad (3)$$

$\sqrt{\frac{\delta}{\alpha}}$ обозначается через коэфициент C;

$\frac{F}{P}$ — через R и называется гидравлическим радиусом;

$\frac{H}{L}$ — уклон, обозначаемый через I.

При этих обозначениях формула (3) получает вид:

$$\boxed{v = C \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{I}.} \qquad (4)$$

Это и есть формула Шези.

Скорость в этой формуле есть средняя скорость потока в данном сечении, выражаемая в метрах в секунду.

Произведение $F \cdot v$ дает величину Q — расход воды в куб. метрах в секунду.

Коэфициент C в формуле Шези именуется скоростным коэфициентом. Величина его определяется сложными формулами разных авторов: Гангилье и Куттера, Базена, Маннинга, Павловского.

По Базену (при метрическом исчислении):

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}, \qquad (5)$$

где:

R — гидравлический радиус живого сечения в м;

γ — коэфициент шероховатости русла, зависящий от состояния русла.

Коэфициент C обычно определяют по Маннингу, особенно при расчетах движения воды по склонам.

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{0{,}166}, \qquad (6)$$

где:

n — коэфициент шероховатости русла, но величины его в этой формуле иные, чем γ в формуле Базена;

R — гидравлический радиус.

Значения коэфициентов шероховатости γ и n приведены в табл. 2*.

---

* Для земляных русел коэфициенты показаны по книге Срибного „Нормы сопротивлений движению естественных водотоков", 1932, а для каналов из дерева и камня — по гидравлическим справочникам.

Таблица 2

Состояние русла	γ	n
Канал, лоток в гладкой деревянной обделке или гладко цементированный	0,06—0,16	0,012
Канал из каменных плит или хорошо пригнанного кирпича	0,164	0,014
Канал из нестроганых досок в обычном состоянии [1]	0,28	0,016
Земляные русла в весьма благоприятных условиях: чистые, прямые	1,25	0,025
Земляные русла в благоприятных условиях состояния	0,75—2,0	0,033
Земляные русла с малой травяной растительностью	2,75	0,040
Русла значительно заросшие, со слабым течением	7,0	0,08
Галечно-валунные русла горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала	5,5	0,067
Луговые склоны, естественные	—	0,1—0,4

Для расчета осушительных водоотводных каналов следует брать $\gamma = 1{,}75$ и $n = 0{,}033$.

Для ускорения вычислений по формуле Базена в табл. 3 даются величины скоростного коэфициента C в зависимости от R и γ и по формуле (5).

Таблица 3

Гидравлические радиусы в м	Скоростные коэфициенты C при коэфициенте шероховатости				
	0,06	0,16	1,25	1,75	2,75
0,05	68,5	50,7	13,2	9,9	6,6
0,10	73,1	57,7	17,5	13,3	8,9
0,15	75,3	61,5	20,5	15,8	10,7
0,20	76,7	64,1	22,9	17,7	12,1
0,25	77,6	65,9	24,9	19,3	13,4
0,30	78,4	67,3	26,5	20,7	14,5
0,40	79,4	69,4	29,4	23,1	16,3
0,50	80,2	70,9	31,5	25,0	17,8
0,75	81,5	73,4	35,5	28,8	20,7
1,00	82,0	75,0	38,7	31,6	22,2
1,5	82,9	76,9	42,9	35,8	26,8
2,0	83,4	78,1	46,1	38,9	29,8
3,0	84,0	79,6	50,5	43,3	33,6
4,0	84,4	80,5	53,5	46,4	36,6

Таблицы и графики для определения скоростных коэфициентов по формуле Гангилье и Куттера приведены в гидротехнических справочниках.

Для облегчения вычислений скоростного коэфициента C по формуле (6) Маннинга приводится табл. 4 значений $R^{0,166}$.

[1] Латышенков, Смарагдов и др., Лесосплавные лотки.

Таблица 4

R	$R^{0,166}$	R	$R^{0,166}$	R	$R^{0,166}$
0,01	0,463	0,10	0,68	0,40	0,86
0,02	0,521	0,12	0,70	0,50	0,89
0,03	0,560	0,14	0,72	0,60	0,92
0,04	0,586	0,16	0,74	0,70	0,94
0,05	0,607	0,18	0,75	0,80	0,96
0,06	0,628	0,20	0,76	0,90	0,98
0,07	0,642	0,22	0,78	1,00	1,00
0,08	0,657	0,26	0,80	1,50	1,07
0,09	0,670	0,30	0,82	2,00	1,12

Пример расчета. Определить скорость и расход воды в канале глубиной 1 м, шириной по дну 0,6 м, поверху 2,6 м, при работе его полным сечением, при уклоне дна 0,002, в шероховатом земляном русле.

Площадь живого сечения:

$$F = \frac{0{,}6 + 2{,}6}{2} \cdot 1 = 1{,}6 \text{ м}^2.$$

Смоченный периметр:

$$P = 0{,}6 + 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{2{,}6 - 0{,}6}{2}\right)^2 + 1^2} = 3{,}42 \text{ м}^2.$$

Гидравлический радиус:

$$R = \frac{1{,}6}{3{,}42} = 0{,}47\text{м}; \quad \sqrt{R} = 0{,}69\text{ м};$$

$$\sqrt{I} = \sqrt{0{,}002} = 0{,}045.$$

Скорость:

$$v = C \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{I}.$$

По формуле Базена, при $\gamma = 1{,}75$ из табл. 2 находим приблизительно $C = 24{,}5$; тогда:

$$v = 24{,}5 \cdot 0{,}69 \cdot 0{,}045 = 0{,}76 \text{ м/сек.};$$

$$Q = 1{,}6 \cdot 0{,}76 = 1{,}21 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

По формуле Маннинга при $R = 0{,}47$ м

$$R^{0,166} = 0{,}88;$$

$$C = 0{,}88 \cdot \frac{1}{0{,}033} = 26{,}4;$$

$$v = 26 \cdot 0{,}71 \cdot 0{,}045 = 0{,}83 \text{ м};$$

$$Q = 0{,}83 \cdot 1{,}6 = 1{,}33 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

При величине уклона I, меньшем 0,001, на величину C оказывает заметное влияние и уклон. Поэтому для получения точных результатов величину C в таких случаях вычисляют по полной формуле Гангилье и Куттера, которая здесь не приводится.

При широком и мелком русле гидравлический радиус потока $\left(R=\frac{F}{P}\right)$ практически равен глубине его, например при ширине прямоугольного русла 20 м и глубине 0,5 м

$$R=\frac{20\cdot 0{,}5}{20+0{,}5+0{,}5}=\frac{10}{21}=0{,}5\text{ м},$$

т. е. глубине потока.

Поэтому при движении воды широким потоком по поверхности склона R в точности равен глубине потока. Этим значением R широко пользуются для упрощения многих гидротехнических выводов и расчетов.

Из формулы Шези вытекает существенное положение: чем больше гидравлический радиус потока, тем при прочих равных условиях скорость течения воды больше; она пропорциональна корню квадратному из величины гидравлического радиуса.

Гидравлический радиус увеличивается с повышением горизонта воды в русле, поэтому, если нет препятствий, поднятие воды в реке обычно сопровождается увеличением скорости течения. Например, при ширине прямоугольного русла в 3 м и глубине в 1 м гидравлический радиус:

$$R=\frac{3\cdot 1}{3+1+1}=0{,}6\text{ м};$$

при глубине в 2 м:

$$R=\frac{3\cdot 2}{3+2+2}=0{,}86\text{ м};$$

при глубине в 3 м:

$$R=\frac{3\cdot 3}{3+3+3}=1\text{ м},$$

и т. д.

Чаще ставится задача, обратная приведенному примеру расчета: дается задание подобрать ширину канала по дну при заданных расходе Q, глубине потока и уклоне.

При покрытии реки льдом общее трение при течении воды увеличивается, так как присоединяется трение воды о нижнюю поверхность льда. Кроме того, к внутренней стороне ледяного покрова примерзает иногда игольчатый лед, а на дне некоторых рек образуется донный лед. Этим объясняется, что зимой при том же уровне расход воды в реке будет меньше.

Гидравлически выгоднейшее сечение канала. Пропускная способность канала зависит от площади поперечного сечения и скорости воды $Q=\omega\cdot v$. Скорость течения зависит при данном уклоне от гидравлического радиуса сечения, определяемого его геометрической фигурой:

$$v=C\cdot\sqrt{R}\cdot\sqrt{I},$$

где:

$$R=\frac{\omega}{P}.$$

Два сечения одинаковой площади могут иметь различный гидравлический радиус, а следовательно и различную скорость движения воды. Так, прямоугольное сечение площади 8 м² может иметь гидравлический радиус:

а) $R=\frac{8}{2+4+2}=1$ м;

б) $R=\frac{8}{8+1+8}=0{,}47$ м.

Скорость и расход воды в сечении „а“ будут в $\frac{\sqrt{1}}{\sqrt{0{,}47}}=1{,}46$ больше, чем в сечении „б“.

Таким образом, отношение между глубиной и шириной канала в его поперечном сечении сказывается на пропускной способности, и при правильно выбранной форме сечения можно избежать увеличения площади поперечного сечения канала с неудачным профилем. Форма канала, которая при заданной величине площади сечения имеет наибольший гидравлический радиус и, следовательно, пропускает воду с наибольшей скоростью течения и наибольшим расходом, именуется гидравлически выгоднейшим сечением. Гидравлически выгоднейшее трапецоидальное сечение имеет глубину:

$$h=\sqrt{\frac{F\cdot\sin\alpha}{2-\cos\alpha}},\qquad(7)$$

где:

F — площадь сечения;

α — внешний угол откоса канала с горизонтом.

Угол, образуемый откосом канала с горизонтом, устанавливается в зависимости от рода грунта, в котором проходит канал. Если же выбирать поперечное сечение канала, руководствуясь лишь гидравлическими соображениями, то следует решить вопрос, при каком угле наклона α откоса данная площадь F трапецоидального сечения имеет наибольшую пропускную способность, т. е. наибольший гидравлический радиус.

При данной площади F трапецоидального сечения наибольшую пропускную площадь канал имеет при угле откоса с горизонтом $\alpha = 60°$.

Следовательно, при угле откоса канала в 60° для пропуска определенного расхода воды потребуется наименьшая площадь поперечного сечения, наименьший объем земляных работ.

Для прямоугольного сечения $\alpha = 90°$, $\sin\alpha = 1$, $\cos\alpha = 0$, поэтому из общего уравнения (7) получается:

$$h = \sqrt{\frac{F}{2}} = 0{,}707\sqrt{F}\ ; \quad b = \frac{F}{h} = 1{,}4\sqrt{F}\ ; \quad b = 2h\ .$$

Таким образом, прямоугольное сечение канала заданной площади поперечного сечения пропускает наибольший расход воды при ширине потока, равной двойной его глубине.

По произведенным вычислениям для различных заложений откосов гидравлически наивыгоднейшие сечения получаются при следующих соотношениях между h, b и F, приведенных в табл. 5.

Таблица 5

Внешний угол откоса с горизонтом	Коэфициент откоса m	Гидравлически выгоднейшие соотношения		
		h	$b:h$	$R = \alpha\cdot\sqrt{F}$
90°	0,00	$0{,}707\cdot\sqrt{F}$	2,00	$0{,}3536\cdot\sqrt{F}$
63°20′	0,50	$0{,}759\cdot\sqrt{F}$	1,23	$0{,}3795\cdot\sqrt{F}$
60°	0,58	$0{,}760\cdot\sqrt{F}$	1,15	$0{,}3800\cdot\sqrt{F}$
45°	1,00	$0{,}740\cdot\sqrt{F}$	0,83	$0{,}3700\cdot\sqrt{F}$
33°40′	1,50	$0{,}689\cdot\sqrt{F}$	0,61	$0{,}3445\cdot\sqrt{F}$
26°30′	2,00	$0{,}636\cdot\sqrt{F}$	0,47	$0{,}3180\cdot\sqrt{F}$
18°20′	3,00	$0{,}548\cdot\sqrt{F}$	0,32	$0{,}2730\cdot\sqrt{F}$

Округлая форма сечения, в частности полукруг, имеет больший гидравлический радиус при той же площади, но в форме трапеции. В земляном русле заложение откосов зависит от рода грунта; в деревянном или бетонном русле каналам можно придавать гидравлически выгоднейшую форму, т. е. с наклоном откосов в 60°. Канал-лоток из досок приходится делать прямоугольной формы. Расчетная ширина лотка в этом случае должна равняться двойной глубине потока (см. табл. 5).

Если в формуле Шези $v = C\cdot\sqrt{R}\cdot\sqrt{I}$ скоростной коэфициент C вычисляется по формуле Маннинга: $C = \frac{1}{n}\cdot R^{0{,}17}$, то

гидравлически выгоднейшее сечение канала при заданных углеоткоса, расходе воды и уклоне канала находится прямым алгебраическим вычислением:

$$v = \frac{1}{n}\cdot R^{0{,}67}\cdot\sqrt{I}\ .$$

Из табл. 4 $R = \alpha\cdot\sqrt{F}$,

поэтому:

$$v = \frac{1}{n}\left(\alpha\cdot\sqrt{F}\right)^{0{,}67}\cdot\sqrt{I} = \frac{1}{n}\cdot\alpha^{0{,}67}\cdot F^{0{,}33}\cdot I^{0{,}5}.$$

$$Q = F\cdot v = \frac{1}{n}\cdot\alpha^{0{,}67}\cdot F^{1{,}33}\cdot I^{0{,}5}.$$

Чтобы получить отсюда значение $\sqrt{F}$, следует обе части уравнения возвысить в степень 0,376:

$$\sqrt{F} = \frac{Q^{0{,}38}\cdot n^{0{,}38}}{\alpha^{0{,}25}\cdot I^{0{,}188}},$$

где:

Q — расчетный расход воды;

n — коэфициент шероховатости русла;

α — коэфициент при $\sqrt{F}$, соответствующий принятому коэфициенту откоса или углу откоса с горизонтом (см. табл. 5);

I — продольный уклон канала;

F — вычисляемая площадь живого сечения потока.

Определив $\sqrt{F}$, вычисляют по табл. 5 глубину и ширину потока. Если $Q = 1$ м³/сек., $I = 0{,}0002$, $n = 0{,}030$, m (коэфициент откоса) $= 1$, то гидравлически выгоднейшее живое сечение потока получается следующее:

$$\sqrt{F} = \frac{1\cdot 0{,}03^{0{,}38}}{0{,}37^{0{,}25}\cdot 0{,}0002^{0{,}188}} = 1{,}7;$$

$F = 2{,}89$ м²; $h = 0{,}74\sqrt{F} = 1{,}25$ м; $b = 1{,}04$ м. При этом $v = \frac{Q}{F} = 0{,}34$ м/сек., т. е. наибольшая возможная при заданных условиях.

Неравномерное движение воды в русле (подпор воды плотинами). Если на реке имеется плотина, то в верхнем бьефе создается подпор и неравномерное движение воды. Прилегающие к реке низменные площади оказываются **затопленными** водой, далее расположенные земли страдают от **подтопления**, т. е. подъема уровня грунтовой воды, хотя бы и не до поверхности земли.

Для вычисления расстояния, на которое распространяется вверх по реке подпор от плотины, гидравлика дает несколько формул. Основными величинами в эти формулы входят такие элементы,

численный учет которых обычно можно установить лишь приближенно. Поэтому приближенным, а иногда спорным получается и результат вычисления расстояния подпора. По расстоянию подпора вычисляется площадь земель, на которую распространяется затопление и подтопление от плотины.

Положим, имеется река со свободным течением воды (рис. 7), bb — дно реки, cc — поверхность текущей воды, a — средняя глубина воды в свободной реке. С устройством плотины вода у плотины поднимается на величину h; это так называемая высота подпора у плотины. Поверхность воды горизонтальна лишь в том случае, если нет течения воды, т. е. в широкой и глубокой части пруда, где скорость течения воды практически

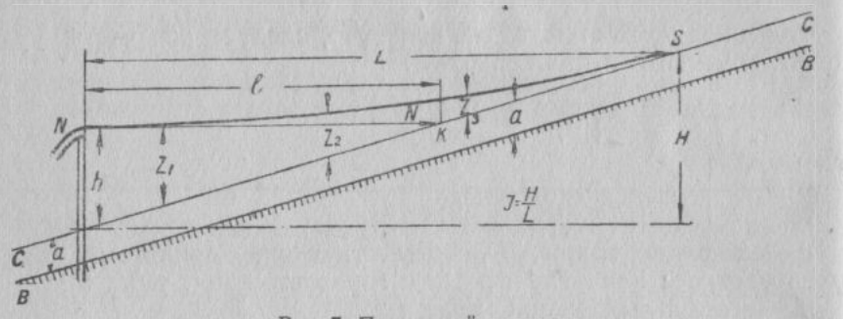


Рис 7. Подпорный горизонт

равна нулю, и поэтому уклон поверхности воды в пруде практически также равен нулю. Там, где вода реки идет в берегах и заметно хоть малейшее течение, поверхность воды не может быть горизонтальна. Она приподнята над первоначальным уровнем, имеет вид параболы и сливается с первоначальным уровнем в какой-то точке S, выше горизонта NN уровня воды у плотины, на расстоянии L от нее. Сложные формулы гидравлики дают возможность вычертить эту параболу, вычислить положение точки S и высоту подпора Z на любом расстоянии от плотины.

В основу формул кладется не вполне точно устанавливаемая величина a — средняя глубина воды в реке до устройства плотины и h — подпор у самой плотины. В частном случае, когда $\frac{h}{a}=0{,}75$ и до 1, т. е., когда эти величины примерно равны между собой, расстояние L подпора в реке равно $2\,l$, т. е. двойному расстоянию подпора в стоячей воде. Если $\frac{h}{a}$ больше единицы, то расстояние подпора меньше $2\,l$.

Истечение воды через отверстие в дне сосуда при постоянном уровне воды в нем. Если площадь сечения отверстия мала

по сравнению с площадью сосуда (рис. 8), то скорость истечения через отверстие при напоре h равна скорости тела, свободно падающего с высоты h:

$$v=\sqrt{2gh}, \qquad (8)$$

где v и h — в метрах; $g=9{,}81$ м.

Положение это выведено Торичелли в 1643 г.

Так как в реальной жидкости происходит трение частиц друг о друга и столкновение их, то действительная скорость вытекания воды из отверстия в дне меньше теоретической, что выражается формулой с поправочным коэфициентом:

$$v=\varphi\cdot\sqrt{2gh}=0{,}97\sqrt{2gh}.$$

Расход воды в 1 сек. через отверстие теоретически равен:

$$Q=v\cdot\omega=\varphi\cdot\sqrt{2gh}\cdot\omega,$$

где ω — площадь отверстия (все измерения — в метрах).

В действительности же площадь поперечного сечения вытекающей струи меньше площади отверстия; происходит это вследствие бокового сжатия струи под действием непараллельно устремляющихся к отверстию элементарных струек; схема движения показана на рис. 8. Измерениями установлено, что при круглом отверстии в тонкой стенке сечение струи воды равно:

$$\alpha\cdot\omega=0{,}64\cdot\omega,$$

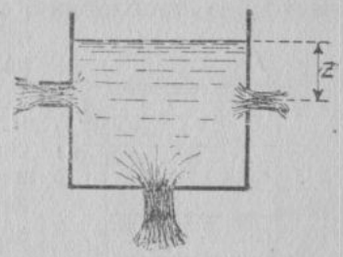


Рис. 8. Истечение воды через отверстие в дне, в боковой стенке и через насадку

где α — коэфициент сжатия струи. Поэтому:

$$Q=v\cdot\omega=\varphi\sqrt{2gh}\cdot\alpha\cdot\omega=\mu\cdot\omega\cdot\sqrt{2gh}=0{,}62\cdot\omega\sqrt{2gh}, \qquad (9)$$

где 0,62 — коэфициент расхода воды через круглое отверстие.

Коэфициенты сжатия струи и расхода воды в отверстиях иной формы и при постепенных сужениях сосуда к отверстию получены эмпирическим путем.

Истечение через отверстие в боковой стенке и через насадку. Скорость истечения воды из отверстия:

$$v=0{,}97\sqrt{2gz},$$

где z — расстояние центра тяжести отверстия от поверхности воды.

Расход воды в 1 сек.:

$$Q = 0{,}97 \cdot \sqrt{2gz} \cdot 0{,}64 \cdot \omega = 0{,}62\sqrt{2gz} \cdot \omega$$

(все измерения — в метрах).

При вытекании воды через цилиндрическую насадку у отверстия расход воды больше:

$$Q = 0{,}82 \cdot \sqrt{2gz} \cdot \omega,$$

Это справедливо при длине насадки l от 2 до 3 d.

При вытекании воды через коническую насадку коэфициент расхода увеличивается до:

$$Q = 0{,}94 \cdot \omega\sqrt{2gz}.$$

Если насадка длинная, истечение замедляется вследствие трения воды о стенки насадки; создаются уже условия движения воды по трубе.

Истечение воды через отверстие при переменном ее уровне (рис. 9). В практике истечение воды из сосуда происходит часто без пополнения ее. Уровень воды в сосуде при этом понижается, и сосуд в конце концов опоражнивается.

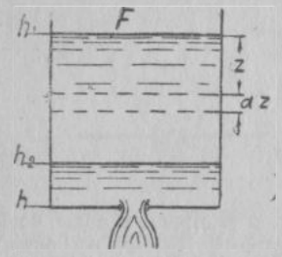


Рис. 9. Истечение воды при переменном уровне

Время, потребное для того, чтобы в цилиндрическом или призматическом сосуде площадью F первоначальный уровень воды h_1 снизился до h_2, при вытекании воды из сосуда через отверстие ω в дне определяется следующим образом.

Так как уровень воды в сосуде при истечении из него воды понижается по формуле расхода воды через отверстие в дне $Q = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2gh}$, с непрерывным уменьшением напора непрерывно уменьшается и расход, то перед нами случай неустановившегося движения жидкости. Лишь рассматривая явление за бесконечно малый отрезок времени dt, можно принять мгновенный напор воды z за это время постоянным и написать:

$$dQ = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2gz} \cdot dt.$$

За время dt напор воды z изменится на бесконечно малую величину $-dz$ (знак минус стоит потому, что напор уменьшается), следовательно, выражение $F \cdot (-dz)$ есть объем воды, вытекшей из сосуда; поэтому соединяем оба выражения в равенство:

$$\mu \cdot \omega\sqrt{2gz} \cdot dt = -F \cdot dz$$

Задача теперь в том, чтобы из дифференциального уравнения связи между dt и dz найти связь между временем и уровнем воды (t и z) в сосуде за конечные отрезки времени и напором h.

Для решения дифференциального уравнения разделяем переменные:

$$dt = -\frac{F}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g}} \cdot \frac{dz}{\sqrt{z}}.$$

Время для снижения напора (глубины воды в сосуде) с h_1 до h_2 получается интегрированием дифференциального уравнения:

$$t = -\frac{F}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g}} \cdot \int_{h_1}^{h_2} \frac{dz}{\sqrt{z}} = -\frac{F}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g}} \cdot \int_{h_1}^{h_2} z^{-0{,}5} \cdot dz =$$

$$= -\frac{F}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g}} \cdot \left(\frac{h_2^{0{,}5}}{0{,}5} - \frac{h_1^{0{,}5}}{0{,}5} \right) =$$

$$= \frac{2F}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g}} \left(\sqrt{h_1} - \sqrt{h_2} \right). \qquad (10)$$

Время, за которое сосуд полностью опорожнится, вычисляют, приняв $h_2 = 0$, тогда:

$$T = \frac{2F}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g}} \cdot \sqrt{h_1} = \frac{2F \cdot h_1}{\mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2gh_1}}. \qquad (11)$$

При постоянном уровне воды h_1 в сосуде тот же объем воды $F \cdot h^1$ вытечет из отверстия за время:

$$T_1 = \frac{F \cdot h_1}{\text{секундн. расход}} = \frac{F \cdot h_1}{C \cdot \omega \cdot \sqrt{2gh_1}}.$$

Сравнивая T и T_1, видим, что цилиндрический или призматический сосуд без притока воды опоражнивается за время T, вдвое большее, чем время, в течение которого из него вытекает тот же объем воды, но при поддержании в сосуде постоянного уровня.

Пример. Площадь бака $F = 1$ м^2; площадь отверстия в дне $\omega = 0{,}001$ м^2; первоначальный напор воды $h_1 = 1{,}5$ м. Определить время опорожнения бака.

$$T = 2 \cdot \frac{1}{0{,}62 \cdot 0{,}001 \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}5}} \cdot 1{,}5 = \frac{3}{0{,}62 \cdot 0{,}001 \cdot 5{,}48} = 900 \text{ секунд.}$$

С помощью уравнений (10) и (11) решаются многие задачи с обратными заданиями. Например, определяют, какую площадь должно иметь отверстие в дне баке, чтобы он опоражнивался

в течение 1 часа, вычисляют, насколько понизится горизонт воды в пруде, если открыть выпускную трубу на 30 минут. В последнем случае задача осложняется тем, что форма пруда сложнее, чем цилиндр или призма.

Истечение из затопленного отверстия (рис. 10). Истечение из затопленного отверстия происходит под напором, равным разности высот верхнего и нижнего уровней воды. При этом $v = \sqrt{2gh}$, а расход воды:

$$Q = 0{,}83 \cdot \omega \sqrt{2gh} \qquad (12)$$

Истечение через водослив в тонкой стенке. Если русло канала или реки преградить поперечной стенкой, то вода поднимется и начнет переливаться через ребро стенки или, чаще, через ребро выреза в этой стенке (рис. 11); получается водослив.

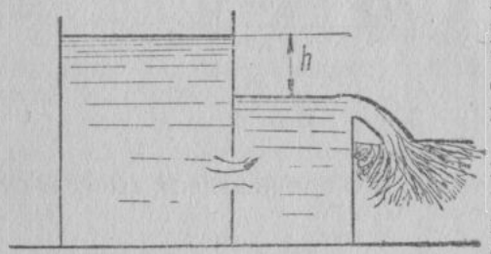


Рис. 10. Истечение из затопленного отверстия

Высота воды над ребром водослива называется напором. Напор измеряют не над самым ребром водослива, где имеется „кривая спада" уровня, а несколько отступя. Перед водосливом находится верхний горизонт, или „верхний бьеф", ниже водослива находится нижний горизонт, или „нижний бьеф".

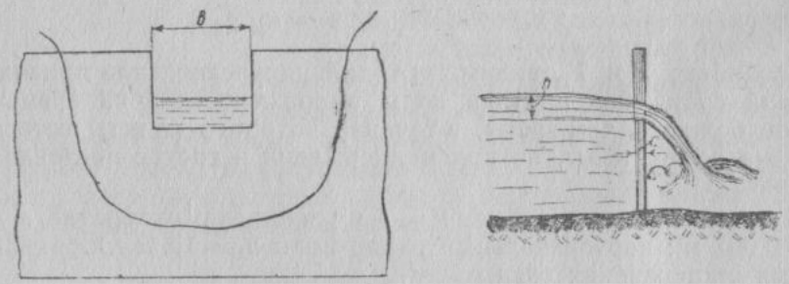


Рис. 11. Водослив в тонкой стенке

Разные типы водосливов. 1) Водослив в тонкой стенке, когда $h : C$ больше двух (рис. 11); 2) водослив в толстой стенке или с широким порогом, когда $h : C$ меньше двух (рис. 12).

Кроме того, по условию движения воды различают такие водосливы:

а) незатопленный, когда нижний горизонт воды располагается ниже ребра водослива (см. рис. 11 и 12); вода переливается свободно через ребро;

б) затопленный водослив, когда нижний горизонт воды поднимается выше ребра водослива, при этом часть напора теряется на величину подтопления.

По формуле отверстия имеются водосливы: 1) прямоугольные, называемые обычно водосливами Базена; 2) трапецоидальные — водосливы Чиполетти; 3) треугольные — водосливы Томсона.

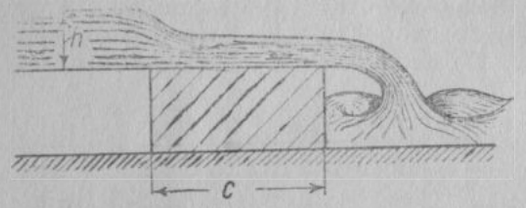


Рис. 12. Водослив в толстой стенке (с широким порогом)

Расход воды через прямоугольный водослив в тонкой стенке, незатопленной, определяется формулой:

$$Q = {}^{2}/_{3}\,\mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh},$$

где:

Q — расход в м³/сек.;
b — ширина водослива в м;
h — напор в м;
g — 9,81 м;
${}^{2}/_{3}$ — структурный коэфициент формулы;
μ — эмпирический коэфициент, учитывающий сжатие струи и сопротивление.

Величина коэфициента μ зависит от обделки стенок и ребра водослива, ширины канала и пр.; чаще всего величина его принимается в 0,64, тогда ${}^{2}/_{3}\mu = 0{,}43$, а после замены $\sqrt{2gh}$ через $0{,}44\sqrt{h}$ уравнение принимает вид:

$$Q = 1{,}89 \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{h}. \qquad (13)$$

Для водослива в широкой стенке

$$Q = 1{,}5 \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{h}.$$

Пример. Водослив в тонкой стенке прямоугольный, незатопленный; ширина отверстия водослива 1 м, напор воды 0,04 м. Определить расход воды через водослив.

$$Q = 0{,}43 \cdot 1 \cdot 0{,}04 \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}04} = 0{,}015 \text{ м}^3/\text{сек.} = 15 \text{ л/сек.}$$

Вычисления расходов воды через водослив других форм в условиях затопления и незатопления приводятся в гидравлических справочниках.

Движение воды в трубах (напорное). В мелиоративной практике напорное движение воды в трубе бывает в следующих случаях: а) по трубе, проложенной у основания плотины для пуска воды из пруда в оросительный канал; б) в водопроводе при подаче воды насосом на участок орошения; в) в водопроводе коммунального значения и т. д.

Если выходное отверстие трубы открыто и жидкость вытекает из трубы со скоростью v, то в пьезометрических трубах A, B, C (рис. 13) наблюдается понижение напора воды по ли-

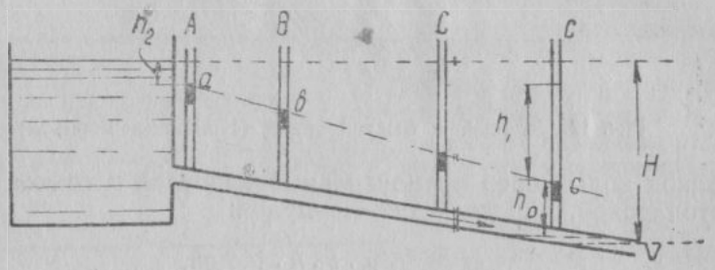


Рис. 13. Движение воды по трубе

нии *авс*, называемой линией пьезометрического давления в трубе.

Скорость вытекания воды из выходного отверстия трубы определяется гидравлическим давлением у конца трубы:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_0}.$$

Иначе говоря, напор h_0 в конце трубы целиком теряется на создание скорости течения:

$$h_0 = \frac{v^2}{2g},$$

а напор h_1 — на преодоление трений движущейся воды о стенки трубы и внутренних трений в самой движущейся воде.

Если труба цилиндрической формы, потери внутри трубопровода составят:

$$h_1 = \zeta_1 \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \qquad (14)$$

где:

l — длина трубы в м;
d — диаметр трубы в м;
v — скорость течения воды в трубе в м;
ζ — коэфициент, зависящий от состояния стенок трубы.

Для металлических труб, гладких внутри, при скоростях течения от 0,5 до 1,5 м $\zeta = 0{,}025$.

Напор h_2 (см. рис. 13) при входе воды из бака в трубу теряется из-за непараллельности струй воды при входе в трубу и выражается:

$$h_2 = \zeta_2 \frac{v^2}{2g}.$$

ζ_2 зависит от формы входного сечения трубы; чаще принимают его равным 0,5.

Следовательно, в рассматриваемой простейшей схеме водопровода весь напор H в баке разлагается на три части: $H = h_0 + h_1 + h_2$.

$$H = \frac{v^2}{2g}\left(1 + \zeta_1 \frac{l}{d} + \zeta_2\right), \qquad (15)$$

откуда:

$$v = \frac{\sqrt{2gH}}{\sqrt{1 + \zeta_1 \frac{l}{d} + \zeta_2}} \qquad (16)$$

В водопроводной линии труба имеет изгибы, вызывающие дополнительные потери напора; в прямоугольном колене потеря напора:

$$h_3 = \zeta_3 \frac{v^2}{2g} = 0{,}98 \frac{v^2}{2g}. \qquad (17)$$

В гидравлических справочниках приводятся величины потерь для колен разных углов: от изменения диаметра трубы, при выходе воды через кран и др.

Простейшая задача на водопровод. Длина трубы $l = 100$ м, напор $H = 10$ м, диаметр трубы $d = 0{,}04$ м. Определить скорость движения воды в трубе и расход воды.

По формуле (16):

$$v = \frac{\sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 10}}{\sqrt{1 + 0{,}025 \frac{100}{0{,}04} + 0{,}5}} = \frac{14}{8} = 1{,}75 \text{ м/сек.}$$

Расход воды:

$$Q = v \cdot \omega = 1{,}75 \cdot 0{,}0013 = 0{,}00227 \text{ м}^3/\text{сек.} = 2{,}3 \text{ л/сек.}$$

Слагаемое $0{,}025 \cdot \frac{100}{0{,}04}$ во много раз превышает слагаемые 1 и 0,5, и поэтому формулы (15) и (16) можно упрощенно написать так:

$$H = \frac{v^2}{2g} \cdot \zeta_1 \frac{l}{d} \quad \text{и} \quad v = \frac{\sqrt{2gH}}{\sqrt{\zeta_1 \frac{l}{d}}}.$$

При проектировании чаще, однако, требуется найти диаметр трубы при заданных напоре, длине трубы и расходе воды. $H=10$ м, $l=100$ м, расход равен 0,00227 м³/сек. Найти d.

Предварительно в формуле (15) надо исключить v, заменив ее $v=\frac{Q}{\omega}$ и поставив вместо $\omega=\frac{\pi d^2}{4}$.

$$H=\frac{Q^2\cdot 16}{\pi^2 d^4\cdot 2g}\left(1+\zeta_1\frac{l}{d}+\zeta_2\right). \qquad (18)$$

При решении предшествующей задачи было отмечено, что можно написать

$$H=\frac{Q^2\cdot 16}{\pi^2\cdot d^4\cdot 2g}\cdot\zeta_1\cdot\frac{l}{d},$$

отсюда:

$$H=\frac{16\cdot Q^2\cdot\zeta_1 l}{2g\cdot d^5\cdot\pi^2}. \qquad (19)$$

$$d=\sqrt[5]{\frac{16\cdot Q^2\cdot\zeta_1\cdot l}{2g\ H\pi^2}}=\sqrt[5]{\frac{16\cdot 0{,}00000515\cdot 0{,}025\cdot 100}{2\cdot 9{,}8\cdot 10\cdot 9{,}86}}=$$

$$=\sqrt[5]{0{,}0000001}\approx 0{,}04 \text{ м}.$$

Может быть и такой вариант задачи; найти требуемый напор H, чтобы при $l=100$, $d=0{,}04$ м расход воды был 0,00227м³/сек.

Непосредственно из уравнения (19) имеем:

$$H=\frac{16\cdot 0{,}00000515\cdot 0{,}025\cdot 100}{2\cdot 9{,}8\cdot 0{,}0000001\cdot 9{,}86}=10 \text{ м}.$$

Движение воды в дренажных трубах происходит без напора: вода не заполняет всего сечения трубы и течет, как по открытому руслу. Поэтому расчет для дренажа ведется по формуле Шези; коэфициент шероховатости принимается $\gamma=0{,}20$ и $n=0{,}015$.

Специальными исследованиями движения воды в гончарных дренажных трубах определено, что скорость течения воды в них можно вычислить по формуле:

$$v=61\cdot\sqrt{R}\cdot\sqrt{I}$$

Здесь, как и в каналах, гидравлический радиус R равен $\frac{F}{P}$, для круглой трубы $R=\frac{\pi d^2}{4\pi d}=\frac{d}{4}$.

Уравнение Бернулли. Формула истечения воды из отверстий в дне сосуда была выведена Торичелли в 1643 г. Более общее выражение закона движения жидкости дано Бернулли в 1738 г.,

а уравнение равновесия и уравнение движения жидкости — Эйлером в 1755 г.

Уравнение Бернулли движения жидкости может быть выведено элементарным путем. Для этого рассматривается отрезок трубы AB изменяющегося сечения (рис. 14).

Принятые на рис. 14 обозначения приведены в табл. 6.

Таблица 6

Показатели	В сечении A	В сечении B
Площадь сечения трубы	ω_1	ω_2
Скорость течения воды	v_1	v_2
Положение над условным горизонтом	z_1	z_2
Протяжение выделяемого элемента	dS_1	dS_1
Пьезометрическое давление	$\frac{p_1}{\delta}$	$\frac{p_2}{\delta}$

Перемещение жидкости в трубе из положения AB в положение A_1B_1 можно рассматривать как перемещение объема из AA_1

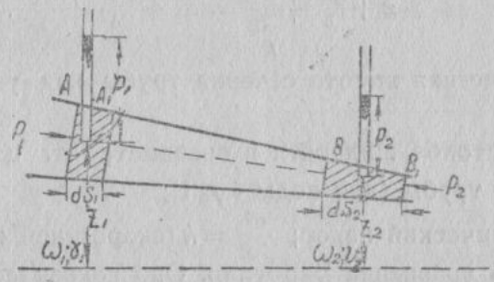


Рис. 14. Схема движения воды по Бернулли

в положение BB_1, т. е. объем воды $\omega\cdot dS_1$ как бы переместился из точки A в точку B и занял положение $\omega_2\cdot dS_2$.

Вследствие постоянства плотности и неразрывности потока:

$$\omega_1\cdot dS_1=\omega_2\cdot dS_2.$$

При перемещении выделенного объема воды из сечения A в сечение B производится работа:

1) весом воды:

$$\omega\cdot dS_1\cdot\delta(z_1-z_2),$$

2) силами p_1 и p_2 внешних, относительно сечений A и B, давлений:

$$\omega_1\cdot dS_1\cdot p_1=\omega_2\cdot dS_2\cdot p_2,$$

Приращение живой силы на протяжении перемещения объема воды $\omega_1 dS_1$:

$$\frac{m v_2^2}{2} - \frac{m v_1^2}{2} = \frac{\omega_2 \cdot dS_2 \cdot \delta \cdot v_2^2}{2g} - \frac{\omega_1 \cdot dS_1 \cdot \delta \cdot v_1^2}{2g}.$$

Сумма работ всех сил, приложенных к телу при его перемещении, равна приращению живой силы тела на протяжении перемещения.

Поэтому, соединяя приведенные выше три выражения, получаем:

$$\omega_1 \cdot dS_1 \cdot \delta (z_1 - z_2) + \omega_1 \cdot dS_1 \cdot p_1 - \omega_2 \cdot dS_2 \cdot p_2 = \frac{\omega_2 \cdot dS_2 \cdot \delta \cdot v_2^2}{2g} - \frac{\omega_1 \cdot dS_1 \cdot \delta \cdot v_1^2}{2g}.$$

Так как $\omega_1 dS_1 = \omega_2 dS_2$, то после сокращения:

$$z_1 - z_2 + \frac{p_1 - p_2}{\delta} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}.$$

$$z + \frac{p_1}{\delta} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\delta} + \frac{v_2^2}{2g}.$$

Здесь:

z — геометрическая высота сечения трубы над условным горизонтом;

$\frac{p}{\delta}$ — высота столба жидкости в пьезометре от центра тяжести сечения трубы (для воды $\delta = 1$);

$\frac{v^2}{2g}$ — гидравлический напор; $\frac{v^2}{2g} = h$ (скоростной напор).

Это и есть уравнение Бернулли. Оно показывает, что сумма трех слагаемых для двух сечений трубы, а следовательно для всех сечений трубы, одинакова.

Следовательно, сумма геометрической, пьезометрической и скоростной высот является величиной, постоянной для всех сечений потока воды. Графически это изображено на рис. 15.

Уравнение Бернулли в приведенном виде не учитывает трения воды о стенки трубы, трения частиц воды друг о друга и потерь напора при сжатии и расширении потока.

Если учесть потери напора на трение, расширение и сжатие струй, то уравнение Бернулли для двух сечений примет с поправкой на эти потери такой вид:

$$\left(Z_1 + \frac{p_1}{\delta} + \frac{v_1^2}{2g}\right) = \left(z_2 + \frac{p_2}{\delta} + \frac{v_2^2}{2g}\right) + \zeta_{1-2}. \qquad (20)$$

Задача практической гидравлики заключается в определениях величины ζ_{1-2}

В предшествовавшем изложении формулы течения воды в открытом русле, через отверстия в дне, стенке и трубах получены для отдельных случаев самостоятельно, однако каждая из них может быть выведена как частный случай уравнения Бернулли.

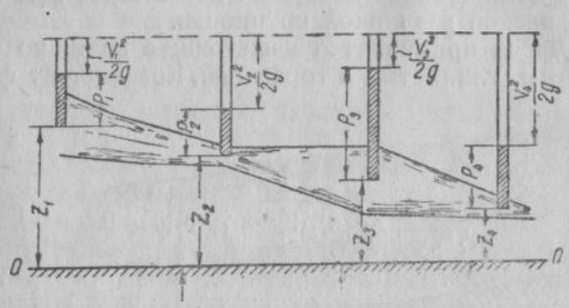


Рис. 15. Постоянство высоты напора

Движение воды в грунте. Движение воды в грунте повсеместно; оно происходит медленно и в частности создает длительное питание рек грунтовой водой. Доля питания рек грунтовой подземной водой приведена в табл. 7.

Таблица 7*

Реки и пункты	Доля питания в %		
	подземного	снегового	дождевого
Волга до Ярославля	30	53	17
Дон в верхнем течении (Гремячее)	29	61	10
Днепр до Смоленска	27	49	24
Луга у Поречья	37	40	23

Следовательно, 30% годового расхода реки поступает в реку грунтовым стоком.

Внутри почвогрунта вода проникает из оросительных канав в почву и из почвы—в осушительные каналы (рис. 16).

Скорость движения грунтовой воды выражается формулой Дарси:

$$v = K \frac{h}{l} = KI$$

где: K — коэфициент фильтрации в см/сек.;
h — напор, под действием которого движется вода;
l — расстояние, которое вода проходит по грунту;
v — скорость в см/сек.

* Львович. Опыт классификации рек СССР. Труды Гидротехнического института. Вып. 6.

Наряду с формулой Шези для открытого потока формула Дарси для подземного потока считается важнейшей в гидравлике; на ней базируются в гидротехнике все расчеты по движению подземных вод. Выведена она французским инженером Дарси в 1853 г. при исследовании движения воды через водопроводные фильтры из песков различной крупности.

Формула Дарси применяется в настоящее время ко всем грунтам: песчаным, глинистым и торфяным. Коэфициент фильтрации

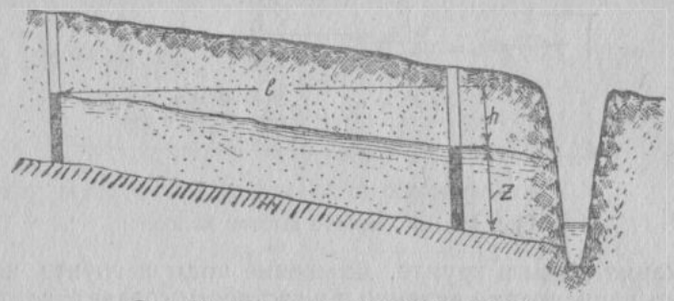


Рис. 16. Движение грунтового потока

для грунтов весьма различен, что несколько затрудняет пользование этой формулой. Лабораторными и полевыми методами определены следующие величины коэфициента фильтрации (в см/сек.):

Песчаный грунт с некоторыми примесями глины	0,006—0,004
Песчано-глинистый	0,004—0,003
Проницаемый глинистый	0,001
Суглинок	0,0001
Торф, слабо разложившийся	0,005—0,002
Торф, сильно разложившийся	0,0005—0,00002

Содержащаяся в суглинистом и торфяном грунте вода движется не только через поры всей массы грунта, но и по отдельным трещинам, жилам и прослойкам; поэтому вода поступает в реку или канал иногда быстрее, чем при вычислениях по приведенным коэфициентам.

Глава 3

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ГИДРОЛОГИИ И ГИДРОМЕТРИИ

Круговорот воды в природе

Солнечная энергия, достигая поверхности земного шара, вызывает испарение воды с поверхности мирового океана и с суши. Испарение как источник накопления влаги в атмосфере обычно принимается за первое звено круговорота воды в природе.

Парообразная вода переносится воздушными течениями в места, где имеются условия конденсации паров воды в жидкость.

Вода, конденсирующаяся в атмосфере из паров в жидкое состояние, выпадает на поверхность океана и на сушу в виде жидких и твердых осадков. Выпавшие на сушу осадки стекают поверхностным и подземным стоками в океан. Таким образом, круговорот воды образуется четырьмя звеньями: 1) испарение, 2) перенос, 3) осадки, 4) сток.

Перечисленными звеньями характеризуется большой круговорот воды. Кроме того, имеется малый круговорот, включающий полностью лишь два звена: испарение с водной поверхности и выпадение осадков на эту же поверхность, кроме того испарение с суши и выпадение осадков на сушу.

Малый круговорот на суше называется внутриматериковым. Он имеет очень важное значение во влагообороте, так как из выпадающих на сушу осадков приносится с океана лишь 27%, остальные же 73% имеют источником испарение с материков. Эти цифры относятся в среднем ко всему земному шару.

С территории европейской части СССР стекает за год в океан и в моря слой воды в 209 мм, столько же приблизительно поступает воды с океана. Средняя высота осадков для европейской части СССР равна 484 мм, следовательно, осадков за счет испарения с суши выпадает $484 - 209 = 275$ мм. Это возможно потому, что осадки в большом количестве испаряются в атмосферу и выпадают вторично, третично и т. д.

Лес, сильно испаряющий влагу, затрудняет доступ к реке выпавшим атмосферным осадкам, перехватывает их листвой до того, как они попадут на землю, высасывает их из почвы и испаряет в атмосферу, создавая этим условия для вторичного и третичного выпадания той же влаги на сушу.

Годовая сумма выпадающих атмосферных осадков в многолетнем среднем составит следующие величины (в миллиметрах):

Москва (город)	612 мм.
Москва (за городом, Петровское-Разумовское, обсерватория)	544 „
Ленинград (город)	522 „
Ленинград (лесное)	595 „
Ленинград (Слуцк)	560 „
Минск	613 „
Киев	590 „
Астрахань	162 „
Батуми	2 402 „

Из приведенных данных видно, какое большое различие наблюдается в сумме осадков на станциях, расположенных на близких друг от друга расстояниях; еще больше варьирует количество осадков за отдельные сутки.

Распределение осадков показано на карте изолиниями осадков одинаковой высоты — изогиетами (рис. 17).

На севере и востоке европейской части СССР 30—35% годовых осадков выпадает в виде снега, в средней части СССР доля снега составляет 25—30%, в западной и южной частях — 20%.

В мелиоративном строительстве большое значение имеют ливни. Ливень характеризуется четырьмя элементами: суммарной высотой осадков, интенсивностью, продолжительностью, площадью распространения.

Наибольшие суточные количества осадков (в мм) следующие[1]:

Архангельск	55	Харьков	79
Ленинград	56	Новгород	88
Москва	54	Горький	61
Смоленск	67	Воронеж	58
Минск	56	Курск	144
Киев	123	Саратов	47
Полтава	178	Астрахань	47

Осадки в 30 мм и более в сутки наблюдались в Ленинграде и в Горьком один раз за 2,5 года, в Москве — за 1,5 года, в Воронеже и Харькове — за 1,2 года, в Киеве — раз в год.

Осадки в 40 мм за сутки наблюдались в среднем в каждом пункте один раз в пять лет.

Интенсивность ливня выражается в миллиметрах слоя выпавших осадков в одну минуту.

Интенсивность ливня, по данным Л. Берга, приведена в табл. 8.

Таблица 8

Район	Интенсивность ливня в мм при продолжительности		
	10 мин.	20 мин.	60 мин.
Северный	1,56	1,23	0,67
Западный	2,50	1,82	1,02
Центральный	2,10	1,60	0,92
Восточный	1,75	1,39	0,81
Юго-западный	3,00	2,20	1,18
Юго-восточный	2,30	1,67	0,93

Площади распространения ливней невелики. По Долгову, при интенсивности ливня 1—2 мм площадь охвата 25—8 км², а при интенсивности 0,5—0,8 мм —350—65 км².

Выпадающие на поверхности суши осадки распределяются по следующей схеме: 1) часть задерживается кроной древесной растительности и испаряется; 2) часть задерживается травяным покровом лугов, полей и лесной подстилкой и испаряется; 3) часть стекает по поверхности земли в овраги и ручьи, образуя поверхностный сток осадков; 4) часть просачивается в грунт.

[1] Климатологический справочник по СССР, 1932, глава „Геофизическая обсерватория" под редакцией А. А. Каминского.

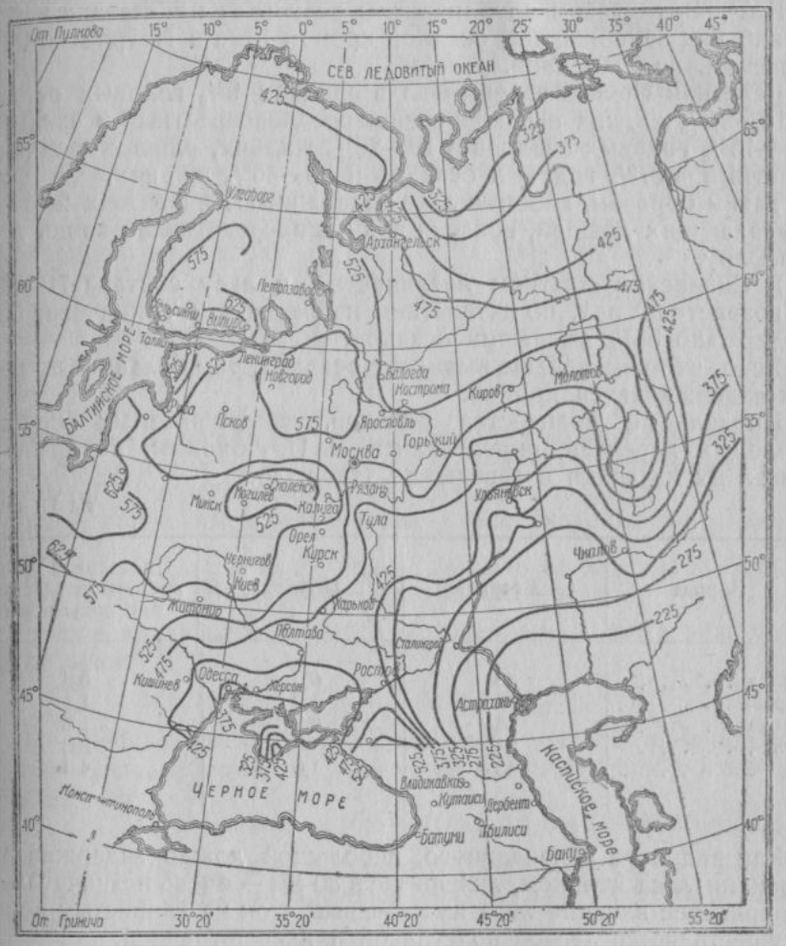


Рис. 17. Изолинии атмосферных осадков

Вода, просочившаяся в грунт, расходуется: 1) испарением с поверхности земли воды, подаваемой капиллярным подъемом из грунта; 2) испарением древесным травяным покровом (транспирация) воды, поступающей из грунта через корневую систему; 3) мелким грунтовым стоком в балки, овраги, ручьи; 4) глубинным грунтовым стоком в долины рек.

По задержанию атмосферных осадков кроной леса известны приводимые в лесной литературе наблюдения Гоппе. Наблюдения были проведены близ Вены в 90-х годах, в течение двух вегетационных периодов, без учета зимних осадков.

Г. Р. Эйтингеном опубликованы результаты 28-летних наблюдений над задержанием осадков кроной леса в Петровско-Разумовском, под Москвой.

Березняк спелый задерживал в среднем 9% годовых осадков и 14—24% жидких осадков, сосняк средневозрастный и спелый — 13—15% годовых осадков и 19—25% жидких, ельник средневозрастный — 37% годовых осадков и 36—46% жидких.

Таким образом, хвойные леса задерживают на ветвях 20—45% выпадающих дождей, испаряя воду непосредственно вновь в атмосферу.

В Сиверском опытном лесничестве, в лесу состава 7Е2Б10С в возрасте 80 лет, по пятилетним наблюдениям Токмачева, было задержано 38% выпавших осадков.

Ясно, что чем меньше выпадает осадков, тем больший процент их задерживается кроной.

Предельные количества осадков, задерживаемых кронами молодых деревьев, определялись В. П. Лоховым, который поливал их из лейки и взвешивал (табл. 9).

Таблица 9

Порода	Возраст	Полнота	Предельное единовременное задержание воды в мм
Осина	30	0,8	0,5
Береза	35	1,0	1,1
Сосна	14	0,9	1,3
ль	24	—	2,8
»	43	1,0	4,6

Как видно из приведенного, небольшой дождь задерживается кронами леса целиком, ливень же в 30 мм — очень незначительно. Умеряющее влияние леса на ливневый сток на глинистых почвах осуществляется лесной подстилкой и инфильтрацией.

По задержанию воды лесной подстилкой и фильтрационным свойствам лесных почв имеется большая литература. Вопрос этот рассматривается в курсах лесоводства, почвоведения и лесомелиорации. Сложные комплексные процессы испарения с поверхности почвы и испарение транспирационное в излагаемом курсе гидротехнической мелиорации не рассматриваются.

Сток как последнее звено круговорота воды является основным объектом, рассматриваемым в курсах гидрологии.

Различаются поверхностный, русловой и подземный стоки воды. Количество стока характеризуется следующими величинами.

1. Годовой объем стока в кубических километрах; например: по Волге у Ярославля за год проходит 36,7 км³.

2. Средний расход в м³/сек.; Волга у Ярославля пропускает в среднем 1 130 м³/сек.; Нева в Ленинграде — 2600 м³.

3. Годовой слой стока с площади водосбора, выражаемый в миллиметрах высоты, условно распределяется по площади водосбора, аналогично атмосферным осадкам. С водосбора Волги у Ярославля стекает в год слой воды в 240 мм.

4. **Модуль стока**, т. е. сток в единицу времени с единицы площади. Применительно к рекам выражается в литрах с квадратного километра в одну секунду; применительно к площадям мелиорации — в литрах с гектара в секунду. Модуль стока Волги у Ярославля — 7,5 л/сек. с 1 км², при площади водосбора 154 тыс. км².

5. **Коэфициент стока**, т. е. доля стока от выпадающих осадков $\left(\frac{\text{слой стока}}{\text{слой осадков}}\right)$ для Волги у Ярославля $K=\frac{240}{560}=0{,}43$.

Другими словами, процент стока — 43.

Объемное выражение стока характеризует водоносность реки; слой стока и его модуль — сток с площади; коэфициент стока выражает в значительной мере климат водосбора.

Самое общее выражение стока с бассейна реки дано Пенком:

$$\text{сток} = \text{осадки} - \text{испарение} \pm \text{расходование запасов воды с бассейна} - \text{накопленный запас.}$$

Это же уравнение является уравнением баланса влаг в бассейне реки:

$$\text{осадки} - \text{сток} - \text{испарение} \pm \text{запас} = 0.$$

За многолетний период расходование запаса и накопление в запас сравниваются, и уравнение баланса приобретает простейший вид:

$$\text{осадки} - \text{сток} - \text{испарение} = 0.$$

Зависимость годовой многолетней величины стока с бассейна от величины осадков выражена Пенком для бассейна р. Эльбы Богемской уравнением:

$$A = 0{,}73\,(N - 420)\ \text{мм}.$$

Оппоковым для Днепра выведено следующее уравнение стока:

$$A = 0{,}83\,(N - 395)\ \text{мм}.$$

В этих уравнениях:

A — годовой сток в мм;

N — годовая высота осадков в мм.

По смыслу этих уравнений сток по Днепру прекратился бы при годовом количестве осадков $N = 395$ мм; конечно, этого не произошло бы, так как испарение уменьшается с уменьшением запасов воды в бассейне.

Реки, их гидрологический и русловой режим

Артериями стока воды с суши в море служат реки. От состояния реки часто зависит размер мелиорации, а иногда и самая ее возможность. При осушительной мелиорации река является приемником воды из осушительной сети и поэтому нередко сама входит в объекты работ, требуя регулирования.

При ирригационных мероприятиях из реки берется вода для орошения, и естественно, что от гидрологического режима реки зависят площадь орошения и способы подачи воды на орошаемую площадь.

При снабжении водой населенных мест, промышленных предприятий, при постройке плотин и мостов режим реки необходим для проектирования. Поэтому исследование состояния русла реки и ее гидрологического режима входит в состав гидромелиоративных исследований.

Обобщенное понятие „водный поток", в зависимости от водоносности, называется рекой, речкой, ручьем. Между ними с лесоэксплоатационной точки зрения существует следующее различие. Сплав леса по ручью невозможен из-за извилистого русла, по которому бревна не могут проходить даже весной, когда вода выступает из берегов. По речке весной и осенью может проводиться сплав отдельными бревнами (россыпью, молевой). Сплав по реке возможен даже плитками, плотами, кошелями и др. По большой реке движутся баржи, пароходы.

Описание реки должно содержать следующие характеристики: длина реки, величина и форма водосборной площади, строение бассейна, продольный профиль, поперечный профиль, положение уровней воды, скорости течения, расходы воды, количество взвешенных наносов, ледовой режим, русловый режим, источники питания реки.

Длина реки. Длина реки правильно может быть определена только по планшетам геодезической съемки; промеры же рек по географическим картам дают уменьшенные величины длины, и тем меньше, чем меньше масштаб карты. Главная река вместе со впадающими в нее реками с их притоками образует речную систему. За главную реку при слиянии двух потоков принимается тот, по которому идет больший объем воды, но это не везде выдержано. Например, Ангара при впадении в Енисей дает 75% воды, а Енисей — всего 25% от совместного расхода; Кама в летний период несет воды несколько больше, чем Волга.

Длина реки исчисляется по главному водотоку. Однако во многих случаях исчисление по притоку дает большую длину; например, протяжение водного потока Енисей равно 4 161 км, а протяжение водного потока от Северного Ледовитого океана по Енисею, затем по его притоку Ангаре и впадающей в озеро Байкал Селенге — 5 719 км. Волга до слияния с Окой имеет длину 1 340 км, а Ока — 1 466 км. Ока длиннее этой части Волги. Волга до слияния с Камой — 1 850 км, Кама — 1 882 км, Миссури в Северной Америке значительно длиннее р. Миссисипи, в которую она впадает. Наибольшей по длине водной артерией мира является Миссисипи (вместе с Миссури — 7 050 км), второй — Амазонка (6 480 км), третьей — Нил (6 000 км); Волга занимает восьмое место (3 570 км).

Извилистость реки характеризуется отношением длины реки со всеми извилинами к кратчайшему расстоянию от истока до устья; это отношение именуется коэфициентом извилистости. Коэфициент извилистости Днепра 2,25, Волги до Казани — 1,7.

Продольный уклон. Разность высот H двух точек местности, лежащих на любом друг от друга расстоянии L, называется падением от точки A до точки B. Отношение падения к расстоянию $\frac{H}{L}$ показывает средний уклон линии между точками и обозначается обычно через I. Иначе: уклон есть падение на единице протяжения.

Уклон выражается десятичными дробями (например, 0,002), процентами (0,2%) промиллями (2‰), градусами угла наклона линии (0,7°).

Уклон реки считается по поверхности воды. На малых расстояниях он меняется в зависимости от состояния реки: высокая вода, малая вода, подъем, спад воды.

При подъеме воды уклон увеличивается, при спаде уменьшается. Уклоны рек очень малы, что видно из следующих данных:

Река Москва между г. Москвой и впадением в Оку	0,000097
Волга до Калинина	0,00017
Нева в Ленинграде	0,000014
Днепр на участке Смоленск — Орша	0,00011
Днепр в нижнем течении	0,000086
Уклоны речек равнины	0,000n.
Уклоны по болотам	0,002—0,0001
Склоны балок	0,n—0,0n
Склоны горных долин	0,n—n

Крутизну склонов выражают обычно в градусах наклона, например $\alpha = 45°$, что соответствует $I = 1{,}0$; $\alpha = 30$, что соответствует $I = 0{,}58$.

Нормальный продольный профиль горной реки имеет уклоны, резко уменьшающиеся от верховьев к устью. У равнинной реки такой же тип профиля, но с меньшей разницей в уклонах.

Профиль болотной реки имеет наименьшие уклоны в верховьях, увеличивающиеся при выходе реки из болота.

Водосборная площадь реки. Водосборной площадью реки называется поверхность суши и воды, с которой происходит сток воды в данную реку и к данному пункту A (рис. 18).

Водосборную площадь характеризуют: а) водораздельная линия, б) густота речной сети, в) конфигурация площади, г) средний уклон поверхности.

а) Водораздельная линия, составляющая границы водосбора, является первым элементом, который необходимо установить при изучении реки. Положение водораздельной линии в натуре может быть определено часто глазомерно, если местность представляет собой ясно выраженные хребты, гряды и склоны. В этом случае при осмотре местности, имея подробную ее карту, можно провести на ней линию водораздела достаточно точно для любых дальнейших вычислений. Часто эту линию чертят на карте крупного масштаба без осмотра места, руководствуясь, помимо ясных на карте признаков, расположением дорог, проходящих в низменных районах часто по водоразделам. Пригодными считаются карты масштаба 2 км в 1 см и 3 версты в дюйме.

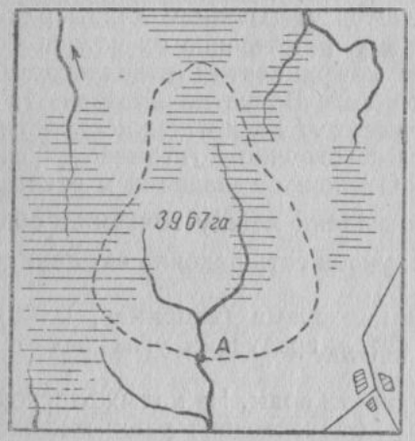


Рис. 18. Водосборная площадь реки

Рельеф равнины и особенно болот таков, что провести точный водораздел между реками иногда невозможно. Это наблюдается чаще в районах истока рек.

Величина площади измеряется обычно планиметром по карте после нанесения водораздельной линии. Величина площади существенно влияет на режим реки. Чем площадь водосбора больше, тем в течение бóльшего времени стекают с нее выпадающие осадки, тем равномернее, следовательно, их сток. Особенно умеряется действие сильных ливней, так как они захватывают лишь небольшие части большой водосборной площади.

Наибольшие площади водосбора имеют р. Амазонка — 7 050 тыс. км², Конго — 3 690 тыс. км², Миссисипи — 3 248 тыс. км²; Волга занимает 14-е место — 1 459 тыс. км², Днепр — 527 тыс. км²

б) Густота речной сети, или коэфициент обводненности водосбора, выражается отношением длины всех рек в километрах к площади водосбора в кв. километрах; иначе говоря, это есть протяжение рек, приходящееся на 1 км² площади.

В северной части СССР обводненность больше, чем в южной.

в) Конфигурация площади выражается коэфициентом удлиненности ее водораздельной линии или коэфициентом формы площади. Под коэфициентом удлиненности подразумевается отношение длины водораздельной линии к длине окружности равновеликого круга. Если площадь водосбора равна F, то радиус равновеликого круга из формулы $F=\pi r^2$ равен $r=\sqrt{\frac{F}{\pi}}$, длина окружности этого круга равна $P=2\pi r=2\sqrt{\pi F}$.

Поэтому, если измеренная по карте площадь водосбора равна F, а длина водораздельной линии — S, то коэфициент удлиненности ее $K=\frac{S}{2\sqrt{\pi F}}$. Этот коэфициент всегда больше единицы, так как периметр всякой площади всегда больше периметра равновеликого круга.

Значительное число сделанных измерений и вычислений показало, что величина K находится обычно в пределах 1,2—1,4, т. е. колебания коэфициента очень невелики.

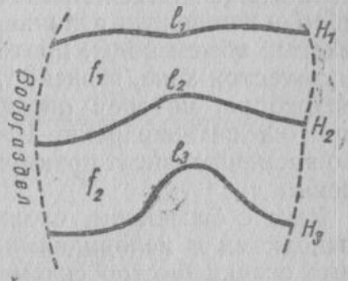


Рис. 19. Средний уклон поверхности

г) Средний уклон поверхности. Различают уклоны рек и уклоны скатов к долинам этих рек. Все вместе можно охарактеризовать средним уклоном площади, при вычислении которого руководствуются следующими соображениями (рис. 19).

Положим, горизонтали H_1, $H_2 \ldots H_n$ проведены с разностью высот в h, т. е.:

$$H_2 - H_1 = h.$$

Площадь, заключенную между двумя горизонталями H_1 и H_2, обозначим через f_1, а длины горизонталей — через l_1, l_2 и т. д.

Тогда среднее расстояние S_1 между горизонталями H_1 и H_2:

$$S_1 = \frac{f_1}{\frac{l_1+l_n}{2}} = \frac{2f_1}{l_1+l_2}$$

Средний уклон поверхности между этими горизонталями:

$$i_1 = \frac{h}{S_2} = \frac{h\cdot(l_1+l_2)}{2f_1},$$

а средний уклон всей площади F водосбора:

$$I_F = \frac{h(l_1+l_2)+h(l_2+l_3)+\ldots+h(l_{n-1}+l_n)}{2(f_1+f_2+\ldots+f_{n-1})} = \frac{h\left(\frac{l_1}{2}+l_2+l_3+\ldots+l_{n-1}+\frac{l_n}{2}\right)}{F}$$

Итак, для вычисления среднего уклона водосборной площади нужно определить лишь длины всех горизонталей и величину всей площади. Однако нивелировка редко бывает такой, чтобы можно было провести горизонтали по всей водосборной площади.

Бассейн реки. Бассейном реки называется совокупность геологических пород, содержащих воды, участвующие в формировании водного режима данной реки. Иначе говоря, под бассейном следует понимать объем грунта и воды, ограниченный сверху поверхностью земли, а снизу — трудно проницаемым для воды пластом породы, выклинивающимся в русле данной реки.

Таким образом, в характеристике реки имеются три разные геометрические величины: водораздел — линейная величина, водосбор — площадная величина, бассейн — объемная величина. Суммарный объем воды, протекающей по реке в определенной климатической зоне, зависит главным образом от величины площади водосбора, которая определяет количество осадков, поступающих на питание реки. Распределение же стока воды по реке во времени зависит преимущественно от свойств пород бассейна реки.

Река с бассейном, сложенным глинами, отличается бо́льшими паводками и маловодиями в другие периоды, так как атмосферные осадки быстро скатываются по глине. Наоборот, песчаный бассейн поглощает всю воду дождя и затем отдает ее в реку постепенно грунтовым питанием. Как геометрически, так и по гидрологическому значению понятия „водосбор" и „бассейн реки" существенно различны, что необходимо четко установить; водосборная площадь в частности является поверхностью бассейна.

Редко, и только на небольших площадях, породы залегают так, что можно легко определить положение непроницаемого пласта, образующего дно бассейна. Чаще дно намечается лишь приблизительно из-за недостатка соответствующих данных, получаемых при буровых работах (геологической съемкой).

Если бассейн не имеет такого горизонта, который может представлять собой дно бассейна, то воды, просочившиеся ниже дна русла реки, уходят на неизвестную глубину, или, наоборот, в реку поступают воды с далеких глубинных слоев.

Уровни воды в реках. Длина, уклон, водосбор, бассейн реки являются морфометрическими характеристиками. Переходим к изложению гидрологических характеристик: уровней воды, скоростей течения, расходов воды.

При выпадении осадков и испарении уровень воды в реке изменяется. Колебания уровня воды являются внешней легко определяемой реакцией реки на все гидрологические процессы в ее бассейне.

Для изучения жизни реки прежде всего необходимо провести наблюдения над горизонтом воды в реках, а затем изучить расходы воды. Для наблюдения над горизонтом воды на реках и озерах устраивают водомерные посты двух типов: свайные и реечные.

Свайные посты (рис. 20) состоят из ряда забитых в берег и дно русла свай, на которые устанавливают во время измерения уровня воды мерную линейку. Между поверхностью головок свай по высоте должна быть разница не более 60 см. Число свай берется с таким расчетом, чтобы самая низкая свая была ниже уровня самых низких вод, а самая высокая — несколько ниже самого высокого уровня воды.

Высотное положение головок всех свай или зарубок на них определяется нивелиром относительно прочного репера водомерного поста. Желательно определение высоты репера в абсолютных отметках. При наблюдении на головку сваи или на зарубку ставится мерная линейка, затем по номеру сваи и отсчету по линейке вычисляется высота уровня воды над уровнем моря или над каким-либо условным горизонтом — над нулем данного водомерного поста.

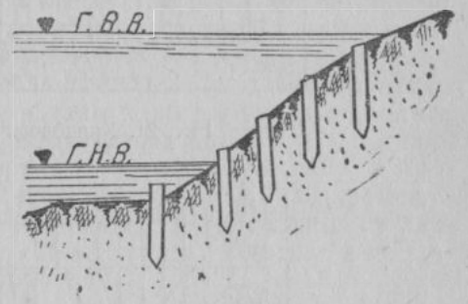


Рис. 20. Свайный водомерный пост

Реечный пост представляет собой длинную рейку с делениями, прикрепленную к устою моста, к ледорезу, стене здания и т. п. так, чтобы уровень воды ее пересекал.

Долголетние наблюдения на ряде постов, расположенных по течению реки и ее притоков, дают материал для внешней характеристики реки. Несмотря на то, что горизонты воды каждой реки сильно колеблются по годам, в среднем за много лет они характеризуются правильной кривой.

Большинство водомерных постов на судоходных реках европейской части СССР поставлено в 1879—1881 гг. Таким образом к настоящему времени имеются сведения о ежедневных уровнях воды по судоходным рекам примерно за 60 лет.

Уровни воды в реке характеризуются тремя основными графиками или таблицами уровней.

1. График хронологического колебания уровня за суточные, декадные или иные сроки. По горизонтальной оси координат откладывают месяцы, декады и дни, а по вертикальной — соответствующие им уровни воды. Этот график может быть годовой или осередненный за много лет. На графике ясно видны периоды максимумов и минимумов горизонтов. Весенний паводок характеризуется на графике временем начала подъема воды, временем максимума и временем окончания паводка. Максимум может иметь один или два пика. Часто это вызывается переры-

вами в снеготаянии при понижении температуры воздуха. Иногда же два пика характеризуют условия весеннего питания реки: например, правые притоки имеют безлесные водосборы, ле-

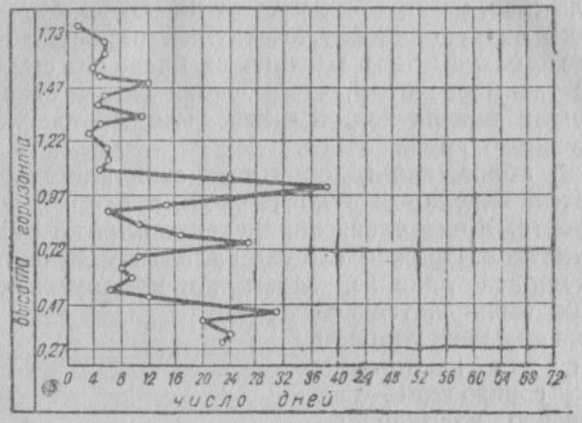


Рис. 21. Хронологический график

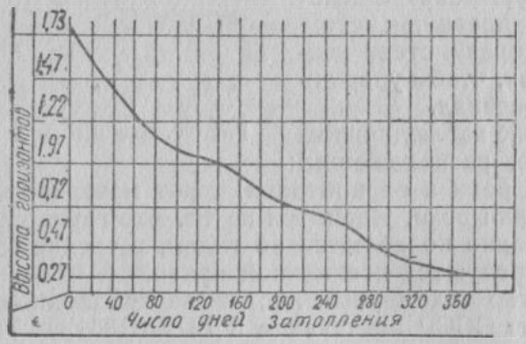


Рис. 22. График обеспеченности уровней

вые — лесные; сначала проходит вода полей и лугов, а затем — вода лесов.

2. График повторяемости или частоты горизонтов (рис. 21). По вертикальной оси откладываются высоты уровней воды, по горизонтальной оси — число дней в году (или иной период) стояния воды на соответствующем интервале высоты. Наиболее часто повторяющийся уровень воды в реке в течение вегетационного периода называют бытовым горизонтом.

3. Кривая обеспеченности уровня или продолжительности затопления (рис. 22). По вертикальной оси откладываются уровни

воды, по горизонтальной — число дней, в течение которых уровень воды был равен или выше рассматриваемого. Вместо числа дней обеспеченность выражают иногда процентом; например, уровень, обеспеченный на 100%, будет самым низким, а уровень обеспеченный на 1%, — самым высоким, полученным из ста наблюдений, уровень, обеспеченный на 50%, называется медианным.

Важной характеристикой уровней реки является амплитуда колебания воды.

За все время наблюдений разница между высшим и низшим уровнями Волги на участке Калинин — Рыбинск — Ярославль — Кострома — Горький составила около 13 м; на участке Симбирск — Куйбышев — Саратов — 15 м, Днепр у Смоленска — 12 м, Нева при Обуховском заводе — 3,6 м, Ладожское озеро — 2,4 м, Онежское озеро — 1,7 м.

При больших колебаниях уровня затрудняется устройство мостов, портов, креплений берегов и т. п. Реки Западной Европы, имея небольшие сравнительно колебания уровней, гораздо легче регулировать и оборудовать портами.

По каждой реке отмечены случаи особенно сильных подъемов воды. На р. Неве в Ленинграде нагоны воды из Финского залива вызвали два особенно сильных наводнения, каждый раз осенью: в 1824 г. на 4,16 м выше ординара, описанное Пушкиным в произведении „Медный всадник", и в 1924 г. — на 3,7 м. Промежуток ровно в сто лет между наибольшими наводнениями в данном случае является чистой случайностью. На р. Москве наибольшее наводнение было весной 1908 г.

Расход воды и скорости течения

Величина расхода воды по реке является основной характеристикой реки и часто исходным элементом при проектировании орошения, осушения, водоснабжения.

Расход воды в реке и канале в натуре определяется по уравнению:

$$Q = \omega \cdot v$$

Площадь живого сечения и скорость течения определяются непосредственными измерениями. Для измерения площади живого сечения потока избирается прямолинейный участок реки с руслом правильного поперечного сечения. Промеры производятся по трем поперечным сечениям (створам): основному, верхнему и нижнему (рис. 23). Расстояние между каждой парой створов делается в две-три ширины реки.

Через русло протягивается бечева, на которой предварительно размечены через 0,5 м или 1 м точки, под которыми должны производиться промеры. К этим точкам привязываются шнурки. Бечева по линии створа на обоих берегах русла закрепляется за вбитые колья (наклонно от реки). Самые промеры глубины

производятся рейкой с сантиметровыми делениями. Если русло узкое, через него кладется пара бревен, и промер производится с бревен; при широком и глубоком русле промеры производятся с лодки, которая подводится к канату-бечеве с низовой стороны. По цифрам промеров вычисляется площадь живого сечения на каждом из трех створов, а затем — средняя площадь.

Скорость течения определяется поплавками. Наилучшим поплавком является бутылка, которая, плавая, погружается в воду по горлышко. Бутылку наполняют соответствующим количеством воды, бросают в воду несколько выше верхнего створа в струю наибольшей скорости и определяют время прохождения поплавка от верхнего до нижнего створа. Таких поплавков пускают несколько, но для определения скорости течения учитывается время прохождения только тех поплавков, которые весь путь прошли по линии наибольшей скорости потока (по стержню — Strength). Таких удачных пусканий, на основании которых выводится наибольшая скорость течения в потоке, должно быть не менее трех. Средняя же скорость всего сечения потока, которая входит в уравнение расхода, вычисляется по уравнению:



Рис. 23. Гидрометрические створы

$$v_{ср.} = K \cdot v_{наиб.}$$

Значения переходного коэфициента K для земляного русла приведены в табл. 10.

Таблица 10

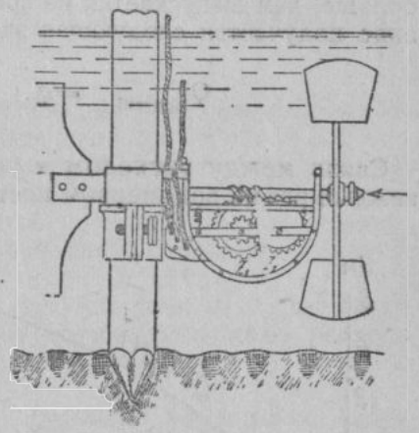
Гидравлический радиус в м	K	Гидравлический радиус в м	K
0,1	0,54	0,7	0,72
0,2	0,61	1,0	0,75
0,3	0,65	2,0	0,77
0,4	0,68	3,0	0,78
0,5	0,70	5,0	0,79

Примечание. Гидравлический радиус равен площади живого сечения, деленной на смоченный периметр.

При более точных работах скорости течения воды определяются гидравлическими вертушками (рис. 24). На опускаемую в воду штангу посредством муфты надет металлический прибор, состоящий из коробки со счетчиком оборотов, горизонтальной оси с насаженными крыльями вертушки, хвоста-руля прибора, аппаратуры электрической сигнализации.

Поставленные против течения воды крылья вертушки приходят в движение и вращают ось вертушки; счетчик фиксирует число оборотов, а электрическая сигнализация отмечает звонком число сделанных оборотов оси.

По числу оборотов оси вертушки в минуту определяется по графику вертушки скорость течения струи воды в месте нахождения прибора в момент измерения. Измерения скоростей производят по нескольким вертикалям водного потока в данном створе и на нескольких глубинах на каждой вертикали. Приблизительно средняя скорость потока по данной вертикали получается на 0,6 глубины вертикали от поверхности. Средняя скорость живого сечения вычисляется разными методами по скоростям, полученным в отдельных точках сечения[1].


Рис. 24. Гидравлическая вертушка

Скорость и по ней расход воды в реке можно вычислять по формуле Шези. Для этого тщательно определяют нивелировкой уклон воды в реке на протяжении, большем, чем расстояние между створами, и делают промеры сечений. Нивелировка производится по пикетам, которые забивают у уреза воды вровень с ее поверхностью. Однако определение расхода воды в натуре по скоростной формуле Шези не дает точных результатов, так как при выборе коэфициента шероховатости русла неизбежна некоторая условность. Формула Шези является основной для проектирования каналов на заданный расход воды, но недостаточно точной для определения наличного расхода в существующем русле.

Для определения малых расходов в ручьях устанавливают в их русле водосливы в виде шпунтового ряда из толстых досок с прорезом посередине. Прорез делается прямоугольным (водослив Базена), трапецоидальным (Чиполетти) или треугольным (Томсона). Формула расхода через прямоугольный водослив приведена в главе „Элементы гидравлики“ (стр. 29), а по водосливам других форм дается в гидравлических справочниках.

При весьма малых расходах через водослив расход определяют непосредственно, подставляя под струю мерный сосуд.

Для определения расходов воды горных ручьев с неправильным каменистым дном, где нельзя измерить живое сечение

[1] Метод определения расходов воды изложен в инструкции для речных гидрологических станций издания Гос. гидрологического института 1938 г.

и постановка водослива невозможна, пользуются способом смешения. В верхнем конце избранного участка ручья в воду пускают из сосуда струйку раствора соли (NaCl), точно известной большой концентрации (например $P^0/_0$), с расходом в секунду q.

Ниже по течению, в месте, где пущенный раствор соли равномерно распределился по всему потоку, берут пробу воды и определяют в ней концентрацию раствора. Если концентрация окажется в 1 000 раз слабее, чем концентрация пускаемой струйки, это значит, что расход воды в ручье в тысячу раз больше, чем выпускается из сосуда раствора в секунду. В общем виде получается следующая зависимость:

$$Q_{\text{(ручей)}} = q_{\text{(сосуд)}} \cdot \frac{P^0/_0 \text{ (сосуд)}}{p^0/_0 \text{ (ручей)}}$$

Связь между расходом и уровнем воды в реке. Определять каждый раз на водомерном посту расход воды непосредственным измерением живого сечения и скоростей нет необходимости. Каждому горизонту воды точно соответствует определенная площадь живого сечения $\omega = f(H)$ и приблизительно некоторый продольный уклон, а следовательно, примерно и данный расход воды:

$$Q = f(H).$$

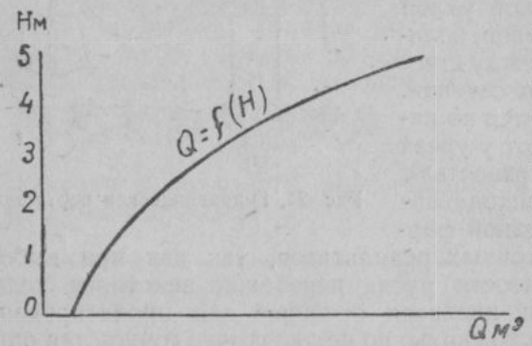


Рис. 25. Кривая связи расхода и уровня воды

В отдельных случаях эта связь несколько нарушается, так как уклон поверхности воды, от которого зависит скорость течения $(V = C \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{I})$, изменяется не в полном соответствии с изменением уровней воды. Так, в период, когда уровень поднимается, уклон воды бóльший, чем при том же уровне, но в период его падения. Связь резко нарушается, если имеется подпор воды снизу, создаваемый подъемом воды в реке, принимающей данный поток, и пр.

Производится возможно большее число определений расходов в натуре при различных уровнях. Например, при уровне H_1 расход равен Qм³/сек., при $H_2 - Q_2$м³/сек. и при $H_n - Q_n$м³/сек.

На основе этих определений строят точечный график (рис. 25). По вертикальной оси наносят высоты уровней над нулем водомерного поста, по горизонтальной оси — соответствующие им расходы воды.

Плавная кривая линия, проведенная по нанесенным точкам, дает параболу. Имея такой график $Q = f(H)$, можно уже взять по нему соответствующий расход воды для любого отсчитанного уровня.

Математически выводится следующее уравнение параболы:

$$Q = a + bH + cH^2$$

или несколько иначе:

$$Q = a(H + b)^n.$$

Вычислив для данного поста математическим методом нахождения минимума численные значения свободного члена a и коэфициентов b и c, находят для любого H соответствующий ему расход и составляют таблицу зависимости Q от H. При деформации русла значения коэфициентов уравнения расхода изменяются, и требуется новая серия определений расхода в натуре с построением нового графика.

Расходы воды в реке характеризуются теми же графиками, что и уровни воды: графиком хронологического хода расхода, графиком повторяемости и графиком обеспеченности расхода.

Сток по рекам. Характеристику стока по реке дают: многолетний сток, годовой сток, внутригодовое распределение стока (сезонный сток), экстремные величины стока (максимумы и минимумы), сток различной обеспеченности.

Многолетний и, следовательно, среднегодовой сток по реке зависит почти целиком от элементов климата: осадков и температуры. Растительный покров сам является функцией климата. Рельеф местности и род грунта влияют только на внутригодовое распределение стока и его экстремные величины.

Произведенное в послереволюционное время изучение режима рек подтвердило и конкретизировало общее положение о значении климата в создании режима рек. После обработки всего материала наблюдений по стоку в реках Кочериным[1] проведены на карте европейской части СССР изолинии модуля стока за многолетний период. С того времени для отдельных районов положения изолиний многолетнего стока уточнялись, а в 1937 г. вышла работа Зайкова и Белинкова, подытожившая весь материал[2]. Оказалось, что изолинии много-

[1] Д. И. Кочерин, Вопросы инженерной гидрологии, 1932 г.

[2] Зайков и Белинков, Средний многолетний сток рек СССР, Труды Государственного гидрологического института, вып. 2, 1937 г.

летнего стока проходят с достаточной правильностью (рис. 26).

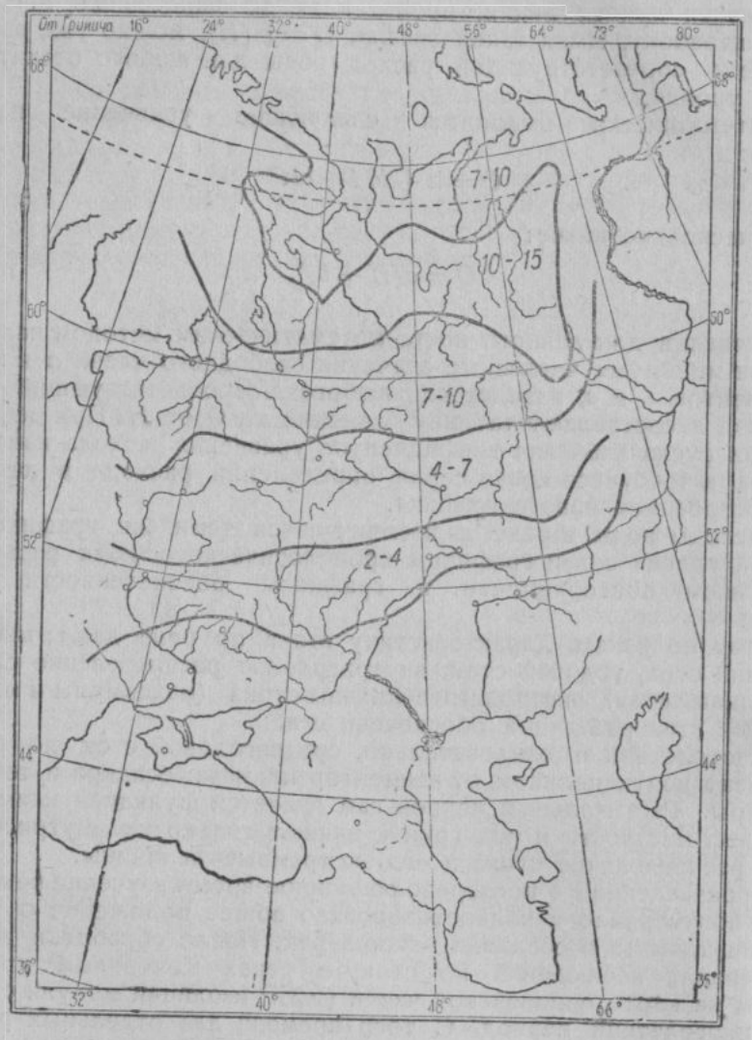


Рис. 26. Карта модулей стока

Так, средние модули стока (литры в секунду с 1 км²) оказались для некоторых районов следующими: Петрозаводска — 10, Ленинграда — 8,8, Москвы — 6,5, Горького — 5,5, Киева и Саратова — 2,5, Батуми — 50, Свердловска — 5, Новосибирска и Якутска — 3, Иркутска — 4.

Многолетние модули стока для главнейших рек приведены в таблице 11*.

Таблица 11

Реки	Пункт, до которого сделано исчисление	Площадь водосбора в км²	Многолетний модуль стока л/сек/км²
Печора	Оксино	312 000	12,8
Сев. Двина	Усть-Пинега	358 000	9,5
Нева	Шлиссельбург	281 925	9,2
Зап. Двина	Усть-Двинск	85 500	7,7
Днепр	Киев	326 500	4,2
Дон	Мелеховская	376 500	2,4
Волга	Ярославль	154 000	7,4
„ „	Сталинград	1 354 000	6,3
Ока	Муром	184 330	5,0
Кама	Чистополь	510 000	8,0
Дунай	Сулина	817 000	7,8
Рейн	Кельн	144 300	15,0
Висла	Близ устья	197 300	5,4

Годовые стоки по сравнению со средними многолетними имеют бо́льшие колебания в величинах в связи с значительными изменениями погоды за отдельные годы.

Еще большие колебания имеют экстремные величины стока, зависящие от элементов погоды, рельефа поверхности, грунта бассейна, растительного покрова и от величины водосборной площади. Чем больше водосборная площадь реки, тем меньше максимальный модуль стока: паводок с большой площади растягивается во времени.

По исчислениям Д. Л. Соколовского[1] весенний максимальный модуль выражается уравнением:

для лесной зоны:

$$M_{max.} = \frac{A}{\sqrt[4]{F}}$$

для степной зоны

$$M_{max.} = \frac{A}{\sqrt[3]{F}},$$

где:

M — м³/сек./км²;
F — площадь водосбора в км²;
A — коэфициент, характеризующий условия стока в каждом бассейне.

* Зайков, Карта среднего многолетнего стока Европы, Государственный гидрологический институт, вып. 6

[1] Д. Л. Соколовский, Нормы максимального стока весенних паводков рек СССР, 1937 г.

Для вычисления паводкового модуля, среднего за много лет, и модуля, обеспеченного на 5% (один раз за двадцать лет), следует принимать приблизительно следующие значения A, приведенные в табл. 12 (согласно изолиниям Соколовского), с переводом на м³/сек./км².

Таблица 12

Районы	Значение коэфициента A для паводков	
	среднего многолетнего	обеспеченного на 5%
Архангельск . .	1,5	2,4
Ленинград . . .	0,6	1,2
Москва	1,1	3,0
Киев	1,5	3,5
Смоленск	1,2	3,0
Харьков	0,6	0,9
Горький	0,8	1,5
Сталинград . . .	0,4	1,1

Пример. Определить средний многолетний модуль паводка и пиковый расход в районе Москвы при площади водосбора реки в 1 000 км², покрытой лесом.

$$M = \frac{1{,}1}{\sqrt[4]{1000}} = 0{,}2 \text{ м}^3/\text{сек./км}^2, \text{ или } 2 \text{ л/га}.$$

Соответствующий этому модулю расход воды с площади 1 000 км² равен 200 м³/сек.

Болота и озера уменьшают максимальный модуль. По предложению Д. Л. Соколовского, для паводка, обеспеченного на 5%, коэфициент A снижают, вычитая из него величины:

$$1{,}5 \cdot \lg (0{,}2\ \beta + \alpha + 1),$$

где:

β — процент заболоченности водосбора;
α — процент озерности водосбора.

Так, если заболоченность водосбора равна 20%, то коэфициент A для паводка, обеспеченного на 5%, уменьшается на 0,9; эта величина вычитается из A. Для среднего многолетнего паводка поправка на заболоченность не показана.

Минимальные модули стока для малых площадей водосбора равны нулю, так как сток по малым рекам прекращается. С лесоболотных площадей Ленинградской области сток прекращается при площади 10 км², а в степных районах — с площадей в десятки тысяч квадратных метров. Минимальный модуль сильно зависит от грунтов, слагающих бассейн реки; суглинок создает условия для быстрого поверхностного стока и малого грунтового питания, пески и супеси поглощают воду и создают грунтовое питание.

Для больших рек минимальный модуль стока снижается ниже 1 л/сек/км². На реках Крайнего Севера сток зимой прекращается, так как водный поток промерзает на всю глубину.

Гидрологическая классификация рек. Питание реки слагается из поступающих в нее снеговых, дождевых и подземных вод. Последние также имеют снеговое или дождевое и частично конденсационное происхождение. Доля каждого источника питания для небольших рек, по данным М. И. Львовича[1], составляет следующие величины, приведенные в табл. 13.

Таблица 13

Река	Район	Источники питания рек в %			Площадь водосбора в км²
		подземное	снеговое	дождевое	
Тосно	Ленингр. обл. . . .	24	40	36	1 240
Плюсса	„ „ . . .	24	47	29	213
Нача	БССР	32	37	31	229
Свислочь	у Минска	62	22	16	749
Хопер	у Поворино	20	77	3	19 330
Ингулец	г. Николаев	17	77	6	3 975
Ока	у Орла	19	59	22	4 870
Москва	у Москвы	21	55	24	7 400
Еруслан	Заволжье	—	100	—	2 031
	По большим рекам				
Волга	до Куйбышева . .	43	53	4	1 252 000
Дон	Калач	30	67	3	223 940
Днепр	Орша	60	31	9	17 423

Основной приток воды в реки европейской равнины СССР дает снеготаяние. Чем меньше река и чем южнее ее положение, тем большее значение имеет снеговая вода.

По источникам питания и времени наступления максимума еще А. И. Воейков в 1884 г. предложил классификацию рек, которая сохраняется до настоящего времени. По классификации Воейкова, в несколько обобщенном виде, реки делятся на следующие группы.

1. Реки с наибольшим резко выраженным расходом воды весной от таяния снегов. Это реки равнины СССР, в которых весенний сток настолько велик, что составляет большую часть всего годового стока. Такой режим рек неблагоприятен для

[1] М. И. Львович, Опыт классификации рек СССР, Труды Государственного Гидрологического института, вып. 6, 1938 г.

судоходства, для берегового строительства, для ирригации; по юго-восточным рекам вода идет в то время, когда она не нужна для орошения, летом же реки пересыхают. В таких гидрологических условиях местные воды могут быть употреблены для орошения: их задерживают плотинами, создающими большие водоемы (США).

2. Реки с наибольшим питанием от летнего таяния снегов в горах, например Аму-Дарья, Сыр-Дарья, Зеравшан, Чирчик и многие другие реки Средней Азии; их режим очень благоприятен для орошения, так как вода в наибольших количествах идет летом.

3. Реки с летним и осенним наибольшим расходом, вызываемым летними дождями, например, р. Нил, разлив которого в нижнем течении происходит в сентябре от дождей, выпадающих в бассейне Голубого Нила в летние месяцы, Амазонка и другие реки тропического пояса.

4. Реки, имеющие воду от таяния снегов и от дождей, например реки Западной Европы: Рейн, Одер, Сена и др.

Исследование влияния лесной растительности на сток

Формирование стока начинается с момента выпадения осадков или начала таяния снега.

Вода от выпадающего дождя или от снеготаяния разделяется: на стекающую по поверхности, фильтрующуюся внутрь грунта, задерживающуюся на поверхности. От первоначального распределения осадков на месте их выпадения зависят испарение, скорость и распределение поступления воды в реку.

Поверхностный сток обычно нежелателен: движение воды по поверхности смывает с полей наиболее плодородный слой почвы (эрозия), размывает грунт, образуя овраги, ускоряет сток воды в реки, заносит пруды и реки отложениями.

Трансформирование поверхностного стока в грунтовый является важнейшей задачей гидромелиорации и лесомелиорации в степных и горных районах.

Явления поверхностного стока исследуются обычно на элементарных стоковых площадках. Элементарными они названы потому, что каждая такая площадка должна быть однородна по растительному покрову, строению грунта, уклону, экспозиции. Выбирая площадку на лугу, в лесу, на разных склонах, на глине, на песке, можно условно проследить поверхностный сток в частных условиях его формирования.

Элементарные лесные площадки принимаются величиной от нескольких квадратных метров до нескольких тысяч квадратных метров. Большее количество площадок на опытных пунктах Главного управления лесоохраны имеет размер 15 м × 20 м.

Каждая площадка ограничена глиняным или бетонным валиком, а с верховой стороны защищена канавкой. Вода с площадки поступает в жолоб, установленный по низовой стороне площадки на 1—3 см ниже поверхности земли. Из жолоба вода стекает в водомерный сосуд, помещаемый в яме (рис. 27). Ниже приводятся результаты наблюдений поверхностного стока с лесных и открытых элементарных площадок, устроенных по склонам логов.

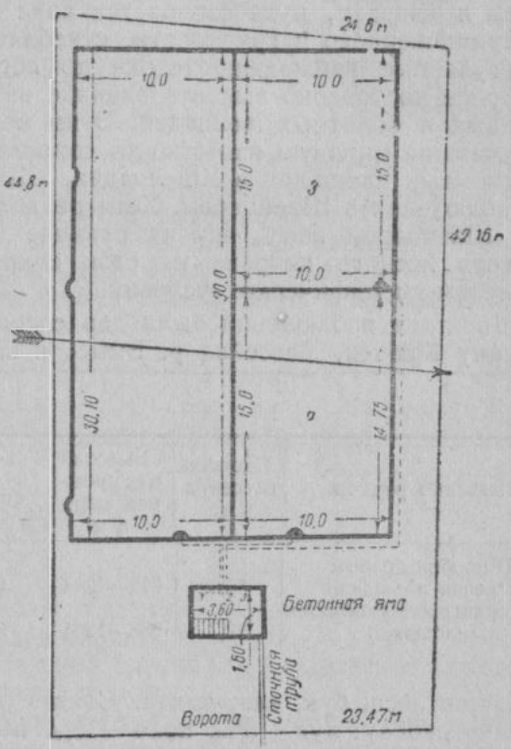


Рис. 27. Схема стоковых площадок

Наблюдения в лесу Воронежского института и в Шиповом лесу Воронежской области показали, что при таянии снега на незамерзшей почве площади деградированного чернозема, покрытые дубовым лесом, стока не дают. Вся снеговая вода проникает в грунт; лишь в редких случаях, при мерзлом грунте, формируется небольшой сток, составляющий единицы процента от снегового запаса. В этой же территориальной области поверхностный снеговой сток со склонов открытых выгонов доходит до 90%.

В Московской области (Истринский опорный пункт) весеннее таяние снега дало сток с лесных площадок 1,2% от запаса воды в снеге, с полевых—63%.

В Ленинградской области (Сиверский опытный леспромхоз, Тосненская станция) таяние снега, как правило, дает с лесных склонов небольшой поверхностный сток — от 0 до 40% запаса воды в снеге.

Элементарные стоковые площадки широко распространены в СССР, но методика их устройства разнообразна. Основная трудность состоит в том, что́ считать поверхностным стоком и как его улавливать. Борты приемных желобов устраивают то на

уровне поверхности земли, то на 3 см ниже ее: поступление воды в жолоб в этих двух вариантах различно.

Сток внутри лесной подстилки следует относить к поверхностному стоку лесного склона, хотя он отличается меньшей скоростью, чем сток по поверхности, и не имеет разрушительной силы.

Более точные материалы дают наблюдения стока по малым логам и канавам, куда собирается вода поверхностного стока, внутрипочвенного и грунтового, с небольших глубин.

Регулярные наблюдения стока по логам дают возможность наиболее достоверно выявить влияние на сток лесных, луговых, полевых и болотных площадей. Этим методом были проведены получившие мировую известность сопоставления стока с лесных и открытых площадей в Швейцарии, США и Японии.

Наблюдения в Швейцарии. Хотя рельеф, почва и климат горной Швейцарии иные, чем на равнине СССР, влияние общих свойств лесного покрова на сток сохраняется и на равнине с учетом специфических условий.

Объектами наблюдений были два соседних ручья, впадающих в речку Грюнен, бассейна р. Эмме, в кантоне Берн (табл. 14)

Таблица 14

Название ручьев	Площадь бассейна в га	Высота над уровнем моря в м	% лесистости	Уклон по руслу	Годовые осадки в мм
Шпербельграбен (лесная площадь)	55,8	912—1204	97	0,202	1614
Раппенграбен (открытая площадь)	69,7	983—1261	35	0,175	1668

Состав леса: бук, ель, пихта. Состав открытых площадей по Раппенграбену: луг — 8%, поле — 2%, пастбища чистые — 26%, пастбища с кустарниками — 29%, лес — 35%. Из приведенной характеристики ясно, что водосбор ручья Раппенграбен не может считаться открытым; его следует назвать полуоблесенным, или для простоты — малолесным.

Почва — тяжелая глина незначительной проницаемости (результат выветривания горной породы, названной Nagelfluth).

Наблюдения за период с 1903 по 1915 г. опубликованы Энглером[1], а за период с 1916 по 1927 г. — Бургером[2].

[1] Engler, Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer, 1914.

[2] Burger, Einfluss des Waldes auf den Stand der Gewässer, Mitzeilungen der Schweiscerischen Ansfalt fur das Förstliche Versuchwegen, 1934, 13, XVIII, H. 2.

Суммарные стоки приведены в табл. 15.

Таблица 15

Годы	Абсолютные величины годового стока в мм		Годовые коэфициенты стока		Летние коэфициенты стока (июнь-август)		Весенние коэфициенты стока	
	лесной водосбор	открытый водосбор	лесной водосбор	открытый водосбор	лесной водосбор	открытый водосбор	лесной водосбор	открытый водосбор
1903-1915	943	1027	0,59	0,62	—	—	—	—
1916-1927	906	1076	0,56	0,64	0,42	0,50	0,75	0,88

Итак, суммарный годовой сток за 25 лет наблюдений с лесной площади в горных условиях Швейцарии оказался несколько меньше, чем сток с малолесного водосбора.

Это соотношение в пользу малолесной площади остается в силе и в дождливые и сухие годы за период 1916—1927 гг. Данные за самые дождливые 1926—1927 гг. и за самый сухой 1920—1921 г. приведены в табл. 16.

Таблица 16

Водосборы	Осадки в мм	Сток в мм	Коэфициент стока
	1926—1927гг.		
Лесной	2133	1056	0,49
Открытый	2109	1324	0,64
	1920—1921гг.		
Малолесный . .	1016	350	0,34
Открытый	1066	462	0,43

И в дождливый и сухой год суммарный сток с малолесной площади оказывался большим, чем с лесной.

Но распределение стока с лесной и малолесной площади оказалось всецело в пользу лесной.

При ливнях после сырой погоды и при снеготаянии малолесная площадь всегда давала расходы на 30-50% выше, чем лесная; лес значительно умерял паводки. Но при длительных дождях после насыщения грунта водой сток с обоих водосборов оказывался одинаковым.

Наибольшие модули стока после выпадения жидких осадков приведены в табл. 17.

Таблица 17

Дата	Водосборы	
	Лесной	Малолесный
11 августа 1927 г.	12, 08	20, 90
24 июня 1925 г.	10, 76	19, 57
12 июня 1927 г.	10, 85	16, 61

Таяние выпавших осадков в 63 мм в виде снега, при температуре 5,2—6,3°, дало следующие наибольшие модули стока: с лесного водосбора —8,13 л; с малолесного — 17,54 л.

Влияние леса на минимальный летний сток оказалось благоприятным; грунтовый сток с лесной площади никогда не прекращался, с открытой же площади сток прекращался многократно.

Вычитая величину стока из количества осадков, получают среднюю величину годового испарения в горных условиях Швейцарии: с лесной площади 780 мм, с малолесной 592 мм.

Лесная площадь испаряла больше, чем малолесная.

Некоторые авторы указывают, что в данном случае возможно было проникновение части осадков в глубинные слои, поэтому нельзя вычислять испарение, вычитая величину стока из количества осадков.

В Соединенных Штатах Америки наблюдения производились в штате Колорадо, в ущелье Wagonwheel gap, в бассейне реки Рио-Грандо, в районе Скалистых гор[1], над двумя смежными горными речными бассейнами, покрытыми лесом: бассейн А площадью 91 га и бассейн В площадью 81,1 га; высота над уровнем моря — между 2743 и 3353 м; характеристика участков приведена в табл. 18

Таблица 18

Лесной покров	Площадь в %	
	Участок А	Участок В
Осина чистая и с примесью хвойных	48,7	60,9
Ель дугласова и канадская	20,7	23,4
Сосна	9,0	—
Травяной покров	9 4	6,1
Скалистые скаты	2,7	3,0
Выжженная невыкорчеванная ель	9,5	6,6

Наблюдения над стоком с обоих участков были начаты управлением лесной службы США совместно с Бюро погоды США в сентябре 1911 г., закончены в октябре 1926 г. Летом 1919 г. на участке В лес был вырублен, и на его месте появились травы и поросль осины; в конце семилетнего периода побеги осины достигали на некоторых участках высоты 1 — 2 м.

Климатические условия до и после вырубки леса на участке В были одинаковыми. Вполне надежные наблюдения проводились в течение 8 лет до вырубки леса и в течение 7 лет после вырубки.

Средняя годовая высота осадков на участке А составляла 533 мм в течение первых 8 лет и 537 мм за последующие 7 лет, На участке В количества осадков отличались в пределах до 0,5%,

[1] Hoyt and Troxell, Forest and Streamflow, „Proceedings of the Society of civil Ingineers", № 6, 1932.

т. е. в пределах неточности наблюдений. Половина осадков выпадала в виде снега. Колебания температуры воздуха были от 27° в течение июня — августа до —18°, наблюдавшихся иногда в течение октября — марта.

Годовые величины стока с каждого из участков до и после вырубки леса (начало гидрологического года с 1 октября) приведены в табл. 19.

Таблица 19

Периоды	Годовая величина стока в мм			Число лет
	Участок А	Участок В	Годовые осадки в мм	
За 1912 — 1919 г. (до вырубки)	154	157	534	8
За 1920—1926 г. (на участке В лес вырублен с 1920 г.)	157	184	533	7

При одинаковой средней величине осадков до и после вырубки леса годовой сток с облесенной площади не изменился, а с вырубленной площади увеличился на 24 мм. Больше всего сток увеличился на третьем году после вырубки, превысив на 54 мм норму. В последующие годы влияние вырубки постепенно уменьшалось, и на седьмом году величина стока стала такой, как до вырубки.

Годовое увеличение стока сложилось из увеличения снегового стока и летнего дождевого.

Наблюдения в южной Калифорнии. В 1924 г. большой лесной пожар в каньоне р. Сен-Габриель в графстве Сен-Анжелос охватил и бассейны притоков этой реки, в том числе р. Фиш; пожар не коснулся близко лежащего водосбора р. Санта-Анита. На обеих реках Геологическим управлением связи велись гидрометрические наблюдения до пожара, поэтому наблюдения над стоком, продолжавшиеся после пожара, позволили выявить гидрологические последствия в результате уничтожения леса пожаром.

Площадь выгоревшего водосбора р. Фиш выше водомерного поста равна 16,3 км²; на ней нет искусственных регулирований. Растительный покров состоял из густых кустарников сумахи и красного дерева; в затененных местах — небольшие группы дубов. Пожар 1924 г. уничтожил всю растительность и лесную подстилку, но к осени 1930 г. осталось уже мало признаков пожара.

Площадь, не затронутая пожаром водосбора р. Санта-Анита, равна 27,2 км². Растительный покров тот же, что и по р. Фиш. Район горный. Обе реки берут начало на высоте 1200 м над

уровнем моря и текут в каньонах. Подземного стока, повидимому, не имеется.

Выборка из таблицы величин годового стока с обоих водосборов дает следующие цифры увеличения стока после пожара на водосборе р. Фиш в Калифорнии (табл. 20).

Таблица 20

Годы	Увеличение стока		Приходится на увеличение в (мм)	
	в %	в мм.	паводковых вод	в остальное время года
1924—1925	23,1	62,7	38,4	24,3
1925—1926	26,0	79,2	40,9	38,3
1926—1927	12,1	40,1	21,6	18,5
1927—1928	38,0	17,3	2,0	15,2
1928—1929	29,7	17,5	3,8	13,7
1929—1930	31,5	18,8	5,8	13,0

В течение всех 6 лет наблюдений после пожара сток на р. Фиш оставался значительно увеличенным против нормального стока с невыгоревшей площади. По абсолютной величине наибольшее увеличение стока отмечено на второй год после вырубки, причем увеличивались не только паводковые воды, но и обычные меженные. Все осадки в Южной Калифорнии выпадают в виде дождей. Пиковые расходы, вызываемые здесь дождями, увеличились резко в первом году после пожара, в остальные же годы не выходили из пределов, бывших до пожара.

Летний сток с водосбора р. Фиш и р. Санта-Анита имел величину 0,45, а после пожара—1,69, т. е. пожар сильно увеличил летний сток.

Изменение минимального суточного расхода после пожара проследить трудно, так как и до пожара р. Фиш высыхала. Однако нулевой расход после пожара наступал на месяц позднее, что указывает на лучшее питание реки в это время.

Эрозия после пожара значительно увеличилась. До пожара на р. Фиш фактически почти не существовало движения наносов. После же пожара в первый год отложения выносов причинили много вреда садам, железным и шоссейным дорогам, прилегающим к горам. На второй год количество наносов было уже значительно меньше, а в 1930 г. достигло нормальной незначительной величины.

Общее заключение по стоку с выгоревшего бассейна сводится к тому, что новая растительность — поросль, как бы мала она ни была, оказывает фактически то же влияние на сток, что и первоначальный густой кустарниковый покров.

Наблюдения в Японии. Годовое количество атмосферных осадков в районах наблюдения стока с лесных водосборов Японии составляло 1 600—2 300 мм, что указывает на совершенно иные климатические условия по сравнению с равниной СССР. Район исследования горный.

Коэфициенты стока с лесных площадей разного характера за 6 лет (1908—1913) приведены в табл. 21*

Таблица 21

Характеристика участка	Площадь в га	Сток за год в мм	Коэфициент стока
Участок Ота высотой над уровнем моря 224—458 м, слой почвы 20—30 см, почва подстилается вулканическими породами, осадков за год выпадает 1600 мм (наблюдения велись в 1908—1913 г.):			
криптомерия (молодняк)	21	857	0,53
криптомерия (хвойные)	16	723	0,45
широколиственный лес	16	915	0,58
Участок Казама высотой над уровнем моря 130—300 м, слой почвы 25 см, почва подстилается сланцами, осадков за год выпадает 1650 (наблюдения велись в 1908 г):			
безлесная площадь	5,2	388	0,25
криптомерия	7,3	563	0,35
широколиственный лес	5,8	483	0,30
Участок Азио высотой над уровнем моря 788 мм, слоя почвы почти нет, осадков за год выпадает 2300 мм (наблюдения велись в 1910—1913 гг.):			
безлесная площадь	260	478	0,24
широколиственный лес	299	935	0,46

Лесные площади Японии дали годовой сток больший, чем безлесные, что противоположно наблюдениям в США и Швейцарии. В приведенных материалах неясна причина резких различий в величинах стока участков Ота и Казамы при одинаковом количестве годовых осадков.

Осадки до 30 мм не давали поверхностного стока и лишь в 50 мм давали заметный сток.

В 1914 г. широколиственный лес на участке Ота был вырублен, и явилась возможность сопоставить сток до и после вырубки (табл. 22).

* Hirata, Contributions of the problem of the relation between the Forest and Water in japan, 1929.

Таблица 22

Годы	Осадки за год в мм	Сток за год в мм	Коэфициент стока
1911	1768	1 000,5	0,58
1912	1521	881,0	0,58
1913	1534	883,0	0,58
1914	1390	713,0	0,51
1915	1717	901,0	0,53
1916	1619	1 118,0	0,67
1917	1481	984,0	0,66
1918	1348	784,0	0,59
1919	1456	806,0	0,55

Существенного различия в годовом стоке до и после вырубки леса не наблюдалось. На второй и третий годы после вырубки коэфициент стока несколько увеличился, но в последующие годы снизился до прежней величины и даже ниже. Зато коэфициент стока непосредственно дождевых вод увеличился с вырубленной площади в 1,5 — 2 раза по сравнению со стоком до вырубки, что Хирата объясняет отсутствием задерживающих дождь крон деревьев. Общее же заключение Хирата сводится к тому, что растительность не изменяла суммарного стока.

В Советском Союзе сравнительные наблюдения по стоку с лесных и открытых малых водосборов начаты в 1938 г. Главным управлением лесоохраны и лесонасаждений на Истринском и Окском пунктах Московской области и в Шиповом лесу Воронежской области. С 1937 г. начаты наблюдения по логам Валдайской гидрологической станции Главного гидрометеорологического управления, давшие исключительно хорошие сравнительные результаты по стоку с бассейнов разного покрова. Станция находится в зоне конечного моренного ландшафта; на коренных породах здесь залегают мощные отложения ледниковых суглинков, частично покрытых флювио-гляциальными песками.

Зимне-весенний сток по основным логам Валдайской станции оказался в большой зависимости от ландшафта (табл. 23).

Совершенно очевидно, что наименьший весенний сток давало травяно-кустарниковое торфяное болото: коэфициент стока на нем в 4 раза меньше, чем на полевых и луговых водосборах. Сплошь облесенный водосбор давал сток, в два-три раза меньший, чем полевые и луговые водосборы.

Аналогично распределение и годового стока: резко меньший сток с травяно-торфяного болота и с лесного лога.

Все логи Валдайской станции расположены компактно по берегам Валдайского озера.

Таблица 23

Название логов	Растительный покров	Площадь водосбора	Сток за зиму и весну в мм					Коэфициент стока снеговых вод				
			1937 г.	1938 г.	1939 г.	1940 г.	средний	1937 г.	1938 г.	1939 г.	1940 г.	средний
Приусадебный	Поле и луг, супесь	36	129	153	117	110	127	0,73	0,73	0,62	0,75	0,71
Крутой	Поле, суглинок	4,5	88	169	142	—	133	0,49	0,81	0,77	—	—
Моренный	Поле, кустарник	32	84	107	141	92	108	0,51	0,45	0,74	0,59	0,57
Архиерейский	Поле, луг, кустарник, суглинки	289	110	179	143	116	137	0,67	0,79	0,75	0,72	0,79
Сухое болото	Травы, березняк, ивняк, торф.	36	28	54	39	22	36	0,17	0,25	0,21	0,14	0,19
Таежный лесной	Елово-сосновый лес, суглинок	39	—	—	69	31	—	—	—	0,46	0,18	—
Усадьевский	Поле, кустарник, суглинок	3	—	203	171	135	170	—	0,89	0,93	0,88	0,90

При одинаковой величине атмосферных осадков значительно меньший сток с болотного и лесного бассейнов по сравнению с полевыми и луговыми указывает на большее испарение с болотного и лесного логов.

В течение 7 лет (1934—1940 гг.) автором проводились регулярные наблюдения стока по канаве с 98 га лесопокрытой площади в Сиверском опытном леспромхозе, в 65 км от Ленинграда. Площадь покрыта на 60% сосняком сфагновым, сфагново-ягодниковым, сфагново-кустарниковым и на 40% — более сухими типами, до сосняка верескового включительно. Средний уклон поверхности 0,0045; под торфом и песком залегает моренный суглинок слоем в 1,2—2 м.

Величины стока и испарения в Сиверском леспромхозе за май—октябрь 1934—1940 гг. приведены в табл. 24.

Таблица 24

Годы	Осадки в мм	Сток в мм	Испарение в мм	Среднее суточное испарение в мм	% стока за сезон май—октябрь
1934	459	78	381	2,1	17
1935	596	189	407	2,2	32
1936	309	15	294	1,6	5
1937	371	37	334	1,9	10
1938	372	35	336	1,9	10
1939	270	14	256	1,4	5
1940	356	51	305	1,7	14
среднее	390	60	330	1,83	15,4

На примере Сиверского леспромхоза подтверждается известное положение гидрологии, что процент стока резко меняется по годам, величина же испарения сравнительно устойчива, составляя в среднем за 7 лет, за сезон май — октябрь, — 330 мм или за сутки — 1,8 мм.

Испарение для Сиверского леспромхоза вычислено как разность (осадки минус сток), при близком к действительности предположении, что запасы воды в грунте 1 мая и 1 ноября одинаковы.

Твердый сток в реках. Движущаяся по поверхности земли снеговая и дождевая вода смывает частицы грунта, концентрирующиеся струи воды размывают грунт, образуя вымоины и овраги. Продукты смыва и размыва выносятся в речное русло и, двигаясь в нем, образуют так называемый твердый сток в реке в отличие от жидкого стока.

Твердый сток в русле реки слагается из трех фракций: 1) грунт, влекомый водным потоком по дну русла, 2) грунт, несомый во взвешенном в воде состоянии, и 3) растворенные в воде вещества.

Кубическая частица грунта с размером ребра d, изолированно лежащая на дне русла, имеет в воде вес:

$$g = d^3 \cdot \delta\, 1000 - d^3 \cdot 1000 = d^3 \cdot (\delta - 1) \cdot 1000,$$

где:

d — размер ребра в м;

δ — удельный вес грунта;

1000 — вес 1 м³ воды в кг.

Вода, движущаяся со скоростью v, по основному закону механики оказывает на квадратную грань частицы грунта давление с силой:

$$P = m \cdot i,$$

где:

m — масса тела (воды), ударяющегося о грань частицы,

$$m = \frac{d^2 \cdot v \cdot 1000}{g};$$

i — замедление скорости воды, ударяющейся о грань частицы грунта; при ударе перпендикулярно грани вся скорость течения воды теряется, поэтому: $i = v$ и $P = m \cdot v$, то есть.

$$P = \frac{d^2 \cdot v \cdot 1000}{g} \cdot v$$

Частица грунта теряет равновесие, когда динамическое давление на нее текущей воды будет равно весу частицы в воде, умноженному на коэфициент трения f частицы о грунт дна, т. е. когда:

$$f \cdot d^3 (\delta - 1) \cdot 1000 = \frac{d^2 \cdot v \cdot 1000}{g} \cdot v.$$

Отсюда скорость течения воды, при которой частица грунта на дне теряет устойчивость, будет:

$$v = \sqrt{f \cdot g \cdot d\,(\delta - 1)}.$$

При удельном весе грунта рассматриваемой частицы $\delta = 2{,}5$ и коэфициенте трения $f = 0{,}6$, получается: $v = 5 \cdot \sqrt{d}$.

Наблюдения в руслах показали, что для гальки и песка соотношение: $v = 5.\sqrt{d}$ соответствует действительности; здесь v и d выражены в метрах.

Например, если галька имеет $d = 0{,}01$ м (размер ребра или диаметра при округленной форме), то предельная у дна русла скорость:

$$v = 5 \cdot \sqrt{0{,}01} = 0{,}5 \text{ м.}$$

Горные потоки двигают по дну русла большие массы горных обломков, обращающихся постепенно в округлую гальку; ливни в горах сносят мелкие продукты выветривания горных пород, и вода рек несет массу взмученного ила.

Отношение веса взмученных частиц к весу воды именуется мутностью воды; нередко мутность выражается граммами взвешенного вещества в литре воды.

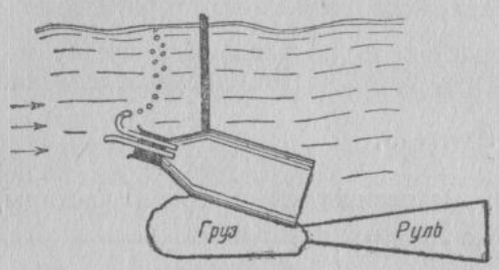


Рис. 28. Бутыль для взятия проб воды

Например, средняя годовая мутность р. Риона у Кутаиса была в 1928 г.— 0,424 г/л, в 1929 г.— 0,993 г/л. и в 1934 г.— 0,445 г/л.

Количество взвешенных в воде наносов определяется батометрами. Простейшим батометром является бутыль (рис. 28), погружаемая в воду на штанге с прикрепленным грузом; бутыль заткнута пробкой, через которую пропущены две трубки. Конец одной трубки направляется против течения, и по этой трубке вода поступает в бутыль; конец второй трубки загнут и направлен по течению; через нее из бутылки выходит воздух.

Батометр Жуковского (рис. 29) представляет собой трубу диаметром 10 см, длиной 20 см, которая на штанге опускается в воду на требуемую глубину. Вода свободно протекает по трубе. В определенный момент труба плотно захлопывается крышками одновременно с обеих сторон. Прибор вынимают из воды и содержащуюся в нем воду вместе с взвешенными наносами исследуют.

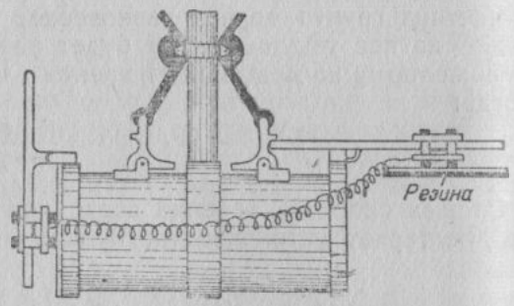


Рис. 29. Батометр Жуковского

Для улавливания наносов, влекомых по дну, рекомендуется донный батометр Полякова (рис. 30). Он состоит: из трамплина, (по которому движутся наносы), из ловушки, в которой откладываются наносы и хвоста *h* (для установки прибора по течению). Вода вместе с влекомыми наносами входит через отверстие *ab* и выходит без наносов через отверстие *cd*.

Для улавливания взвешенных и донных наносов имеются и другие приборы, описываемые в курсах гидрометрии.

Твердый сток по реке определяется в тоннах вынесенных твердых веществ; это дает миллионы тонн в год. Величину твердого стока лучше выражать в миллиметрах слоя, снесенного с поверхности бассейна, при условном предположении, что снос произведен равномерно со всей поверхности.

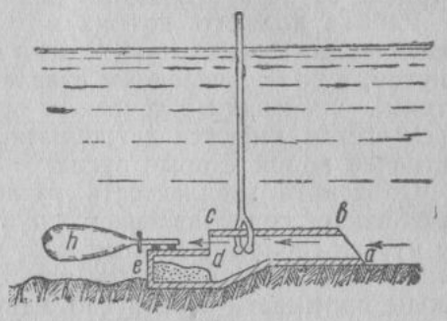


Рис. 30. Батометр Полякова

Еще более конкретным становится представление о смыве и размыве, если определять число лет, которое необходимо для сноса со всей площади водосбора слоя толщиной в 1 мм.

Величина твердого стока за год, по вычислениям Г. М. Лопатина, приведена в табл. 25.

Таблица 25

Реки	Мутность в г/л	Слой за год в мм	За сколько лет сносится 1 мм
Волга у Горького	0,46	0,003	330
Ока у устья	0,76	0,025	40
Волга перед Камой	0,81	0,003	330
Кама у устья	0,088	0,01	100
Волга у Сталинграда	0,12	0,012	83
Самарка у Максимовки	0,405	0,006	160
Малый Иргиз у Селезнихи	1,300	—	—
Еруслан у Кр. Кута	0,67	—	—
Б. Иргиз	0,46	0,023	40
Б. Узень в Нижнем Узене	0,49	—	—
Белая	0,14	—	—
Вятка	0,09	—	—
Урал у Кушума	0,36	—	—
Дон у Калача	0,26	0,017	60
Терек у Амирадраджи-Юрт	2,4	0,35	3
Сулак у Миатмы	4,87	1,0	1
Кура в нижнем течении	1,4	0,08	12

Очень мал смыв с бассейна Волги до Оки, невелик смыв и с бассейна Камы и очень большой с бассейнов Кавказских горных рек.

Наряду с уносом твердого вещества в океан наблюдается и поступление вещества в газовом состоянии с океана на сушу. Океан выделяет углекислоту, поглощаемую зеленой растительностью; углерод углекислоты идет на построение органи-

ческого вещества растения, а отмирающие части растения образуют наслоения на поверхности земли.

Твердый сток по рекам необходимо учитывать при проектировании водохранилищ, делая расчет на уменьшение их водного объема за счет отложения наносов.

Работа водного потока в русле реки. Русла рек обычно извилисты. Ручей, речка и река несут свои воды не кратчайшим путем, а по бесчисленным извилинам и петлям (меандры, серпентины), меняющим с течением времени направление; в долинах рек всегда имеются дугообразные высохшие или заполненные стоячей водой старые русла.

Объяснить извилистость разнородностью грунта, а именно различным сопротивлением грунтов размыву, как это принято в курсах геологии, невозможно; не может быть такого затейливого строения торфа или песка, которое побуждало бы поток воды промывать себе русло непрерывными извилинами, повторяющимися на значительных отрезках реки.

Если бы нормальное движение водного потока было прямолинейным, то в течение многих прошедших тысячелетий поток пробил бы все встречающиеся на его пути препятствия и придал бы руслу прямолинейное направление; между тем наблюдения показывают, что извилистость русел не уменьшается.

В искусственных прямых каналах правильного сечения поток воды также стремится итти извилинами; поэтому через некоторое время в канале образуются вымоины то с одной, то с другой стороны.

Оказывается, что водный поток изменяет и первоначально правильное дно русла, образуя на нем вымоины и отложения выше дна. На большой реке чередуются глубокие плесы и мелкие перекаты. Когда ручей пересыхает, по руслу его остается цепь омутов.

Изгибы и глубины реки систематически изучались инж. Фаргом на р. Гаронне; он нашел зависимость во взаимном положении извилин в плане и глубин реки и опубликовал в 1859 г. следующие основные положения:

1) глубокие места на поворотах реки тем глубже, чем больше изгиб реки;

2) мели соответствуют местам перехода одного поворота русла реки в другой, т. е. расположены на прямых участках русла;

3) глубины и мели всегда находятся на некотором расстоянии по течению от места перегиба реки.

Основное положение Фарга заключается в том, что естественное состояние русла — криволинейное и в плане и в профиле. Геометрическая ось поперечных сечений потока идет по вытянутой спирали.

Следовательно, свойства движения водного потока таковы, что он размывает себе русло извилинами в плане и в профиле.

При движении воды в правильном русле, при достаточной мощности потока, поступательно-спиральное движение частиц потока обнаруживается измерительными приборами. Если в такой поток для определения скорости течения опустить вертушку, то обнаружится, что скорости течения колеблются около некоторой средней величины. Кроме того, обнаружатся колебания самой вертушки в обе стороны относительно штанги, т. е. так называемая пульсация водного потока.

Последовательно меняющееся направление движения струй в прямолинейном русле реки хорошо наблюдать по движению длинных стеблей подводных растений: стебли растений, целиком находящиеся в текущей воде, не вытягиваются ею в одном направлении; концы их описывают эллипсы соответственно колебаниям отдельных струй потока.

Разнородность грунта нарушает правильность образования извилин, но отнюдь не создает их.

Постоянный подмыв вогнутого берега реки и отложение наносов несколько ниже выпуклого берега сопровождаются постепенным перемещением вершин вогнутостей и выпуклостей вниз по течению; водный поток медленно перемещает свое русло по долине так, что мимо какой-либо постоянной точки долины проходит в течение тысячелетий одна излучина за другой. Процесс перемещения русла обращает на себя особенное внимание в таких местах, где положение русла имеет существенное значение, например в городах, при портах.

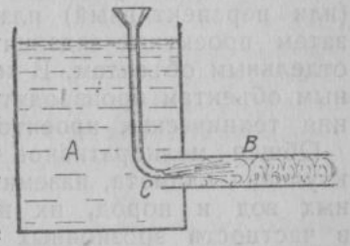


Рис. 31. Турбулентное движение

Движение отдельных струек водного потока впервые было показано лабораторными опытами Рейнольдса (опубликовано в 1883 г.).

Из стеклянного сосуда *A* (рис. 31) выведена стеклянная трубка *B* малого диаметра с краном на конце. К приемной воронке выводной трубки подведен конец трубочки *C*, по которой выпускается тонкая струйка краски. При открытии крана вода из сосуда движется по трубке *B* и в нее же поступает струйка окрашенной жидкости.

При малых скоростях течения окрашенная струйка движется в выводной трубке, не смешиваясь с остальным потоком. Это значит, что все струйки, составляющие поток, движутся прямолинейно, параллельно друг другу. Такое движение называется ламинарным. При увеличении скорости движения воды в трубке наступает состояние, когда окрашенная струйка, поступив в трубку, сразу распыляется, смешивается со всей движущейся водой; такое движение потока называется турбулент-

ным. Скорость, при которой один вид движения переходит в другой, названа критической. Исследования показали, что движение ламинарно лишь в узких трубках и при малых скоростях, в водопроводных же трубах и каналах движение турбулентно.

Дальнейшие лабораторные исследования разных лиц показали, что в турбулентном движении можно проследить поступательно-вращательное движение струй, т. е. движение по вытянутой спирали.

Глава 4

ОБЩИЕ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для плановой организации мелиоративных работ в какой-либо естественно-исторической или административной области необходимо предварительно изучить потребности этой области в мелиорации, естественные и технические условия производства мелиораций и, наконец, их экономическую эффективность.

На основе полученных материалов составляется генеральный (или перспективный) план мелиоративных работ по области, затем проектные задания по отдельным районам, а иногда по отдельным объектам. В конечной стадии по отдельным земельным объектам производятся детальные изыскания для составления технических проектов мелиораций.

Общее мелиоративное исследование области слагается из изучения климата, наземных вод, рельефа поверхности, подземных вод и пород, их включающих, растительности и почвы, в частности эрозионных и болотообразовательных процессов; существующего и возможного использования вод, а также распределения площади по видам угодий и перспектив развития народного хозяйства.

Общие мелиоративные исследования должны входить в программу работ крупных лесоэкономических экспедиций, а также сочетаться с работами по учету лесного фонда и организации лесного хозяйства.

При всех видах исследований необходимо иметь карту района возможно большего масштаба. Для большей части европейской территории СССР еще не потеряла значения карта масштаба три версты в дюйме (1 : 126 000) дореволюционной съемки, пополненная позднейшими съемками. Для Ленинградской области имеется хорошая карта масштаба 2 км в сантиметре (1 : 200 000); в худшем случае можно иметь карту 10 верст в дюйме (1 : 420 000). На местах в учреждениях имеются иногда местные издания карт области или района.

При метеорологическом изучении прежде всего нужно ознакомиться с материалом по климату рассматриваемой территории.

По этому вопросу имеется климатологический справочник по СССР (изд. 1932 г.) Главной геофизической обсерватории.

Справочник составлен под руководством Каминского и Рубинштейн и содержит сведения об осадках, температуре, ветрах и пр. Если указанное издание достать невозможно, сведения об осадках можно найти в „Записках Государственного гидрологического института", 1933 г., т. X, статья Вознесенского. Сводные сведения об осадках до 1912 г. по европейской части Союза имеются в Геофизическом сборнике Главной физической обсерватории, 1916 г., т. III, статья Небольсина. На основании данных этой работы проведены изолинии осадков — изогиеты.

По многим территориальным областям имеются местные обзоры климата. Из метеорологических элементов для мелиоративного проектирования наиболее важны: осадки (средние годовые и месячные, минимальные и максимальные годовые и месячные, максимальные суточные), дефициты влажности, температура воздуха, ветры, испаряемость. Сводные сведения о дефицитах влажности имеются в трудах Гидрологического института, вып. 4-й, 1917 г., статья Соколовой. Сведения о метеорологии сосредоточены в местных управлениях гидрометеорологической службы.

По отношению количества осадков к величине испарения академик А. Н. Костяков различает три зоны увлажнения на территории СССР: избыточного увлажнения, неустойчивого увлажнения и недостаточного увлажнения (рис. 32).

Гипсометрическое изучение, т. е. общее ознакомление с рельефом района, производится по общим географическим картам, а более детальное — по имеющимся иногда в учреждениях картам для служебного пользования. По картам проводятся линии водоразделов и определяются площади бассейнов. Иногда в программу экспедиций входит производство нивелировки по специально намечаемым профилям.

Правила нивелировок изложены в инструкции по геодезическому обоснованию и производству топографической съемки, изданной Главным управлением государственной съемки и картографии, ГУГСК НКВД.

При гидрологическом изучении выбираются сведения по уровням и расходам воды в реках: средним многолетним, годовым, месячным, по минимальным и максимальным годовым, месячным суточным, а также сведения по расходам наносов.

Экспедиция сама устраивает водомерные посты, определяет эпизодически расходы воды. В районах эрозии экспедиционные работы должны включать определения мутности воды, особенно по малым рекам, что дает возможность судить об эрозии по бассейнам рек. Материалы по гидрологии области находятся в местном управлении Гидрометеорологической службы.

Гидрогеологическое изучение наиболее важно в районах обводнения (колодцы), борьбы с оврагами и оползнями. При этом выясняется: 1) положение, условия питания и свойства воды первого от поверхности водоносного горизонта, из которого обычно питаются мелкие бетонные и срубовые колодцы, овраги и ручьи; 2) то же — второго горизонта, из которого питаются глубокие колодцы; 3) водные свойства грунтов бассейна. Приемы исследования: осмотр обнажений пород, выкли-

нивания грунтовых вод, промеры существующих колодцев, изыскательское бурение, лабораторные анализы.

Общее ознакомление с почвой производится по отчетам прежних исследований; новые почвенные исследования при общем изучении района производятся по специальным программам.

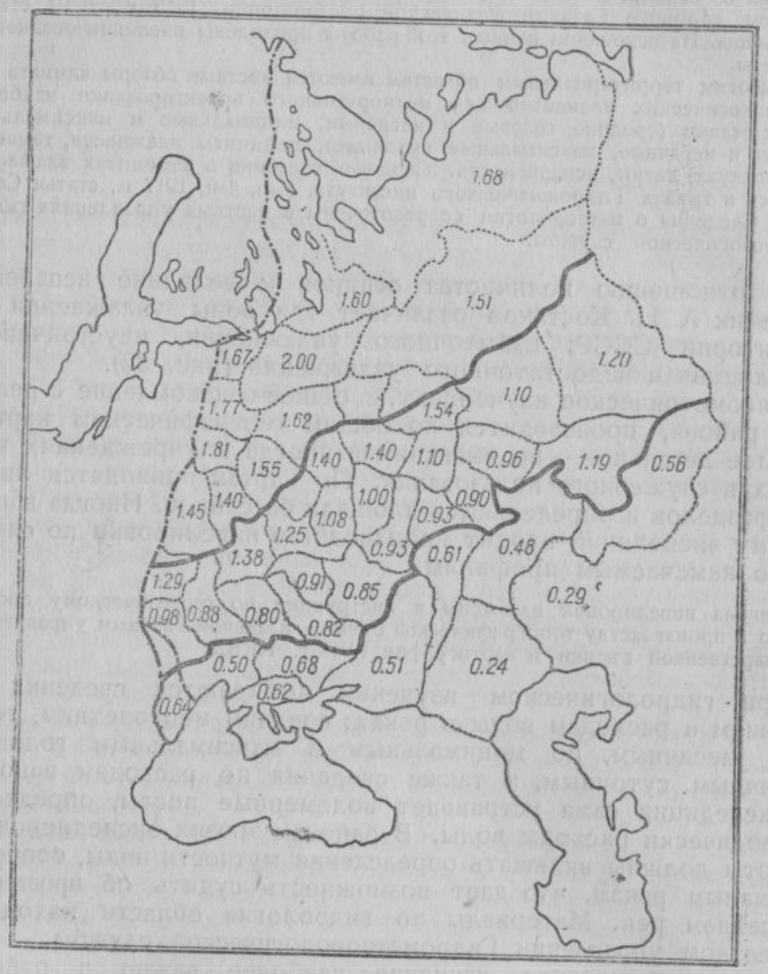


Рис. 32. Зоны избыточного, неустойчивого и недостаточного увлажнения

В горных районах для целей гидромелиорации необходимы сведения о смывах и обрушениях продуктов выветривания, о толщах почвы над каменистой породой; в степных районах — сведения: об эрозионных процессах; в зоне избыточного увлажнения — о процессе заболачивания и типах болот; в приморских и приречных районах — сведения об оползневых процессах; в районах орошения — о засолении почвы.

Лесоводственное изучение производится по лесоустроительным планам и отчетам; из них выбирают площади, нуждающиеся в осушении, руководствуясь бонитетом, типом леса, его возрастом и ходом возобновления на лесосеках; выясняются площади, нуждающиеся в других видах гидромелиорации, связанной с лесомелиорацией и выращиванием леса; площади оврагообразований, засолений, крутых склонов, сыпучих песков, питомников в условиях поливов и пр.

В малоизученных районах объекты мелиорации могут выявляться авиационными средствами: воздушно-глазомерным обследованием, аэрофотографированием.

При воздушно-глазомерном обследовании, с высотой полета 200—500 м ведется на миллиметровой бумаге абрис, с указанием на нем болот, песков, оврагов, гарей, сплошных вырубок, состава древостоя.

Аэрофотосъемка производится с высоты 800 м. При дешифрировании снимков распознаются все основные категории хозяйственных площадей: пашни, сенокосы, болота разных типов, лесные площади (породы, три группы возраста, три класса бонитета, полноты и др.).

Признаками низинного травяного болота без древесной растительности является темный тон, лишь немногим светлее водоемов и отсутствие какого-либо рисунка на этом тоне, так как поверхность покрыта равномерно травяной растительностью и не имеет мелкой дифференциации рельефа.

Признаками верхового болота служат: а) светлосерый тон при наличии лишайников и малом увлажнении сфагнового ковра; тон доходит до темносерого при очень влажном состоянии самой поверхности; б) пестрый рисунок, обусловливаемый микрорельефом: темные полоски снимка изображают мочажины, светлые — гряды.

Кроны древесной растительности изображаются на снимке зернами, тени—черточками. Низкорослые сосны дают короткие тени.

Для гидротехнического ознакомления с областью собирают сведения о произведенных ранее гидромелиоративных и лесомелиоративных работах, о состоянии и результатах их, о недостатках и ошибках в прежних работах, о засолении площадей. Выясняют технические условия отвода воды в районах преобладания осушения и по прежним материалам и специальным рекогносцировочным обследованиям состояние рек-водоприемников, чтобы установить, могут ли они в естественном состоянии принимать воду с заболоченных площадей, или же требуется регулирование. Устанавливают также, может ли быть использовано регулирование рек для сплава леса. Выясняют, имеются ли

мельничные запруды, поднимающие уровень воды в реках. Осматривают дно под железнодорожными и шоссейными мостами; иногда закрепленное мощением дно вызывает подпор воды в долине речки.

Выясняют технические условия получения воды для орошения в районах преобладания орошения. Источниками воды могут быть реки, пруды, колодцы. Условия получения воды из них зависят от взаимного высотного положения поверхностей воды и земли, от гидрорежима источника орошения, расстояний и пр.

Необходимо также выявить существующее водопользование для хозяйственных и питьевых нужд населения: обеспеченность речной, ключевой, прудовой и колодезной водой, качество воды, способы подъема, количество потребляемой воды.

Расчетные нормы для отвода избытка воды и пополнения недостатка ее выясняются по материалам научно-исследовательских учреждений. Так как количество воды в реках в районах орошения ограничено, всякий лишний расход воды на гектар уменьшает число гектаров освоения. Кроме того, выясняются принятые размерные нормы для проектирования мелиоративных устройств: расстояния между канавами, глубина, ширина и др.

Следует также определить размеры площадей и состояние земель, нуждающихся в мелиорации. Заболачивание может развиваться и затухать, так же как и оврагообразование, засоление почв, эрозионные процессы.

Лесоэкономические обследования, необходимые для обоснования мелиорации, должны входить в полном объеме в программы лесоэкономических экспедиций и партий; в основном нужно иметь указания о приросте древесины в сопоставлении с местными и экспортными нуждами, о значительных затруднениях, связанных с транспортом леса издалека, и т. п. Например, снабжение древесиной Окуловского лесокомбината за сотни километров из-за озера Ильменца, в то время как в районе комбината имеются большие, но мало продуцирующие лесные площади, явно ненормально и легко устранимо мелиорацией.

При всех видах исследований необходимо фиксировать не только существующее состояние территории в отношении мелиорации, но и процессы, изменяющие с течением времени растительный покров территории, ее гидрологический режим, рельеф, способы эксплоатации.

В результате общего изучения района составляется перспективный план мелиорации как часть перспективного плана лесного хозяйства района, который в свою очередь базируется на плане развития народного хозяйства в целом. По отдельным, наиболее изученным территориям могут быть составлены и проектные задания по мелиоративным работам (соответственно установленным стадиям проектирования работ).

РАЗДЕЛ II

ОСУШЕНИЕ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

Глава 5

ОБЪЕКТЫ ОСУШЕНИЯ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИЗЫСКАНИЯ

Объекты осушения и их генезис

Площади, покрытые лесом, чрезвычайно разнородны по содержанию влаги. Встречаются, например, болота, грунты которых насыщены влагой сверх полной влагоемкости, а наряду с этим сухие боровые пески. Гидромелиоратора должны интересовать торфяные болота, заболоченные и избыточно увлажненные леса.

На площадях с избытком влаги на равнине европейской части СССР развиваются следующие основные типы лесов, нуждающиеся для улучшения роста в осушении: сфагновое болото с сосной (Sphagnetum pinosum), относимое к нелесной площади, сосняк сфагновый и ельник сфагновый (Pinetnm sphagnosum, Piccetum sphagnosum), сосняк травяно-сфагновый и ельник травяно-сфагновый (Pin. sphagnoso-herbosum, Pic. sphagnoso-herbosum) сосняк травяный и ельник травяный (Pin. herbosum, Pic. herbosum), сосняк и ельник политриховый или долгомошник (Pin. polytrichosum, Pic. polytrichosum), березняк-черничник сфагновый (Betuletum sphagnosum), березняк травяно-болотный с примесью ольхи (Bet. herbosum: carex, phragmites, oquisetum).

В некоторых случаях нуждаются в осушении сосняки и ельники-черничники (Pin. vacciniosa, Pic. vacciniosa).

При мелиорации земель сельскохозяйственного значения осушают преимущественно торфяные болота под естественные сенокосы, луговые и полевые культуры. Увеличенные урожаи с этих земель собирают уже в ближайшие после мелиорации годы.

При осушении же лесных неудобных земель, т. е. болот под лес, урожай древесины с этих площадей не может быть реализован ни на следующий год, ни через десятилетие. Между тем

важна не только величина будущей продукции, но и время получения ее. Поэтому внимание лесомелиоратора или лесного инженера-гидротехника должно быть обращено не столько на болота, сколько на самые леса. Нужно улучшать путем мелиорации условия роста уже существующих лесных древостоев, чтобы увеличить прирост древесины в ближайшие годы. Что же касается огромных пространств моховых болот, находящихся в пределах лесных земель, то задача лесомелиораторов заключается преимущественно в остановке дальнейшего распространения мохового покрова на существующие древостои.

Сводных сведений о лесных площадях V, IV и высших бонитетов, нуждающихся в осушении, не имеется; их можно частично найти лишь в лесоустроительных отчетах. Вообще же выяснение площадей лесных эксплоатационных участков, нуждающихся в осушении, составляет одну из задач мелиоративных исследований.

Обследование лесов Ленинградской области дало возможность ориентировочно установить площади основных типов их.

Площади основных типов лесов в Ленинградской области до выделения Калининской и Вологодской областей приведены в табл. 26.

Таблица 26

Типы леса	Бонитет	Площадь в га	
		сосновый лес	еловый лес
Сосновые боры на возвышенных плато со свежей супесчаной почвой и песчаной подпочвой, подрост отсутствует	I	56 000	—
Ельники-кисличники на холмистых местах, хорошо дренированных, глинистых и суглинистых почвах	I	—	104 440
Леса-зеленомошники на возвышенных рельефах, песчаные почвы и подпочвы в сосняках и суглинистые почвы с глинистой подпочвой в ельниках	II	263 600	495 900
Сосняки вересковые и беломошники на возвышенных террасах и гривах среди заболоченных пространств на бедной, сухой, песчаной почве. .	III и IV	305 400	—
Леса-ягодники (черничник), ровные пониженные места, слабо приподнятые острова среди болот с супесчаной в сосняках и суглинистой оподзоленной в ельниках, слабо дренированной почвой	III	169 300	424 250
Сосняки и ельники-долгомошники, ровные пониженные места, слабо приподнятые острова среди болот (сырая глинистая в ельниках и супесчаная в сосняках почва образовала торф) . .	III	203 200	445 600
Осоковые сосняки, хвощево-сфагновые ельники на пониженных заболоченных местах с сырой почвой.	IV	192 000	306 000
Сфагновые сосняки и ельники на местах, покрытых сплошным слоем сфагнума, иногда с глубокой торфяной почвой	V	215 214	112 425

На основании данных табл. 26 можно подсчитать, что площадь лесов Ленинградской области (без Карелии и Мурманского края), с которой полезен отвод избытка влаги (не считая болот), составляет 1 899 тыс. га; из них ельники-черничники (частично нуждаются в мелиорации) — 424 тыс. га, сосняки и ельники-долгомошники — 649 тыс. га, сфагновые сосняки и ельники — 328 тыс. га, осоковые и хвощевые сосняки и ельники — 498 тыс. га.

Образование болот. По определению, принятому в 1933 г. Гидрологическим институтом, болотом следует считать площадь земной поверхности с постоянным или длительным периодическим избыточным содержанием влаги сверх полной влагоемкости грунта, вызывающим развитие водолюбивой растительности, ослабление распада органических остатков и накопление их в виде торфа.

Процесс торфообразования и накопления торфа в высоту, продолжаясь в течение тысячелетий, проходит ряд стадий, которые в связи с местными условиями характеризуются сменами растительности и приводят к образованию завершающей стадии — сфагновому торфяному болоту. Процесс образования болот проходит по двум основным схемам: образование болот на водоемах вследствие зарастания их водной растительностью и образование болот на суходолах.

Схема образования болот на водоемах. На первоначальное минеральное дно всякого озера или вообще водоема, образовавшегося после таяния ледника, оседают минеральные и органические частицы грунта, смытого с водосборной площади озера впадающими в него ручьями или непосредственно отмываемого волнами от берегов озера. Кроме того, из стекающих в озеро вод осаждаются в некоторых случаях вещества, приносимые в растворе, преимущественно углекислый кальций (известь). Эти минеральные наносы и осадки вместе с остатками растений (планктона), а также с выделениями и остатками водных животных образуют первый слой отложения на дне водоема — плотный минеральный, обычно мергелистый слой серого цвета.

В это же время со дна озера до некоторой определенной глубины (рис. 33) развиваются водяные растения, показывающиеся на поверхности воды лишь во время цветения: подводные рдесты, водоперица, роголистник и др. Ежегодные остатки этих растений, не разлагающиеся в воде из-за недостатка кислорода, вместе с минеральными наносами, отбросами и трупами водных животных образуют второй горизонт отложений — минерально-органический, так называемый печеночный торф (сапропель, гиттия, мульда).

С мелких берегов водоема надвигаются на середину высокие камыши (Scirpus lacustris) и тростники (Phragmites communis),

а впереди них плавают желтая кувшинка (Nuphar luteum) и белая лилия (Nymphaca alba) (Европа, Закавказье, Сибирь, Канада).

Эти растения ежегодно образуют большую массу стеблей и листвы, которые, отмирая, падают в воду и консервируются; образуется третий горизонт отложений, уже с значительным преобладанием органического вещества над минеральным,— слой тростникового торфа. Среди тростника развивается значительное число других видов растений, перечень которых приводится в болотоведческой литературе.

По мере обмеления озера, вследствие ежегодных отложений отмирающих и падающих в воду тростников, камышей и сопутствующих им растений начинают развиваться мелководные растения: хвощи (Equisetum), осоки (Carex) и многие другие



Рис. 33. Схема заторфовывания водоема

водолюбивые растения. Отложения этих растений уже поднимаются над поверхностью воды в озере, но затопляются весенними и летними высокими водами, из которых выделяются взмученные частицы плодородного ила. На месте водоема образуется, следовательно, болото, низменное по положению, называемое поэтому в классификациях низинным, и травяное по растительности, с преобладанием осок (Carex stricta, C. rostrata, C. paradoxa), среди которых растут также: манник водный (Glyceria), канареечник (Phalaris), вейник (Calamagrostis), хвощ (Equisetum) и многие другие. Кроме того, образуется моховой покров из гипновых мхов (Calliegron, Drepanocladus).

При продолжающемся отложении травяной флоры поверхность торфяных отложений поднимается все выше. Она перестает затопляться весенней водой, оседание на ней минеральной, удобряющей мути прекращается. Поэтому осоки, для построения тела которых требуется много минеральных солей, начинают страдать. Хорошие условия создаются для кустарников и древесной растительности; появляются кусты ивы (Salix) и ольхи (Alnus),

причем ольха достигает на таких болотах большого роста. В дальнейшем ива постепенно вымирает, уступая место черной ольхе. Последняя по мере того, как поверхность болота поднимается, что сопровождается обеднением его зольными веществами, уступает место березе и сосне. Болото из стадии травяного переходит в лесное, или „переходное". Между древесной растительностью развиваются зеленые гипновые мхи, белый мох-сфагнум, обильно растут осоки (иные виды, чем первоначально росшие по берегу озера), вахта и многие другие травы.

Ежегодный прирост древесных пород на болоте не велик, и корни их вследствие высокого стояния почвенной воды стелются близ поверхности торфа; при умеренной влажности все же могут развиваться и большие деревья. Береза на болоте подвержена сердцевинной гнили и суховершинности, сосна принимает постепенно уродливые формы. Опадающие листья, ветки и самые стволы деревьев образуют слой древесного торфа, в котором кора березы и отдельные просмоленные стволы сосны могут сохраняться очень долгое время.

В тени леса поверхностный слой почвы становится более влажным, образуются даже лужи воды и снова создаются условия, благоприятные для роста растений, требующих большого количества воды.

Однако из-за бедности торфа питательными веществами здесь не появляются уже осоки и тростники, а развиваются самые малотребовательные растения — белые сфагновые мхи.

Многочисленные виды сфагновых мхов имеют особые полости для задержания запасов воды. Вода хорошо удерживается также между тесно прилегающими друг к другу стеблями мхов. Поэтому мох переносит долгие периоды засухи, и нарастание болота в высоту идет в этой стадии быстро. Наряду со сфагновыми мхами появляются болотная шейхцерия (Scheuchzeria palustris,) образующая вместе с пушицей (Eriophorum vaginatum) иногда самостоятельные слои торфа, вахта трилистная (Menyantus trifoliata), росянка (Drosera rotundifolia), клюква (Oxycoccus palustris), подбел (Andromeda polifolia), багун (Cassandra calyculata), багульник (Ledum palustre), вереск, (Calluna vulgaris), черника (Vaccinium myrtillus), очеретник (Rynchospora), на севере — морошка (Rubus chamaemorus).

Насекомоядное растение росянка интересно тем, что по нему можно определить нарастание мохового ковра за последние несколько лет. Ежегодно на поверхности мха росянка образует розетку листьев, в то время как стебель ее растет в высоту. Розетка эта покрывается мхом, на поверхности которого в следующем году образуется новая розетка листьев. Таким образом, расстояние между розетками равняется годичному нарастанию мохового ковра.

Сфагнум покрывает сплошным, пропитанным водой покровом пространства между соснами и березами, прекращая доступ воздуха к корням, отчего древесные стволы отмирают. При продолжающемся нарастании мха и образовании торфа поверхность мохового болота поднимается выше самых высоких горизонтов речной или озерной воды, образуя, по наиболее распространенной терминологии, верховое болото, соответствующее по ботанической классификации сфагновому болоту.

Сфагновый покров, разрастаясь в высоту, распространяется и вширь, выходя за пределы озера, на котором он первоначально возник, захватывает обширные пространства и поднимается на склоны.

С увеличением высоты и площади сфагнового болота первоначально ровная, несколько выпуклая в середине поверхность его диференцируется, расчленяется на отдельные участки рельефа.

В северной половине СССР выпадающей атмосферной влаги больше, чем испаряется ее с мохового болота. Поэтому в поверхностных слоях торфа образуются постепенно русла вторичных речек, дно и берега которых состоят из торфа. Впоследствии дренирующее действие образовавшегося вторичного русла может оказаться настолько заметным, что торф по берегам его уплотнится и на нем вновь появится сосна удовлетворительного первоначального роста. Таким образом, на месте первоначального водоема образуются, в течение неопределенно долгого времени, сначала травяное болото, затем лесное и, наконец, моховое сфагновое.

Водоем может зарастать не только со дна его. Иногда наблюдается и нарастание плавающего растительного ковра от крутых берегов глубокого водоема в защищенных от ветра местах. Этот ковер образуется из сплетений трифоли (Menyanthes), сабельника (Comarum), шейхцерии и осок на фоне мхов, чаще белых, иногда зеленых.

Надвигающийся на водяную поверхность растительный ковер образует сплавину, или плав, первоначально не выдерживающий тяжести человека и разрываемый в слабых частях действием волн. Затем, однако, он утолщается настолько, что образует, хотя и качающийся под ногами, но уже прочный ковер, по которому можно ходить. Под этим ковром долгое время после зарастания водоема остается вода, а затем очень жидкий торф. Хотя вся поверхность бывшего водоема может быть уже сплошь покрыта зеленым ковром, в некоторых местах могут оставаться слабо заросшие или совсем открытые окна. Осушение такого болота влечет за собой сильнейшую осадку его.

Схемы заболачивания лесных площадей. Накопление в почве избытка влаги и вследствие этого заболачивание площади вызывается сочетанием трех факторов: преобладанием осадков над испаряемостью, малой проницаемостью грунта, затрудняющей

просачивание осадков вглубь, и малыми уклонами поверхности. Каждый из этих факторов в отдельности и даже попарное сочетание их недостаточны для развития процесса заболачивания; только совокупность их вызывает образование болота на суходоле.

В районе северо-запада и севера сфагновый покров в лесу среди крупных деревьев, среди брусники, осоки, черники настолько распространен, что считается здесь обычным ковром. Появившись, сфагнум разрастается столь упорно, что даже частой сетью канав с трудом можно остановить его развитие. Наблюдения над первыми стадиями заболачивания, изучение строения уже развитых болот ясно показывают, что заболачивание лесов происходит часто независимо от прилегающих болот[1].

„В лесах с господством ели, в елово-сосновых древостоях с глинистыми, суглинистыми и супесчаными почвами, подстилаемыми глинами, первым признаком ухудшения почвенных условий является кукушкин лен. Появляясь в низинах, он покрывает поверхность густым яркозеленым покровом. Такие еловые леса тянутся на огромном пространстве. Когда кукушкин лен образует торфянистый горизонт, появляется сфагнум, ель замедляет рост, на ее ветвях появляются косматые гирлянды лишайников“ [2].

В. Н. Сукачев так объясняет процесс заболачивания лесов[1].

„Может показаться противоречием, что в лесу, при наличии такого большого водного насоса, каким является древесная растительность, тем не менее возможно заболачивание. Но для объяснения этого приходится также принять во внимание следующее обстоятельство. Слой кукушкина льна и его торфа, а особенно сфагнума и сфагнового торфа, вследствие той же своей большой водопоглотительной способности задерживают в своей дернине большую часть выпадающих осадков, и лишь незначительная часть их попадает в почву, а то и почти вовсе не достигает ее. Это приводит к тому, что по крайней мере бо́льшая часть влаги, впитанной мхами и торфом, не потребляется корнями древесных пород и поэтому не уносится из почвы“.

При заболачивании лес, первоначально состоящий из смеси сосны и ели, или даже с решительным преобладанием ели, уже в начале сфагнового заболачивания часто начинает постепенно переходить в чисто сосновый. Ель вскоре принимает очень жалкий вид и совсем исчезает. Такое заболачивание связано с обеднением почвенных вод кислородом, между прочим, в связи со способностью накопляющихся торфянистых отложений жадно

[1] В. Н. Сукачев, Болота, их образование, развитие и свойства, 1926.
[2] Г. И. Ануфриев, Заболачивание северных лесов, 1923.

поглощать кислород. Вначале сосна еще мирится с заболачиванием, но по мере увеличения слоя торфа темп роста ее все больше задерживается, приближаясь к темпу роста обычной сосны на моховом болоте. Сосновый или еловый лес может превратиться постепенно в моховое сфагновое болото. Такое заболачивание, повидимому, встречается чаще в еловом лесу, чем в сосновом.

В зависимости от свойства почв заболачивание начинается кукушкиным льном или сфагнумом. Сфагнум растет только, если в воде почти нет извести. Поэтому в лесу прямо на минеральном грунте сфагнум поселяется только тогда, когда почва в достаточной степени выщелочена. Иначе сначала разовьется кукушкин лен. Он отложит слой торфа, на котором уже может селиться сфагнум, отделенный от почвы указанным слоем торфа.

Водонепроницаемость лесных почв, вызывающая их склонность к заболачиванию, создается иногда образованием под лесом непроницаемого ортштейнового слоя из сцементированной материнской породы или красной руды. Разложение скопляющейся лесной подстилки, происходящее при участии грибной флоры, дает креновую кислоту, соединения которой легко растворимы. При просачивании в глубь почвы вода увлекает с собой в растворе кроме кремнезема все минеральные вещества почвы, соединенные с креновой кислотой. Встречая избыток минеральных оснований, креновая кислота нейтрализуется и из-за недостатка на глубине кислорода переходит в апокреновую кислоту. Соли этой кислоты трудно растворимы и потому выделяются, цементируя материнскую породу в твердые соли или отдельные скопления, называемые ортштейном.

Данных о том, насколько часто лес в СССР заболачивается из-за образования ортштейнового слоя, имеется очень мало. По мнению В. Н. Сукачева, „скорее есть основание думать, что этот процесс у нас далеко не играет той роли, какую ей приписывают некоторые германские болотоведы. Также Каяндер в Финляндии ортштейнообразованию не придает большого значения. Из всех частей СССР имеется чрезвычайно мало достоверно известных мест, где можно было бы утверждать, что образование ортштейна вызывало заболачивание. Если это и указывается, то только для понижений среди песчаных почв. В большей же части севера СССР, где почвы по преимуществу глинисты или суглинисты, заболачивание вовсе не связано с появлением ортштейна."

Заболачивание появляется часто на месте вырубленного леса не только в низинах, но и на возвышенных местах. Лесосека покрывается злаками, среди которых чаще всего растут одновременно вейник и луговик (Calamagrostis, Aira), образующие плотную дернину, которая препятствует возобновлению древесной растительности и способствует застаиванию влаги. Наряду с вейником и луговиком разрастается зеленый мох — кукушкин лен, охватывающий и заглушающий оставшиеся из-под леса растения. Через несколько лет на создавшемся субстрате появляется мох-сфагнум, и образуется моховое болото.

Еще П. Танфильев, первый наш болотовед-лесовод, писал, что леса заболачиваются вследствие сплошных рубок и пожаров, причем признаком заболачивания является появление мха (кукушкин лен).

В частности по Лисинской даче, в 60 км к югу от Ленинграда, Танфильев описывает следующий ход заболачивания лесосеки. „Лес, где заложены изученные лесосеки, был развит на песчаной почве и не имел следов заболачивания. Но рядом, в расстоянии всего 2—4 м, при той же почве на лесосеке прошлого года уже видно начало заболачивания; кукушкин лен заглушает настоящие лесные мхи, как Hylocomium и др., а также чернику и бруснику. На лесосеках трехлетнего возраста к сплошному ковру из кукушкина льна присоединяется уже сфагнум, образующий отдельные подушки, число которых с каждым годом увеличивается."[1]

К этому следует добавить, что если горизонт грунтовых вод в лесу близок к поверхности, то вырубка леса создает условие для поднятия грунтовой воды, так как с вырубкой уничтожается осушающее действие древесной растительности через испарение. Кроме того, засорение лесосеки хламом, уменьшая испарения с поверхности, еще больше содействует заболачиванию.

По исследованиям Архипова в Котласском леспромхозе, травяная растительность после вырубки леса подавляется мхами-сфагнумами в следующих типах древостоев: сосняк-долгомошник, сосняк-голубичник, ельник густотравный, ельник-черничник и ельник-долгомошник; приостановить заболачивание в этой группе лесов может только мелиорация.

На месте же сосняка на сфагнуме и ельника с хвощом, осокой и сфагнумом после вырубки их быстро образуется сфагновое болото. Процесс заболачивания описывается Архиповым и после вырубки лесов на свежих, хорошо дренированных почвах, т. е. на месте типов сосняк-черничник, ельник-кисличник и ельник-черничник. Но здесь заболачивание идет иначе, совершая весь или часть цикла смены травянистой растительности по схеме В. Р. Вильямса. Сначала развиваются корневищные злаки, вейник, костер, затем рыхлокустовые и после них плотнокустовые злаки: овсяница овечья, белоус. Эти растения образуют чрезвычайно плотные кусты, а узел кущения всегда располагают выше поверхности почвы, и накопленная масса органического вещества после каждого дождя сплошь переполняется водой,

[1] В. Н. Сукачев, Болота, их образование, развитие и свойства 1926.

проникающей в глубь почвы. Дерновая почва вместе с этим начинает приобретать все признаки полуболотной, затем болотной.

Аналогичное вырубкам влияние на заболачивание лесных площадей оказывают пожары. Танфильев указывает, что на пожарищах прежде всего появляется печеночный мох (Marchantia, и Fumaria), за ним плотнокустовый злак луговик, затем мох, кукушкин лен и, если процесс не останавливается, о чем будет сказано далее, то закономерно появляется и вытесняет все остальное сфагнум.

Заболачивание может начаться вследствие поднятия уровня воды в реке после устройства плотины. В этом случае может произойти затопление с поверхности или лишь поднятие уровня грунтовой воды (подтопление). Злаковая растительность сменяется осоковой, происходит накопление растительных остатков, удерживающих в себе влагу; на этом субстрате поселяются затем мхи и идет описанный уже процесс смены растительности, приводящий к господству сфагнумов.

В областях тундры причиной заболачивания является весьма малое испарение с поверхности земли и залегание на близком от поверхности земли расстоянии слоя вечной мерзлоты. Мерзлый слой непроницаем для воды и вызывает скопления ее у поверхности. Вечная мерзлота и глина задерживают всю воду, а высокая температура вегетационного периода и влажный летний климат создают условия для развития травяной растительности. Трава дает массу мертвого покрова, который задерживает оттаивание земли в течение всего лета, препятствует испарению и механически задерживает сток воды. В результате образуются торфяные скопления и кочки высотой в 1 м, покрывающие пологие склоны и долины; такие кочкарники в Амурском крае носят название „мари".

Наконец, существует теоретическая схема образования болота акад. В. Р. Вильямса. Сущность его схемы заключается в следующем: в северной половине СССР пожнивные остатки и корни луговых растений на минеральной почве, из-за недостатка времени, невысокой температуры и значительной влажности не успевают в течение осени разложиться до минерального остатка. Корневища злаков дают в почве бесчисленные разветвления, которые в конце концов образуют органическую прослойку, насыщающуюся влагой из-за своей гигроскопичности. Эта прослойка задерживает проникновение воздуха в глубь почвы и побуждает корневища подниматься все ближе к поверхности луга. Органическая прослойка в почве становится все большей и большей толщины. Обладая большой влагоемкостью и гигроскопичностью, она насыщается водой, что еще больше затрудняет аэрацию почвы. В результате первоначально минеральный грунт луга заболачивается, в нем накапливается органическое вещество, насыщающееся водой, и луг переходит в болото.

Разболачивание лесных площадей. Если заболачиваются леса высоких и низких бонитетов, то возникает вопрос, почему же за истекшие тысячелетия все леса не обратились в болота? Очевидно, есть иной процесс — разболачивание.

В этом отношении весьма ценный материал дали исследования В. А. Буренкова и А. Л. Кащеева[1], работавших в 1932 г. под руководством И. В. Тюрина в Лисинском учебном леспромхозе. Для исследования выбирались лесосеки в возрасте 5—30 и 60 лет, расположенные рядом на ровном месте, в одинаковых условиях рельефа, и участки с крупным лесом. Было исследовано несколько пар площадей лесосек и невырубленного леса.

Первая серия — квартал 200, лесосека 16 лет, рядом лес V класса возраста; почва — средний суглинок, подзолистая, наблюдения произведены 8 июля 1932 г. Сопоставим характеристики леса и лесосеки.

Лес V класса возраста

Состав древостоя	6С3Е1Б
Растительный покров	Брусника
Содержание влаги в 200 см³ грунта:	
в слое 2—12 см	81 г.
„ 10—20 „	87 „
„ 22—32 „	75 „

Лесосека 16 лет

Состав древостоя	6Е3С1Б
Растительный покров	Мох, кукушкин лен, в пониженных местах сфагнум
Содержание влаги в 200 см³ грунта:	
в слое 2—12 см	96 г
„ 12—22 „	106 „
„ 32—42 „	78 „

Из сопоставления характеристик видно, что содержание влаги в почве в лесу меньше, чем в тех же условиях на 16-летней лесосеке, кроме того, брусничный покров в лесу сменился на лесосеке гипновым—из кукушкина льна. Оба обстоятельства показывают, что здесь после вырубки леса произошло заболачивание.

С еще большей резкостью заболачивание выяснилось при сопоставлении второй пары площадей леса и лесосеки, взятой на суглинистом грунте в кв. 199 и исследованной 11 июля 1932 г.

[1] Буренков, Кащеев, Мальчевская. Материалы по изучению процессов заболачивания сплошных лесосек в Лисинском леспромхозе („Труды ЛТА"), 1934 г., № 4(42)

Лес VII класса возраста

Состав древостоя 5С4Е1Ос
Растительный покров . . . . Блестящие мхи, черника, брусника

Содержание влаги в 200 м³ грунта:

в слое 11—21 см	66 г
„ 27—33 „	57 г
„ 38—48 „	76 г

Лесосека 10—12 лет, шириной 60—70 м

Состав древостоя . . . . . Сосна, береза, осина
Растительный покров . . . . Сплошь кукушкин лен и сфагнум

Содержание влаги в 200 м³ грунта:

в слое 10—20 см	129 г
„ 22—32 „	82 г
„ 34—44 „	102 г

Влажность грунта на молодой лесосеке увеличилась здесь очень заметно. Резко выявилась и смена растительного покрова—вместо блестящих мхов появился сплошной покров из кукушкина льна.

Эти две серии наблюдений вполне подтверждают приведенные выписки о заболачивании площади из-под леса, а в связи с этим снова возникает вопрос, почему же вся лесная площадь не обратилась до сих пор в болото.

Разъяснение дают приводимые ниже два сопоставления.

В 200-м и соседнем 201 квартале Лисинского леспромхоза 14 июля 1931 г. были исследованы рядом и в одних условиях расположенные: лес, лесосека 16 и лесосека 30 лет на суглинистом грунте; результаты оказались следующими:

Лес V класса возраста

Состав древостоя (полнота 0,6) 7С2Е1Ос
Растительный покров . . . . . Черника и брусника, мхи блестящие

Содержание влаги в 200 м³ грунта:

в слое 2—12 см	115 г
„ 14—24 „	87 „
„ 27—37 „	63 „

Лесосека 16 лет

Состав древостоя (прекрасное возобновление II бонитета, полнота 1,0) 2С1Е7Б
Растительный покров . . . . . Вейник ланцетный, пушица одноголовая. Из мхов преобладают сфагнумы

Содержание влаги в 200 см³ грунта:

в слое 10—20 см	124 г
„ 22—32 „	102 „
„ 33—34 „	94 „

Лесосека 30 лет

Состав древостоя (хорошее возобновление) 4С3Е2Б1Ос
Растительный покров . . . . . Вейник ланцетный, осоки, пушица, брусника, черника, преобладает кукушкин лен

Содержание влаги в 200 см³ грунта:

в слое 5—15 см	140 г
„ 17—27 „	80 „
„ 29—39 „	87 „

Приведенные данные подтверждают уже считающееся доказанным положение, что влажность на лесосеке 16 лет значительно больше, чем в лесу. Но дальше видно, что влажность грунта 30-летней лесосеки большая только в поверхностном слое, на глубине же 20 и 35 см она значительно меньше, чем на лесосеке 16 лет. Значит под влиянием испаряющей деятельности возобновляющегося леса началось разболачивание грунта.

Для проверки явления разболачивания было произведено сравнительное исследование в 201 и 202 кварталах леса и находящейся рядом в одинаковых условиях старой лесосеке вырубки 1875 г., т. е. в возрасте 55 лет, на суглинке; результаты оказались следующими:

Лес 120 лет

Состав древостоя . . . . Первый ярус 5Е5Ос, второй чистая ель
Тип леса . . . . . Ельник-черничник
Уровень грунтовой воды . 125 см ниже поверхности

Содержание влаги в 200 см³ грунта:

в слое 6—16 см	92 г
„ 17—27 „	52 „
„ 28—38 „	67 „

Лесосека вырубки 1875 г.

Состав древостоя . . . . . Первый ярус 5Е3Ос2Б, второй ярус 10Е
Тип леса . . . . . Ельник-кисличник и черничник
Уровень грунтовой воды . . . 125 см ниже поверхности

Содержание влаги в 200 см³ грунта:

в слое 6—16 см	58 г
„ 17—27 „	40 „
„ 22—42 „	30 „

На лесосеке 1875 г. грунт оказался значительно суше, чем под лесом в возрасте 120 лет, а испарение молодого леса значительно больше, чем старого.

Итак, исследования в Лисинском леспромхозе вскрыли очень важное обстоятельство: после вырубки леса влажность грунта

резко повышается, но по мере роста молодняка испарение влаги начинает увеличиваться. В исследованных конкретных случаях на лесосеке 30 лет влажность приблизилась к влажности примыкающего участка, покрытого 100-летним лесом, а на лесосеке 55 лет влажность почвы оказалась меньшей, чем на соседнем участке 120-летнего леса. Происходящее после вырубки леса заболачивание лесосеки постепенно, по мере роста молодняка, прекращается, если поверхность не успела покрыться сфагнумом, и постепенно происходит разболачивание. Поэтому леса, как правило, и остаются лесами, а не обращаются целиком в болота.

Места, переходные от II к III бонитету, и места III и IV бонитетов, характеризующиеся типами леса ельник-черничник, ельник-брусничник и ельник-долгомошник, после вырубки леса сплошными лесосеками в первые 10—15 лет заболачиваются, хотя грунтовые воды в изученных случаях не оказывают непосредственного влияния на заболачивание лесосек, так как залегают на глубине около 1,5—2 м.

Продолжительность заболачивания лесосек зависит в основном от характера их возобновления в первое пятилетие после вырубки леса.

Удовлетворительное естественное или искусственное возобновление в первое пятилетие обусловливает временный характер заболачивания продолжительностью от 15 до 30 лет; после этого вследствие усиливающегося иссушения почвы молодняком, начинается обратный процесс — затухание заболачивания лесосеки.

Предостеречь лесосеки даже от временного заболачивания в указанных условиях можно, очевидно, при проведении до вырубки леса дренирующих канав. Там, где это экономически невыгодно, лесохозяйственник должен обязательно обеспечить полное лесовозобновление на лесосеках в первое пятилетие после вырубки леса. Иначе заболачивание может приобрести длительный и, возможно, прогрессирующий характер.

Все приведенные выводы, чрезвычайно важные, хотя, возможно, и недостаточно обоснованные в деталях, относятся к ленточным лесосекам.

Как же будет изменяться влажность почвы на больших площадях концентрированных рубок?

На больших площадях рубок, где действие ветра и солнца проявляется больше, чем на ленточных лесосеках, процесс заболачивания должен сказываться в меньшей мере. Но это при условии немедленного лесовозобновления. Если же возобновления в течение пяти лет не будет, то процесс заболачивания, прогрессивно развивающийся, сделает уже невозможным естественное лесовозобновление: площадь пройдет через стадию плотнокустовых злаков к сфагновому болоту.

Специальные исследования и изыскания для осушения лесных земель

Специальные исследования и изыскания, производимые для составления технического проекта осушения лесной площади, слагаются из следующих действий: подбора имеющихся материалов, характеризующих данную площадь и район, рекогносцировочного обследования, плановой съемки, пикетажа и нивелировки поверхности, гидрологических наблюдений, почвенного исследования, болотных исследований, лесоводственного изучения, сбора экономического материала, обработки материалов произведенных изысканий и исследований.

На основе перечисленных работ составляется затем технический проект осушительной мелиорации.

Подробность каждого вида исследования зависит от целевого назначения мелиорации, которое должно быть выяснено до исследований.

Подготовительные камеральные работы. До выезда на место изысканий следует ознакомиться с относящимися к месту изысканий литературными, рукописными и графическими материалами.

Необходимо достать соответствующие листы географических карт наиболее крупного масштаба. Для Ленинградской и Северной областей новейшими являются карты масштаба 2 кмв 1 см, выпущенные Северо-Западным аэрогеодезическим трестом в 1933 г. или позднейшие. Для всей европейской части СССР были распространены ныне хранящиеся во многих учреждениях карты масштаба три версты в дюйме и две версты в дюйме. По многим административным районам имеются карты местных изданий и более подробные карты для служебного пользования.

Необходимые для лесомелиоративных изысканий сведения содержат планы лесонасаждений, на которых показаны выделы, породы, возрасты, бонитеты.

При рассмотрении этих планов и таксационных описаний к ним внимание нужно сосредоточивать на выделах V, IV и III бонитетов, нуждающихся в северной зоне в мелиорации.

Организационные планы хозяйства содержат материал о способах, месте и времени рубок, а также о способах лесовозобновления, что следует учесть при проектировании мелиорации.

В земельных управлениях имеются материалы прежних почвенных, геологических, ботанических и мелиоративных исследований по территории и водоприемникам.

Гидрологические сведения по рекам и метеорологические материалы имеются в областных управлениях Гидрометеорологической службы.

При крупных изысканиях необходимы выборки сведений из литературы по геологии, гидрологии, почвоведению, бота-

нике, лесному хозяйству, экономике, относящиеся к данному району.

Основными инструментами для изысканий служат нивелир с рейками, мерная лента 20 м, угломерный инструмент (гониометр), почвенно-грунтовый бур на глубину 1,5 м, древесный бурав Пресслера, почвенная трость (желательно), складной метр, чертежные принадлежности.

Рекогносцировочный осмотр. При изысканиях на лесной площади рекогносцировка должна выяснить следующие обстоятельства:

а) причины плохого роста леса: длительное затопление весенними водами, высокий уровень грунтовых вод, бедность почвы, нарастание мохового покрова и пр.;

б) ход лесовозобновления на вырубках и состояние подроста в древостоях;

в) причины высокого стояния уровня грунтовых вод: подпор из реки, наличие близкого от поверхности водонепроницаемого горизонта, приток напорных грунтовых вод со стороны;

г) местонахождение и состояние водоприемника (реки, озера), в который должна выпускаться вода с осушаемой площади; существенно важно, находится ли водоприемник в пределах осушаемых площадей или далеко от них;

д) причины высокого стояния воды в водоприемнике; в реке-водоприемнике и ее притоках уровень воды определяется плотинами, мелкими преградами (завалы русла хворостом, устройство язов для ловли рыбы, зарастание русла водяными растениями), извилистостью русла реки, малыми уклонами, поднятием дна мощением или шпунтовыми рядами под железнодорожными и шоссейными мостами и пр. (в озере высокое стояние воды вызывается режимом горизонтов воды, возможностью понижения горизонтов и пр.);

е) условия последующих нивелировочных и земляных работ, связанных с проведением водоотводной магистрали и регулированием реки за пределами рассматриваемого лесного массива;

ж) состояние путей транспорта леса из данного массива;

з) распределение изыскательских работ по территории, т. е. направление основной оси нивелировки, места основных реперов, число изыскателей и т. п.

По некоторым из перечисленных вопросов решение принимается не сразу, а лишь при последующих детальных изысканиях. Например, причины плохого роста леса, отсутствие подроста и возобновления вырубок требуют последующего детального изучения. Состояние водоприемника — в основном положение обычного уровня воды в нем относительно осушаемой поверхности — необходимо выяснить с помощью нивелировки и наблюдений на водомерных постах, на что нужно соответствующее время.

Рекогносцировочные обследования лесной площади значительно труднее, чем обследование открытых низменностей; так, рельеф местности в лесу не охватывается взором; разбросанные места заболачивания выявляются только при прокладке густой сети пикетажа или по плану лесоустройства и т. д.

Плановая съемка. Плановая топографическая съемка границ лесной площади, просек, внутренней ситуации входит в состав лесоустроительных работ. При мелиоративных изысканиях производится лишь привязка линий нивелировок к заснятым уже просекам и границам лесной территории.

Но в дополнение к имеющейся съемке при прокладке линий нивелировки производится уточненная фиксация внутренней ситуации площадей, нуждающихся в мелиорации.

Точный обход границ площади осушения, а также съемка водоприемника производится теодолитом по инструкции Главного управления государственной съемки и картографии (ГУГСК).

При обходе границ по этой инструкции допустимая линейная невязка для полигонометрических ходов VI класса не должна быть более одной двухтысячной доли пройденного расстояния.

Допустимая угловая невязка при теодолитной съемке по инструкции ГУГСК вычисляется по формуле:

$$\Delta = \pm t \cdot \sqrt{n},$$

где:

n — число углов;

t — точность угломерного инструмента, равная одной минуте.

Нивелирование. Для составления проекта осушения необходима такая нивелировка площади, по результатам которой можно было бы провести горизонтали поверхности.

При осушении отдельных небольших площадок с явно выраженным рельефом и условиями стока, осушительные канавы роют без проектов и нивелировок.

Подготовка линий для нивелировки именуется пикетажом. Он состоит в назначении направления ходовых линий, в расчистке их от растительности и в расстановке по ним пикетов.

На устроенных лесных площадях сеть нивелировки располагается по продольным и поперечным просекам. Расстояние между просеками в лучшем случае делается в 1 км. Во многих же устроенных дачах просеки проведены через 2 и 3 км, образуя кварталы в 600 га. По нивелировочным ходам на расстоянии километра один от другого, хотя бы продольным и поперечным, изобразить лесную поверхность в горизонталях можно лишь в случае выдержанной ее равнинности, что бывает редко. Лесная площадь прорезана обычно болотинами, сограми, гривами, сельгами; по ней разбросаны западины и всхолмления. В дополнение к квартальным просекам лесоустроительные партии иногда проклады-

вают „визирки", проходящие по середине кварталов; в некоторых случаях визирок проводится и большее количество. Визирки являются необходимыми дополнительными ходами нивелировки.

Для достаточного изображения поверхности лесной площади и проектирования расположения осушительной сети на большом торфяном болоте площадью в тысячи гектаров иногда достаточны расстояния между нивелирными ходами в 1 км, а расстояния между пикетами — в 200 м. На болотах в несколько сотен гектаров, выравненных наторфованием, расстояние между ходами должно быть 300 — 500 м, между пикетами 200 м. Для болот в сотню гек-

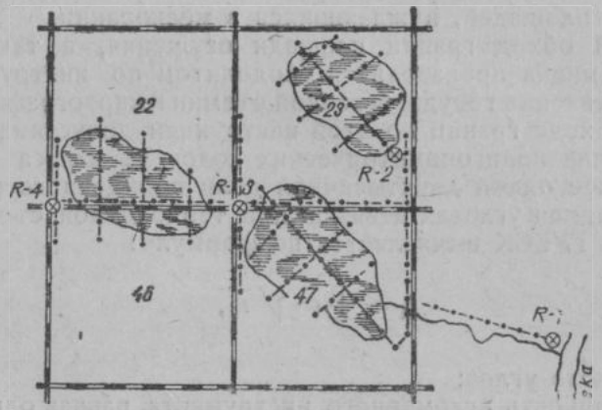


Рис. 34. Размещение выборочного нивелирования

таров и менее расстояние между ходами 200 м, между пикетами — 100 м.

Во всех случаях нивелировки болот краевые пикеты каждого поперечного хода должны быть выставлены на суходоле, а предпоследние пикеты — на болоте у края (рис. 34.)

При нивелировке лесной площади на минеральном грунте с тонким слоем наторфования или вовсе без торфа ходовые линии приходится прокладывать примерно вдвое чаще, чем по торфяному болоту; расстояние между пикетами также 100 м. Иногда приходится отказаться от трассирования детальной осушительной сети по плану в горизонталях, а производя нивелировку по ходам через 500 м, прокладывать детальную осушительную сеть непосредственно в натуре, ориентируясь на местные условия исследуемой площади.

Для иллюстрации того, как изображается одна и та же поверхность в горизонталях при разной густоте нивелировки, приведен план 37-го квартала Онцевского участка Сиверского опыт-

ного леспромхоза в 70 км к югу от Ленинграда (рис. 35). Этот квартал в 1929 г. был сплошь вырублен и покрыт детальной нивелировкой с ходами через 20 м один от другого и с пикетами по ходам на таком же расстоянии. Такой нивелировки, вообще говоря, никогда не производится, и в данном случае она была произведена для того, чтобы выразить микрорельеф квартала для ком-

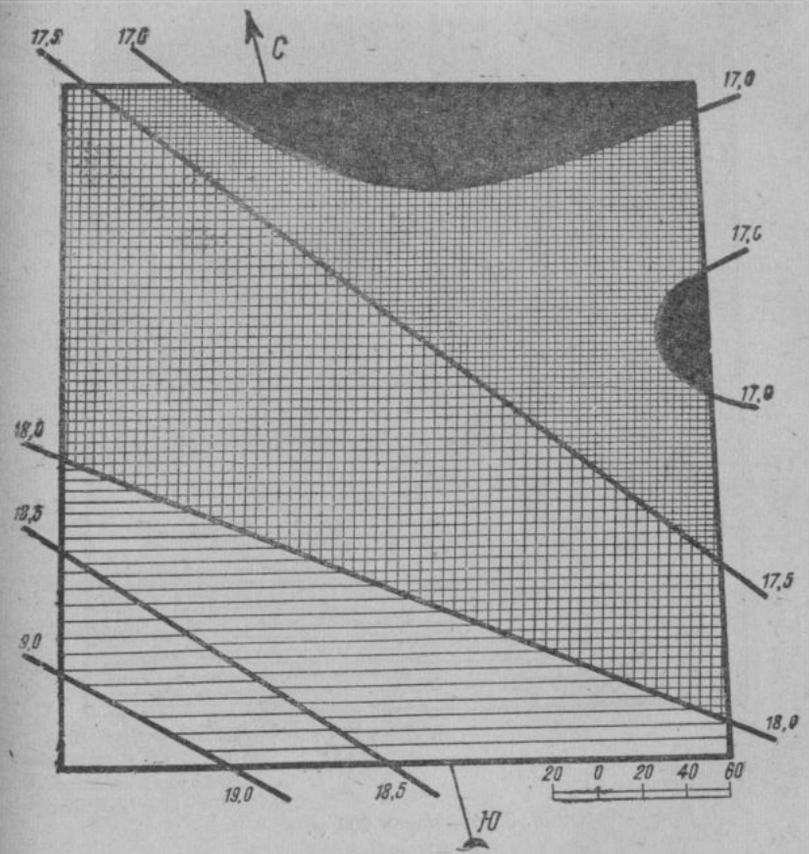


Рис. 35-*а*. Схемы горизонталей поверхности при различной густоте ходов нивелирования при ходовых линиях через 800 м.

плекса опытных наблюдений и сопоставления результатов нивелировки разной степени густоты.

Основная порода данного участка — глина моренная, местами покрытая мелким слоем торфа, не свыше 0,4 м. Квартал был занят сосновым лесом. Поверхность квартала представляет равнину

без больших грив и западин, но с выраженным микрорельефом; забивка пикетов вровень с поверхностью земли во многих случаях была неточной, так как нарастания мягкого мха разной мощности, вереска и багульника скрадывали действительную поверхность.

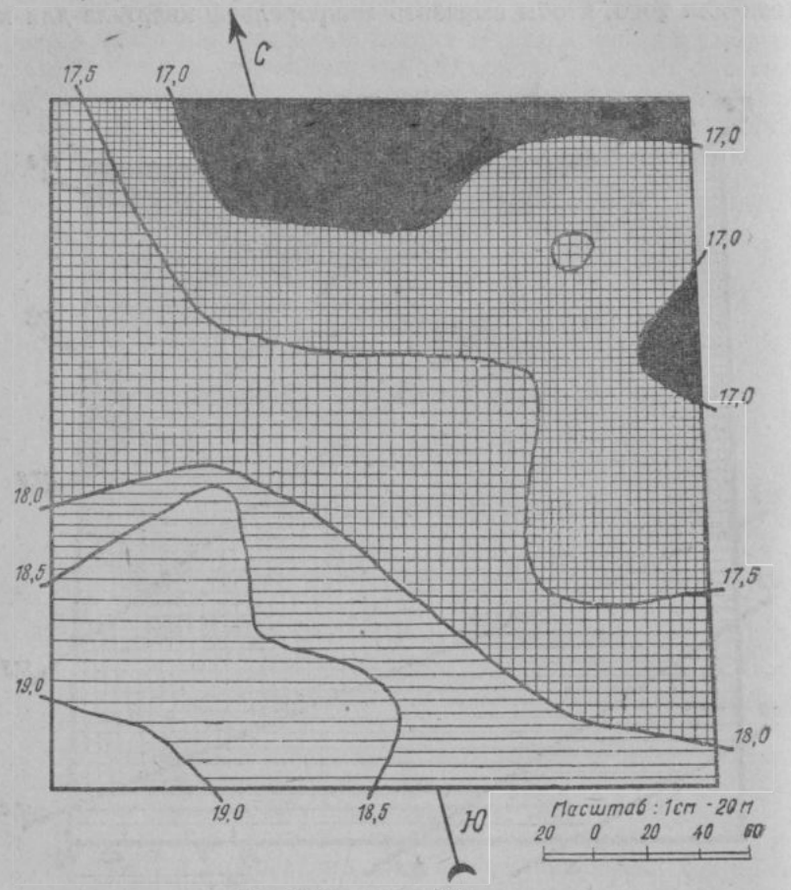


Рис. 35-*б* — через 200 м.

Следовательно, в данном случае имелся частный пример заболачивания минеральной поверхности.

Если провести горизонтали через 0,5 м по поверхности указанного квартала, пользуясь отметками нивелировки лишь по окружающим квартал просекам, т. е. при расстоянии между ходами в 800 м и расстоянии между пикетами в 100 м, то горизонтали при такой редкой сети нивелировки пройдут, как показано на рис. 35-*а*. На рис. 35-*б* показаны горизонтали, проведенные по

отметкам дополнительных ходовых линий, проложенных через 200 м одна от другой и при пикетах через 100 м, т. е. при более подробной нивелировке. На рис. 35-*в* показаны горизонтали, проведенные по отметкам ходовых линий через 20 м, при пикетах также через 20 м, т. е. при детальной нивелировке.

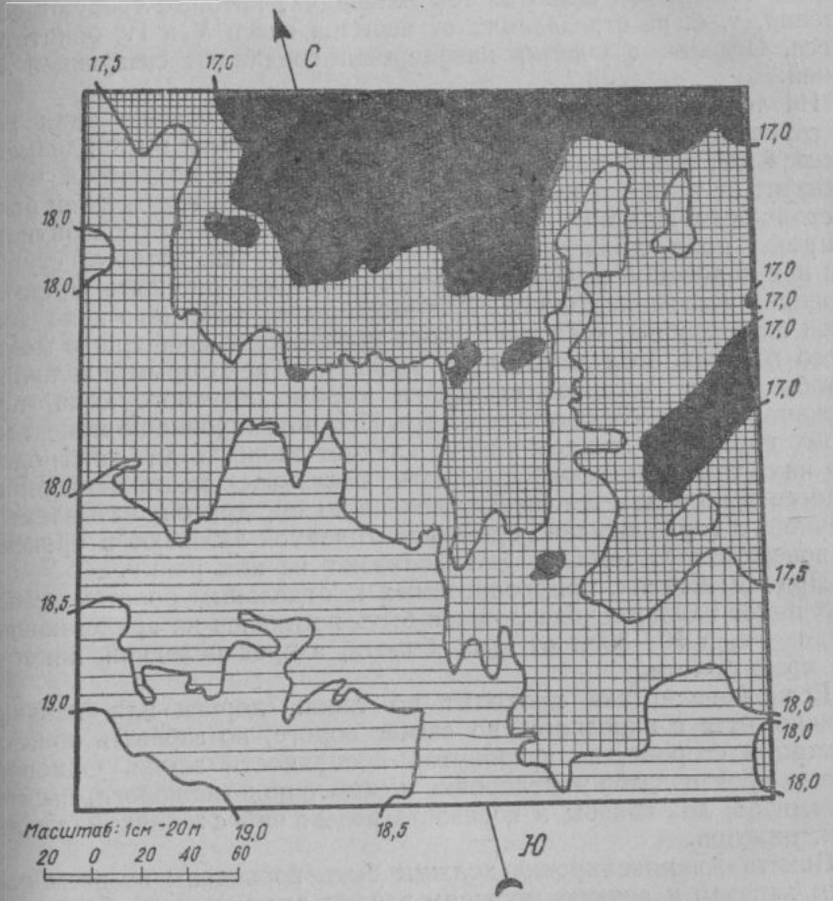


Рис. 35-*в* — через 20 м.

Из сравнения трех приведенных планов, особенно из сравнения подлинных планов квартала, вычерченных в большом масштабе, с горизонталями через 0,2 м, видно, что очертания горизонталей значительно зависят от подробности нивелировки.

При нивелировочных ходах через 800 м горизонтали проходят плавными параллельными линиями, ясно указывающими общее направление уклона поверхности.

При нивелировочных ходах через 20 м горизонтали очерчиваются уже сильно искривленными линиями, указывающими на сложный микрорельеф поверхности.

Сеть нивелировки лишь в редких случаях сплошь покрывает поверхность всей лесной площади; обычно нивелировка производится выборочно лишь на тех площадях, которые требуют осушения, т. е. на страдающих от избытка влаги V и IV бонитетах леса. Отдельные участки нивелировки соединяют связующей линией.

На торфяном болоте на пикете забивается обычно один кол с горизонтальным вырезом на уровне поверхности земли; диаметр кола 6 см, длина наземной части 30 см, длина подземной части зависит от толщи и плотности торфа. Пикетный кол должен быть устойчивым. При мягком моховом покрове площадка горизонтного выреза кола должна быть расположена так, чтобы, ступив на нее половиной подошвы, другой половиной ощущать сопротивление придавленного мха. Для этого вырез пикетного кола должен быть опущен несколько ниже поверхности свободного мохового покрова. Кол желательно забивать с некоторым наклоном, чтобы рейка, устанавливаемая на вырезе пикетного кола, при покачивании не соскакивала с него. При нивелировке по минеральному грунту на каждом пикете следует забивать два кола; один из них, так называемый сторожок, показывает местонахождение пикета и возвышается над землей на 30 см, другой, называемый точкой, с горизонтально срезанной головкой забивают в уровень с поверхностью земли и устанавливают на нем рейку.

При изысканиях, приурочиваемых к отдельным болотам, крайний пикет каждого хода должен быть поставлен на прилегающем суходоле, в 10—30 м от края болота, а предпоследний пикет — на краю болота.

Если нивелировка проходит по линии дороги или канавы, можно итти с нивелиром по самой дороге, но забивать пикеты нужно в стороне, на нетронутой поверхности земли. Одновременно производится нивелировка и самого полотна дороги, насыпи на канаве, дна канавы и горизонта воды в ней с забивкой отдельных пикетов.

Пикетаж и нивелировка должны быть проведены по всем старым канавам и речкам, могущим войти в состав новой осушительной сети. Основные пикеты устанавливаются при этом на ненарушенной поверхности земли, за валом вынутого из канавы грунта.

На каждом пикете протягивается поперек канавы (ручья) рулетка на высоте основного пикета и отсчитывается ширина канавы поверху; ширина по дну отсчитывается по рулетке на отрезке ее между рейками, поставленными вертикально соответственно очертаниям дна.

Если канава наполнена водой или вообще имеет неясно выраженную ширину дна, то по каждому из ее откосов наклонно

продвигается рейка до момента упора в дно; после этого обе рейки ставятся вертикально, и расстояние между ними принимается за ширину дна.

Если замерить ширину дна канавы невозможно, для вычисления объемов земляных работ сечение канавы принимается за параболическое.

Если основной пикет удален от края канавы или ручья на несколько метров, то у края канавы для промеров глубины и ширины забивается вспомогательный пикет, высотное положение которого определяется нивелиром.

Глубина ручья и канав относительно основного пикета определяется или промером рейкой от натянутой поперек рулетки, или нивелирным отсчетом по рейке, устанавливаемой на дно ручья (канавы).

Уровень воды в ручье и канаве определяют у каждого пикета, отсчитывая по рейке урез воды одновременно с отсчетом глубины русла или нивелирным отсчетом по рейке, поставленной на кол, забитый предварительно вровень с уровнем воды. Кроме того, по следам наносного мусора на берегах, кустарниках, деревьях, и по показаниям местных жителей определяется уровень бывших наивысших вод в реке.

Таким образом, с каждой стоянки нивелира можно вести отсчеты на точках: а) основной пикет, б) береговой пикет, в) уровень воды в канаве и ручье, г) дно канавы (ручья).

Нивелировку по краю канавы иногда невозможно произвести из-за густых зарослей кустарника и жердняка по сторонам старых канав и по ручьям. В этом случае ходовая линия отодвигается в полосу, где заросли реже, а вспомогательные пикеты забиваются на берегу канавы против стоянки инструмента.

Для работы употребляются чаще всего нивелиры системы Эго с перекладной трубкой [1]. Устройство их просто, проверки и поправки могут производиться на месте изысканий. Второе по распространению место занимают нивелиры Цейса, отличающиеся компактностью. Кроме того, их можно быстрее, чем нивелиры системы Эго, устанавливать в горизонтальное положение; но исправлять расстроившийся в дороге нивелир Цейса значительно сложнее и даже непосильно обычному производителю работ.

Нивелировка в целях мелиорации производится по 5 разряду инструкции Главного управления съемки и картографии (изд. 1937 г.), с допускаемой высотной невязкой, при замкнутом ходе:

$$\Delta = 20 \cdot \sqrt{L} + 2L,$$

где:

Δ — невязка в мм;

L — протяжение нивелировки по полигону в км.

[1]) В СССР изготовляются Трестом точной механики, Москва.

Если нивелировка производится проходом вперед и назад (двойной нивелировкой), то допускаемая невязка:

$$\Delta = \pm 30\sqrt{L},$$

где L — длина хода в км в одном направлении.

При переходе с инструментом со стоянки на стоянку нивелировщик должен вынимать трубу нивелира из лагерей и нести в руках; штатив же инструмента переносит рабочий. Перед тем как вынуть ножки из грунта, необходимо ослабить винты, прижимающие ножки к крестовине. Реечники должны меняться местом, т. е. при перемене стоянки задний реечник переходит через пикет и становится передним.

На топких торфяных болотах нивелировка замедляется, так как нивелиру трудно придать устойчивое положение. В этом случае установка нивелира с углублением в торф раздвинутых ножек, обычно длиной в 1,4 м, не дает устойчивости. При нивелировке на болотах указанные штативные ножки следует заменять специальными длиной 1,8 м. Широко расставленные длинные ножки нивелира удаляют точки опоры инструмента от нивелировщика и сохраняют положение уровня нивелира на середине при взгляде назад и вперед.

При худших условиях грунта центральное положение пузырька уровня поддерживает во время отсчета стоящий при нивелире рабочий, который повертывает регулирующие винты. Устойчивость инструмента увеличивается, если нивелировщик становится при отсчетах не на зыбкий грунт, а на подстилаемые две жерди, специально перетаскиваемые со стоянки на стоянку.

Отсчеты считаются правильными, если при расстоянии между пикетами в 100 м, разница в отсчетах до и после перекладки трубы не превышает 0,004 м, а при расстоянии между пикетами в 200 м разница между ними не более 0,008 м.

Реперы. На площади осушения или на периферии ее должен быть установлен постоянный репер, от которого ведется подсчет высоты всех точек нивелирования.

Лучшим постоянным репером в лесных условиях является крупный валунный камень (более 2 м в диаметре), положение которого совершенно устойчиво в течение столетий. Горизонт репера на валуне отмечается на повышенной части пересечением двух линий, проводимых масляной краской, а на боках валуна делаются заметные надписи.

Если валунных камней нет, хорошим репером может быть железный стержень, кусок рельса, вертикально заделанный в бетон, с прочным основанием в земляной яме. Хуже, но иногда неизбежен, основной репер в виде столба длиной 2 м, диаметром около 20 см, с крестовиной внизу; он зарывается в землю на 1,6 м.

На репере делается надпись: учреждение, год, номер. Кроме основных реперов, через 1—2 км должны быть вспомогательные, необходимые для фиксации положения дна канав при производстве земляных работ. В качестве вспомогательных реперов могут применяться зарываемые в землю столбы; реперы можно также делать на пнях срубленных деревьев или в виде затесок на срубаемых на высоте 1 м деревьях.

Основные реперы связываются между собой и с репером государственной нивелировки нивелировкой IV разряда с допускаемой невязкой:

$$\Delta = 15\sqrt{L},$$

где:

Δ — невязка в мм;

L — расстояние между реперами в одном направлении в км.

Исследование реки производится с различной подробностью, в зависимости от цели исследования и состояния реки.

Если река в естественном состоянии из-за высокого уровня воды не может принять воду из проектируемых осушительных канав, а в то же время русло реки из-за его размеров нельзя игнорировать при проектировании водоотвода, необходимо подробное, сплошное и детальное исследование реки на всем протяжении. Если же река требует улучшения лишь на отдельных участках, в виде отдельных спрямлений русла или отдельных углублений дна, то детальное исследование производится лишь на этих отдельных участках. На всем же остальном протяжении производится „облегченное" исследование, в виде плановой съемки и связочной нивелировки без детальных промеров русла. Такое исследование специфично для рек, исследуемых как пути сплава. Улучшение рек для лесосплава заключается лишь в прокопке спрямлений, удалении камней, извлечении топляка, завалов и т. п. на отдельных участках реки, на которых и производится детальное исследование.

Низшей ступенью исследования реки является рекогносцировочное, состоящее в проезде по реке на лодке с выходами на берега или проходе по берегам. В результате должно быть составлено описание состояния русла и берегов реки в отдельных местах, требующих каких-либо мелиоративных работ; при этом производятся промеры рулеткой и рейкой.

Подробно приемы изыскания по рекам излагаются в специальных руководствах по изысканиям сплавных и судоходных рек, в курсе же земельной мелиорации эти работы изложены лишь конспективно, со специфическими замечаниями применительно к лесным площадям. Для плановой съемки русла и долины можно применять в зависимости от надобности и величины протяжения приемы различной точности. Для речных долин наиболее совершенной считается триангуляционная тригонометрическая съемка,

техника которой излагается в курсах геодезии. Сущность ее состоит в том, что на снимаемой территории намечается постановкой вех сеть треугольников с углами не менее 25°. Измерив с возможной точностью длину AB одной из сторон (базис) начального треугольника (рис. 36), измеряют затем теодолитом углы всех намеченных треугольников.

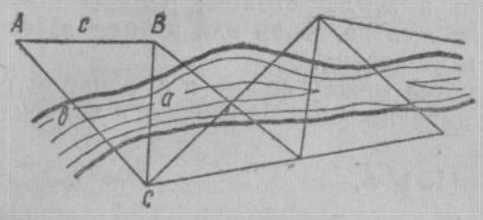


Рис. 36. Схема триангуляционной съемки реки

Видимые с одной установки вершины углов должны быть обозначены вехами с флажками различного цвета и формы. По одной измеренной стороне и углам можно тригонометрически вычислить длину сторон всех остальных треугольников сети, исходя из положения, что стороны треугольников относятся друг к другу, как синусы противолежащих углов:

$$\frac{a}{c} = \frac{\sin A}{\sin C}$$

откуда:

$$a = C \cdot \frac{\sin A}{\sin C}$$

Затем вся сеть треугольников наносится на план. Ситуацию внутри каждого из треугольников с очертаниями берегов реки снимают мензулой, ориентируя ее на вершины треугольников.

Таким образом, триангуляционная съемка слагается из: 1) выбора удобных пунктов для вершин треугольников с установкой на них угловых вех; 2) измерения основного и последующих базисов; 3) измерения углов треугольников с помощью теодолита; 4) вычислений сторон, увязки сети, вычислений координат вершин треугольников; 5) накладки точек на мензульные планшеты; 6) мензульной съемки внутри каждого треугольника.

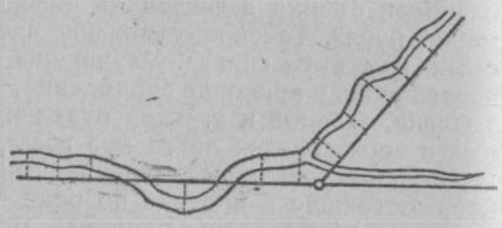


Рис. 37. Схема полигона по реке

Мензульные планшеты наклеиваются при таких точных съемках на алюминиевые листы.

Съемку русла реки производят в мелиоративной практике наиболее часто, прокладывая теодолитом основной ход вдоль реки (магистрали) по возможности близко от берега, но не следуя за всеми извилинами реки (рис. 37).

В этом случае вехи полигона устанавливаются в таких точках, чтобы линия проходила близ берега реки и не требовала значительных прорубок. Затем промеряют длину линий по вспомогательным вешкам с помощью 20-метровой ленты с установкой пикетов. Наибольшая линейная ошибка при промерах линий по неблагоприятной местности определяется в одну тысячную от промеренной длины.

Пикеты забиваются по линии хода через 100 м. Если линия идет по суходолу, на пикете забиваются два кола: точка и сторожок; при проходе по мокрым местам забивается один кол с зарубкой вровень с землей, как это делается при изысканиях по площадям.

Углы измеряют теодолитом. При измерении углов отсчитывают для последующего контроля и румб линии.

Восстанавливаются также перпендикуляры от основного хода до пересечения с извилинами русла и промеряются длины этих перпендикуляров, т. е. производится заснятие берега реки. Другой берег получается при последующих промерах русла.

Съемка ситуации долины реки производится или по поперечным пикетажным ходам, прокладываемым через 200—500 м, или мензульной съемкой на основе теодолитного осевого хода.

Некоторые мелиораторы промеряют, кроме того, лентой непосредственно по берегу всю реку, чтобы определить точную длину существующего русла. Это имеет значение для вычисления действительного уклона по руслу реки.

Основной ход следует трассировать так, чтобы он пересекал извилины. Если река настолько широка, что точный непосредственный промер хода через нее затруднителен, то для переноса его на другой берег в месте перехода разбивают треугольник такой же, как при триангуляционной съемке, замеряя базис AB, углы A и B.

При исследовании небольших речек все указанные приемы упрощаются; вместо теодолита употребляют гониометр.

Масштаб плана для изображения всех извилин и ширины реки для регулирования ее должен быть 1 : 5000 (50 м в 1 см).

Масштаб основного хода и мензульной съемки значительных площадей, подлежащих мелиорации, может быть 250 м в 1 см. При таком сравнительно малом масштабе достигается, однако, ряд преимуществ: 1) значительное удешевление мензульной съемки; 2) лучшая обозримость плана массива; 3) лучшая обозримость рельефа для проведения горизонталей по болотам через 0,2 м; 4) лучшая ориентировка для трассировки магистральных каналов.

При таком плане вполне возможно и проведение детальной осушительной сети с расстоянием между канавами в 150—250 м.

Основой нивелировки является ходовая линия угломерной съемки реки. Основные пикеты ставятся через 100 м.

Против каждого пикета основного хода берется нивелиром также отметка одного берега, отметка уровня воды, отметка другого берега. При русле, значительно меняющем ширину и глубину на более коротких, чем 100 м, расстояниях, берутся отметки берегов и уреза воды еще на промежуточных точках; удобно это делать против стоянок нивелира.

Чтобы взять урез воды, необходимо для установки рейки забить на уровне воды кол с головкой; ставить рейку непосредственно на землю возле воды нельзя.

Если по берегу реки имеются заросли, то при указанном способе нивелировки берегов и уреза против пикета приходится делать значительные вырубки. При этом от каждой стоянки инструмента прочищаются четыре просеки (визирки): для магистрального хода нивелировки, для взгляда на берег против пикета, для взгляда на урез воды и на другой берег реки.

Чтобы сократить количество просек, берега и урез воды нивелируются не против пикета магистрали, а по линии, перпендикулярной к магистрали, против стоянки инструмента. Тут приходится прочищать только две визирки: по магистральному ходу нивелировки и по перпендикуляру от стоянки инструмента к реке, иногда очень короткому.

Стоянку инструмента можно выбрать в таком месте, с которого вырубка по перпендикуляру к реке будет наименьшей. Расстояние стоянки инструмента от пикета магистрали должно быть замерено.

Если берега пологие, то, чтобы получить точный профиль, необходимо иногда брать на берегу три точки.

Нивелировка по основному ходу должна быть двойная или составлять полигон нивелировки долины реки.

Нивелировка берегов и урезов воды производится одиночная, даже без перекладки трубы. Ошибка в отсчете при взгляде на урез воды выяснится при подсчете отметок; поверхность воды в реке идет по плавной линии, поэтому скачок вверх или вниз при отсутствии заграждений укажет на ошибку в отсчете.

Когда дневная работа заканчивается, против последнего пикета магистрали нужно забить два кола в уровень с водой, чтобы утром следующего дня отсчитать происшедшее за ночь изменение горизонта воды. Один из кольев делается потайным на случай, если другой будет выдернут.

Магистраль нивелировки по реке служит одновременно магистралью и для нивелировки долин реки поперечными ходами. При предстоящем спрямлении русла вследствие регулирования реки необходимо направления возможных прокопов между излучинами пронивелировать с пикетами через 50 м.

Материал этой нивелировки даст возможность при проектировании работ по регулированию рек точно сопоставлять стоимость спрямлений со стоимостью работ по существующему руслу. К сожалению, этого обычно не делается.

При прохождении реки под мостом необходимо выяснить, укреплено ли русло под мостом камнем, имеются ли поперечные и продольные шпунтовые ряды, каково расстояние между устоями моста и, наконец, определить нивелировкой высотное положение укрепленного или неукрепленного дна русла под мостом.

Эти данные нужны для вычисления величины углубления дна русла под мостом и суждения о том, как это отразится на устойчивости моста. Здесь же желательна привязка нивелировки к головке рельса или к подферменному камню.

При прегражденни реки мельничной запрудой надо определить нивелиром положение всех специфических точек: верхнего горизонта воды, нижнего горизонта воды, порога водоспуска, высоты заставок (затворов), высотное положение от вала водяного колеса, размеры колеса, положение частей турбины и пр. Вообще следует получить все данные, чтобы судить о допустимом понижении уровня воды перед плотиной, не нарушая возможности работы мельницы.

Перед плотинами и по всей реке нужно занивелировать бывшие высшие уровни воды, выясняемые по следам на деревьях, сваях и откосах.

Одновременно с нивелировкой уровня воды в реке промеряются рейкой глубины русла.

Исследование озер на мелиорируемой территории слагается из плановой съемки, промеров глубин, гидрологических наблюдений, геологических исследований, ботанических и ихтиологических исследований, гидротехнических изысканий.

План озера получают, обходя его линиями нивелировки и прокладывая от них перпендикуляры к берегам озера.

Промерять глубины озера удобнее и надежнее зимой со льда. Толщина льда к концу зимы значительно увеличивается, поэтому работу следует производить в начале зимы. За ось исследований принимается или геометрическая ось озера, или линия, соединяющая место впуска предполагаемого канала в озеро с местом выхода из озера ручья или канала. Через 200—500 м, в зависимости от величины и глубины озера, проводятся перпендикулярные ходы до его краев.

По осевому и поперечным ходам промеры делают через 50 — 100 м. Береговая полоса, которая может освободиться из-под воды после того, как будет прорыт выводной канал, должна быть промерена подробнее, глубокие же места озера можно измерить менее детально. Для промера глубин применяется плоская гиря (лот), подвешенная на тонкий шнур. Одновременно на глубоких участках необходимо опускать на дно озера железную штангу, чтобы определить глубину до твердого дна. Для выяснения характера озерного ила образцы его извлекают

торфяным зондом. Существуют и специальные приборы для изучения озерных отложений (лот Воронкова, стратометр Перфильева и др.).

Летом промеры глубин производятся с лодки; безопаснее работать с двух соединенных лодок. Положение лодки на озере ориентируется по двум вехам, выставленным в концах осевой линии, и по величине угла между базисной линией на берегу и направлением на лодку.

Гидрологическое исследование озера применительно к нуждам мелиорации заключается в количественном определении притока воды и истока воды из него (по правилам гидрометрии, в разное время года), наблюдении над колебанием уровня воды и над временем замерзания и оттаивания.

Ботаническое исследование определяет темп зарастания озера водными растениями от берегов и со дна.

Ихтиологическое исследование должно установить, как отразится на рыбах озера намечаемое понижение горизонта воды в нем и впуск в озеро воды с прилегающих торфяных болот.

Гидротехнические изыскания должны дать материал для выяснения, насколько необходимо понизить уровень воды в озере для осушения прилегающих низменностей; на каком протяжении и каких размеров прорыть для этого выводной канал по целине или по речке; нужно ли водоотводную магистраль с болота ввести в озеро или обойти ею озеро; каковы глубины торфа в районе озера; каковы юридические и экономические условия производства работ по впуску и выпуску воды из озера (участие населения и др.). Приемы гидротехнических изысканий те же, что на болотах и по рекам.

Гидрометрические наблюдения. В начале изысканий, чтобы охватить наибольший период времени, нужно устроить водомерный пост для наблюдения за уровнем воды в реке и определения расходов воды. Техника этих работ изложена в главе 3 „Основные сведения по гидрологии и гидрометрии".

Осушительная мелиорация оказывает влияние на рост леса, воздействуя на водный режим почвы и грунта. Воздействие выражается в ускорении стока поверхностных вод, устранении их застоя и понижении уровня грунтовой воды.

В гидрогеологической и почвоведческой литературе приведены разнообразные определения понятия грунтовой воды. В бывшем основном руководстве по подземным водам Кейльгака дано следующее обобщенное определение грунтовой воды: „подземной или грунтовой водой, в противоположность наземной, мы называем всякую жидкую воду, находящуюся под земной поверхностью и проникшую туда естественным путем".

Такое широкое толкование необходимо уточнить.

Большое число определений понятия „грунтовая вода" можно объединить в две группы, грубо называя одну из них геологической, а другую — гидро-агрономической.

К гидрогеологическим относятся следующие определения понятия грунтовой воды (рис. 38-*а*).

Раманн[1] пишет: „Часть воды, которая просачивается в глубину до непроницаемого слоя, на котором она собирается, называется грунтовой водой".

Кумм[2] дает подобную же характеристику: „фильтрующаяся вода просачивается вглубь до тех пор, пока попадает на непроницаемый слой, где она собирается, образуя грунтовую воду".

Имеется аналогичное приведенным старое определение С. А. Никитина[3]: „грунтовой, или почвенной, водой мы называем воду. первого от поверхности водоносного горизонта, расположенного в подпочве или в более глубинных коренных породах, на первом от поверхности водонепроницаемом слое, и остающуюся свобод-



Рис. 38-*а*. Схема положения грунтовой воды:
а — в песке; *б* — в суглинке (см. след. стр.)

ной за удовлетворением абсолютной или наименьшей влагоемкости водоносной породы".

В курсе „Общего лесоводства" (изд. 1939 г.) М. Е. Ткаченко дает такое определение грунтовой воды: „Грунтовые воды — это воды, залегающие в первом от дневной поверхности водопроницаемом слое, не обладающие напором, с уровнем, подверженным колебанию, но не исчезающим без изменения условий образования потока этих подземных вод деятельностью человека или стихийными силами природы".

В приведенных определениях и многих других предполагается наличие непроницаемого грунта, на котором лежит проницаемый грунт с водой.

Такое строение грунта, однако, далеко не преобладает.

Часто от самой поверхности лежит мощный слой мало или слабопроницаемой породы (суглинок, торф), насыщенной водой,

[1] Ramann, Bodekunde, 1905.
[2] Kumm, Das Wasser als Bestandteil des obersten Teils der Erdkruste, серия „Handbuch der Bodenlehre", изд. von Blank, 1930.
[3] С. А. Никитин, Труды экспедиции для исследования источников главнейших рек Европейской России, 1898 г. и последующие выпуски.

а под этой породой — песок. По приведенным определениям, вода, насыщающая в таких условиях суглинок и торф, не подходит под понятие грунтовой воды, а между тем по происхождению, по движению и влиянию на растительность — это грунтовая вода, и именно на эту воду, насыщающую суглинок или торф, должен воздействовать агроном, лесовод, мелиоратор.

Это обстоятельство учитывается второй группой определений понятия грунтовой воды (рис. 38-*б*).

Очень простое определение дает Принц[1]: „Вода, наполняющая промежутки пористых почв, называется грунтовой водой".



Рис. 38-*б*.

Кене[2] формулирует так: „Поверхность, на которой давление в воде равно внешнему давлению воздуха, мы называем уровнем грунтовой воды в узком смысле". Это отвлеченное определение поясняется Кене конкретнее: „Уровень грунтовой воды в породе не есть какая-либо действительная поверхность воды, а есть поверхность воображаемая. Ее высота определяется измерением высоты положения зеркала воды в таких скважинах, которые неглубоко погружены в грунтовую воду".

Кумм дает следующее пояснение. В насыщенной зоне или зоне грунтовой воды каждая вынутая частица грунта замещается водой, чего не происходит в зоне капиллярной воды. Грунтовую воду можно вычерпать, тогда как остальные категории воды могут быть изъяты посредством нагревания, давления, центрифугирования.

В почвоведении дается иногда следующее определение грунтовой воды: „вода, заполняющая свободные от капиллярных сил почвенные промежутки и находящаяся под действием лишь гидростатического давления".

В последних четырех формулировках грунтовой считается та вода, которая насыщает грунт сверх полной его влагоемкости,

[1] Prinz, Hydrologie, 1923.

[2] Koehne, Das unterirdische Wasser, Handbuch der geophysik, Herausgegenbe von Gutenberg, 1933.

находится под действием силы тяжести и может поэтому двигаться в направлении уклона, стекая в естественные понижения или искусственные выемки.

Такое гидрологически правильное понимание грунтовой воды наиболее соответствует понятиям агрономии и лесоводства; именно от уровня воды, устанавливающегося в скважине, зависит рост растения, и именно на эту воду воздействует мелиоратор. Под действием силы тяжести эта вода, насыщающая грунт сверх полной его влагоемкости, стекает в дрены, канавы, лощины и пр.

Поэтому простейшее изучение уровня грунтовой воды первого горизонта состоит в регулярном наблюдении над уровнем воды в скважинах, которые делают спиральным или тарелочным буравом диаметром 10—15 см, глубиной не менее 1 м (рис. 39). Стенки такой скважины в торфяном и суглинистом грунте держатся без обделки в течение всего сезона. Уровень воды замеряется от головки кола, вбиваемого вровень с поверхностью земли, рядом со скважиной. Возле скважины, заложенной в торфах, кладутся жерди, которые служат помостом для наблюдателя.

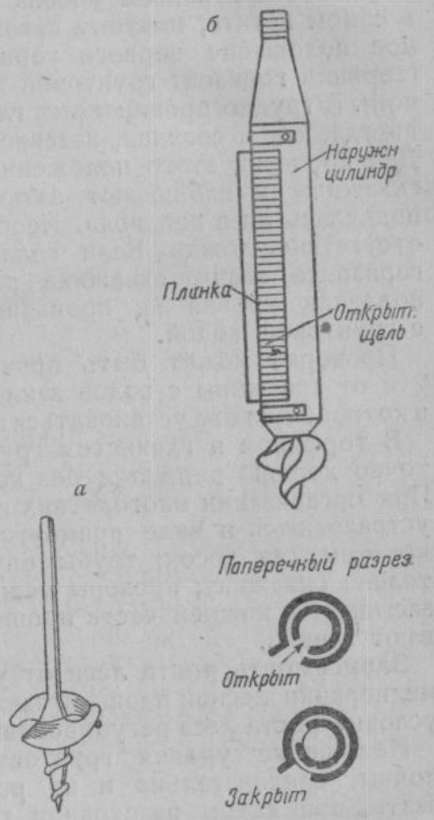


Рис. 39. Бурава для устройства скважин

а — тарелочный; *б* — Гиллера

При мелиоративных изысканиях смотровые скважины располагаются в основных типах леса осушаемой площади группами по пять штук: четыре по углам и одна в середине прямоугольника. Такое расположение скважин дает возможность детально установить положение зеркала грунтовой воды, хотя для определения его наклона достаточно и трех скважин.

Наблюдения над грунтовыми водами нужно проводить не реже одного раза в пять дней в течение всего периода изысканий, а в дальнейшем даже до наступления зимы. Наблюдения одного сезона имеют значение лишь в том случае, если коли-

чество атмосферных осадков и температура сезона наблюдений сопоставляются с многолетними величинами осадков и температур за этот же сезон.

В торфяных, супесчаных и обычных суглинистых грунтах уровень воды в скважинах, как показали опыты, изменяется в связи с изменением уровня свободной (гравитационной) воды в самом грунте, поэтому скважины и показывают действительное положение первого горизонта свободной воды в грунте (верхний горизонт грунтовой воды, именуемый часто верховодкой). В трудно проницаемых глинах вода в скважинах держится иногда, как в сосудах, независимо от свободной воды в грунте. Для проверки этого положения воду откачивают (отливают) из скважины и наблюдают затем в течение нескольких суток, поднялась ли в ней вода. Необходимое условие при проверке — отсутствие дождя. Если вода поднялась до первоначального горизонта, значит скважина работает правильно; если восстановления уровня не произошло, — скважина не имеет связи с грунтовой водой.

Проверка может быть произведена и иначе: на расстоянии 2 м от скважины с водой закладывается новая скважина, вода в которой должна установиться на той же высоте, что и в прежней.

В торфяном и глинистом грунте смотровые скважины достаточно хорошо держатся без крепления стенок в течение года. При организации многолетних наблюдений смотровые скважины устраиваются в виде прямоугольных деревянных труб, сколачиваемых из досок; трубы опускают в сделанную предварительно скважину; прозоры между стенками трубы и скважины засыпают в нижней части проницаемым грунтом, а сверху забивают глиной.

Зависимость роста леса от уровня грунтовой воды. Водная мелиорация лесной площади заключается в том, чтобы улучшить условия роста леса регулированием динамики грунтовых вод.

Положение уровня грунтовых вод влияет на влажность почвы, следовательно и на рост леса. Поэтому необходимо знать, при каком расстоянии грунтовой воды от поверхности земли создаются наилучшие водные условия для роста древесных пород.

На всех сельскохозяйственных болотных опытных станциях издавна производятся специальные наблюдения по влиянию уровня грунтовых вод на урожай культур.

По данным Всесоюзного научно-исследовательского института болотного хозяйства, наилучшие расстояния грунтовой воды от поверхности в торфяных почвах следующие: для луговых культурных трав — 50—60 см, пастбищ — 70—80 см, зерновых культур — 70—90 см, корнеплодов и конопли — 80—100 см.

Для овощей в учебно-опытном садовом хозяйстве под Берлином получены следующие наилучшие уровни воды: капуста

красная — 44 см, репа, свекловица и капуста белая — 48 см, огурцы — 52 см (резко выраженный оптимум)[1].

По росту древесной растительности также накопился некоторый материал.

Н. П. Кобранов в статье „Влияние близости грунтовых вод на рост посадок березы" указывает наблюдавшийся им в б. Гродненском уезде резко различный рост посадок березы на участке из под-пашни.

Размеры четырехлетних посадок березы и наблюдавшийся уровень грунтовой воды на песчаной почве приведены в табл. 27.

Таблица 27

Глубина залегания грунтовых вод в см	Толща окрашенного гумуса в см	Средний размер березовых посадок в см	
		высота	диаметр
43—65	40—30	71	0,9
66—82	31—22	78	1,1
83—107	23—16	111	1,6
108—137	17—12	172	2,5
138—162	—	175	2,9

Из табл. 27 видно, какое огромное влияние оказывает уровень грунтовой воды на развитие березовых посадок: расстояние грунтовой воды в 150 см от поверхности оказалось для березок весьма благоприятным.

Хороший материал, характеризующий связь между уровнем грунтовой воды и бонитетом местопроизрастания, дают наблюдения Целлариуса, проведенные в Охтенской даче в 1906 г. Методика наблюдений была совершенно правильная: наблюдение уровня было произведено 3 сентября, через 2,5 суток после отливки воды из смотровых ям; таким образом, в ямах была просочившаяся из грунта вода с установившимся уровнем. Группировка материала приводит к следующим сопоставлениям, приведенным в табл. 28.

Таблица 28

Почва	Бонитет	Расстояние грунтовой воды от поверхности в см	Число пунктов	Пределы колебаний в см
Супесь	I	128	6	50—235
„	II	71	10	36—102
Суглинки	III	24	5	8—46
Суглинки и торф	IV	12	9	0—31

Примечание. На местах I бонитета преобладает ель, на остальных — сосна.

[1] Lehr-und Forschungsanstalt für Gartenbau in Berlin Dahlem, Landwirtschaftliche Jahrbücher, 1928.

В 1906 г. июль и август были с несколько большими осадками, чем средние многолетние, что видно из табл. 29. Поэтому уровень грунтовой воды к 3 сентября 1906 г. стоял несколько выше нормы.

Таблица 29

Месяцы	Осадки в мм		
	1906 г.	1896—1905 гг	1907—1916 гг
Июнь	57	65	64
Июль	147	63	50
Август	90	94	68

Сравнительно длительные наблюдения грунтовой воды, организованные А. Д. Дубахом, велись в Сиверском опытном леспромхозе. За 1928—1931 гг. связь бонитета местопроизрастания с уровнем грунтовой воды за май — август выразилась следующими соотношениями, приведенными в табл. 30.

Таблица 30

Почва	Порода	Бонитет местопроизрастания	Расстояние грунтовой воды от поверхности в см
Торф 50 см на песке и глине . .	Сосна	V	10
Торф 3 м	»	IV	13
Суглинок	»	III	25
Суглинок	»	I—II	22—30
Глина от 0,5 до 2 м.	Береза	II	42
Супесь 0,5 м, далее суглинок . .	Береза — ель	I	100—120

Средняя высота осадков за май—август в период 1928—1931 гг. составила 296 мм, многолетняя норма за 1901—1930 гг.—245 мм; годы наблюдения были богаты осадками.

На основе наблюдений в 1929 г. над уровнем грунтовой воды и качеством древостоя в Цельской лесной даче БССР Г. Д. Эркин[1] приходит к заключению, что в торфяном грунте лучшим для роста соснового леса будет среднее за вегетационный период расстояние уровня грунтовой воды от поверхности в 30 см.

[1] „Лесное хозяйство", 1931 г. № 9—10.

В Осинорощинской даче Парголовского лесничества Шингарева-Попова[1] наблюдала в 1925 г. типы и бонитеты леса при более глубоких уровнях грунтовой воды (табл. 31).

Таблица 31

Тип леса	Бонитет	Средний возраст в годах	Расстояние воды от поверхности в см
Бор вересковый	IV	80	Более 300
Бор брусничный	III	100	153
Бор черничный	II,5	80	100—120

На песчаном дюнном берегу возле г. Данцига 80-летние сосны образовали следующие бонитеты (в связи с расстоянием от уровня грунтовой воды[2]) (табл. 32).

Таблица 32

Расстояние грунтовой воды в м	Бонитет по высоте (по Шваппаху)	Бонитет по диаметру
4—5	2,7	2,3
3—4	2,7	2,5
2—3	2,2	1,5
1—2	1,6	выше 1
0—1	1,5	выше 1

Из приведенных и других материалов можно вывести заключение, что лучший рост сосны наблюдается при расстоянии грунтовой воды около 70—100 см от поверхности в минеральных грунтах и при расстоянии в 50 см в торфяном грунте.

Посадки тополя (Populus candicans), по наблюдениям И. Н. Никитина[3] в окрестностях Ленинграда, дали очень хорошие приросты по высоте при расстоянии воды 10—40 см от поверхности.

Для фруктовых деревьев, в частности для вишен на маршевых почвах Германии, благоприятным оказалось стояние грунтовой воды на 1 м ниже поверхности земли[4].

Степень понижения уровня грунтовой воды, которая создается осушением, называется нормой осушения.

На основании сказанного можно сделать следующий вывод. Если наблюдения над грунтовой водой в нормальное по осадкам

[1] „Труды по лесному опытному делу", 1930 г., вып. VI.
[2] Forstwirtschaftliches Centralblatt, 1933, Januar, Статья Holistein.
[3] „Труды Лесотехнической академии", 1934., № 4.
[4] Rothe, Ueber der Wasserhaushalt der Marschbögen in niederelbischen obstbaugeliet.

лето показывают стояние воды на расстоянии 0,5 м от поверхности земли, это значит, что осушения для роста леса не требуется. Благоприятное расстояние грунтовой воды различно в зависимости от рода почвы (песок, глина, торф), древесной породы и стадии вегетации, но материалов по таким наблюдениям еще не имеется.

Рост древесной растительности может замедляться при затоплении водой поверхности земли. По наблюдениям Конардова[1] в б. Черноярском лесничестве, в пойме Волги, разные породы переносят следующую продолжительность весеннего затопления: дуб — до 22 дней, ветла — 60, вяз — 38, тальник — 74, осокорь — 48.

На р. Полоте в БССР в 1929 г. устройством временной запруды было затоплено с середины июня до октября несколько сот гектаров леса. В 1930 г., по наблюдениям А. Д. Дубаха, оказалось, что ольха, ель и береза стояли здесь без облиствения, сосна имела и мертвую и живую хвою, а осина — свежее облиствение.

Кратковременное затопление высокими водами не приносит ущерба росту леса, от длительного же затопления лес должен быть защищен.

Лесоводственные и ботанические исследования. Характеристика лесных насаждений дается в отчетах лесоустроительных партий. На плане лесной площади указаны места, где нужны мелиоративные мероприятия; поквартальные таксационные описания дают материал и для суждения о возможной эффективности работ.

Лесоботанические исследования при мелиоративных изысканиях должны дать добавочный материал по микрорельефу поверхности, росту леса за последнее десятилетие, ходу возобновления леса, эффективности ранее произведенной мелиорации, по нарастанию мохового покрова.

Микрорельеф характеризуется наиболее исчерпывающе травяной и лесной растительностью, а не технической нивелировкой. Поэтому необходим учет ее при тщательном проектировании осушительной сети в лесопарковых зонах и на площадях лесовозобновления.

Травяной покров при мелиоративных изысканиях описывается по методу Друде; степень распространенности растений обозначается следующими четырьмя ступенями:

1) сплошь или господствует, образуя фон; наземные части обычно смыкаются, покрывая не менее $^3/_4$ площади; латинское обозначение Soc. (Sociale);

2) часто, Cop. (Copioso), с тремя ступенями по убыванию (Cop.^{3}, Cop.^{2}, Cop.^{1}): очень часто, часто, менее часто;

3) рассеянно, Sp. (Sparso);

4) единично, Sol. (Solitario).

[1] „Лесной журнал," 1888, вып. 6.

Дополнительные исследования роста непосредственно леса производятся для того, чтобы выяснить, не уменьшается ли текущий прирост древесины против нормального. Это указывало бы на прогрессирующий процесс заболачивания и, следовательно, на необходимость здесь мелиорации в первую очередь. Массовое исследование производится приростным буравом Пресслера, после чего берутся деревья для детального анализа.

Если имеются площади, где была произведена мелиорация, следует определить эффективность ее. Для этого перпендикулярно к канавам отбивается полоса шириной 100 м и делится на пробные площадки, протянутые по направлению канав. Первая пробная площадка, приканавная, имеет ширину всего 5 м, включая выброшенную из канавы землю. Остальные пробные площадки берутся шириной по 20 м и имеют таким образом размеры 100×20 м.

На каждой площадке или через одну обмеряют все деревья по двум перпендикулярным диаметрам, на высоте 1,3 м, со ступенями толщины через 2 см, начиная с деревьев диаметром 6 см или близким к этому, в зависимости от состава древостоя.

Затем вычисляют сумму площадей сечения каждой породы господствующего яруса и средний диаметр каждой породы. По каждой породе выбирают три модельных дерева среднего диаметра, спиливают их у поверхности земли и из них выпиливают кружки: у основания, на высоте 1 м, на высоте 1,3 м, на высоте 3 м, 5 м и т. д.

Ствол анализируют, причем счет и измерение годичных слоев ведут по пятилетиям так, чтобы годы до и после мелиорации учитывались отдельно.

Текущий прирост по пятилетиям вычисляют до и после мелиорации, и все вычисления переводят на гектар с возможным учетом отпада.

При этом оказывается возможным определить, на какое расстояние простирается действие канав.

Если действие прежнего осушения по некоторым канавам выявить не удается, необходимо выяснить, почему осушение не дало результатов, чтобы не повторить ошибки при новом проектировании.

Если дается специальное задание выявить эффективность ранее произведенной мелиорации, исследование производится по особо выработанной инструкции. Для этого с каждой пробной площади берут по 11—15 модельных деревьев и распределяют их по ступеням толщины через 4 см. При этом методе необходимо иметь в виду последующую кропотливую и трудоемкую камеральную работу.

Иногда наблюдается правильное снижение роста леса по мере удаления от канавы. Например, в Подборовской даче, в 10 км от Пскова, на осушенном моховом болоте получены данные,

приведенные в табл. 33. Исследование проведено в 1925 г., осушение — в 1900 г. Глубина торфа (сфагнового) — 1,5 м; подстилается он песком. Средний возраст сосны в год исследования 60 лет.

Таблица 33

Расстояние от канавы в м	Запас древесины на 1 га в м³	Расстояние от канавы в м	Запас древесины на 1 га в м³
0—25	184	101—125	84
26—50	166	126—150	73
51—75	149	151—175	63
76—100	116		

Влияние осушения на увеличение годичных отложений древесины обычно видно совершенно отчетливо, и по этим отложениям можно определять год мелиорации.

При наличии старых, заплывших канав выпиленные кружки показывают сначала улучшение роста, вызванное прорытием канав, а затем постепенное затухание его, обусловленное зарастанием и засорением канав.

Исследование нарастания мохового покрова. Сфагновый сосняк при разрастании мохового покрова переходит в сфагновое болото. Сфагновое же болото, разрастаясь в ширину и высоту, надвигается на все типы сосновых и еловых лесов. Поэтому при мелиоративных изысканиях необходимо установить ход роста сфагновых мхов в высоту и разрастания их в плане.

Высота нарастания мохового покрова на болотах определяется следующими способами.

Первый способ — по следам на стеблях ежегодно образующихся и отмирающих мутовок листьев болотного растения росянки; расстояние между мутовками на сохраняющемся во мху стебле соответствует годичному нарастанию мохового покрова. Способ этот кропотлив и дает возможность судить о приросте мха лишь за несколько последних лет.

Второй способ — точная нивелировка поверхности мохового покрова через определенные промежутки лет, привязанная к постоянным реперам; разность высоты поверхности болота укажет на прирост. Этот прием требует стационарных пунктов и длительного времени и не дает возможности более детально исследовать явление нарастания мха.

Третий способ — наилучший — по положению корневой шейки и возрасту сосен, растущих на самом болоте. Корневая шейка появляющейся на болоте сосенки располагается у самой поверхности мохового покрова. С каждым годом ствол сосны растет вверх, корни развиваются вглубь и вширь, а корневая шейка остается на месте. Нарастающий моховой покров покрывает корневую

шейку все большим слоем. Поэтому, определив толщу мохового слоя над корневой шейкой сосны и возраст сосны по годичным отложениям древесины, легко вычислить среднегодичную величину нарастания мха и за малые и за продолжительные периоды. При постепенном уплотнении моховой массы под давлением вышенарастающего мха, содержащего значительное количество воды, и в результате процессов консервирования мха плотность моховой массы с течением времени увеличивается. Понятно, что среднегодичная величина нарастания мха оказывается тем меньше, чем за больший период времени она вычисляется.

Общий порядок работ таков. По исследуемому болоту провешиваются линии с забивкой пикетов; возле каждого пикета определяется глубина торфа и выбираются две сосны, по возможности без наросшей вокруг них моховой кочки. Уровень мохового болота отмечается на сосне надрезом, после чего сосну вытаскивают с корнем и, обрубив ветви, доставляют к месту обработки всех материалов. Здесь измеряют по вертикали расстояние от корневой шейки сосны до надреза, соответствовавшего поверхности мохового покрова на болоте. Измеряют и высоту всей сосны.

Затем чуть выше корневой шейки ствол сосны перепиливают или перерубают и на срезе, очистив его острым ножом, определяют с помощью лупы число годичных слоев древесины; возраст сосны определяется и по мутовкам на ее стволе. Однако пересчет мутовок дает обычно меньший возраст и в дальнейших вычислениях во внимание не принимается. Результаты пересчетов и измерений вписывают в первичную ведомость по каждому исследованному болоту с графами: 1) номер по порядку, 2) номер пикета, 3) глубина торфа, 4) высота мохового покрова над корневой шейкой, 5) возраст сосны по годичным отложениям, 6) то же по мутовкам, 7) годичное нарастание мха в миллиметрах, 8) высота сосны, 9) средний годичный прирост сосны в высоту, 10) диаметр сосны над корневой шейкой.

Все проанализированные сосенки группируют по возрасту с периодами в пять или десять лет. После этого вычисляют средние высоты нарастания мха для каждой из возрастных групп сосен.

Автором с помощью студентов было определено по сосенкам нарастание мха в 3 091 точке на четырех сфагновых болотах Белоруссии. Получились следующие данные: за 20 лет нарастает в среднем около 20 см мохового покрова, за 50 лет — 40 см, за 100 лет — 50 см.

По данным М. Юрьева, в б. Псковской губ. за 40 лет нарастает 46—61 см мха, в б. Новгородской губ. за то же время — 36 см, на Лахтинском болоте под Ленинградом — 50 см, на Шуваловском болоте там же — 39 см, на Кольском полуострове, близ озера Имандра, за 35 лет — 15 см, за 100 лет — 26 см.

Неожиданно большим оказывается на сфагновом болоте прирост сухого вещества мха. По исследованиям автора в Белоруссии, прирост на 1 га за год равен 5 т. Для разных типов болот Ленинградского района М. Юрьев дает следующие величины урожая мха в сухом веществе с 1 га: на сфагновом болоте чистом, очень мокром,— 1,64 т, с пушицей и другими травами — 6,64 т, с мелкой сосенкой — 7,29 т, с крупной сосной — 4,1 т.

Точные определения нарастания мха были произведены Т. Л. Ефимовой в 1926 г. возле Ленинграда на Сосновском торфянике площадью 1,7 км². Болото сфагновое, с сосной и пушицей, глубина торфа — до 3 м. Группировка сосен по возрастам показала следующие нарастания мха (табл. 34).

Таблица 34

Число взятых сосен	Продолжительность нарастания (годы)	Высота мохового покрова в см	Число взятых сосен	Продолжительность нарастания (годы)	Высота мохового покрова в см
28	10	17	33	45	33
41	15	20	13	50	34
79	20	24	18	55	36
71	25	26	8	60	37
49	30	31	8	65	35
55	35	32	3	70	41
36	40	32			

По методу взятия сосен Saarinen для 200 точек разного типа болот Финляндии определил высоту нарастания сфагнового покрова за 23 года равной 24 см, за 80 лет — 40 см.

Торфяной и лесной пожары оставляют на поверхности слой золы и уголь. При происходящем затем заболачивании пожарища зола и уголь покрываются слоем торфа. Сведения о времени пожара и слой торфа над остатками пожара дают возможность определить нарастание торфа и мха в высоту. А. Л. Кащеев[1] определил по этому методу, что в северной части Лисинского леспромхоза слой торфа вместе с очесом за период в 105 лет увеличился на 71 см.

В курсах болотоведения и гидрологии болот излагаются способы определения нарастания торфа по методу пыльцы, по положению в торфе пограничного горизонта, по случайным находкам.

За период в две тысячи лет среднегодовое нарастание торфа составляет около 1 мм.

[1] „Почвоведение," 1937, № 10.

Еще большее значение имеет разрастание сфагнового болота по периферии, ведущее к заболачиванию новых площадей.

Ход разрастания болота в стороны можно определять по годичным отложениям древесины деревьев, застигнутых болотом, находящихся на различных расстояниях от края заболоченной площади.

На окраине болота, по линии от периферии к центру, выбираются две сосны на расстоянии около 10 м одна от другой. Сосны спиливаются, и по величине годичных отложений древесины на каждой из них определяется число лет угнетенного роста. Если, например, у сосны, растущей ближе к периферии болота, имеется 9 лет угнетенного роста, а у сосны, находящейся дальше от периферии, —20 лет такого роста, то ясно, что расстояние между этими соснами заболотилось в течение 20 — 9 = 11 лет.

Почвенные исследования. Исследования почвы и подстилающего грунта производятся при мелиоративных изысканиях для получения характеристики грунта:

а) как среды для развития корней и питания древесной растительности (физические свойства, химизм, структура); по этой характеристике определяется эффективность мелиорации;

б) как вещества, которое будет разрабатываться лопатой или иным механизмом; по этой характеристике исчисляется рабочая сила, потребная для выемки грунта;

в) как среды для движения грунтовой воды и перемещения капиллярной воды; по этой характеристике определяются расстояния между канавами и глубина канав;

г) как строительного материала, могущего держаться в откосах определенной крутизны и размываемого движущейся водой; по этой характеристике определяются заложение откосов и частично глубина канав.

Если по ходовым линиям встречаются отложения торфа, глубина его измеряется на каждом пикете. Простейшим инструментом для этого служит почвенная трость с продольным жолобом и рукоятью, пригодная для глубин до 0,8 м. При бо́льших глубинах торфа употребляются свинчивающиеся штанги. Нижняя из них имеет заостренный конец и небольшую полость. В эту полость попадает торф и подстилающий его грунт.

Для подробного исследования качества торфа с разных глубин употребляется специальный торфяной бур системы Гиллера, описываемый в торфяных руководствах.

Для исследования минерального грунта роют ямы (шурфы) с вертикальными стенками, производят зарисовку и описание разреза грунта и берут пробы для анализа. Если имеется легкий буровой инструмент, в дополнение к шурфам производят бурение на глубину около 1,2 м и более, проходя глубже дна будущих канав. В каждом типе леса и на каждом элементе рельефа должен

быть сделан почвенный шурф. Образцы почвы из двух-трех шурфов с площадей наиболее распространенного типа леса должны быть доставлены в проектирующее учреждение.

Ниже приводится пример упрощенного описания шурфов.

Сиверский леспромхоз, Онцевский участок, 1936 г., 20 июня, квартал 10, ход № 2, пикет 25.

Сосняк сфагновый, III класса возраста, бонитет V.

0 — 4 см — неразложившийся сфагновый покров (очес);
4 — 19 см — торф сфагновый, слабо разложившийся, коричневый;
19 — 37 см — торф разложившийся, темный;
37 — 66 см — суглинок оглеенный;
66 — 78 см — песок светложелтый, вымытый;
78 — 87 см — песок, горизонт вмывания;
87 см и глубже — глина синяя.

Вода в шурфе на следующие сутки стояла на 20 см ниже поверхности сфагнового покрова.

Почвенные разрезы делятся на три главных горизонта с подразделениями внутри них. В условиях избыточно увлажненной зоны и если происходит подзолообразование, эти горизонты характеризуются следующими признаками.

A_0 — лесная подстилка, иногда разделенная еще на три слоя (неразложившийся опад, полуразложившийся торфянистый слой, сильно разложившийся слой);
A_1 — перегнойно-подзолистый горизонт;
A_2 — подзолистый горизонт (горизонт вымывания);
B — горизонт вмывания (иллювиальный);
C — материнская порода, слабо затронутая современными процессами почвообразования.

Иногда почвенные горизонты обозначаются и характеризуются несколько иначе[1].

A — перегнойно-аккумулятивный, накапливающий гумус горизонт;
B — элювиальный, т. е. горизонт вымывания;
C — иллювиальный, т. е. горизонт вмывания;
Д — материнская почвообразующая порода.

Для характеристики минерального грунта в полевой обстановке рекомендуется руководствоваться следующими признаками, приведенными в табл. 35.

[1] С. П. Кравков, „Почвоведение", 1934 г.

Таблица 35

Род грунта	При растирании между пальцами	Во влажном состоянии	При скатывании	В сухом состоянии
Глина . . .	Тонкий однородный порошок	Очень вязка, пластична, сильно мажется	Дает длинный шнур	Очень твердые комья
Суглинок .	Не вполне однородный порошок	Пластичен	Длинного шнура не дает	Плотные комья
Супесь . .	Примесь песчаных частиц		Шнур не скатывается	Непрочные комья, с поверхности обтирается песок
Песок . . .	Зерна песка	Жидкая текучая масса		Сыпуч
Хрящевой грунт . . .	Песок или глина в изобилии содержат хрящ размером от 3 до 10 мм			

Степень разложения торфа в полевой обстановке при мелиоративных изысканиях определяется по пятибальной шкале Вальгрена.

1 — очень хорошо разложившийся торф; вполне распавшаяся масса; вода отдельно не выжимается, вся масса торфа проходит между пальцами вместе с водой; окрашивает руку в коричневый цвет;

2 — хорошо разложившийся торф; можно различать некоторые остатки растений; вода отдельно не выжимается, торф проходит между пальцами вместе с водой почти весь; бурая окраска;

3 — среднеразложившийся торф; ясно различимы остатки растений; при сдавливании в руке остается много грубых растительных остатков; выжимается бурая вода;

4 — мало разложившийся торф; оторфование только началось; при сжатии вытекает вода, окрашенная в желтый цвет; торфа между пальцами выжимается очень мало;

5 — почти неразложившийся торф; при сжатии выделяется почти бесцветная вода; торфа между пальцами не выжимается.

К этому следует добавить еще совершенно неразложившийся растительный горизонт, называемый очесом.

Взятые образцы торфа можно более детально исследовать в лаборатории: а) на степень разложения (в процентах), б) на зольность, в) на растения-торфообразователи. Если торф добы-

вается на топливо, производятся еще специальные исследования на теплотворную способность, плавкость золы и др.

При интенсивном осушении лесопарковых площадей, питомников и усадебных мест с необходимостью существенного понижения уровня грунтовой воды характеристику грунта желательно дополнить определением его фильтрационной способности.

Для установления расстояния между осушительными канавами и дренами лучше всего пользоваться коэфициентами фильтрации, определяемыми полевым методом. Количественные же соотношения между величинами фильтрации и расстояниями еще не проработаны. Поэтому определение коэфициента фильтрации является пока лишь желательной частью исследований грунта при мелиоративных изысканиях (излагается в курсах гидрологии).

Получение экономического материала. Лесоэкономические исследования в полном составе, необходимые для обоснования мелиорации, не входят в непосредственную задачу мелиоратора.

Обоснование мелиорации на исследуемой площади производят при последующем составлении технического проекта, базируясь на материалах организационного плана хозяйства данного леспромхоза. Однако ряд сведений нужно добыть на месте или уточнить. Необходимо, например, уточнить установленные для леспромхоза размеры отпуска древесины, так как мелиорация может быть твердо обоснована в тех лесных районах, где отпуск древесины установлен с учетом прироста. Так как увеличение прироста после мелиорации наступает через два-три года, то и отпуск древесины из данного района может быть увеличен через такое же время.

Следует уточнить и стоимость древесины по сортиментам соответственно местным условиям ее сбыта на корню и в разработанном виде.

Кроме того, нужно выяснить возможность использования водоотводных канав для первичного сплава леса, установив размеры планового отпуска леса близ водоотводных канав; целесообразность одновременного устройства дорог вдоль канав для транспортировки леса и иных надобностей; условия получения рабочей силы для мелиоративных работ (из состава кадровых рабочих леспромхоза, из местного населения или вербовкой из дальних районов).

Если необходимо продолжить водоотводную магистраль (из-за малого уклона) за пределы леспромхоза, следует войти в непосредственные сношения со смежными землепользователями и получить от них согласие на производство работ по их землям с участием или без участия их в расходах. Если возникают затруднения, нужно подобрать материал, который подтверждал бы техническую необходимость продолжения водоотводной магистрали именно по этим смежным землям и, кроме того, ясно бы показал, даст ли магистраль пользу или вред смежным землям.

Аналогичная подготовка технического и экономического материала должна быть произведена, если имеется мельничная плотина на реке-водоприемнике, вызывающая подтопление лесных площадей.

Трассировка осушительной сети. Трассировкой называется перенесение с плана на местность проектированных на плане по материалам изысканий осушительных и водоотводных канав с закреплением их на местности надлежащими знаками.

На основе материалов изысканий по вычерченному плану в горизонталях и по плану лесонасаждений намечается и проводится на плане осушительная сеть; правила для этого изложены в главе о проектировании. В сложных случаях расположение осушительной сети проектируется в камеральный период, и лишь в следующий рабочий сезон линии проектированных канав переносятся с плана на местность. Трассировка, следовательно, отстает на год и производится уже по утвержденному проекту.

В простых случаях расположение осушительной сети проектируется на месте изысканий, и сеть переносится с плана на местность, т. е. трассировка следует за изысканиями.

При ясно выраженном рельефе и малых площадях положение осушительных канав намечается рекогносцировочно до производства инструментальных изысканий. Нивелировка же и все исследования производятся сразу по линиям предварительно намеченных канав. В этом случае изыскания и трассировка осуществляются совместно.

Трассировку начинают с магистрального канала. Если эта проектная линия совпадает с осью производившейся при изысканиях нивелировки, отмеченной пикетами, то трассировка магистрального канала оказывается почти исполненной. В устье его следует добавочно установить прочный столб с надписью: „Устье маг. кан. № 1".

На каждом повороте, кроме пикетного кола, изыскатель забивает добавочный столбик с надписью „поворот право" или „поворот лево", смотря вверх по течению, т. е. в том направлении, в котором будет производиться копка канавы вручную. В верхнем конце магистрали ставится столб с надписью „начало маг. кан. № 1".

Если линия проектированной магистрали не совпадает с ходом произведенных изысканий, линию магистрали необходимо трассировать заново.

Если при изысканиях угломерная съемка была точной, то направление проектированной магистрали переносят с плана на местность по румбам и внутренним углам. Если же горизонтальная съемка при изысканиях ненадежна, а магистральный канал нужно протрассировать, попадая точно в угловые точки, то прибегают к сигнализации. В начале линии устанавливают теодолит, а в конце

линии в условленное время поднимают высокую веху с горящим факелом или пускают ракеты. Трубу теодолита наводят на факел и в таком положении закрепляют. После этого по направлению оптической оси теодолита прорубают визирку и производят вешение и пикетаж.

Каждая осушительная канава фиксируется пикетажем по ней, а также двумя столбиками: „устье бок. кан. № “ и „начало бок. кан. № “.

При трассировке канав, особенно осушительных, приходится отступать от намеченных на плане линий, так как при изысканиях невозможно уловить малых изменений в рельефе. Неожиданно встреченный песчаный выступ должен быть обойден закруглением или вся осушительная канава должна быть сдвинута.

По всем трассированным линиям производится затем нивелировка по тем же правилам, что и при изысканиях. Она увязывается с нивелировкой, производившейся при изысканиях. При этом ставятся добавочные реперы: в устье, в начале магистрального канала и в других удобных пунктах.

По всем трассированным линиям определяется грунт и в частности толщина торфа и род подстилающего его грунта.

Выписав на план отметки пикетов по трассам, проводят горизонтали поверхности уже более точно, чем это было сделано по предварительным изысканиям.

Глава 6

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСУШЕНИЯ

Содержание проектирования

По материалам полевых изысканий составляется технический проект мелиорации. Но предварительно необходимо установить целевые задания мелиорации, а именно: а) улучшение условий роста леса; б) улучшение условий лесовозобновления; в) создание условий лесопарковой эксплоатации, характеризующейся, кроме лесовыращивания, необходимостью быстрого отвода поверхностных вод и снижения грунтовых вод; г) предохранение леса от надвигающегося болота.

Кроме того, устанавливается увязка сети осушения с устройством грунтовых дорог вдоль канав и с возможностями использования водоотводных каналов для сплава леса.

Для осушения лесных площадей лучше всего рыть открытые канавы. В парковой зоне и в питомниках применим подземный дренаж.

В некоторых случаях для осушения целесообразно использование сильно испаряющей растительности (эвкалипты, береза).

Приречные низменности защищают от временного затопления защитными валами—дамбами.

В редких случаях возможно повышение низменной поверхности при длительном осаждении на ней взмученных наносов (кольматаж).

По установившейся терминологии акад. А. Н. Костякова, канавы и дрены, непосредственно принимающие воду с поверхности или из грунта осушаемой площади, называются регулирующей частью осушительной системы. Наряду с этим имеется отводящая часть, состоящая из магистральных (водоотводных) и собирательных канав, по которым отводится из осушителей вода (рис. 40).

Осушительная система выводится в водоприемник (овраг, речку, реку, озеро); речка-водоприемник иногда нуждается в регулировании. В частном случае возможна перекачка воды в водоприемник.

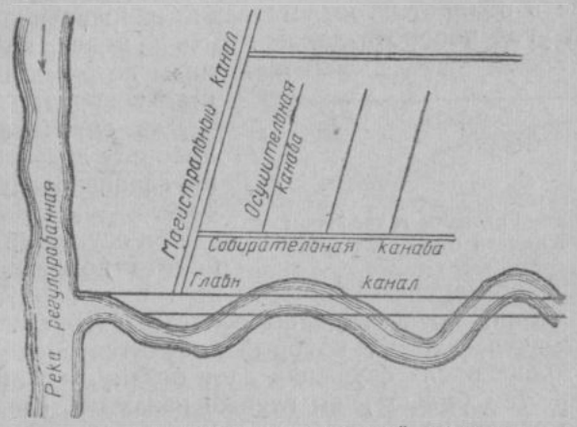


Рис. 40. Схема осушительной системы

Когда цель осушения установлена и выбран способ его (канавы, дрены и др.), приступают к проектированию осушения: размещают осушительную систему по площади осушения; устанавливают расстояние между осушителями, глубину осушителей и магистралей, крутизну откосов канав и продольные уклоны осушителей и собирателей; определяют ширину канав по дну; вычисляют объем работ; устанавливают способ производства работ; составляют сметы и пояснительную записку.

Проектирование осушительной системы каналов

Размещение системы. При проектировании водоотводных каналов (магистральных) нужно учитывать горизонтали поверхности, глубины торфа, русла существующих протоков; существующие и проектируемые водные и сухопутные пути сообщения и положение просек, особенности мелиорируемой площади.

Магистральные каналы должны проходить по самым низким местам осушаемой площади с естественным стоком воды с поверхности.

Рельеф поверхности минерального грунта, особенно на лесной территории, имеет значительные высотные колебания и при обычных нивелировках с ходами через 250—500 м недостаточно подробно выявляется горизонталями. Поэтому на минеральных грунтах или мелком торфе намечать линии каналов по планам с горизонталями обычных технических нивелировок можно только ориентировочно. Надо проследить расположение линии предполагаемой магистрали на месте и занивелировать ее продольным ходом, увязываемым с общими ходовыми линиями нивелировки.

При проходе по пониженному месту, тальвегу, магистраль должна иметь повороты соответственно направлениям тальвега; внутренний угол поворота должен быть не менее 120°, чтобы каналы не размывались в местах поворота.

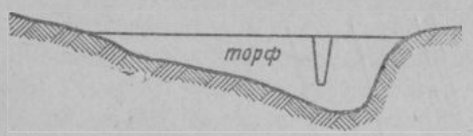


Рис. 41. Положение канавы в торфяном грунте в зависимости от его глубины

Для смягчения угла на повороте делается часто закругление радиусом около 30 м.

При осушении торфяного болота положение магистральных каналов намечают с учетом не только горизонталей поверхности земли, но и глубины залегания торфа. При этом нужно учитывать рельеф, который получится после осушения. Торфяная толща после осушения дает осадку, абсолютная величина которой тем больше, чем глубже канавы и, следовательно, интенсивнее осушение.

Величина осадки торфа зависит от глубины торфа, глубины канав и рода торфа. Поэтому установить заранее величину осадки трудно. При первоначальной глубине канавы в 1,1 м величина осадки торфа может быть грубо принята равной 30% от глубины торфяника средней степени разложения. Плавающий моховой покров или жидкий торф дает значительно большую осадку. По имеющимся наблюдениям нельзя пока даже сказать, какой торф дает большую осадку — моховой или травянистый.

Мох на болоте, как было указано, нарастает так, что середина мохового болота становится выше, чем окраина; дно же торфяника, как дно озера, на середине ниже.

Если предполагается осушение самого моховика, магистраль проводится по месту наибольшей глубины торфа, где поверхность осадки окажется наиболее низкой (рис. 41).

Но иногда и после осадки поверхность торфяника может остаться посередине выше окраины.

Места с мелким торфом или выступающим наружу минеральным грунтом следует обходить линией магистрального канала (рис. 42).

Выбор трассы канала при выходе заболоченного массива в долину большой реки осложняется тем, что по окраине долины тянутся песчаные холмы с извилистыми проходами для воды. Часто возникает вопрос, вести ли канал вдоль болота, параллельно реке, и выпустить его в реку в низовьях, или же выпускать воду с болот в реку через боковые протоки между песчаными буграми.

При последнем варианте можно придать каналам больший уклон, предохраняя их от задувания мелким дюнным песком, занесения наносимым водой песком и обвалов в песчаном грунте.

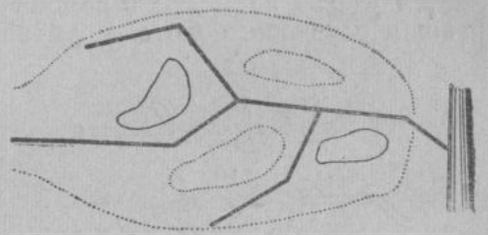


Рис. 42. Положение осушительной системы в связи с выходами минерального грунта

Если на мелиорируемой площади есть ручей или небольшая речка, магистральный канал может быть расположен по четырем вариантам.

1. Канал расположен по всем извилинам русла. При таком положении работа будет заключаться в углублении и уширении существующего русла. Это допустимо, если русло хорошо выражено, не слишком извилисто, имеет большой уклон, объем земляных работ невелик по сравнению с объемом нового канала. При пограничном положении ручья магистраль проводится иногда по существующему руслу. Однако такая магистраль недолговечна и требует значительно большего ремонта, чем прямая.

2. Канал пересекает все извилины русла ручья прямой магистралью (рис. 43,*а*). При таком направлении во всех местах пересечения магистрали с существующим руслом поперек него приходится делать защитные перемычки (см. далее), углублять дно в топком иле, получая канал разного сечения; при частых пересечениях старого русла новый канал быстро зарастает и заиливается.

3. Канал проводится по спрямлениям отдельных извилин существующего русла (рис. 43,*б*). Этот вариант применяется чаще всего. Объем земляных работ в этом случае невелик; техническое осуществление работ не представляет больших трудностей. Однако общее состояние магистрали через несколько лет оказывается не вполне удовлетворительным, так как в состав ее входят участки разного качества: новые прорези по целинному грунту и подчищенные участки старого заиленного русла.

4. Если долина речки или болото по ней достаточно широки и поперечный уклон невелик, весь магистральный канал следует

провести в целинном грунте, отступя от существующего русла (рис. 43,*в*). Получается канал правильного однородного сечения с малым числом поворотов. Размеры такого канала могут быть несколько меньше, чем при проектировании по руслу реки. Стоимость выемки кубометра земли значительно меньше, чем при других вариантах, так как землю вынимают на целине и на сухих местах; вся вода при производстве работ идет по существующему руслу. Ремонтные работы обходятся значительно дешевле по сравнению с предыдущими вариантами. Но между новым каналом и старым руслом окажется полоса земли, для сообщения с которой потребуется устройство мостов, т. е. прибавляется расход на мосты и ремонт их. Кроме того, при дальнейшем осушении болота и рытье боковых каналов придется

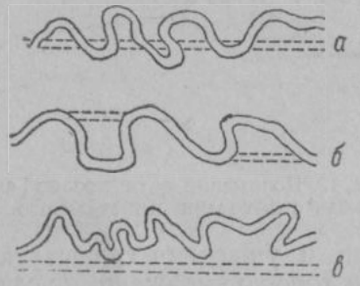


Рис. 43. Положение магистрали относительно русла ручья



Рис. 44. Положение магистрали относительно озера

или пересекать старое русло протока, или проводить для них с другой стороны старого русла вторую магистраль.

Особо следует отметить условия, возникающие при проведении магистрального канала, если на пути его находится озеро (рис. 44). Провести магистраль в таких случаях можно или через озеро, или в обход его. Магистраль целесообразно провести через озеро, если берега его ясно оформлены и идут круто ко дну, а дно значительно глубже предполагаемого дна канала. Озера же мелкие, с илистым, поросшим водными растениями дном, отлогими и топкими берегами, следует обходить, как указано на рис. 44. При впуске канала в озеро и выпуске из него пришлось бы прочищать дно озера на некотором протяжении от берегов. Если берега состоят из жидкой массы, канал после прочистки вновь заплывает илом. Во время копки вода несет частицы земли, мелкие корни растений, траву и пр. Вынесенные в озеро, где течение воды слабее, они осаждаются на дно или задерживаются между береговыми осоками и тростниками. Часть материала осаждается и вблизи устья канала, что затрудняет свободное прохождение воды через озеро.

Однако при проектировании часто приходится исходить из следующих соображений. Поверхность воды в озере горизонтальна, берега его с противоположных сторон часто одинаково низменные, поэтому обходной канал не будет иметь на всем протяжении естественного уклона. Уклон можно создать лишь за счет и без того очень малого уклона поверхности болота выше и ниже озера, что нежелательно.

При пропуске канала через озеро получается преимущество в величине уклона и, кроме того, уменьшается объем земляных работ. Обводный канал при весьма малом уклоне должен иметь большие размеры поперечного сечения, т. е. приходится извлекать значительные количества земли в трудных условиях. Из-за очень малого уклона такой канал потребует больших расходов на ремонт. Все это отпадет, если канал пропустить через озеро.

Если по магистральному каналу предполагается сплав леса, обвод канала мимо озера неизбежен, так как озеро позднее освобождается от льда, а при весеннем сплаве дорог каждый день.

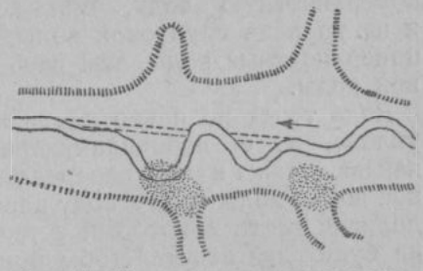


Рис. 45. Магистраль в долине реки

Таким образом, если озеро расположено на болоте, следует учесть: мелкое и заросшее оно или глубокое, предвидится ли сплав леса, достаточен ли уклон для обводного канала, имеет ли озеро рыбохозяйственное значение, стоимость обводного канала и стоимость закрепления мест впуска и выпуска канала в озеро.

В речные долины степной полосы впадают действующие овраги, из которых во время весеннего таяния снега и летних ливней выносится значительное количество мелких и крупных частиц грунта. Эти выносы отлагаются при выходе из оврага в долину реки, образуя так называемый конус выноса. Если русло реки проходит недалеко от места выхода оврага в долину, то овражные выносы засыпают русло, вызывая разлив воды по лугу (рис. 45). Прочистка русла реки в таких местах бесполезна. Магистральный канал, если его приходится проводить по такому месту поймы, должен пройти на расстоянии от устья оврага, при котором конус выноса не доходил бы до канала. Если же долина недостаточно для этого широка, к месту выхода балки подводят ловчую канаву, с валом по низовой стороне ее, и закрепляют размываемые части оврага.

Устье магистральной канавы должно быть введено в реку или какой-либо другой приемник в месте, где дно его не выше и не уже предполагаемого дна канала. В противном случае самый водоприемник должен быть расчищен. Выводить дно канала на поверх-

ность земли („на-нет"), чтобы вода шла далее по поверхности земли, допустимо лишь в узких ложбинах, дно которых и до устройства осушительной канавы не использовалось.

Водоотводные каналы вводятся в реки под углом в 60° или по закруглениям с радиусом в 30 м. Если по реке-водоприемнику и по каналу сплавляется древесина, особенно россыпью, то ввод канала в реку должен быть наиболее плавным, чтобы в реке не возникло прибойной к противоположному берегу струи. Это же правило соблюдается при введении магистральных каналов в главные.

При отсутствии сплава можно соединять и потоки с более крутыми поворотами.

Осушительные канавы должны непосредственно принимать в себя главным образом поверхностные воды с осушаемой площади и в меньшей мере грунтовые воды. Принимая даже только поверхностную воду, они косвенно, но существенно, влияют и на уровень грунтовой воды, так как, чем быстрее стекают поверхностные воды, тем раньше начинается испарение грунтовой воды.

Вода течет по поверхности земли по направлению наибольшего уклона, т. е. перпендикулярно горизонталям. Осушительная канава должна итти наперерез направлению движения поверхностной воды, должна эту воду перехватывать. В то же время канава должна иметь некоторый естественный уклон, иначе вода в ней не будет двигаться. Чтобы принимать поверхностную воду и отводить ее к магистрали, осушительные канавы должны быть направлены под острым углом к горизонталям поверхности (рис. 46).

Существуют три основные схемы взаимного расположения осушительных и водоотводных канав.

Первая схема. Осушаемая поверхность ровная, с незначительным продольным уклоном и почти горизонтальна в поперечном направлении, без значительного притока вод со стороны, ясно выраженных русел потоков не имеется, приемником для воды служит река, проходящая в стороне (рис. 47).

При этих условиях боковые канавы располагаются к магистрали под углом от 45 до 60°, образуя правильную сеть. Устья канав располагают или попарно друг против друга, или их чередуют.

Вторая схема. Поверхность, кроме продольного уклона, имеет заметный уклон с боков к середине; боковые канавы должны быть расположены в этом случае так, как указано на рис. 48.

Закругления в местах впадения боковых канав необходимы лишь тогда, если по канаве протекает большое количество воды и предполагается сплав леса. В противном случае боковую канаву можно вводить в магистраль под прямым углом. Прямой угол даже обязателен при осушении земель сельскохозяйственного назначения, связанном с обработкой земли и уборкой урожая машинами.

Третья схема. Осушаемая поверхность имеет большой поперечный уклон сравнительно с продольным уклоном. Осушительные канавы для этого вида рельефа целесообразно проводить вдоль магистрали.

Если предварительной подробной нивелировки местности не производилось и плана в горизонталях вычертить нельзя, боковые канавы обычно проводятся к магистрали под острым, а не прямым углом.

Лесная площадь значительно расчлененнее, чем открытая, поэтому осушительные канавы часто приходится проводить применительно к местным неровностям, не выдерживая однообразной схемы.

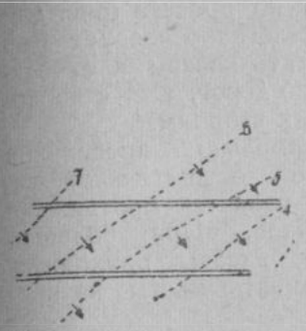


Рис. 46. Схема положения осушителей относительно горизонталей

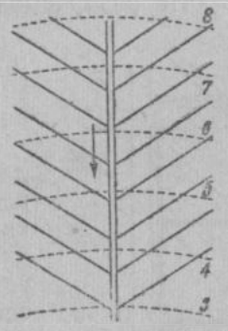


Рис. 47. Положение осушителей на плоском рельефе

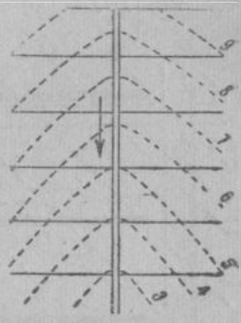


Рис. 48. Положение осушителей на вогнутом рельефе

Канавы особого назначения. Если площадь заболачивается из-за выхода грунтовых вод, что часто наблюдается у основания склонов к речной долине, то вдоль линии выхода воды, ниже ее, проводится ловчая канава, которая будет перехватывать всю выклинивающуюся воду. Дно ловчей канавы должно врезаться в минеральный грунт.

Если заболачивание происходит вследствие поверхностного притока воды на данную площадь с прилегающих к ней более возвышенных мест водосбора, проводится нагорная канава, принимающая эти воды до поступления их на мелиорируемую площадь.

К местам выхода на осушаемую территорию ложбин, приносящих воду, должны быть подведены встречные канавы, чтобы вода из ложбин не разливалась по площади.

Если мелиоративные работы производятся с целью изолирования лесной и луговой площади от разрастающегося мохового болота, то по границе между болотом и суходолом проводится защитная канава; дно ее должно прорезать минеральный грунт.

Все перечисленные канавы особого назначения требуют частого ремонта; ловчие канавы заполняются выделениями соединений железа из грунтовой воды и зарастают травой, нагорные заполняются отложениями землистых наносов. Кроме того, всякие канавы по окраинам болот сильно вытаптываются скотом. Поэтому продольные уклоны этих канав должны по возможности приближаться к предельно большим из указываемых в главе об уклонах величинам.

При проектировании положения канав нужно учитывать расположение квартальных просек. Канавы желательно проводить с той стороны просек, где имеется приток воды. Землю из канав для улучшения дороги разбрасывают по просеке (рис. 49).

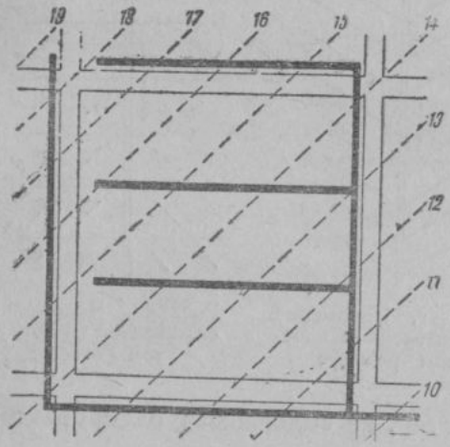


Рис. 49. Размещение осушителей относительно просек

Аналогично следует располагать канавы и относительно дорог, т. е. с верховой их стороны.

Нормально предельной длиной осушительной канавы является протяжение квартала. При большей длине канавы приходится устраивать мосты на просеках.

Общее замечание к проектированию осушительной системы — возможно меньшее пересечение квартальных просек и дорог; при внедрившемся движении тракторов в лесу мосты через канавы требуют значительного ухода.

Методы определения расстояния между осушителями. Поверхности, покрытые лесом, имеют более изрезанный, неровный рельеф, чем открытые площади. Поэтому при осушении лесных земель, особенно с почвами IV и V бонитетов, осушительная система часто проектируется не в виде правильной сетки, а канавами с изломами в плане и разными друг от друга расстояниями, соответственно деталям рельефа.

Но часто по условиям рельефа возможна и правильная сетка. В этом случае должен быть решен вопрос, на каком расстоянии проводить одну канаву от другой, т. е. какова должна быть степень канализации.

Чтобы определить степень канализации, нужно разделить протяжение каналов, выраженное в километрах, на покрытую ими площадь, выраженную в квадратных километрах. Иначе говоря, степень канализации указывает, сколько километров осушительной сети приходится на 1 км² площади; например: при расстоянии между канавами в 500 м в пределах 1 км² степень канализации равна 2.

От степени канализации в значительной мере зависит стоимость осушительной мелиорации, поэтому на правильное определение расстояния между канавами следует обращать большое внимание; между тем этот вопрос решается по-разному.

В настоящее время предлагаются следующие четыре способа решения вопроса о расстоянии между канавами:

1) гидрологический — расстояние между канавами определяется с учетом требования своевременного стока поверхностных или грунтовых вод;

2) фитологический (растениеводственный), а в применении к лесу лесоводственный — расстояние определяется по материалам наблюдений о влиянии каналов на рост леса, трав или сельскохозяйственных культур;

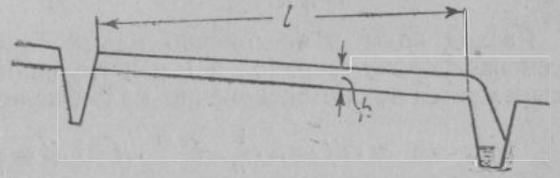


Рис. 50. Схема движения воды по поверхности

3) экономический — когда сопоставляются затраты на работы с ожидаемым результатом в виде продукции; на основе сопоставления принимается выгоднейшее расстояние;

4) бытовой — расстояние принимается на основании опыта, комплексно учитывающего совокупность экономических и естественных условий.

При решении вопроса по первому способу расстояние между осушительными линиями определяется в зависимости от времени, в течение которого выпавшие осадки должны стечь с осушаемой поверхности, и от требующегося уровня грунтовой воды.

Определение расстояния в зависимости от времени стока поверхностных вод применяется при осушении спортивных площадок, аэродромов, усадебных площадей и т. п. Расстояние между осушителями (канавами и дренами) должно быть таким, чтобы дождевая вода стекала с плотной поверхности за какой-то необходимый промежуток времени, зависящий от назначения площадки. Для решения такой задачи выведено несколько формул постепенного стекания воды по поверхности. Однако все они дают ориентировочные результаты, так как содержат коэфициенты, численное значение которых не может быть точно установлено.

Положим, что на непроницаемой поверхности после выпадания дождя оказался слой воды высотой h м, который должен стечь по поверхности земли в дрены за время t сек. (рис. 50). Каким же в этом случае должно быть расстояние l между дренами (канавами)?

Скорость течения воды по поверхности земли выражаем формулой Шези: $v = C \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{I}$.

Скоростной коэфициент C по Маннингу:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{0,17},$$

где:

n — коэфициент шероховатости;

R — гидравлический радиус, который при стоке воды по поверхности земли принимается равным высоте h слоя воды (широкий поток при малой глубине).

Подставив значение C (по Маннингу) в уравнение скорости Шези и приняв $R = h$, получим:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{0,17} \cdot \sqrt{h} \sqrt{I} = \frac{1}{n} \cdot h^{0,67} \cdot I^{0,5}$$

Расход воды в бесконечно малый элемент времени dt через сечение потока шириной в 1 м и глубиной h м, при скорости v выражается также бесконечно малой величиной dq:

$$dq = \text{h} \cdot v \cdot dt = h \cdot \frac{1}{n} \cdot h^{0,67} \cdot I^{0,5} \cdot dt = \frac{1}{n} \cdot h^{0,67} \cdot I^{0,5} \cdot dt \qquad (1)$$

За этот отрезок времени высота h слоя воды на поверхности земли уменьшится на $-dh$ и запас воды на поверхности рассматриваемой полосы длиной l, шириной 1 м, уменьшится на объем, равный:

$$l \cdot 1 (-dh) \qquad (2)$$

dh ставится с минусом потому, что высота слоя уменьшилась.

Изменение запаса воды на рассматриваемой площади равно объему стекшей воды, и поэтому приравниваем формулы (1) и (2):

$$-l \cdot dh = \frac{1}{n} \cdot h^{0,67} \cdot I^{0,5} \cdot dt. \qquad (3)$$

Выделяем время:

$$dt = -\frac{l \cdot n}{I^{0,5} \cdot h^{0,67}} \cdot dh. \qquad (4)$$

Из полученного уравнения, интегрируя обе его части, определяем время t, в течение которого первоначальная высота h слоя воды на рассматриваемой площади длиной l уменьшится до некоторой высоты h_2:

$$t = \frac{l \cdot n}{I^{0,5}} \int_{h_1}^{h_2} \frac{dh}{h^{0,67}}.$$

Проинтегрировав, получаем:

$$t = \frac{l \cdot n}{I^{0,5}} \cdot \frac{1}{0,67} \left[\frac{1}{h_2^{0,67}} - \frac{1}{h_1^{0,67}} \right].$$

Время полного стока определим, приняв $h_2 = 0$; тогда t, т. е. сток воды с поверхности, теоретически никогда не прекратится, что, как известно из курса гидравлики, получается теоретически и при истечении воды из пруда через водослив. Считая, что практически сток воды прекратится при высоте слоя воды в 0,001 м, когда сила сцепления воды с поверхностью больше, чем действие силы тяжести, получаем:

$$t = \frac{3 \cdot l \cdot n}{2 \cdot \sqrt{I}} \left(\frac{1}{0,001^{0,67}} - \frac{1}{h_1^{0,67}} \right) \qquad (5)$$

Но задача наша состоит в определении l, т. е. длины полосы поверхности земли, с которой стечет вода в канаву за t секунд. Это l получается из уравнения (5):

$$l = \frac{2t \cdot \sqrt{I} \cdot 0,001^{0,67} \cdot h_1^{0,67}}{3n(h_1^{0,67} - 0,001^{0,67})}. \qquad (6)$$

В двух последних уравнениях l — длина (в метрах) полосы, с которой стечет поверхностная вода в t секунд, при первоначальной высоте слоя воды h_1 м и конечной высоте 0,001 м, при уклоне поверхности I и коэфициенте шероховатости n.

Принимая для облегчения вычислений высоту слоя, при которой сток прекращается, равной 0,001 м, получим $0,001^{0,67} = 0,01$ м; тогда уравнение (6) принимает такой вид:

$$l = \frac{2 \cdot t \cdot \sqrt{I} \cdot 0,01 \cdot h_1^{0,67}}{3 \cdot n \cdot (h_1^{0,67} - 0,01)}. \qquad (7)$$

Коэфициент шероховатости n при движении воды по поверхности склона находится в пределах 0,2 — 1,0.

Если в формулу желательно ввести значения просачивания воды в грунт и испарения, то вместо h следует подставить $\alpha \cdot h_1$, где α — коэфициент, учитывающий оба фактора совместно.

Полученная формула имеет недостатки, общие для большей части мелиоративных формул, а именно: время стока t, коэфициент шероховатости n — величины менее известные, чем искомая величина l. Но по выведенной формуле правильно получается, что чем больше выпавший слой h_1 осадков, тем короче полоса, с которой успевают стечь выпавшие за заданное время осадки, т. е. тем меньше должно быть расстояние между канавами.

Посмотрим теперь, какие получаются результаты вычисления по формулам (6), (7), если предположить, что суточное количество выпадающих осадков должно быть отведено в течение 24 часов. Средняя суточная наибольшая интенсивность осадков, по вычислениям проф. Костякова, может быть принята равной 0,01 м для всех районов европейской части Союза.

Подставив в формулу (6) значения: $t = 86\,400$ сек., $n = 0,40$, $I = 0,001$, $h_1 = 0,01$, $h_2 = 0,001$ м, получим $l = 58$ м.

В мелиоративных расчетах течения воды по поверхности земли коэфициент шероховатости n принимается равным 0,4.

Если в предыдущий пример ввести поправку на поглощение части выпавших осадков почвой и принять коэфициент поглощения равным 0,5, то увидим, что в канавы будет стекать не весь слой выпавших осадков 0,010 м, а лишь половина его, т. е. $h_1 = 0{,}005$ м. При таком условии длина полосы, с которой стечет вода в 86 400 сек., получится равной $l = 69$ м.

Расстояние между канавами при двустороннем стоке равно 138 м.

Приведенной формулой можно пользоваться лишь ориентировочно, в условиях паркового хозяйства с выровненными площадями.

При определении расстояния между канавами по гидрологическому способу, в зависимости от заданного положенного уровня грунтовой воды, исходят из следующих соображений. Осушительная канава двояко воздействует на уровень грунтовой воды в почве: непосредственно и косвенно. Непосредственное влияние выражается в том, что грунтовая вода стекает в канаву, просачиваясь через почву. Косвенное же воздействие осушительной канавы на уровень грунтовой воды проявляется в том, что быстрый сток в канаву поверхностной воды ускоряет начало испарения грунтовой воды. Испарение грунтовой воды может начаться лишь с момента освобождения почвы от поверхностной воды, поэтому застой воды на поверхности земли, очевидно, парализует испарение из почвы.

Суммарное действие осушительной канавы на грунтовую воду приводит к образованию некоторого уровня грунтовой воды, принимающего форму кривой поверхности, спадающей по мере приближения к канаве. Сечение этой поверхности плоскостью, перпендикулярной к канаве, дает кривую линию, называемую линией *депрессии* грунтовой воды. Действие канавы на уровень грунтовой воды на каком-то расстоянии от канавы прекращается, и далее этого расстояния поверхность воды остается горизонтальной при параллельной поверхности земли. Расстояние, на котором проявляется действие канавы на уровень грунтовой воды, назовем *расстоянием действия канавы*.

Следовательно, принцип определения расстояния между осушительными канавами по уровню грунтовой воды состоит в том, чтобы зона действия одной канавы примыкала к зоне действия другой.

Для проектирования по этому принципу нужно знать, на какое расстояние простирается действие осушительной канавы на уровень грунтовых вод в разных условиях грунта, уклона поверхности и при разной глубине канав. Необходим, следовательно, массовый материал наблюдений над уровнями грунтовых вод на осушенных уже площадях.

На рис. 51 изображен уровень грунтовой воды в переходном торфянике Раменской лесной дачи Московской области. Как видно из рисунка, этот торфяник значительно проницаем для воды, так как влияние канавы № 8 (правой) на уровень грунтовой воды ясно распространилось на 213 м, а канавы № 9 (левой) — на 245 м.

На рис. 52 приведен уровень грунтовой воды в моховом торфянике Оршинской лесной дачи Калининского района. Моховой торф весьма мало проницаем для воды, так как уровень ее

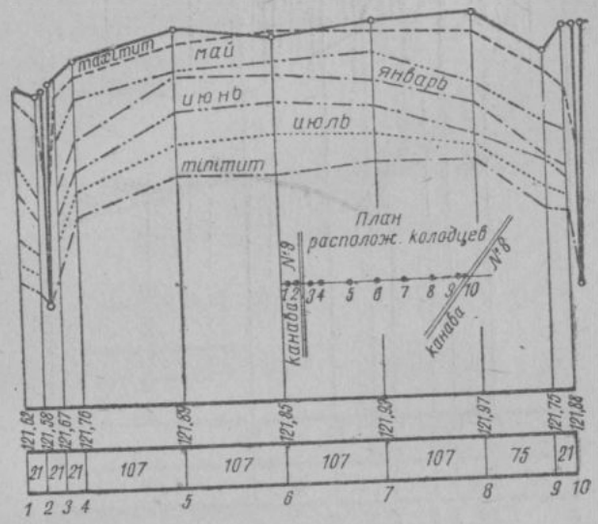


Рис. 51. Уровень воды в Раменской даче

круто поднимается у самой канавы. Действие осушения распространяется всего на 20—30 м от канавы.

По наблюдениям на Приладожской мелиоративной станции в сфагновых торфах, смыкания кривых депрессий при глубине осушителей 0,8 м не достигается не только при расстоянии между осушителями в 100 м, но в некоторых случаях и при расстояниях в 50 и даже 25 м. Наоборот, при меньшей глубине торфа и большей его проницаемости (осоковый торф) даже 100-метровое расстояние осушителей достаточно для смыкания кривых депрессий.

При установившемся поступлении грунтовой воды в канал линия депрессии грунтовой воды между двумя каналами принимает форму отрезка эллипса. Теоретически для случая, когда дно канавы находится на непроницаемом грунте, это выводится следующим образом (рис. 53).

Обозначаем секундный приток грунтовой воды в канал на отрезке в 1 м длины канала с одной его стороны через Q, секундное поступление воды в грунт с каждого квадратного метра площади — через q, расстояние между каналами — $2l$.

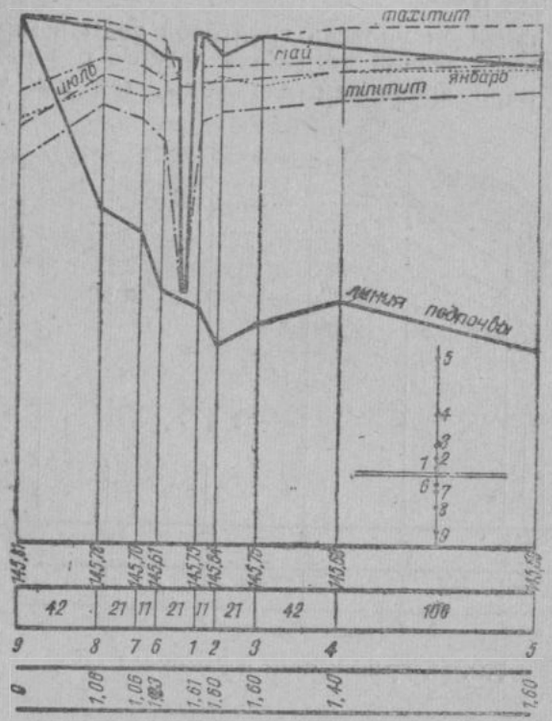


Рис. 52. Уровень воды в Оршинской даче

Тогда:

$$Q = q \cdot l.$$

На расстоянии 1 м от канала через сечение грунта будет проходить при этом воды:

$$q\ (l-1).$$

На расстоянии x м от канала проходит воды:

$$q\ (l-x).$$

Скорость движения грунтовой воды в этом сечении грунта по формуле Дарси:

$$v = K \cdot \frac{dy}{dx}. \qquad (1)$$

Расход воды на расстоянии x от канала при высоте грунтового потока y составит:

$$Q_x = y \cdot K \frac{dy}{dx}. \qquad (2)$$

Выражения (1) и (2) содержат один и тот же расход грунтовой воды в 1 сек. на расстоянии x от канала на полосе шириной 1 м; поэтому

$$q\ (l-x) = y \cdot K \frac{dy}{dx}. \qquad (3)$$

Решая составленное диференциальное уравнение (3), находим уравнение связи между y и x.

Разделив переменные y и x, получим:

$$q(l-x) \cdot dx = K \cdot y \cdot dy \qquad (4)$$

Интегрирование обеих частей уравнения дает:

$$qlx - q\frac{x^2}{2} = K\frac{y^2}{2} + C. \qquad (5)$$

Постоянное C определяется из условия, что при $x = 0$ (возле самой канавы) $y = h$:

$$0 - 0 = K\frac{h^2}{2} + C;$$

$$C = -K\frac{h^2}{2}.$$

Поэтому из уравнения (5) получаем:

$$qlx - q\frac{x^2}{2} = K\frac{y^2}{2} - K\frac{h^2}{2}$$

После перестановки членов и простейших преобразований получаем:

$$y^2 = \frac{q^2 \cdot l}{k} \cdot x - \frac{q}{k}x^2 + h^2, \qquad (6)$$

т. е. уравнение эллипса. В этом уравнении величины q — поступление воды с 1 м², l — половина расстояния между каналами, h — ордината выхода грунтовой воды в откосе канала. Для определенного времени и места эти величины постоянны; x меняется от 0 до l, а y — соответственно от h до H (см. рис. 53).

Чем менее проницаем грунт, тем круче поднимается ветвь эллипса, тем ближе от канала точка ее перелома.

Эллиптическая форма кривой депрессии грунтовой воды соответствует моменту равновесия между равномерным просачиванием в грунт воды выпавших атмосферных осадков и движением их в грунте в канаву. При длительном бездождном периоде

и отсутствии питания со стороны кривая уровня грунтовой воды под влиянием стока становится положе и принимает предельную форму, зависящую от водопроницаемости грунта. В этом случае поверхность грунтовой воды может быть названа горизонтом действия канала. Испарение воды с поверхности земли и капиллярное поднятие грунтовой воды к поверхности земли вызывают, если нет пополнения, понижение уровня воды уже ниже горизонта действия канавы. В результате испарения поверхность грунтовой воды устанавливается по прямой линии, иногда ниже дна канавы.

Разнородное строение грунта может создать условия для полного искажения действия канавы, и грунтовая вода в некотором расстоянии от канавы может стоять ниже, чем возле канавы.

При фитологическом (растениеводственном) или лесоводственном способе решения вопроса о расстоянии между осушительными канавами нужно выяснить, какое влияние оказывает осушение непосредственно на рост леса, а не на уровень грунтовых вод.

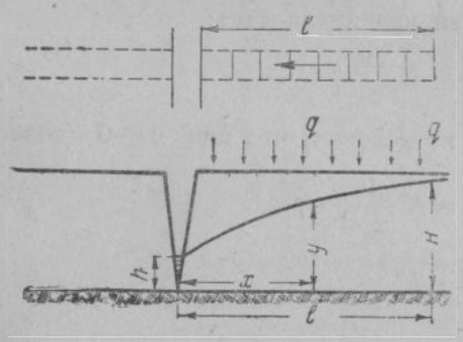


Рис. 53. Схема уровня грунтовой воды

Как показали наблюдения, влияние расстояний между канавами на рост леса, а следовательно и на запасы древесины, зависит главным образом от рода торфа и минеральной почвы, на которой растет лес, от глубины залегания торфа, рода подстилающего грунта, условий водного питания мелиорируемой площади и, наконец, от уклона и характера поверхности.

Достаточно осушенный торфяник является прекрасной почвой для сосны и березы, создавая для них условия I бонитета не только в первые годы роста, но и до полной спелости (рис. 54).

Влияние расстояния канав нельзя определять только по запасу древесины для площадей с разными расстояниями между канавами. Необходим также анализ стволов. Дело в том, что канавы роют обычно в местах, где лес рос особенно плохо; дальше от канав запас древесины в момент осушения бывает бо́льшим. Под влиянием осушения прирост увеличивается в основном возле канавы, затухая с удалением от нее. Таким образом, через некоторое время древостой выравнивается и может иметь одинаковые запасы как близ канав, так и вдали, где он лучше рос до осушения. Только анализ ствола действительно вскроет расстояние от канавы, на котором произошло увеличение прироста.

Простое определение запасов древесины на пробных площадках при разных расстояниях между канавами может иметь значение при совершенно однородных рельефных и грунтовых условиях на этих площадях.

Фактический материал наблюдений, обобщенный по каждой серии наблюдений самими исследователями или автором при составлении настоящей главы, приведен в табл. 36.

Приведенные в таблице материалы относятся в основном к сосновым древостоям на торфяных болотах. Материал по росту сосны на минеральном грунте имеется лишь по Охтенской даче

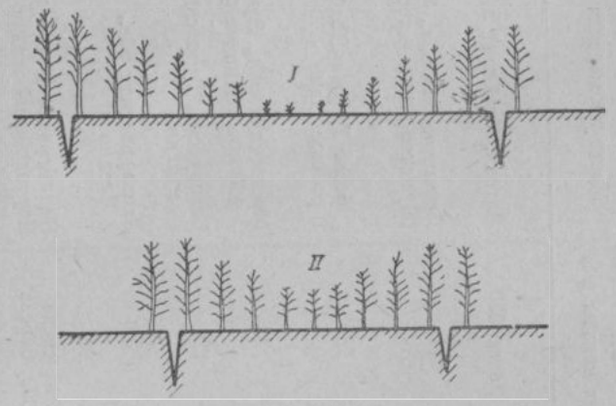


Рис. 54. Схема влияния степени осушения на рост леса:

I — при большем расстоянии между канавами: *II* — при меньшем расстоянии

и Сиверскому лесопромхозу. Естественно, что основное внимание сосредоточено на сосне, как почти единственной породе, занимающей осушенные торфяные болота; лишь по БССР были организованы специальные исследования о влиянии осушения на рост березы и ольхи, а в Ленинградской области — на рост ели.

Первичные выводы из материалов исследований о расстоянии действия осушения в обобщенной формулировке сводятся к следующему.

Влияние осушения на рост березовых и ольховых древостоев на низинных болотах распространяется не менее чем на 500 м от канавы.

На переходном болоте, покрытом сосново-березовым лесом, влияние осушения на рост леса уменьшается по мере удаления от канавы и на расстоянии 350 м совсем затухает.

На сфагновом болоте с разложившимся торфом влияние канав на рост сосны отчетливо сказывается на 150 м в каждую сторону на глубоком торфе и на 300 м на мелком.

Таблица 36

Влияние расстояний между канавами на рост леса (порода — сосна, если не указано других)

Грунт	Толщина торфа в м	Подстилающий грунт	Расстояние действия канавы в м	Место наблюдения	Где опубликовано и кем наблюдено
Торф сфагновый	1—2	Песок	Далее 350	Латвия, Олайский лес	„Лесной журнал", 1878, Оствальд
„ сфагновый, слабо разложившийся	1,85	Суглинок	118	Ленинградская обл., Шумское лесничество	„Известия института с. х. мелиорации", 1898, Белобородов
„ сфагновый, среднеразложившийся	1,5	Песок	155	Возле Пскова Подборовская дача	„Известия института с. х. мелиорации", 1898, Ефремов
„ сфагновый	1—1,4	Суглинок	45	Московская обл., Завидовское лесничество	„Вестник торфяного дела", 1916, Бибиков
„ „	1—2	Песок	120	Белоруссия, Туровский массив	Изд. НКЗ Белоруссии, 1925, Лейвиков
„ „	0,7—1,1	Суглинок	50	Ленинградская обл., Лисино	„Изв. Института с. х. мелиорации," 1928, Фомичев
„ „	0,78	Супесь и глина	240, сосна 300, береза	Ленинградский район, Парголовский леспромхоз	Вып. Лесотехнической академии, 1931, Воропанов
„ „	3	Глина	40	Ленинградская обл., Лисино, Кузнецкое болото	Рукопись, Дубах

Торф сфагновый	1,25 — 1,51	Песок	250	Белоруссия, Цельская дача	Иглясты леса на асушаным балоце, 1931, Эркин
„ „	0,77 — 1,24	„	190	Там же	То же
„ „	0,72 — 1,23	„	100	Там же	„ „
„	1,31 — 2,47	„	31	Белоруссия, Петровичская дача, Бобруйский округ	„ „
„ „	0,58 — 1,59	„	70	Белоруссия, Горецкая дача	„ „
„ „	0,33 — 0,49	„	122	Белоруссия, Демеховское лесничество	„ „
„ „	0,19 — 0,59	Глина	От 0 до 146 компл. иссл.	Ленинградская обл., Сиверский леспромхоз	Рукопись, Дубах и Елпатьевский
„ илистый	0,15 — 0,45	Песок	Далее 300	Лифляндская губ., Олайский лес	„Лесной журнал," 1878, Оствальд
„ переходный	1 — 3	Разные	Одинаковое действие на 65 м, далее снижается	6. Московская, Рязанская, Владимирская губ.	„Лесной журнал," 1896, Жудра
„ переходный и сфагновый	1—3	Разные	100 — 300	БССР	„Лесной журнал," 1915, Шабак
„ переходный и сфагновый	Разные	Разные (компл. исследов.)	530	Центральные области	Очерк работ Западной экспедиции, 1899
„ переходный	0,2 — 0,6	Песок	225	БССР, Цельская дача	Иглясты леса на асушаным балоце, 1931, Эркин
„ „	0,9 — 2,8	„	365	Там же	То же
Торф переходный	2,38 — 4,15	Песок оглеенный	535	БССР, Петровичская дача, Бобруйский округ	„ „
„ „	2,35 — 5,0	„ „	39	Там же	„ „

Грунт	Толщина торфа в м	Подстилающий грунт	Расстояние действия канавы в м	Место наблюдения	Где опубликовано и кем наблюдено
Торф переходный	4,3	Песок	130, сосна, береза	Там же	Уплыу асушельня листавого лесу на болоце, 1931, Санько
„ „	1,3	„	321 и более, береза с примесью сосны	БССР, Озеранская дача	То же
„ низинный	2,5	„	450, береза и ольха	БССР, Демеховская дача	„ „
„ „	2,0	„	200, береза и ольха	БССР, Лапичская дача	„ „
Торф „	1,0	„	400, ольха	Там же	„ „
„ „	—	—	300 — 380	Б. Владимирская губ., Селищенская дача	„Лесной специалист," 1930, Голубович
Торф травяной	0,2 — 0,4	Глина	102	Ленинградская обл. Старорусский район	Рукопись, Любимов
Суглинок	—	—	До 85 м. с низовой стороны и до 32 м с верховой	Парфинский леспромхоз Ленинград, Охтенский леспромхоз	„Известия Ленинградского лесного института," 1910, Товстолес
Супесь	—	—	До 107 м с низовой стороны	Там же	То же
Торф	0,7 — 5,0	Разные	Сосна канадская Предельно — 300 м; среднее с верховой стороны — 80 м, с низовой стороны — 135 м; там, где подпочва — песок, действие канавы распространяется на большее расстояние	Штат Миннезота, США	

На сфагновом болоте с мало разложившимся торфом влияние канав отчетливо распространяется в мелком торфе на расстояние 100 м, а в глубоком лишь на 40 м.

На глинистом грунте влияние канавы распространяется на 100 м в низовую сторону и на 50 м в верховую.

При экономическом способе решения вопроса подбирается такое расстояние между канавами, при котором получается наибольший экономический эффект.

При сближении канав больше, чем это требуется по гидрологическим и фитологическим признакам, рост леса, возможно, настолько улучшится, что увеличенные затраты на осушение покроются с большим превышением.

Однако при конкретном решении вопроса экономист должен сопоставить количество влагаемого в мелиорацию труда и средств и получаемое при этом увеличение древесины.

При бытовом способе решения вопроса о расстоянии между осушительными линиями руководствуются данными производственной практики, учитывающей совокупность естественно-исторических, технических и экономических условий. Практика же должна прежде всего учитывать цель осушения, затем почвенно-грунтовые условия, уклоны поверхности, климатический район работ и экономическую обстановку.

При проектировании осушения угодий нужно учитывать в основном, какую цель преследует мелиорация: осушается ли почва для создания естественного луга, удобного для уборки, или болото осушается для посева на нем луговых трав. Если посева почему-либо не будет произведено, то такое болото после прорытия канав окажется пересушенным, и урожай естественного сена с него понизится; мелиорация окажется убыточной.

В табл. 37 приведены рекомендуемые расстояния между осушительными канавами, способствующие увеличению прироста древесины. Данные получены на основании исследований о влия-

Таблица 37

Род грунта	Залегание	Расстояние между канавами в м	Ожидаемый бонитет
Глина непроницаемая	Мощное	200	II
Суглинок средний	Мощное	300	II
Торф сфагновый на глине	Менее 1 м	300	I и II
	Более 1,2 м	300	II и III
Торф травяной	0,3 м и более		
	на глине	300	I и II
	на песке	500	
Песок на глине	0,8 — 1,0	800	III

Примечание. Бонитеты показаны при условии достаточного для произрастания леса богатства почвы после осушения.

нии осушения на рост леса в БССР, Московской и Ленинградской областях.

Для лесопарковых площадей расстояние между канавами на глинистых грунтах следует принимать на 50% меньшим, т. е. вместо 200 м в 100 м; то же для торфяных грунтов; для песчаных грунтов нормативов пока не имеется.

При уклонах поверхности более 0,002 расстояние следует увеличивать, а при уклонах менее 0,001 — уменьшать. Пределы увеличения расстояния около 50%, пределы уменьшения—20% (величины, недостаточно обоснованные).

Приведенные величины расстояний рекомендуются при заболачивании, вызываемом затрудненным стоком атмосферных вод. При заболачивании напорными грунтовыми водами расстояние между канавами уменьшается: в лесопарке существенно, в леспромхозе — незначительно. При заболачивании из-за затрудненного стока речных паводковых вод иногда достаточна очень редкая сеть канав, а при выклинивании грунтовых вод иногда достаточна одна перехватывающая канава.

При тщательном проектировании осушения (например лесопарка) может потребоваться различное расстояние между каждой парой смежных осушителей, так как род грунта и величина уклонов меняются на малых протяжениях.

При осушении травяного болота для создания улучшенного сенокоса с вырубкой кустарника, срезкой кочек, боронованием поверхности и тому подобными простейшими улучшениями расстояния между канавами намечаются от 200 до 400 м; для создания на месте болота многолетнего культурного луга с оборотом пласта, с внесением удобрения и посевом трав — 40 — 80 м.

Глубина канав. Открытые канавы оказывают двоякое действие на уровень грунтовой воды — косвенное и прямое. Косвенное заключается в том, что открытые канавы, прорытые хотя бы на большом одна от другой расстоянии, отводят с заболоченной площади поверхностную воду. Как только поверхностная вода стекла, начинается испарение грунтовой воды. Ясно, что чем раньше оно началось, тем ниже станет уровень грунтовой воды. Прямое действие канав и дрен на уровень грунтовой воды состоит в том, что вода движется по порам грунта в канаву.

При трудно проницаемом грунте весь сток воды идет только по поверхности. В этом случае глубина канавы должна быть достаточной для отвода лишь поверхностной воды, т. е. может быть мелкой.

Но даже в самом трудно проницаемом грунте имеются обычно трещины, ходы от животных и корней, по которым происходит движение воды внутри грунта. Для приема грунтовой воды глубина осушительной канавы имеет очень большое значение: чем глубже осушитель, тем сильнее непосредственное действие его на уровень грунтовой воды.

Нормальная глубина осушителя в минеральном грунте средней проницаемости (супесь, легкий суглинок) определяется следующими четырьмя факторами (рис. 55):

1) расстоянием грунтовой воды от поверхности (норма осушения) на середине между канавами — 0,30 м;
2) спадом уровня воды к осушительной канаве (понижение кривой депрессии) — 0,30 м;
3) глубиной воды в осушителе — 0,10 м;
4) заилением и зарастанием дна — 0,10 м.

При иных грунтах к основной глубине осушительной канавы в 0,8 м, выведенной для грунта средней проницаемости, вводятся поправки.

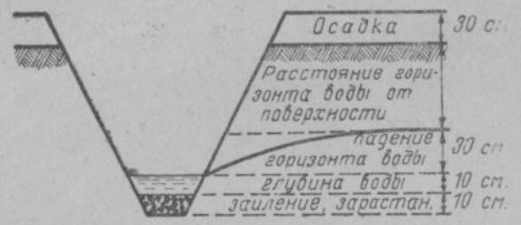


Рис. 55. Факторы, определяющие глубины канав

В торфяном грунте первоначальная глубина канав сильно уменьшается вследствие происходящей осадки торфа. Поэтому в торфяном грунте первоначальную глубину осушителя следует делать на 0,2 м больше, т. е. в 1 м. При жидком торфе осадка получается в несколько десятков сантиметров; в этих условиях рекомендуется рытье канав в два приема. При сильной осадке торфа возможно вредное для роста дерева обнажение корней (рис. 56).

В весьма трудно проницаемых тяжелых суглинках осушитель почти не оказывает непосредственного влияния на уровень грунтовой воды, так как принимает только поверхностную воду. Поэтому в трудно проницаемых грунтах глубина осушителей может делаться меньше на 0,2 м, т. е. в 0,6 м.

В песчаных грунтах профиль канавы неустойчив, и чем глубже канава, тем скорее разрушаются ее откосы. Поэтому в песчаном грунте следует ограничиваться глубиной осущителей в 0,7 м, хотя для древесной растительности была бы благоприятна большая глубина.

Если торф подстилается глиной, желательно довести дно осушителя до глины; однако глубины его не должны быть более 1,2 м. При наличии под торфом песка доведение дна осушителя до песка увеличивает осушительное действие канавы.

При близком же залегании под торфом глины следует врезать дно канавы в глину, так как по плоскости соприкосновения торфа с глиной обильно поступает грунтовая вода. При близком залегании под торфом песка следует избегать врезывания дна

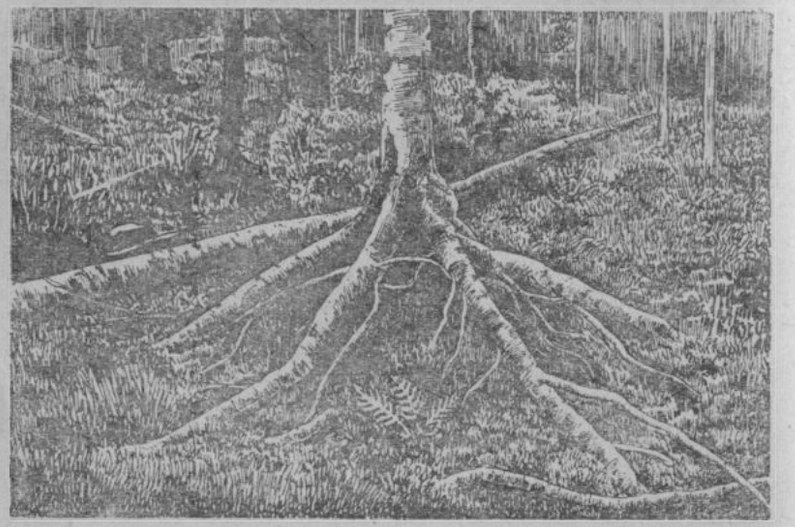


Рис. 56. Обнажение корней березы после осадки торфа

осушителя в песок, так как торфяные откосы будут при этом неустойчивы.

Глубина водоотводных канав зависит от глубины осушителей. Как общее правило, дно собирателя должно быть на 0,1—0,2 м ниже дна впадающего осушителя. При детальном проектировании, которое производится при интенсивно осушаемых сельскохозяйственных угодьях, глубина собирателей рассчитывается так, чтобы горизонт бытовых вод[1] в них был на уровне дна впадающих осушителей (рис. 57).

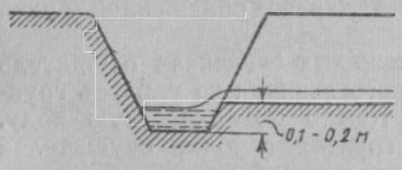


Рис. 57. Ввод осушителя в собиратель

Если площадь водосбора магистрали мала и в летнее время движения воды по каналу почти не наблюдается, дно магистрали все же делается ниже дна впадающих осушителей не менее, чем на 0,1 м. Если, наоборот, летом воды по каналу идет много, то

[1] Под бытовыми разумеются средние воды летнего времени; дни летних паводков из расчета исключаются.

уступа между дном осушителя и магистрали свыше 0,2 м делать не следует. Величину уступа следует компенсировать увеличением ширины дна магистрали.

Под уступом в 0,1—0,2 м не следует разуметь вертикальную стенку; дно осушительной канавы при впадении в магистраль скашивается на коротком расстоянии наклонно. Вертикальный уступ будет смыт водой и засорит магистраль.

Если канал пересекает на торфяном болоте выступы минерального грунта, следует учесть, что дно канала в торфяном грунте из-за осадки торфа опустится, дно же в минеральном грунте останется на первоначальной высоте или даже поднимется вследствие засорения грунтом с откосов, поэтому про-



Рис. 58. Профиль дна пересечения каналом песчаного грунта

дольный профиль дна канала примет неправильные очертания, и в местах осадки торфа будет застаиваться вода. Чтобы этого не произошло, глубина канала в месте пересечения им минерального выступа должна быть на 0,1 м больше, чем в части, проходящей по торфяному грунту (рис. 58). Правило это относится к каналам всех категорий: осушительным и магистральным.

При магистралях разного порядка каналы каждого последующего порядка имеют бо́льшую глубину, чем впадающие в него.

Магистральный канал часто выходит за пределы осушаемой площади и идет к реке-водоприемнику по землям, не нуждающимся в мелиорации. В этом случае магистраль, соединяющая осушаемую площадь с рекой, имеет как бы два опорных пункта: осушаемую площадь в одном конце и реку в другом.

Положение дна магистрали у реки зависит от бытового уровня воды в реке. Могут быть три взаимных положения дна магистрали и уровня воды в реке: 1) дно канала выше уровня воды, 2) на уровне бытового горизонта воды в реке и 3) на 0,1 м ниже бытового горизонта реки.

1. Дно канала выше уровня воды обычно нецелесообразно, так как создается перепад, требующий укрепления; вместо перепада можно устроить быстроток, т.е. короткий участок с бо́льшим уклоном, различно укрепленный от размывающего действия воды.

2. Положение дна канала на уровне бытового горизонта воды в реке применяется часто, но при размываемом грунте встречает серьезные возражения. После сильного дождя вода в канале сильно прибывает, а в реке остается на прежнем бытовом горизонте. Прибывшая в канале вода образует перед впадением в реку „кривую спада" уровня воды в канале. На протяжении кривой образуется увеличенный уклон поверхности воды, скорость течения воды в канале увеличивается против расчетной, и дно канала размывается (рис. 59).

Вымывы со дна канала выносятся в реку, где и отлагаются в виде косы ниже устья канала. Примером таких процессов яв-

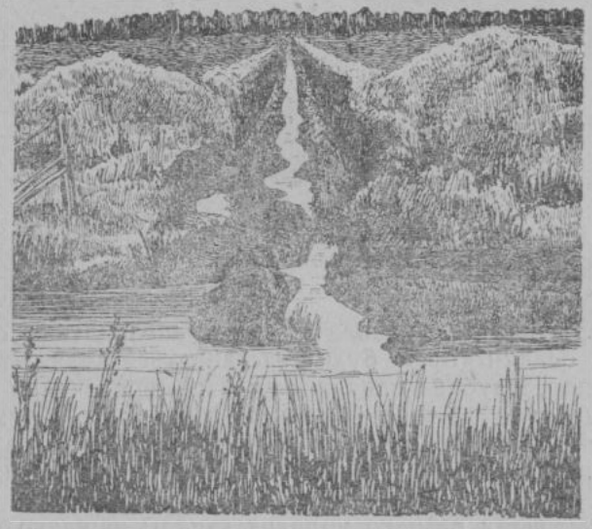


Рис. 59. Размыв дна в устье канала

ляется спрямленная речка Ухлясть, впадающая в Днепр, ниже Быхова (БССР); после дождей по речке Ухлясти вода несется в Днепр с не предусмотренной расчетами скоростью, дно и откосы размываются, а в Днепре образуется песчаная коса; укрепление откосов рушится, так как дно размывается.

3. При положении дна канала ниже бытового горизонта воды в реке на 0,1 м, паводковые воды в канале не будут образовывать значительной кривой спада, и скорость течения воды в канале будет ближе к вычисленной в зависимости от уклона его дна.

Намеченное таким образом положение дна в верхней части канала и в устье его определяет положение дна на протяжении между этими двумя крайними пунктами. Известно, однако, что в зависимости от характера поверхности по трассе канала

глубина его на каждом пикете вычисляется различная. Кроме того, продольный профиль самого дна необходимо иногда проектировать с перегибами.

При назначении проекта дна магистрали на расстоянии между рекой и сетью осушительных канав следует учитывать грунт, гидравлику и экономику, причем вопрос этот неразрывно переплетается с вопросом об уклоне и ширине дна.

Дно магистрального канала нет надобности доводить до песчаного грунта, как указывалось для осушительных канав. Наоборот, его желательно провести в торфяном грунте, чтобы не понадобилось укреплять откосы канала.

При прохождении главного канала через озеро приходится разрешать вопрос о том, на каком горизонте должно быть дно выводного канала из озера по сравнению с положением дна вводного в озеро канала. Живое сечение озера очень велико, скорость течения воды в нем практически равна нулю, поэтому и уклон поверхности воды в озере может быть принят равным

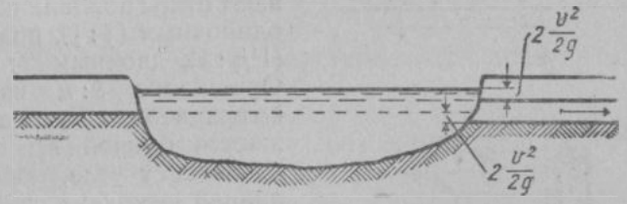


Рис. 60. Проход магистрального канала через озеро

нулю. Но чтобы в месте вывода канала из озера не создавалось подпора, в самом начале выводного канала необходима скорость течения воды, при которой получался бы расчетный по каналу расход воды.

Для создания такой скорости нужен напор воды, равный $h = \frac{v^2}{2g}$, т. е. расчетный уровень воды в голове выводного канала должен быть теоретически на h *м* ниже расчетного уровня воды в озере (рис. 60).

В этот напор должна быть введена поправка на потери. При входе воды из озера в канал, если имеется водная растительность, возможность заиления, большая шероховатость, потерю в напоре следует принять для надежности расчетов в 50% и в связи с этим требуемый на создание в канале скорости v напор h считать удвоенным против теоретического.

Поэтому, если ширина вводного в озеро канала и ширина выводного канала одинаковы и озеро не имеет дополнительного притока воды, то дно выводного канала должно быть ниже дна вводного канала на величину $\frac{v^2}{g}$.

При этом условии и расчетной скорости течения воды в канале в 0,5 м разность положения дна определяется лишь в 0,026 м.

Откосы каналов. Всякий рыхлый грунт, свободно насыпаемый в кучу, образует земляной конус (рис. 61,*а*). Прямая *ab*, соединяющая вершину конуса с основанием на поперечном профиле канала, соответствует длине откоса (рис. 61,*б*). Перпендикуляр *h*, опущенный из вершины конуса на основание, аналогичен высоте откоса; линия *r* — радиус основания конуса на профиле канала — соответствует проекции откоса.

Угол между образующей конуса и горизонтальной плоскостью, получающийся при свободном насыпании грунта, называется углом естественного откоса данного грунта. Крутизну откоса выражают еще отношением проекции заложения его к высоте, в данном случае $l:h$, и по величине этого отношения называют откос половинным ($^1/_2:1$), одиночным (1:1), полуторным ($1^1/_2:1$), двойным (2:1) и т. д. Отношение $l:h$ называется коэфициентом откоса и выражается буквой *m*; он равен котангенсу угла, образуемого линией откоса и горизонтом. Крутизна откоса характеризуется также уклоном его, который выражается обратным отношением, т. е. $h:l$, и обозначается: $1:^1/_2$; 1:1; $1:1^1/_2$; 1:2 и т. д.

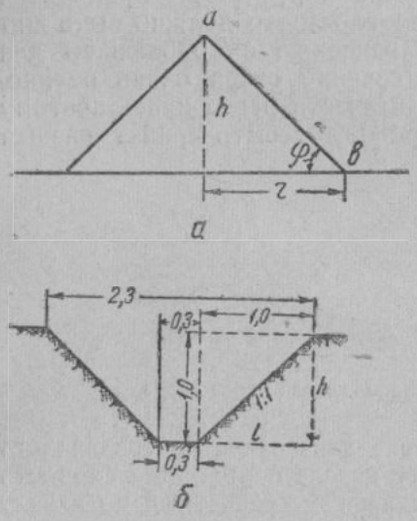


Рис. 61. Поперечный профиль канала

Угол естественного откоса грунта зависит от его связности и величины трения частиц грунта друг о друга. Эта величина значительно изменяется для одного и того же грунта в зависимости от его влажности.

Коэфициент откоса должен быть такой, чтобы профиль канала был устойчив и откос не обрушивался.

Значительное число коэфициентов откосов в различных грунтах, предложенных в мелиоративных и общестроительных руководствах для осушительной практики, должно быть разделено на две группы: для осушительных канав, остающихся большую часть времени без воды, и для водоотводных каналов с постоянным током воды.

Основным естественным разрушителем откосов является вода, насыщающая грунт, т. е. грунтовая вода, и вода, движущаяся по дну канала.

Вода, насыщающая грунт, ослабляет связь между его частицами, особенно мелкими; чем больше в грунте воды, тем меньше угол его естественного откоса.

В нормах для проектирования гидротехнических сооружений, утвержденных техническими органами СССР,[1] дается следующий угол естественного откоса (табл. 38).

Таблица 38

Грунт	Угол откоса в°	Коэфициент откоса
Песок сухой, чистый, мелкий	35	1,5
Песок мокрый, средний	25	2,1
Глинистый влажный плотный грунт	40	1,2
Глинистый слабый грунт	20	2,7
Суглинки и супеси	35	1,5

Поперечный профиль канав претерпевает три основных стадии деформации.

1. Первоначальная и минимальная деформации заключаются в оплыве основания откоса, неизбежном во всяком грунте при его смачивании.

2. Следующая стадия деформации — оползание откоса, не доходящее до бровки канала. Оно вызывается ослаблением основания откоса, выходом в откос грунтовой воды, замерзанием и оттаиванием грунта.

Оползание откоса сильно портит внешний вид канавы и несколько уменьшает ее глубину, но для создания устойчивых откосов требуется очень пологое заложение их, а следовательно большая ширина канавы поверху и большой объем выемки.

Так как осушительное действие канавы не прекращается, то оползание откоса может считаться допустимой деформацией. В парках оползание допустимо лишь в незначительной степени (здесь имеет значение внешний вид канавы), поэтому откосы канав нужно делать положе, чем в лесу.

3. Третья стадия деформации — оползание откоса до бровки канала, а следовательно, обвал откосов вместе с бровкой канала, недопустимы ни в лесу, ни в парке, так как канал при этом засоряется и его осушительное действие прекращается.

Коэфициенты заложения откосов указаны в табл. 39. Данные получены на основании проведенного автором с участием техперсонала обследования осушительных и магистральных каналов

[1] Экспертно-техническим советом Госплана СССР в заседании 6 октября 1928 г., Всесоюзным гидротехническим совещанием в мае 1929 г. и др.

в Лисинском учебном леспромхозе, в Сиверском опытном леспромхозе, на землях колхозов и совхозов в БССР[1].

Таблица 39

Грунт	Лесокультурная зона		Лесопарковая зона	
	осушительная канава	собирательная и магистральная канава	осушительная канава	собирательная и магистральная канавы
Глина	0,5—0,75	1—1,25	1,0	1,25—1,5
Суглинок средний . . .	1—1,25	1,25—1,5	1,25—1,5	1,5—1,75
Песок	1,5	1,75	2,0	2—3
Торф травяной	0,5	1,0	0,75	1—1,25
Торф сфагновый . . .	0,25	0,75	0,5	1,0

Для магистральных канав коэфициенты откосов указываются бо́льшими вследствие большой глубины этих канав и движения воды по ним, что ослабляет устойчивость откоса. Если магистральная канава по условиям рельефа поверхности имеет глубину, близкую к осушителям, и по ней идет мало воды, то и крутизна откосов приближается к норме для осушителей.

Если откосами прорезываются два различных грунта, причем нижний из них слабее, то рекомендуется сложный профиль (рис. 62). Нижняя часть откоса в слабом грунте пологая, соответственно этому грунту верхняя часть — крутая. В практику мелиорации сложный профиль откоса еще не вошел, в естественных же руслах он создается самим водотоком. Как правило, в естественных руслах верхняя часть поперечного профиля имеет крутые откосы, иногда вертикальные, а нижняя часть профиля — очень пологие.

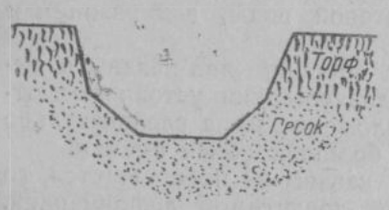


Рис. 62. Сложный профиль

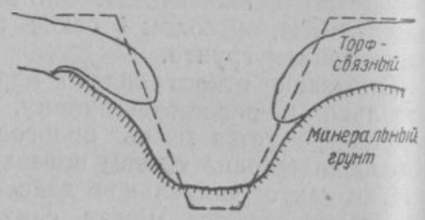


Рис. 63. Нависание связного торфа

В слабых грунтах (а в плывучих обязательно) откос укрепляется фашинами, плетнями, камнем и пр.

[1] А. Д. Дубах, Устойчивый поперечный профиль осушительных канав на лесной площади. Сборник ЦНИИЛХ, 1934.

В зависимости от расхода воды, ширины по дну, рода грунта и т. п. прорытая канава может приближаться по виду к ручью с устойчивыми, хотя и обрывистыми берегами. Срок функционирования канав без ремонта при этом увеличивается.

Чаще, однако, канава мельчает, зарастает мхом, деградирует и обращается в мелкий лог со стоячей водой. Следовательно, возможна двоякая деформация поперечного сечения канав: эволюция до формы ручья и деградация до мелкого лога.

Покров из гипнумов, осок и др., пронизывая корнями грунт, укрепляет верхний горизонт грунта, который, нависая на нижележащий минеральный грунт в откосе, удерживает его от обрушения (рис. 63).

Неустойчивость откосов в песчаном грунте, особенно при постоянном течении воды по каналу, вызывает необходимость его крепления. Крепления откосов следует, вообще говоря, избегать. Лучше обходить места с выходами песка или уменьшать в таких местах глубину канав.

Если же устройства канала в песке нельзя избежать, то для крепления откосов применяется один из описанных ниже приемов.

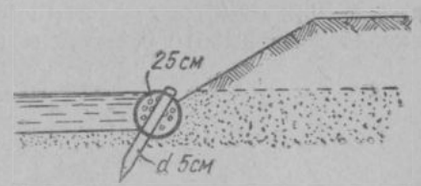


Рис. 64. Крепление откоса фашиной

Нижнюю часть откоса, омываемую водой, укрепляют продольной фашиной, укладываемой по линии сопряжения дна и откоса канала (рис. 64). Практического распространения в наших условиях этот способ еще не получил, но усиленно рекомендуется некоторыми мелиораторами, специально знакомившимися с состоянием произведенных креплений откосов. В Германии закладка фашин вдоль основания откоса достаточно распространена. Фашины делаются длиной 2,5—3 м, диаметром 25 см, и каждая из них по возможности плотно стягивается ивовыми прутьями. Материалом для фашин служат ветви или молодой жердняк лиственных и хвойных пород, пока они свежие и гибкие; наибольший диаметр жердняка — 4 см. Чаще всего употребляется ивовый, березовый и ольховый материал. Вместо отдельных фашин можно изготовлять из того же материала фашинные канаты произвольной длины, которые затем сразу скатывают по откосу канавы и укладывают у основания откоса. Фашину укрепляют в канаве деревянными кольями диаметром 4—6 см, пробиваемыми через тело фашин.

Если откос врезан в песок только нижней частью и летняя вода идет по канаве слоем незначительной толщины, то заложенная фашина является достаточной опорой для всего откоса. Наблюдения показали, что откос обваливается главным образом вследствие подмыва водой его основания.

Если обычный горизонт воды в канале стоит над дном выше, чем толщина фашины, и откос проходит по песку, то желательна укладка по откосу второй и третьей фашин с прибивкой кольями.

Подводную часть откоса укрепляют обычно вертикальным плетнем. Сосновые, ольховые или еловые колья диаметром 5—7 см забивают у подошвы откоса на расстоянии 33 см друг от друга на глубину не менее 60 см или доотказа, если кол идет глубже (рис. 65).

Для устойчивости крепления колья или сваи нужно обязательно забивать на достаточную глубину. Колья следует забивать доотказа; глубину забивки необходимо тщательно проверять. Для этого колья изготовляются одинаковой длины, и головки их, расщепленные ударами бабы, спиливаются лишь после того, как техник осмотрит забитый ряд. Надземная часть кольев спиливается на высоте 0,4—0,5 м над дном канала. Оплетать колья

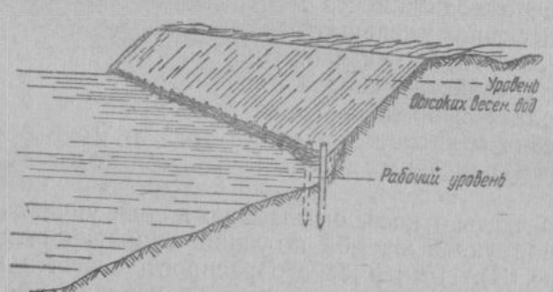


Рис. 65. Крепление откоса плетнем

нужно, плотно осаживая прутья нажимом ноги, бабами, колодками, барцем и т. п. Лучшим материалом для оплетения считаются живые ивовые прутья. Проросший ивовый плетень образует прочное крепление откоса.

Ивняк можно заменить березовыми и ольховыми ветками, по возможности очищенными от листвы, так как она маскирует прорехи в плетне.

Вынутый из канавы песок нельзя использовать на засыпку за плетень, так как он будет вымыт водой (рис. 66). Для засыпки нужно применять неразмываемый грунт, лучше всего дерн, а если его нет, — смесь глины и торфа или, наконец, просто торф.

В песке-плывуне устойчивость откоса на опрокидывание следует увеличивать анкерными свайками, к которым по длине плетня проволокой или вицами притягивают через 1 м колья.

В узких маловодных канавах опрокидывание плетня можно предупредить поперечными распорками или насадками на колья

Ивняк в креплении откосов, разрастаясь, уменьшает сечение канала, но не причиняет большого вреда, если нет сплава. Разрастающиеся ветви дают ценный материал для ремонта креплений. Если же по каналу ведется сплав, то вертикальный низкий плетень с разросшимся ивняком значительно препятствует движению россыпи.

Наклонный плетень делается из того же материала, что и вертикальный, но укладывается плотно по откосу. Сначала в дно



Рис. 66. Разрушение плетневого крепления откоса

канавы слабо забивают вертикальный или наклонный ряд кольев. Колья оплетают прутьями, и земляной откос тщательно выравнивают. После этого плетень прижимают к откосу и забивают колья наискось в дно на возможную глубину, доотказа или не менее 0,6 м. Оплетение уплотняется, как было указано. Колья через 1 м притягивают к откосу проволокой, прикрепляемой к анкерным свайкам в откосе. Пространство между откосом и плетнем забивают землей.

Высота крепления откоса — выше уровня высоких летних вод, если весь откос песчаный.

Зазоры между наклонным плетнем и земляным откосом канала плотно забить трудно из-за плетня. Поэтому работа эта должна выполняться тщательно.

Наклонные плетни применяются еще с 1924 г. на каналах, осушающих болотный массив Марьино в Бобруйском округе Белоруссии. Ивняк хорошо прорастает и может итти на поделки, а устойчивость откосов не возбуждает сомнения (рис. 67). Если же живых сучьев на весь плетень нехватит, то живые прутья следует заплести в нижнюю часть плетня.

Иногда применяется крепление откосов на всю их высоту. При таком креплении откосы выстилают хворостом, который



Рис. 67. Разросшаяся лоза крепления откосов

прижимают продольными жердями. Жерди прикрепляют к откосу кольями с развилкой.

Жерди берутся диаметром 6—9 см, колья—длиной по 0,6 м, диаметром 3—5 см; материалом для хвороста должен служить прорастающий ивняк, для жердей — сосна, для кольев — любая порода.

Откос можно выстилать хворостом как поперек течения воды, так и в ином направлении, жерди же в этом случае кладут на хворост поперек канала.

Укрепления откосов хворостяной настилкой на опыте в достаточной мере не проверены. Известны случаи, когда такие крепления совершенно разрушались после первой же весны.

Крепление омываемого водой откоса и дна камнем широко практикуется в дорожном, прудовом и парковом строительстве. В земельно-мелиоративной практике этот способ не распространен, повидимому потому, что доставка камня стоит дорого. Прочность мощения откоса камнем на моховой подстилке или без подстилки не возбуждает сомнений.

Крепление откосов вертикальной стенкой из пластин осуществляется в песчаных грунтах, как наиболее прочное. Пластины закладывают за сваи. Применяется также крепление откосов сплошным рядом вертикально забиваемых кольев, опирающихся в верхней части на продольные по канаве лежни.

Верхнюю часть песчаного откоса или весь откос канав, свободных бо́льшую часть времени от воды, можно укреплять дерном, укладываемым плашмя. Дернины должны быть свежими, чтобы корни травы проросли в откосе. Мох на дерне служит признаком его плохого качества, а злаки и клевер — хорошего.

Дерн должен иметь толщину в 7—10 см, вырезают его обыкновенно лопатой. При временном хранении дерн укладывают в штабели рядами, трава к траве, и поливают.

Откосы канав выстилают дерном сплошь, дернины прикрепляют к откосу спицами длиной 30 см, толщиной 2 см.

Если дерн разного качества, лучшие дернины следует укладывать на откос, освещаемый солнцем. Плохой дерн на этом откосе под действием солнца засохнет. Откос же, обращенный к северу, всегда влажнее и солнце его не сушит, поэтому здесь дерн приживается лучше.

На прижившемся дерне травяная растительность развивается иногда пышнее, чем на коренном лугу, откуда был взят дерн. Объясняется это тем, что откосы хорошо проветриваются.

Верхнюю часть песчаного откоса можно закреплять посевом корневищных многолетних трав: клевером ползучим, полевицей, мятликом, овсяницей. Перед посевом откос разрыхляют граблями, а после посева уплотняют, ударяя по нему плашмя лопатой.

Посев можно производить осенью и весной.

Возможны, наконец, сочетания различных типов крепления откоса. Например, омываемая летними водами часть песчаного откоса укрепляется плетнем, вышележащая часть—дерном.

При устройстве надежного крепления откосов необходимо соблюдать следующие общие правила:

а) укреплять откосы на 0,25 м выше среднего летнего уровня воды;

б) колья забивать на глубину не менее 0,6 м или доотказа;

в) производить оплетение, хотя бы частично, живой лозой;

г) оплетать колья плотно;

д) засыпку за плетень производить растительным грунтом;

е) песчаные откосы выше плетня укреплять дерном;

ж) на поворотах каналов укреплять и дно у вогнутого берега, где струя воды ударяет в основание откоса;

з) при больших уклонах и большой влекущей силе потока укреплять и дно канала;

и) землю из каналов откидывать на большое расстояние;

к) сплав леса допускать лишь после прорастания хворостяного крепления;

л) на крупных отводных каналах и на реках рассчитывать крепление на давление грунта, на сопротивление грунта дна канала боковому давлению кольев и на изгиб кольев по общим правилам строительной механики, со специфическими для рассматриваемых устройств приемами.

Продольный уклон дна. Под действием воды в местах большой скорости течения наблюдаются размывы каналов, а на участках с малыми скоростями течения — отложения наносов. И то и другое нарушает осушительное действие сети. Каналы должны иметь поэтому такие уклоны, чтобы скорости течения воды в них оказывались в пределах, безопасных для данных грунтов.

Движущая сила текущей воды в проектируемом канале должна быть такой, чтобы вес и сцепления частиц грунта могли противостоять ей.

Очевидно, размывание дна и перенесение частиц грунта могут происходить лишь под действием определенной силы, т. е. величины, выраженной в килограммах, а не скорости, выражаемой в метрах. Но в мелиоративной и вообще гидротехнической литературе, инструкциях и на практике назначаются предельные скорости течения воды, а не влекущей силы, так как скорости являются элементом, определяемым в натуре непосредственным измерением, а силы получаются после вычислений.

В справочнике по мелиорации и гидротехнике (изд. 1934 г.) приведены следующие предельно допустимые скорости в естественных грунтах (в м/сек.):

Мелкий песок, плывучий	0,45—0,75
Аллювиальный грунт	0,60—1,05
Легкий суглинок	0,55—0,75
Обыкновенная плотная глина	0,75—1,05
Плотная глина, мергель	1,15—1,50
Крупный грубый песок	1,20—1,80
Гравий крупный и мелкая галька	1,50—1,70
Твердая скала	5,0
Мелкая ирригационная сеть в легких грунтах	0,65
» » » » тяжелых »	0,70—0,80

В руководствах и инструкциях по осушению болот даны такие предельные скорости течения для канав в торфяных грунтах: торф травянистый 1 м/сек., торф пушице-сфагновый 1,5—2 м/сек., торф древесный 0,5 м/сек.

Для осушительных систем имеются выработанные практикой пределы продольных уклонов, при которых сохраняется устойчивость дна канала.

Для осушительных канав с дном в минеральных грунтах предельным уклоном считается 0,005, в торфяных—0,01. Для собирательных и магистральных каналов допустимы уклоны в минеральных грунтах 0,003, в торфяных—0,005.

При площадях водосбора свыше 500 га необходим проверочный гидравлический расчет на скорость, которая будет в канале при максимальном расходе. Максимальный расход при этом вычисляется по максимальному модулю стока с лесоболотной площади, принимаемому, как будет показано в дальнейшем, равным 2 л/га/сек.

Имея максимальный расход Q, принятые размеры канала и продольный уклон I, вычисляют по формуле Шези скорость течения в канале при максимальном расходе. Если вычисленная скорость окажется больше предельной, следует протрассировать канал с меньшим уклоном или уширить его дно, чтобы создать меньшую глубину потока, или проектировать дно с закрепленными перепадами и быстротоками.

Наряду с максимально допустимыми скоростями в гидротехническом строительстве принимаются во внимание минимальные скорости течения воды, при которых вода не застаивается в канавах, в них не отлагаются наносы и не развивается растительность. В осушительной мелиорации расходы воды даже в крупных магистралях снижаются до нуля. Поэтому проектирование каналов с учетом минимальной скорости течения в целях борьбы с сорной растительностью практически неосуществимо.

Минимальную скорость течения в водоотводных каналах полезно предусматривать при наибольшем расходе воды в канале, когда она несет взвешенные частицы грунта. Скорость должна быть такой, чтобы взвешенная муть проходила по каналу, не оседая в нем. Но такие расчеты имеют большее значение при проектировании подачи воды для орошения. Чтобы воды не застаивались в каналах осушительной системы, необходимы следующие минимальные уклоны: для осушителей—0,0010, для магистралей — 0,0005, для крупных магистралей — 0,0003. При использовании в Белорусском Полесье регулируемых речек как магистральных каналов допускались минимальные уклоны в 0,0002.

Наилучший уклон дна канав при слишком большом уклоне местности может быть достигнут проектированием соответствующего положения линии канавы между каждой парой горизонталей. Например, при предельном уклоне канавы в 0,005 протяжение линии канавы между двумя горизонталями с разностью высот 0,2 м должно быть не менее 0,2: 0,005 = 40 м.

Для проектирования продольного профиля дна канала вычерчивается профиль поверхности земли по линии намеченного в плане канала; накладка профиля начинается с низового конца канала и ведется слева направо. Обычный масштаб: горизонтальный — 100 м в 1 см, иногда 50 м в 1 см; вертикальный — 1 м в 1 см. Имея установленную среднюю глубину осушителей, намечают на профиле линию дна канавы; по возможности дно проводится с одинаковым допустимым уклоном по нескольким пикетам; там, где окажется неизбежным, делается перелом линии дна. На профиле каждого осушителя и магистрали необходимо показывать положение дна приемного канала, а в реке — положение расчетного уровня воды.

Если в связи с топографией местности нужно превысить предельный уклон, предельную скорость или предельную влекущую силу (например, при спуске в речную долину), рекомендуется устраивать перепады и быстротоки (см. главу „Производство земляных работ").

При проведении лесной мелиорации эти устройства должны быть возможно простыми, из местного материала: кольев, хвороста и камней.

Устройство деревянных перепадов со шпунтовым рядом, дощатыми полами и стенками применяется в осушительной практике редко из-за дороговизны работы и необходимости последующего надзора за перепадом. Опыта применения таких перепадов не имеется, поэтому размеры частей их указываются в руководствах произвольно, а иногда и совсем не указываются.

Деревянный перепад устраивают следующим образом (рис. 68). У самого порога перепада, высота которого должна быть 1,0—1,2 м, забивают шпунтовый ряд из пластин толщиной 11 см. Шпунтовый ряд продолжают в оба берега канала на расстояние 2 м от бровки, чтобы вода не могла обойти его. Пластины забивают в грунт ручной бабой на глубину не менее 1 м. На шпунтовый ряд насаживают красный брус из бревна диаметром 18—22 см, в котором вынимают четверть со стороны, обращенной вверх канала. Выше и ниже порога забивают половые и стенные сваи; расстояние между рядами свай 2 м. К сваям прикрепляют насадки, к которым прибивают взакрой настил из пластин, при этом поверхность настила должна совпадать с дном канала. Стенки перепада делают вертикальными и обшивают также пластинами. Длина пола верхней части перепада должна быть не менее 2 м, нижней части — не менее 4 м.

Отверстие перепада следует рассчитывать на расход весенней воды около 2 л/га/сек. с торфяного грунта.

Рекомендуется и другой тип укрепления — двурядный плетневый перепад (рис. 69) высотой в 1 м. В качестве шпунтового ряда служат два плетня, поставленные у порога на расстоянии 0,7 м один от другого. Колья диаметром 6 см в этих плетнях должны

быть забиты в грунт на глубину 0,8 — 1 м, а самые плетни опущены на глубину 0,5 — 0,6 м ниже дна нижней части канала. Для этого роется котлован, который после установки плетней

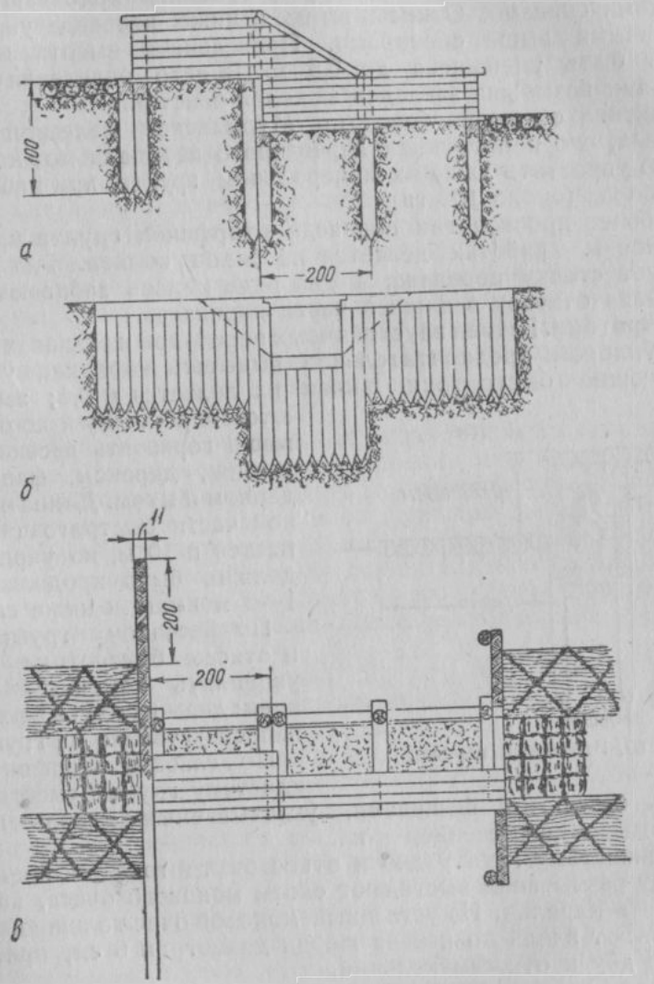


Рис. 68. Деревянный перепад:
а — продольный разрез перепада; *б* — шпунтовая стенка перепада; *в* — план перепада

тщательно засыпается. Промежуток между плетнями заполняется глиной или дерном, который плотно утрамбовывается. Эти плетни тоже необходимо врезывать в берега канавы, как и шпунтовый ряд.

Дно канавы перед перепадом укрепляют фашинами, которые укладывают поперек (хуже вдоль) канавы в один ряд на протяжении 6 м, ниже перепада на первых двух метрах — в два ряда, а на следующих 6 м — в один ряд. Фашины прибивают к дну крепкими спицами. Откосы выше и ниже перепада укрепляют указанными выше способами. Приведенная высота перепада может быть уменьшена до 0,5 м. Вместо оплетения кольев прутьями возможна закладка за колья пластин.

Практика осушения болот по Мурманской железной дороге показала, что конструкцию деревянного перепада можно значительно упростить даже на минеральном грунте при небольших водосборах (около 100 га).

Наиболее простой тип перепада в торфяном грунте при канализационных работах делается из рядов кольев. Ряд кольев образует стенку перепада, и два ряда кольев забивают вдоль основания откосов в нижней части перепада.

Быстротоки. Взамен неустойчивых перепадов на канавах с большим уклоном предпочтительнее выделять короткие участки, образующие быстротоки. Уклон их делается в 0,1; закрепляются они по дну и по откосам выше горизонта весенних вод камнем, деревом, фашинами, дерном и мхом. Длина наклонной части быстротока принимается в 10 м, но укрепление должно быть продолжено на 1—2 м выше и ниже его.

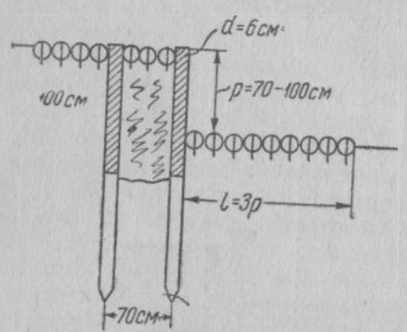


Рис. 69. Плетневый перепад

По песчаному грунту дно и откосы быстротока нужно укреплять каменным мощением: дна — на мху, а откосов — непосредственно на грунте.

По слабому торфяному и илистому грунту уместно укреплять быстроток фашинами, укладываемыми вдоль канала с возможным погружением в ил.

По глинистому грунту дно и откос быстротока для предохранения от размывания выстилают слоем мохового очеса, как это делается в Карелии. На устланный моховой очес толщиной 15 см накладывают вдоль по канаве жерди диаметром 6 см, прижимаемые ко дну и откосам кольями.

Наконец, по всякому грунту для отделки быстротока можно применять деревянные пластины с мелким шпунтовым рядом под ними в начале быстротока.

На крутых склонах дно канавы рекомендуется выводить „на-нет", т. е. на поверхность земли, чтобы вода разливалась здесь широким, но мелким потоком. Задернованное дно потока на поверхности ската ограничивается с боков дерновой стенкой; при глубине воды в 10 см задернованное дно вполне выдерживает образующиеся здесь скорости воды.

Ширина каналов по дну. При заложении откосов, назначении глубины уклона дна канав надо учитывать, как было указано, разнородные факторы. Наиболее же важную величину — ширину канала по дну — нужно тесно увязывать с тремя указанными элементами: заложением откосов, глубиной и уклоном дна канав и, кроме того, с количеством воды, которое проектируемый магистральный канал должен пропускать в единицу времени.

Осушительные каналы можно приравнивать к балкам, на которых держатся полы и потолки строения; от исправного состояния балок, правильно принятого расстояния между ними и пр. зависит надежность всего здания; от правильности распределения канав и их исправного функционирования зависит успех мелиорации. Балки рассчитываются на определенную величину нагрузки на них, каналы — на величину стока воды по ним, т. е. собственно тоже на нагрузку. И там и здесь существуют наивыгоднейшие формы сечений, наивыгоднейшие отношения высоты к ширине в данной форме.

Но есть и коренная разница, недостаточно ясно иногда представляемая. При расчете частей строения чем большая норма нагрузки или больший запас взяты в основу расчета, тем обычно прочнее сооружение. Совсем иное дело при вычислении поперечного сечения водоотводного канала. Преуменьшение или преувеличение поперечного сечения осушительного канала против необходимого отрицательно влияет на его эксплоатацию, причем преувеличение размеров даже более нежелательно, чем преуменьшение.

Ширина осушительных канав по дну принимается обычно минимально возможной для исполнения, т. е. в 0,2 м. Однако землекопы предпочитают делать за ту же плату 0,3 м, чтобы удобнее стоять на дне канавы и легче работать лопатой. Если дно уширяется с 0,2 до 0,3 м, соответственно этому должно быть произведено уширение поверху, иначе увеличится крутизна откосов.

Минимальная ширина по дну в 0,2 м в песчаном грунте неудобна еще и потому, что любой предмет (кусок торфа, обрубок дерева и пр.), попавший на дно такой канавы, сильно стесняет струю воды, которая при этом подмывает откос. Следствием этого является обвал и засорение канавы. Поэтому ширина по дну 0,2 м целесообразна лишь в плотных и связных торфяных грунтах; в песчаных же и глинистых грунтах для устойчивости поперечного профиля канав надежнее ширина по дну в 0,3 м. Избыточная ширина канав по дну сопровождается зарастанием их водной растительностью.

Собирательные канавы, принимающие ряд боковых осушителей, должны иметь ширину по дну 0,4 м.

При гидравлическом расчете проектного сечения магистрального канала и регулируемой реки необходимо предварительно установить следующие три исходных момента: 1) для какой категории воды вести основной расчет и затем проверочный; 2) секундный расход воды или расчетный модуль стока; 3) положение расчетного горизонта воды в канале или в регулируемой реке относительно поверхности земли. После установления этих исходных моментов расчета производится самый гидравлический расчет ширины русла по формуле скорости течения воды.

В мелиоративных руководствах предлагаются разнородные категории расходов воды, на которые следует вести расчеты регулируемых рек и прорываемых каналов; при этом из-за несогласованности номенклатуры и разнородности построения формул результаты вычислений значительно расходятся.

За расчетный расход воды по магистральному каналу в зависимости от цели осушения принимается один из следующих: наибольший весенний или осенний, предпосевный, высокий летний, средний летний.

Размеры водоотводного канала для наибольшего расхода следует принимать в тех случаях, когда недопустим выход воды из берегов, например, если канал проходит по ценным полевым и огородным культурам, кратковременное весеннее затопление которых причиняет вред культуре. Естественным и культурным лугам временное весеннее затопление вреда не причиняет, а иногда даже полезно; для лесных продуцирующих площадей весеннее затопление на несколько дней вполне допустимо.

Для парковых площадей переполнение канала водой нежелательно; еще менее допустимо переполнение канав парка в летнее время. Поэтому при проектировании осушения парка ширина магистральных каналов рассчитывается на максимальный расход, вероятный примерно один раз в десять лет. Если парковая площадь покрыта лесом, достаточен расчетный модуль стока в 3 л/сек./га на равнинной площади.

При осушении лесо-парковой площади расчетный модуль следует принимать 2 л/сек./га (наибольший наблюденный с лесозаболоченной малоуклонной площади в Сиверском опытном лесничестве).

Предпосевный модуль стока берется в основу расчета каналов по полевым площадям, так как при весенних сельскохозяйственных работах на таких площадях вода не должна переполнять каналов.

Для лесной площади предпосевный модуль стока не имеет значения.

Мелиорация должна предотвратить продолжительное в летнее время затопление и подтопление леса в дождливое лето, так как для леса вредно лишь такое затопление и подтопление. На этом основании необходимо иметь данные о фактическом высоком

месячном стоке по рекам и каналам. За каждый год наблюдений следует месяц с наибольшим стоком; в один год наибольший сток в месяц окажется в июле, в другой год — в августе и т. д. Время весеннего разлива исключают. Вычислив за возможно большее число лет средний из наибольших месячных стоков в вегетационный период, получим сток, который нужно положить в основу гидравлического расчета. Назовем его средним из наибольших месячных стоков или *средневысоким летним стоком*. Соответствующие этому стоку осадки назовем *средними из наибольших месячных*.

Для Белорусского Полесья эта величина осадков была дана А. И. Воейковым в очерке работ Западной экспедиции по осушению болот (1899 г.).

По наблюдениям на метеорологической станции в Васильевичах (Южная Белоруссия), наибольшие месячные осадки распределялись за 1879—1897 гг. следующим образом (см. табл. 40).

Таблица 40

Год и месяц	Наибольшие месячные осадки в мм	Год и месяц	Наибольшие месячные осадки в мм
1879 г., август	86,6	1890 г., май	157,2
1880 г., июль	95,3	1891 г., август	101,5
1881 г., август	72,3	1892 г., июнь	100,3
1882 г., июль	57,4	1893 г., июнь	120,4
1883 г., май	81,3	1894 г., июнь	116,2
1884 г., май	60,5	1895 г., август	117,5
1885 г., август	195,6	1896 г., июль	125,9
1886 г., ноябрь	89,3	1897 г., июль	122,8
1887 г., август	132,4		
1888 г., июль	70,9	Средние из наибольших месячных	105,3
1889 г., октябрь	107,6		

Если предположить, что все количество выпадающих месячных осадков в 105 мм должно быть отведено по каналу в течение месяца же, то секундный сток с 1 га должен быть 0,41 л. Это и будет максимумом расчетного стока с 1 га малых водосборных площадей для лугов и лесов.

По данным Западной опытно-мелиоративной организации[1], средние из наибольших месячных осадков оказываются по Смоленской области равными 120 мм, по Брянскому району—около 100 мм.

Каков же действительный средний сток из наибольших месячных, или средневысокий летний сток, с больших площадей, остающийся после испарения и просачивания части выпавших осадков?

[1] Тарасов, Материалы к уточнению проектирования осушительных систем, 1929 г.

Средний сток из наибольших месячных, или средневысокий летний сток, достаточно точно получается по формуле:

$$q = \frac{3}{\sqrt[3]{F}} \cdot \sqrt[4]{\frac{I}{0{,}003}},$$

где:

q — модуль стока в л /га/ сек.;

F — площадь водосбора в га;

I — средний уклон по каналу или реке на всей длине выше рассчитываемого сечения.

В таком виде формула была предложена в 1926 г.[1] для условий Белоруссии. Для Ленинградской области следует ввести поправочный коэфициент 1,1, для Московского района — 0,87 (соответственно балансу естественного прихода — расхода влаги по сравнению с условиями Белоруссии).

Эта формула была проверена затем много раз по материалам стока и оказалась достаточно точной.

Структура рекомендуемой формулы для средневысокого летнего модуля стока соответствует следующим гидрологическим положениям:

1. Чем больше площадь водосбора, тем меньше высокий летний модуль стока; но влияние площади водосбора пропорционально кубическому корню из величины площади, т. е. достаточно умеренно.

2. Расчетный модуль стока увеличивается с увеличением уклона, но в незначительной степени, так как уклон находится под корнем четвертой степени; например, при уклоне одного канала в два раза большем другого канала расчетный модуль оказывается всего в $\sqrt[4]{2} = 1{,}18$ раза большим.

Средневысокие летние воды (не паводковые) продолжительностью в месяц имеют существенное значение. Они и должны быть положены в основу гидравлического расчета водоотводного канала, рек-водоприемников.

Водный режим реки в отдельные годы весьма различен, и мелиоратор при гидравлическом расчете русла должен принимать за основу не наблюдения отдельных лет, а средние из наибольших месячных расходов за много лет, т. е. рассчитывать русло на средневысокие летние воды.

Месячная продолжительность — это срок, почти произвольный, и нет достаточных данных утверждать, что существенный вред оказывает именно месячная, а не трехнедельная продолжительность затопления. Месяц — удобный срок для подсчета расходов

[1] А. Д. Дубах, О расчетной норме стока, „Материалы Западной оп. мелиоративной организации", 1924 г.,
Дубах и Спарро „Осушение болот открытыми канавами".

воды и атмосферных осадков. Поэтому следует определять наибольшие расходы воды не с 1-го по 30-е число месяца, а за любые 30 дней подряд. Но таких вычислений обычно нет, поэтому пользуются данными в пределах календарно-месячных сроков.

Под средними летними водами следует понимать средние горизонты и расходы воды за июнь, июль и август. Это наиболее простое определение и в то же время наиболее точно, легко позволяющее вычислить необходимый расход. В сельскохозяйственной практике летний период заменяется обычно вегетационным периодом с неопределенными границами, ибо начало и конец вегетации растения условны даже для какого-либо одного растения в одной данной местности. Для разных же растений и в разных климатических районах дать общие сроки вегетации невозможно. Для мелиоративных целей иногда упрощенно принимают за вегетационный период время с 15 мая по 15 августа или по 15 сентября.

Взамен средних летних расходов вводится еще понятие о „бытовых водах", под которым разумеются или средние летние воды, за исключением летних паводков, или же расходы воды, наиболее часто наблюдаемые за лето. Наконец, употребляется также термин „меженные воды", тоже неясный по содержанию.

В настоящее время имеется уже большой материал наблюдений над действительным летним расходом воды по мелиорируемым рекам и каналам. Материалы эти показывают, что модуль стока среднелетних вод, т. е. сток в секунду по расчету с 1 га водосборной площади, определяется преимущественно условиями климата и может быть принят в среднем в следующих размерах: для западных районов Украины — 0,02 л/сек., для Московского района — 0,03 л/сек., для Белоруссии севернее Припяти — 0,04 л/сек., для Ленинградского района — 0,06 л/сек.

Летний сток со всей водосборной площади канала или реки пропорционален величине площади водосбора.

Высказанное положение необходимо подчеркнуть, так как в мелиоративно-осушительной литературе и в производстве господствует суждение, что чем меньше площадь водосбора, тем больше модуль стока.

Влияние всех естественно-исторических факторов (осадков, испарения, строения бассейна, уклона поверхности, растительного покрова) на летний сток в цифрах пока учесть не удается. Оно может быть выражено лишь общими соображениями о том, в какую сторону влияет каждый из перечисленных факторов.

При крупных проектированиях ведется вспомогательный расчет сечения магистрального канала на средний летний расход. Именно: средний летний расход по магистрали должен вмещаться в ней до горизонта дна впадающих осушителей.

Выбор расчетного горизонта воды. Для основного гидравлического расчета на средневысокую летнюю воду расчетный гори-

зонт воды для лесных площадей следует принимать на 0,2 м ниже поверхности земли на случай засорения канала. Такой горизонт воды в реке бывает летом не больше месяца и не причинит вреда лесу.

При проектировании отвода с болотных пространств лишь поверхностной воды следует рассчитывать на заполнение русла средневысокими летними водами до берегов. При осушении же земель под посевные кормовые травы этот горизонт нужно назначать на 0,3 м ниже берега реки; при осушении под зерновые культуры — на 0,5 м. Для лесосплава горизонт средневысокой летней воды и близкой к ней послепаводковой также не должен выходить из берегов реки: древесина должна размещаться в русле реки.

Проектирование регулирования водоприемников

В схему мелиоративно-осушительной системы, кроме каналов, прорываемых по целинному грунту, входят ручьи, речки и реки, подлежащие регулированию как водоприемники.

В мелиоративных инструкциях и руководствах в значительной мере отражены требования по регулированию рек в целях улучшения условий судоходства по ним. Между тем земельная мелиорация, с одной стороны, и судоходство со сплавом — с другой, предъявляют к состоянию реки совершенно различные требования, в некоторой части противоположные.

Судоходство и сплав требуют длительного высокого стояния уровня воды в реке, поэтому транспортники очень осторожно подходят к работам по спрямлению русла реки: в спрямленной реке вода быстро спадает, русло мелеет, а это нежелательно для судоходства и сплава.

Транспортник обычно связывает с мелиорацией реки представление о подъеме воды в ней, а земельный мелиоратор разумеет под мелиорацией реки понижение в ней уровня воды. Для регулирования реки в различных сочетаниях производятся четыре операции или же на отдельных участках применяется лишь одна из них.

К основным операциям регулирования относятся спрямление существующего русла, углубление дна, уширение русла и сужение его, а к подсобным — удаление травяных зарослей, лесных завалов, камней, запруд и отдельных перемелов, вырубка кустарников и деревьев.

Регулирование реки, состоящее из работ на отдельных извилинах и участках реки, назовем выборочным регулированием. Регулирование же, производимое на сплошном протяжении реки или отдельных участках, не находящихся в сфере взаимного непосредственного влияния, назовем сплошным регулированием реки или ее участков.

Спрямление русла. При проектировании прежде всего выясняется положение участков спрямления русла реки-водоприемника, затем устанавливается проектная ширина реки, далее — места уширения и, наконец, места сужения русла.

В лесных районах водоотводная магистраль и регулированная речка обычно должны служить сплавными путями. Поэтому при проектировании работ возникает ряд противоречий. Основное заключается в том, что осушение земель требует быстрого спада весенней воды в водоприемнике, а сплав леса — продолжительной глубокой воды в реке.

Отсюда первое положение: при регулировании преимущественно с целью водоотвода русло реки должно быть спрямлено больше, чем при регулировании для лесосплава.



Рис. 70. Спрямления русла (*AB*, *CD* и *EF*—участки спрямлений)

При превалирующем значении сплава спрямления целесообразны лишь в двух случаях: 1) когда русло реки при недостаточной ширине делает настолько крутой поворот, что проход плотов в этом месте затруднен и образуются заторы при молевом сплаве; 2) в тех местах, где часть паводка в период сплава выходит из русла и течет по кратчайшему пути, переливаясь через низменный перешеек (рис. 70). В этих условиях часть воды, текущая через перешеек (пронос), обгоняет сплавляемый материал и теряется как движущая сила. Так как сплавной период невелик, надо или заградить движение воды по кратчайшему пути через перешеек, или сделать здесь прокоп, по которому древесина пошла бы кратчайшим же путем без задержки.

Спрямления русла значительно ускоряют сток воды. Если, например, длина русла уменьшается с 60 до 40 км, то уклон увеличивается в 1,5 раза, например с 0,0001 до 0,00015; скорость же течения увеличивается пропорционально $\sqrt{I}$, т. е. в 1,2 раза. Положим, скорость увеличилась с 0,4 м до 0,5 м. При этих условиях частица воды пройдет путь по всей реке до устройства спрямления в течение:

$$t_1 = \frac{60\,000}{0{,}4} = 150\,000 \text{ сек.}$$

а после спрямления:

$$t_2 = \frac{40\,000}{0{,}5} = 80\,000 \text{ сек.}$$

Экономия времени получается почти двойная. Но так как коэфициент шероховатости русла при регулировании реки резко уменьшается, то время прохода воды по регулированному руслу уменьшится в рассматриваемом примере более чем в два раза.

Для лесосплава такое изменение режима реки благоприятно лишь при безукоризненной организации самого сплава. Если же в движении лесоматериала произойдут заминки, то быстрый сток воды по реке вызовет обсыхание сплавляемого материала.

Сток воды по регулированной реке происходит с большими колебаниями расходов, чем до регулирования. Вся масса ливневой воды будет проходить в короткое время, вызывая увеличенный паводок в низовьях реки, если низовья не подготовлены к изменившемуся режиму верхней части реки вследствие ее регулирования.

Чтобы в русле не отлагался ил, необходима скорость не менее 0,4 м/сек.

В засушливое летнее время скорость воды в регулированных реках приближается к нулю, поэтому нет возможности проектировать такое водоотводящее русло, в котором скорость воды всегда была бы более 0,4 м. В связи с этим предельно низкую скорость следует проектировать для такого расхода воды, при котором вода несет значительное количество мути. Этот расход соответствует весенним паводкам и высоким летним водам.

Необходимое условие для проектирования—создать такой уклон и подобрать такое сечение русла, чтобы высокие летние воды имели скорость более 0,4 м и в то же время по возможности безопасную для размывания грунта. Если такая скорость может быть создана не спрямлением русла реки, а углублением или уширением его, то спрямления проектируются лишь в отдельных, особо извилистых местах. Если же уклоны естественного русла настолько малы, что и в расчищенном состоянии река все же не может пропускать высокую летнюю воду со скоростью 0,4 м, необходимо произвести спрямление русла и добиться требуемой скорости.

Перед проектированием спрямлений русла нужно определить путем наблюдения действительные скорости высоких летних вод или вычислить скорости, выяснив величину расхода и живое сечение этих вод. Если скорости окажутся меньше требуемых, следует увеличить уклон. Положим, что Q — расход высоких летних вод по рассматриваемой реке — равен 1 м³, h — глубина потока — 1 м, m — ординарное заложение откоса, v — скорость течения не менее 0,4 м. На основании этих данных можно вычислить, что ширина регулирования реки по дну должна быть 1,5 м и уклон 0,0003. Если такого уклона нет, наряду с углублением и уширением необходимо спрямление русла. Если, например, при приведенных данных существующий уклон по реке лишь 0,0002, то, чтобы создать уклон 0,0003, необходимо укоротить существующие русла на 33% его длины в естественном состоянии.

Таким образом, из двух одинаковых извилин одна, находящаяся на участке с малым уклоном, должна быть спрямлена, а другая, находящаяся на участке с большим уклоном, — остаться без спрямления.

Если уклон русла настолько велик, что спрямление его создало бы недопустимо большие скорости и влекущие силы высоких вод, то спрямления для лесосплава нужно делать лишь там, где малый радиус извилины затрудняет проход леса, а при регулировании реки в водоотводных целях — лишь там, где берега извилин сильно подмываются и грозят обвалом.

Таковы общие соображения. В каждом же отдельном случае при назначении спрямления следует сопоставлять стоимость работы по существующему руслу и по спрямлению. При этом стоимость выемки 1 м³ земли по руслу расценивается при работе вручную в 1,5 — 2 раза больше, чем по целине, и в 1,25 — 1,5 раза больше, чем при работе машиной.

Если стоимость работы по спрямлению меньше или равна стоимости работы по расчистке русла реки и работа будет производиться на участке реки с малым уклоном, спрямление вполне обосновано.

Нельзя упускать из вида, что спрямление иногда отрезает участок земли от всей остальной площади эксплоатации.

План и радиус закруглений. Естественное русло реки имеет прямолинейное направление лишь на участках перехода от одной извилины к другой. Прямолинейность русла на большом протяжении вызывается особыми причинами. Обычно в таких случаях русло реки прижато к краю долины вдоль трудно размываемых коренных берегов долины.

Закругление по дуге круга также не соответствует естественному направлению динамической оси водного потока. Сопряжение двух прямолинейных участков русла, сделанное по дуге круга, претерпевает значительную деформацию, принимая с течением времени более сложное очертание. Поэтому укрепление откосов русла на повороте реки по окружности, как и укрепление по прямолинейному направлению, неизбежно.

Для назначения радиуса закруглений с целью получения устойчивых поворотов речного русла следует собрать плановый материал по существующим закруглениям в различных грунтах и найти связь между устойчивыми наблюденными формами закруглений и их радиусами. Поэтому отдельные перекопы должны быть сделаны по кривым линиям в виде вставок, подобных естественным устойчивым участкам. Радиус кривизны (см. рис. 70) обращен то в сторону берега долины (прокоп AB), то в сторону существующего русла (прокоп CD). Лишь в местах, где новое русло можно рассматривать как переходный

прямолинейный участок между двумя извилинами, прокоп может быть сделан по прямой линии (*EF*), так как и в природе между двумя поворотами противоположного направления имеется обычно прямолинейный участок.

Однако форма естественной кривизны речного русла не изучена, поэтому все короткие прокопы (прорези) делаются обычно прямыми, и откосы их принимают на себя размывающее действие водного потока.

При проектировании закруглений на речных прокопах и магистральных каналах в целинном грунте необходимо установить величину радиуса закругления. Он должен быть по возможности такой величины, чтобы дно и откосы канала на закруглении не размывались водой, а сплавляемый лес проходил свободно по закруглению.

Величина радиуса закругления, при которой грунт на закруглении не будет размываться, может быть выражена сложными и в то же время условными формулами, приводимыми в специальных трудах.

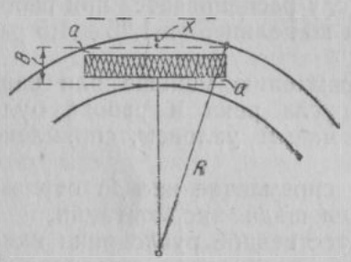


Рис. 71. Радиус закругления

Величина радиуса закругления, обеспечивающая проход сплавляемого леса, зависит от ширины потока и размеров сплавляемого материала (рис. 71).

Положим, что ширина потока на прямолинейном участке $B=3$ м, ширина пускаемых плотов $b=2$ м, ширина необходимых зазоров между плотом и берегами с каждой стороны $a=0{,}5$ м, длина плотов $l=10$ м, радиус оси закругления r, радиус внешнего берега закругления R.

Из рис. 71 видно, что для прохода плота с сохранением зазоров a по закруглению необходимо уширить русло на величину x м. Величина уширения выводится следующим образом[1].

Радиус кривизны R внешнего берега равен радиусу r кривизны оси русла плюс половина ширины русла на закруглении:

$$R=r+\frac{b+a+a+x}{2}$$

Из прямоугольного треугольника:

$$R^2=\left(\frac{l}{2}\right)^2+\left(R-x\right)^2$$

Подставляя сюда значения R, имеем:

$$\left(r+\frac{b+2a+x}{2}\right)^2=\frac{l^2}{4}+\left(r+\frac{b+2a+x}{2}-x\right)^2;$$

[1] Геометрическая выкладка принадлежит бывш. сотруднику Научно-мелиорационного института И. Г. Арыкину.

отсюда получается величина уширения:

$$x=\frac{l^2}{8r+4\,(b+2a)} \qquad (1)$$

или величина радиуса закругления оси потока при имеющемся запасе x в ширине потока:

$$r=\frac{l^2-4\,(b+2a)\cdot x}{8x} \qquad (2)$$

Например, если $l=10$ м, $b=2$ м, $a=0{,}5$ м, $r=7{,}2$ м, то необходимое уширение x на повороте должно быть по формуле (1) равно 1,43 м.

Если $l=10$ м, $b=1{,}5$ м, $a=0{,}5$ м, существующая ширина потока 3 м, т. е. уже имеется запас ширины на прямолинейном участке в 0,5 м и дополнительного уширения канала на повороте делать не предполагается, то по формуле (2) допустимый $r=23{,}75$ м.

На закруглении бревно по инерции продолжает на некотором расстоянии двигаться прямолинейно, поэтому при малой ширине потока ударяется о наружный откос канала. Это движение по инерции не учитывается геометрически выведенной формулой, и вычисляемый по формуле радиус закругления следует увеличивать примерно вдвое.

Ширина спрямлений на прямолинейных участках при сплошном регулировании реки определяется общим гидравлическим расчетом ширины реки по дну и по верху, так как спрямление в этом случае должно быть однородным на всем протяжении русла реки.

Глубина регулирования. Если имеется продольный профиль реки, вычерченный по данным изысканий и намеченным спрямлениям, с нанесением положения существующего дна и берегов, показанием глубины отложений ила и песка, намечают положение проектного дна, исходя из следующих соображений.

1. Высотное положение продольного профиля дна реки должно быть по возможности таким, чтобы не приходилось производить глубоких и сплошных выемок в минеральном грунте. Следует стремиться лишь исправить дно реки, производя выемку на мелких местах и создавая таким образом линию проектного дна выше положения существующего минерального дна глубоких мест реки.

Этого правила следует особенно придерживаться, если дно образовано песчаным наносом, так как нарушение песчаного дна требует одновременного укрепления откосов выемки и поэтому связано с большими затратами.

Наоборот, торфяное дно реки, заросшее тростниками и другими водными растениями с развитыми корнями и корневищами, желательно углубить на всем заросшем протяжении и вынуть грунт ниже горизонта прорастания корневищ.

Срезка стеблей водных растений у самого дна реки дает лишь временное, на один сезон, понижение горизонта воды, очень полезное для производства земляных работ выше по течению, но не являющееся само по себе коренной мелиорацией реки.

2. Положение проектного дна реки согласуется с проектным дном вводимых в реку магистральных каналов; дно каналов должно быть на 10—20 см ниже среднелетнего горизонта воды в реке по соображениям, указанным в главе о каналах. Вопрос о глубине водоотводных каналов и проектной глубине реки-водоприемника решается комплексно ввиду взаимного влияния этих величин.

3. Положение проектного дна реки определяется необходимой глубиной и сочетается с ширинами по дну. Для предвидимого расхода воды можно спроектировать широкое дно и малую глубину или узкое дно и большую глубину. Например: расход воды в 10 м³ при $I = 0{,}0004$, одинарном заложении откоса и коэфициенте шероховатости русла $n = 0{,}030$ пройдет через сечения глубиной 1 м и шириной по дну 15 м, глубиной 2 м и шириной по дну 4,37 м, глубиной 3 м и шириной по дну 1,2 м.

При выборе соотношения между шириной и глубиной потока нужно учитывать следующие условия:

а) при осушении лесных пространств и естественных сенокосов горизонт высоких летних вод реки-водоприемника должен быть на 0,2 м ниже поверхности земли;

б) средний летний горизонт должен быть не ближе 0,5 м от поверхности русла;

в) глубина средних летних вод должна быть достаточной для сплава (если он предвидится).

Наименьшая глубина потока для сплава определяется величинами, приведенными в табл. 41[1].

Таблица 41

Род сплава	Глубина осадки в м	Донный запас в м	Вся глубина в м
Моль (россыпь)	0,2 — 0,35	0,20	0,45
Плот однорядный	0,35 — 0,45	0,20	0,60
„ двухрядный	0,50 — 0,70	0,32	0,90
„ трехрядный	0,70 — 0,86	0,32 — 0,43	1,20

4. Для жизни дерева и луговых трав желательна возможно меньшая амплитуда колебания уровня воды в русле, достигаемая увеличением ширины русла за счет глубины его без увеличения

[1] Применительно к данным Пермякова, „Мелиорация рек в целях улучшения лесосплава", 1924.

крайних пределов глубин; чем шире и мельче русло, тем меньше амплитуда колебаний уровня воды.

Для сплава леса, наоборот, желательно увеличение глубины русла, не выходя за пределы минимальной ширины, необходимой для прохода плотов. При узком и глубоком русле водный поток дольше сохраняет достаточную для сплава глубину. Приводимое соображение особенно важно в том случае, когда сплав необходим в летнее время.

Сообщение на лодках требует создания глубокого водного потока.

5. Уклон дна должен быть по возможности одинаков на больших протяжениях. Это создает равномерное движение воды в русле, устраняющее размывание дна на одних участках реки и отложение наносов на других.

Если одинаковый уклон на всем протяжении регулируемой реки выдержать нельзя, то его нужно изменять в таком направлении, чтобы скорость воды не уменьшалась ниже по течению. Достигается это различными сочетаниями уклона, глубины и ширины потока.

Глубины прокопов при выборочном регулировании реки. При выборочном регулировании, когда один прокоп гидравлически не связан с другим, высотное положение дна назначается для каждого участка отдельно. Глубина и ширина спрямлений отдельных участков при сплошном регулировании реки зависят от общего положения проектного дна всей реки, и отметки дна спрямления отдельных участков вычисляются, исходя из общего проектного профиля реки.

Вообще говоря, глубина должна быть такой, чтобы прокоп мог служить новым руслом реки, по которому проходил бы весь расход реки.

При регулировании реки для улучшения условий лесосплава были проведены опыты устройства прокопов с дном, расположенным выше дна реки, так как сплав производится в большую воду, когда и на прокопе создается достаточная глубина даже при приподнятом дне. Учитывается также то, что приподнятое дно прокопа будет размыто весенней водой до полной глубины, т. е. работа будет доделана водой. Однако эти соображения не оправдались, так как промытое русло при этом получает неправильную форму, а вымытый грунт, отлагаясь ниже по реке, может вызвать заносы.

Сужение русла реки. Ширина по дну, глубина и заложение откосов проектного русла реки определяют ширину его. Там, где существующее русло уже, его соответственно уширяют.

Существующая ширина реки колеблется в больших пределах, и наряду с участками, требующими уширения, имеются плесы значительно более широкие, чем проектная ширина водотока.

Законченное регулирование реки требует такого состояния русла, при котором устанавливается равномерное движение воды. Для этого русло должно иметь одинаковую ширину и глубину с увеличением их лишь по мере увеличения расхода воды.

Однако создать одинаковую глубину русла реки мелиоратору не удается, так как засыпать глубокие плесы, чтобы поднять их дно до проектного профиля по всей реке, невозможно. Правильное положение дна реки по проектному профилю создается лишь в тех случаях, когда дно реки мелкое и углубляется на всем его протяжении, при глубоких же плесах эти места остаются более глубокими и после регулировочных работ.

Если приходится отказываться от глубины реки строго по проектному профилю дна, отпадает иногда необходимость строго выдерживать проектную ширину русла.

Если широкий плес имеет значительную глубину и незарастающее дно, то в таких местах суживать русло нет необходимости. Наоборот, такие места, переходящие в озера, дают экономию в уклоне, смягчают паводки, являются осадочными бассейнами, т. е. даже желательны для земельного мелиоратора.

Если, например, проектное русло реки имеет глубину 1,5 м, ширину дна 2 м, откосы 1:1, уклон 0,0004, шероховатость 0,030, то оно пропускает воды 3,45 м³ при скорости $v = 0{,}66$ м/сек. Сечение же глубиной в 3 м и шириной по дну в 10 м пропустит тот же расход воды при уклоне лишь в 0,000027 и скорости 0,115 м/сек.

Если длина такого плеса равна 1 000 м, то уменьшение величины уклона даст на этом протяжении меньшее падение на:

$$H = (0{,}0004 - 0{,}000027) \cdot 1\,000 = 0{,}373 \text{ м}.$$

Часть этой экономии пойдет на увеличение скорости потока при выходе из плеса в канал от 0,115 до 0,66 м.

Потеря напора при этом равна:

$$h = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{0{,}66^2 - 0{,}115^2}{19{,}6} = 0{,}02 \text{ м}.$$

Приняв во внимание увеличение потери от шероховатости русла и пр., примем сумму потерь $2h = 0{,}04$ м. Тогда чистая экономия в падении (напоре) при проходе через плес указанных выше размеров составит 0,373—0,04 = 0,333 м.

Такая экономия при очень малых падениях болотных рек имеет достаточное практическое значение.

Смягчение паводков плесами также имеет значение. По правильно отрегулированному руслу волна ливневых вод приобретает значительную скорость и вызывает в нижнем течении реки, особенно в месте, где окончились регулировочные работы, большой паводок. Плесы же играют роль озер и являются запасными резервуарами, чем смягчают подъем воды в реке.

Значение глубоких плесов как илоосадочных бассейнов неясно.

Несомненно, что вследствие уменьшения скорости течения при входе воды в плес взмученные частицы земли должны оседать. Однако, если бы это явление действительно было так просто, то все плесы были бы уже занесены илом. Между тем такого естественного заиления плесов по действующему руслу не происходит, и они сохраняют свою ширину и глубину продолжительное время. Следовательно, есть естественные условия для их образования и сохранения. Помимо неясных в этом деле причин, можно указать в отдельных случаях на работу весенних вод. В некоторых случаях можно заметить связь между шириной русла реки и шириной весеннего потока воды в долине: широкому и глубокому руслу реки, т. е. плесу, соответствует узкое место речной долины; наоборот, узкое мелкое русло проходит по широкой части долины. В широком месте долины весенняя вода имеет умеренную скорость и не размывает летнего русла реки. В узком месте долины весенняя вода развивает большую скорость и размывает летнее русло речки, образуя плес.

Летом плес постепенно заиляется, но каждую весну вновь размывается мощным потоком.

Совершенно ясно, что в таких естественных условиях ошибочно стараться придать всему руслу реки одинаковую ширину. Весенняя вода вновь размоет выравненное русло.

Если широкий плес имеет малую глубину, илистое дно или более того — дно, зарастающее водными растениями, то вполне целесообразно произвести искусственное сужение такого плеса реки до проектных размеров.

Создать незаиляющееся и незарастающее русло через мелкий широкий плес можно только устройством водостеснительных сооружений, которые направляли бы водный поток по руслу в пределах проектной ширины. Избыточная часть ширины естественного русла должна быть засыпана грунтом или обращена в илоотстойник, заносимый осаждающимся илом в течение нескольких лет.

Типы водостеснительных устройств. Типы водостеснительных сооружений зависят от проектной и существующей ширины и глубины речного русла. Существующее русло может быть по сравнению с проектным очень широким и мелким или очень широким и глубоким; русло может быть лишь немногим шире проектного и при этом мелким или глубоким.

При русле первого рода, т. е. широком и мелком, требующем поэтому по проектной трассе значительного сужения и углубления, целесообразно заключить проектный поток в высокие продольные дамбы, образуемые продольными плетневыми забо-

рами. Вынимаемый при этом грунт засыпают за забор и плетень. Так как русла требуют углубления, то земли для засыпки достаточно.

Дамбы в этом случае целесообразно делать такой высоты, чтобы между ними вмещались и высокие летние воды (рис. 72).

Такой тип дамб устроен в 1928 и 1929 гг. на р. Оресссе, возле селения Нижин в Белоруссии. В пояснительной записке к произведенному регулированию этот тип сооружения описывается следующим образом.

„Одиночный плетневый забор с затяжкой проволокой к кольям в сторону берега через каждые 2 м и с засыпкой за плетень вынутого землечерпалками грунта с плотной его утрамбовкой.

Плетень высотой 1,5 м состоит из ряда кольев, забитых на расстоянии 0,33 мм один от другого, оплетенных упругой лозой, плотно сбиваемой чекухой. Диаметр кольев 6—8 см, глубина забивки 1,5—2 м. Оплетенная лоза дала молодые побеги, и исполненный таким образом в прошлом 1928 г. искусственный берег держится, не имея ни одного изъяна".

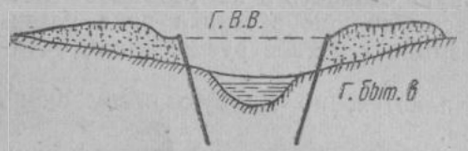


Рис. 72. Сужение русла

Материалом для кольев служила ольха, растущая вдоль реки. Лучшим материалом была бы сосна.

Насыпанный вал создает удобнейший путь сообщения вдоль реки и, кроме того, может быть использован для посева травы, посадки картофеля и пр.

Такое сужение реки создает идеальные условия для сплава леса, так как весенние воды или совсем не затопляют насыпанных валов, или покрывают их лишь на короткое время. Река течет в искусственных высоких берегах.

При проходе через селение в теле этого искусственного берега сделаны просветы для подъезда, остановки лодок и водопоя у самой улицы селения.

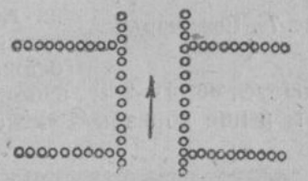
При широком, требующем сужения, но почти не нуждающемся в углублении естественном русле необходим иной тип выправительных сооружений. В этом случае производитель работ не получит со дна реки достаточного количества земли и не сможет создать высоких продольных дамб в виде искусственных берегов. Он должен ограничиться сужением потока лишь меженных вод (рис. 73), придав ему такую проектную ширину, при которой достигалась бы равномерная и принятая в проекте минимальная скорость. Высокие же летние воды, тем более весенние, не могут быть при таких условиях заключены в новое русло. Типом сузительных устройств в этом случае является низкий продольный плетень с каждой стороны проектного потока с поперечными плетнями, траверсами, направленными к пологим берегам (рис. 74). В проекте регулирования р. Оресссы этот тип устройств описывается следующим образом.

„Продольные одиночные плетневые линии (вместо продольных дамб) с траверсами к берегу из одиночных плетней; траверсы врезываются в берег на 1—2 м с целью предотвращения обхода водой продольных линий.

Как продольные плетни, так и траверсы состоят из ряда кольев через 0,33 м, заплетенных хорошей упругой лозой, сбиваемой плотно чекухой. Продольные плетни через каждые 2 м укреплены проволочными затяжками к вбитым отдельным свайкам. Плетни возвышаются над уровнем меженной воды на 0,2—0,4 м, высокая летняя вода и весенние воды идут выше плетней. Рас-



Рис. 73. Сужение русла ниже горизонта высокой воды (ГВВ)


Рис. 74. Сужение русла с применением поперечных заграждений

стояние между продольными линиями равно ширине по верху проектной трассы, расстояние между траверсами — 50 м.

За продольные плетни набрасывается земля, вынимаемая из углубляемого русла. Так как этой земли недостаточно, то все пространство между плетнями и берегом постепенно заполняется взмученными частями грунта, осаждающимися из весенней и летней паводковой воды".

Горизонт воды при ледоходе должен быть выше плетней. Сплав леса при таких низких водостеснительных устройствах проходит в худших условиях: плоты могут задевать за плетни, останавливаясь при этом и повреждая их.

При устройстве низких плетней труднее всего решить вопрос о том, на какую высоту поднимать их над средним летним уровнем воды. Обычно указывается, что головки кольев должны быть на 0,2—0,4 м выше среднелетнего горизонта воды. К этому добавляется, что горизонт ледохода должен быть выше головок, чтобы их не снесло льдом. Зимой плетни и свайки прочно схватываются льдом, и при подъеме воды в реке все сооружение может быть вытащено поднимающимся льдом.

Поэтому, чем ниже плетни, тем лучше предохранены они от вытаскивания льдом. Допускается устройство плетня на одном уровне со среднелетними горизонтами воды или даже ниже их.

При полузапрудах из однорядных плетней от берега к середине реки устраиваются однорядные плетневые заборы. Конец плетня на берегу называется корнем полузапруды, конец в реке головой ее. Головы должны приходиться одна против другой. Расстояние между плетнями в курсах гидротехники рекомендуется принимать на малых реках равными ширине образуемого потока или несколько больше (рис. 75 и 76).

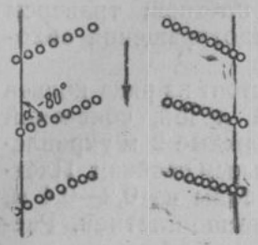
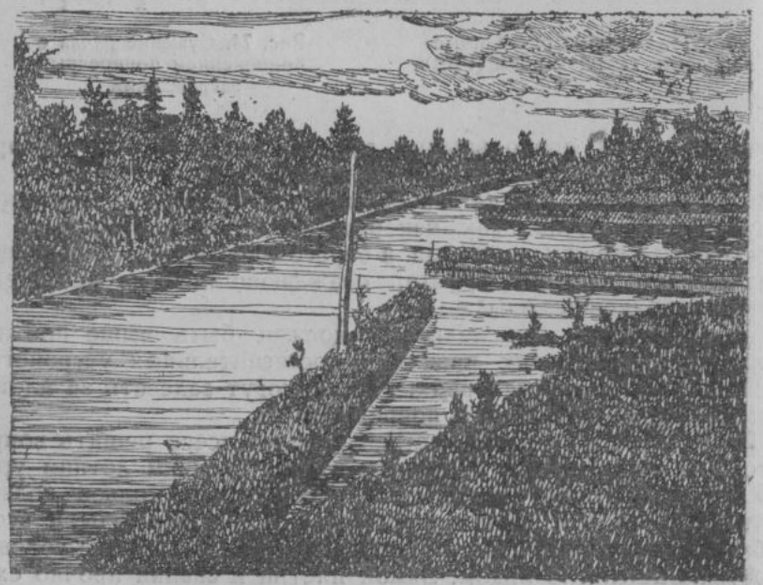


Рис. 75. Полузапруды (схема)

Плетневый забор состоит из ольховых кольев: в головной части полузапруды диаметром 10—12 см, в остальной части в 6—8 см. Колья забиваются через 0,33 м, на глубину 1,5—2 м. Оплетение производится ивовым хворостом при плотном осаживании колотушками. Корень плетня врезается на 1—2 м в берег. Высота плетня делается на 0,2—0,4 м выше горизонта меженных вод, в то же время она должна

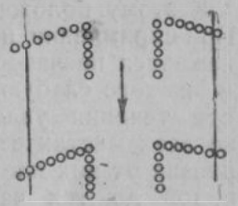

Рис. 76. Общий вид полузапруд

быть ниже горизонта ледохода. В середине реки оставляется свободное пространство, равное расчетной ширине русла на соответствующем горизонте.

Линии плетней рекомендуется направлять под острым углом к берегу (80°) против течения воды (см. рис. 75). Гидротехники-исследователи полагают, что при таком направлении пространства между плетнями лучше заиляются.

При полузапрудах из однорядных плетней со шпорами должны быть устроены продольные по течению реки плетни-шпоры (рис. 77). Направление поперечных плетней и шпор может быть и против течения и по течению. При устройстве шпор можно увеличить расстояние между полузапрудами и предупредить образование водоворотов позади головы полузапруды. Количество строительных материалов то же, что и при простых полузапрудах; стоимость исчисляется аналогично.

Полузапруда из двурядных плетней состоит из двух параллельных плетневых заборов (буны), вертикальных или наклоненных внутрь. Пространство между заборами шириной в 1—2 м плотно забивается грунтом, вынимаемым из русла реки.


Рис. 77. Полузапруда со шпорами

Материалом для плетней служат 6—8-сантиметровые колья, забиваемые в грунт на глубину 1,5—2 м или доотказа, если грунт твердый. Сверху, через каждые 2 м, плетни стягиваются поперечными затяжками из 10-сантиметрового жердняка или из такого же плетня. Оплетение производится свежесрубленной лозой, особенно верхних венцов плетней, чтобы они дали отростки.

Направление дамб относительно течения воды то же, что и однорядных плетней. Головная часть дамб делается из оплетения по свайкам диаметром 12 см и имеет иногда форму круглого расширения, забитого камнем, дерном и торфом. Существенно важно, чтобы плетение было возможно плотным.

Голова буны делается на 20—40 см выше меженных вод; гребень бун должен иметь слабый подъем к берегу, корень буны запускается в берег.

Из описанных основных типов полузапруд в виде плетней и бун возможны различные сочетания. Например, буны вперемежку с плетнями; буны можно снабжать плетневыми шпорами, устраивают также фашинные буны. В малую и большую воду, когда вода ниже или выше гребня буны, непосредственно за головой ее грунт вымывается, а несколько далее происходит отложение наноса. Чем больше скорость, тем длиннее раковина вымыва и тем большая возможность подмыва головы буны снизу. Поэтому в рыхлом грунте при прочных устройствах рекомендуется делать голову буны на хворостяном тюфяке или шпору, примыкающую к голове буны, вдоль по течению.

Сложные конструкции головной части бун и прочные донные тюфяки не применяются в практике регулирования рек для земельной мелиорации.

Перемычки. К регулирующим сооружениям относятся также перемычки-плотины, устраиваемые в местах отхода спрямления от русла, в местах подхода спрямления к руслу и в местах пересечения русла реки спрямляющим каналом.

При спрямлении извилины необходимо, чтобы русло реки в месте отхода от него спрямляющего канала было перегорожено глухой перемычкой, плотиной, состоящей из двух рядов плетня с забивкой грунта между ними. Обычно рекомендуется и вторая перемычка в низовой части извилины, где спрямляющий канал входит в существующее русло. Целесообразность указанных перемычек мотивируется необходимостью направить всю воду по каналу, чтобы создать равномерное движение по всей регулированной реке.

К этому положению следует внести существенную поправку. При спрямлении и углублении реки-водоприемника обычно обнажается песчаное дно. Частицы песка и ила при этом теряют и без того слабую между собой связь и при увеличении скорости течения увлекаются водой. Если регулированная речка во всех местах отхода и подхода спрямленных извилин изолирована от них плетнями, то взмученный песок и ил увлекаются водой до тех частей профиля реки, где уклон становится меньше, и в этих частях отлагаются, заполняя русло. Если же уклон речки на всем ее протяжении выдержан так, что скорость течения не уменьшается, то весь взмученный песок и ил выносятся в русло той большой реки, в которую впадает регулированная речка. В этом случае устье регулированной речки и русло главной реки заполняются отложениями, которые закупоривают устье речки и затрудняют движение по главной реке.

Возникает вопрос, нет ли возможности заставить взмученный ил и песок отлагаться в таких местах, где скопления отложений не вызывают ущерба. Оказывается, что такими местами могут быть извилины русла речки, которые исключены спрямлениями из линии водотока и обречены на зарастание.

Если движущаяся по регулированному руслу вода может заходить в отсеченную спрямлениями петлю, ставшую староречьем, и медленно двигаться по нему, то староречье обращается в отстойный бассейн. Наносы отлагаются в отсеченном русле столь энергично, что за одну весну голова его, отходящая от спрямляющего канала, может оказаться совершенно забитой песком.

Такое явление наблюдалось, например, на речке Бродне, притоке р. Березины, в Борисовском районе. За одну весну 1928 г. песком были забиты все не заделанные осенью 1927 г. отходы естественного русла р. Бродни от спрямляющих каналов. Следовательно, отпал расход на устройство искусственных перемычек и, кроме того, значительный объем песка задержался в отстойниках вместо того, чтобы быть вынесенным к устью р. Бродни и в самую Березину.

Для заиления отсеченного русла необходимо, чтобы по отсеченным петлям естественного русла шла незначительная часть всего расхода воды, т. е. движение воды по петле не уменьшало заметно скорости течения в спрямляющем канале. Если это условие не выдержано, наносы отложатся и в самом спрямляющем канале, что, конечно, недопустимо.

Чтобы предупредить значительное движение воды по отсеченной петле, следует поставить на ней перемычку из однорядного плетня без присыпки землей. Эту перемычку следует поставить не в голове петли, а в ее середине или даже в хвосте, но так, чтобы подпор от нее распространялся на всю верхнюю часть петли.

При таком положении вода будет итти по извилине медленно извилина обратится в хороший отстойник. Однако нет еще достаточных наблюдений, чтобы считать такой род плетневых перемычек типовым и всегда применимым.

Пересечения каналов существующего русла реки защищаются обычно плетнями с прорезями для стока воды из староречья в канал; плетни — того же типа, что и при устройстве сужения русла в плесах.

После регулирования реки скорость течения высоких вод увеличивается, и берега реки, бывшие устойчивыми на не тронутых работой поворотах, могут подвергнуться подмыву; русло начинает разрушаться там, где до регулирования реки оно было устойчивым. Поэтому внешний, вогнутый берег поворота реки, если он нависает над водой, следует срезать, не ожидая, чтобы он обрушился при усиленном подмыве берега.

Вспомогательные работы при регулировании водоприемников. Причинами высокого стояния уровня воды в реке являются иногда густые заросли травы со дна реки, гати в виде хвороста, кочек, сена, плетневые запруды для задержания хода рыбы, завалы леса, вызывающие отложения наносов, накопление на дне затонувших при сплаве бревен и пр.

На удаление перечисленных препятствий проект работ обычно не составляется. Однако удаление из реки зарослей травы и посторонних предметов значительно сказывается на понижении уровня воды.

В следующем же году водная растительность вновь заполнит русло, и горизонт воды поднимется. Все же временно достигнутое понижение горизонта облегчит проводимую в том же году работу по регулированию вышележащей части реки.

Если причиной высокого уровня воды в некоторой мере были затонувшие при сплаве бревна и дрова, то очистка русла от этого топляка понижает уровень на более продолжительное время. То же и при удалении камней.

Вычисление объема земляных работ

Объем земляных работ вычисляется между каждой парой пикетов по формуле полусуммы площадей поперечных сечений (Винклера):

$$W = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot l.$$

Площади поперечных сечений на каждом пикете вычисляются как площади трапеций (полусумма ширины дна и ширины по верху, умноженная на глубину канавы):

$$F = \frac{b + B}{2} \cdot h.$$

Форма ведомости размеров канав и объема земляной выемки приведена в табл. 42.

Таблица 42

Осушительная канава № 25 и кварталах: 2, 5 и 7

№№ пикетов	Расстояние между пикетами в м	Глубина в м	Ширина в м		Площадь поперечного сечения в м²	Средняя площадь поперечного сечения в м²	Объем выемки м³
			по дну	по верху			
0/5	35	0,90	0,30	2,55	1,283	1,222	42,77
1		0,85	0,30	2,43	1,160		
2	60	0,87	0,30	2,48	1,209	1,185	71,10
						Всего . .	—

Примечание. Грунт — суглинок. Заложение откоса $m = 1^1/_4$

Указанный способ вычисления объема выемки математически неверен и дает несколько преувеличенный результат. Форма тела выемки между двумя пикетами именуется в геометрии призматоидом; точный объем его получается, если из величины $\frac{F_1+F_2}{2} \cdot l$ вычесть поправку: $\frac{(h_1-h_2)^2 \cdot m}{6} \cdot l$, где: h_1 — глубина на одном пикете, h_2 — глубина на другом пикете, l — расстояние между пикетами, m — заложение откосов. Но поправка эта настолько мала, что при подсчете количества работ ею пренебрегают. Например: при $h_1 = 0{,}8$ м, $h_2 = 0{,}9$ м, $l = 100$ м, $m = 1{,}0$ поправка равна всего 0,16 м³ на 100 м протяжения.

При прохождении проектируемой канавы по линии существующей старой канавы или по руслу речки объем земляных работ вычисляется как разность между проектируемым и существующим объемом. Площадь сечения существующей канавы плавных очертаний вычисляется как площадь параболы:

$$F = \frac{2}{3} \cdot B \cdot h,$$

где:

B — ширина по верху;

h — глубина.

При широкой мелкой канаве площадь сечения вычисляется как половина эллипса:

$$F = \frac{3}{4} \cdot B \cdot h.$$

Точное вычисление объема земляных работ и составление сметы на них возможны лишь после того, как линии канав, проектированные на плане лесонасаждений в горизонталях по почвенно-грунтовым и прочим изысканиям, будут протрассированы на месте, по ним будет разбит пикетаж, произведена нивелировка, вычерчены профили.

Для приближенного определения стоимости работ предварительное вычисление земляных работ производится по средним намеченным глубинам и по длинам канав.

Составление сметы на работы

Количество рабочих дней, потребных для производства работы, исчисляется по периодически выпускаемым сметным справочникам и единым нормам и расценкам на строительные работы[1].

При составлении сметы прежде всего нужно определить категорию грунта. В сметном справочнике даются категории грунтов, приведенные в табл. 43.

В смете на ручное рытье канав должны быть предусмотрены следующие работы:

1) вырубка и уборка леса на полосе под канал и берму;

2) корчевание и уборка леса на площади непосредственной земляной выемки;

3) выемка грунта из канавы с выбрасыванием на обе стороны или на одну сторону в случае устройства дороги;

---

[1] В 1936 г. выпущены:

1) „Сметный справочник для составления технических смет на строительные работы 1936 г.", Главстройпром; разработан в соответствии с постановлением СНК СССР и ЦК ВКП (б) от 11 февраля 1936 г.

2) „Единые нормы выработки и расценки на строительные работы на 1936 г. НКТП и НКПС," утвержденные постановлением СТО от 1 апреля 1936 г.

Таблица 43

Категория	Наименование грунтов	Способ разработки	Средний вес 1 м³ в плотном теле в кг
I	Пески, супеси, растительный грунт естественной плотности	Подборными и штыковыми лопатами	1500
II	Легкие и лёссовидные суглинки, чернозем, плотный растительный грунт с корнями, гравий мелкий	Лопатами с незначительным киркованием	1600
III	Жирная чистая глина, тяжелые суглинки, слежавшийся лес, галька (4 см).	Штыковой лопатой со сплошным киркованием	1750
IV	Тяжелая ломовая глина, сланцевая глина, галька (4 см), меловые породы	Лопатой, киркой, частично клином и молотом	1950
VII	Плывуны	Бадьями	1300

Примечание. Перечисленные в справочнике V и VI категории относятся к скальным.

4) очистка берм от вынутого из канавы грунта (ширина бермы принимается 1 м, допускается 0,75 м);

5) рытье с каждой стороны сточных воронок в канавы через 20 м по длине канавы;

6) планирование (выравнивание) дна и откосов канавы с выкидкой грунта.

В парковой зоне вынимаемая из канавы земля разбрасывается слоем толщиной в 20 см; берма при этом полностью очищается.

При работах в мокрых грунтах сметным справочником предусматривается прибавка к потребной рабочей силе: 12% в грунтах I и II категорий и 30% в грунтах III и IV категорий.

К основным расходам на рабочую силу и материалы добавляются расходы на технический надзор, по аппарату управления и др.

Приказом по Главному управлению лесоохраны и лесонасаждений от 8 сентября 1939 г. установлено—принимать при составлении смет по осушению, обводнению и борьбе с эрозией предельные нормы накладных расходов в размере 90% основной заработной платы рабочих, в том числе административно-хозяйственные расходы в размере 30%.

Пояснительная записка к проекту

Пояснительная записка распадается на три основных части:

1. Характеристика естественных условий района и непосредственно мелиорируемой площади:

а) положение площади относительно рек, селений, путей сообщения;

б) климат: осадки многолетние и за год изысканий; то же температуры;

в) рельеф поверхности, существующие водотоки;

г) общее описание леса и прочей площади; описание почв—геология.

д) грунтовые воды верхнего горизонта; ход заболачивания; гидрология водотока;

е) характеристика лесного фонда и эксплоатация его на подлежащей мелиорации площади.

В каждом из перечисленных пунктов излагаются способы и размеры производившихся исследований.

2. Описание проектируемой мелиорации и расчеты:

а) установление и обоснование целевой задачи мелиорации;

б) обоснование размещения осушительной сети и всех ее размеров;

в) гидравлические расчеты;

г) строительные расчеты (при сложности они выносятся в приложения);

д) размеры работ, потребная рабочая сила и стоимость (смета выносится из записки);

е) способ производства работ, очередность их исполнения.

3. Ожидаемые результаты мелиорации:

а) увеличение прироста древесины;

б) улучшение условий лесовозобновления;

в) ускорение срока выращивания специальных сортаментов;

г) улучшение условий первичного водного и сухопутного транспорта леса и др.

Кроме того, прилагаются постановления правительственных и общественных органов, касающиеся производства данной работы: журналы совещаний, отдельные распоряжения, согласования.

В крупных проектах некоторые разделы пояснительной записки выделяются в отдельные части, например инженерные расчеты мостов, шлюзов, материалы по экономической характеристике района, почвенно-ботанических исследований.

Отдельные части записки должны быть взаимно увязаны. Например, данные о расходах воды по исследованной реке за один год получают значение лишь в связи с выпавшими за этот год осадками, а данные об осадках, выпавших за год исследо-

ваний, имеют значение лишь при сопоставлении их со средними многолетними величинами по данному району или по ближайшему к нему.

На основании таких сопоставлений расходов воды, наблюденных всего за один год, могут вноситься поправки в формулы расчетного стока.

Почвенно-ботаническое описание мелиорируемой площади должно быть связано с уровнем грунтовых вод за год исследования. Уровень же грунтовых вод должен быть связан с осадками за год, а выпавшие в год исследования осадки следует сопоставить со средними многолетними.

Данные о ходе роста леса дают материалы для проектирования осушения лишь при сопоставлении их с уровнем грунтовых вод.

В некоторых проектах подобной увязки между разделами не имеется, и в таких случаях естественно-историческая часть обращается в неиспользуемый балласт.

Глава 7

ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Подготовка и разметка работ

Подготовка к работе. Земляные работы при осушении характерны сезонностью, трудоемкостью и антигигиеничностью (производятся в воде).

Это вызывает необходимость их механизации.

К настоящему времени полностью могут быть механизированы работы по регулированию рек-водоприемников. Почти полностью механизировано в СССР рытье осушительных канав на полевых землях; приходится лишь доделывать устья и исправлять дно. Для канавокопания в лесу при наличии корней и пней удовлетворительной машины производственного значения еще не имеется. В 1937—1940 гг. были произведены опыты механизированного канавокопания в Сиверском опытном леспромхозе.

Разметка работ на месте. Проектированные линии канав отмечаются основными пикетными вешками, укрепленными в местах пикетов, забитых при изысканиях и трассировке. На каждом пикете отмеривается в обе стороны по половине проектной ширины канавы. В этих боковых точках ставятся прочные боковые пикетные вешки с номером пикета и проектной глубиной выемки; от них откладывается затем ширина бермы 0,75 м. По линиям основных пикетных вешек ставятся промежуточные вехи на расстоянии 20 м одна от другой (применительно к расстояниям между будущими сточными воронками в канавы).

На местах поворота осушительных канав оставляются углы без вставки кривых поворота. На магистральных канавах, а при

сплаве и на всех канавах, на поворотах производится разбивка кривой по дуге окружности.

Обычно разбивку поворота на месте удобнее выполнять, предварительно сделав ее на чертеже. Вычертив в масштабе 1 : 500 пересечение направлений канала (рис. 78), делят геометрическим построением угол A между линиями пополам; находят на биссектрисе точку, расстояние от которой до линии канавы равно требуемому радиусу. Затем проводят радиус OC, вычерчивают циркулем дугу CDc, которая и будет линией канавы на повороте. Любое число точек дуги CDc можно перенести с плана на местность, если на местности имеется угол A, пользуясь отрезками Am и mn.

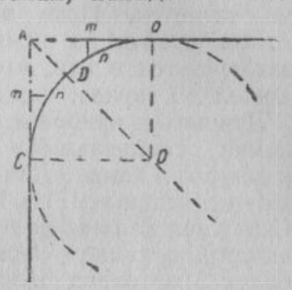


Рис. 78. Разбивка кривой

При большом числе закруглений и навыке разбивка кривых при любых радиусах и углах поворотов производится по специальным таблицам.

После установки пикетных и промежуточных вешек (производится после разбивки кривых) вырубается лес на полосе под канаву и под бермы. Затем производится „вынос пикетов“: против каждого занивелированного осевого пикета, отступая на 20 см за бровку будущей канавы, забивают на одной высоте с осевым пикетом контрольный кол, от которого будет отмериваться глубина канавы при производстве и проверке земляных работ. Высота головки контрольного кола устанавливается от осевого пикета по нивелиру, по уровню на рейке или ватерпасу.

Работы вручную

Очистка водоприемника. Перед рытьем канав прочищается водоприемник, если это требуется по его состоянию и предусмотрено проектом. Прочистка речки состоит в удалении из нее затонувших бревен, извлечении забитых кольев, хвороста, кочек, пней, камней, а также в удалении земли с отдельных перекатов и оправлении подмытых берегов.

Развившаяся на дне водная растительность удаляется вместе с корневищами и корнями. Если траву лишь скосить и прорезать лопатой ее корни и корневища, то в следующем году растительность вновь пышно разовьется.

Крупные камни могут быть удалены из русла лишь после раздробления. Простейший способ раздробления плоского камня заключается в разведении на нем костра и последующем обливании водой. Применяется также и взрывной способ. Для этого долотом с закаленным наконечником или сверлом в камне делается шпур (скважина) глубиной до 30 см, диаметром 2,5 см.

В шпур плотно вставляется пороховой патрон в виде самодельного картонного цилиндра с 100 г охотничьего пороха; в порох патрона опускается конец тонкой бумажной трубочки, также заполненной порохом до поверхности камня. Шпур забивается толченым кирпичом как можно плотнее. Верхний конец пороховой трубочки обкладывается жгутом пакли, и конец жгута поджигается. Пока он горит, имеется достаточно времени, чтобы отойти на нужное расстояние. Опасность этого способа заключается в том, что неизвестно, погас ли огонь или еще не дошел до заряда, так как пакля горит медленно.

Лучшим и наиболее безопасным способом считается взрывание камня специальными патронами аммонита, закладываемыми в шпуры в камне. Для взрывания патронов зажигают бикфордов шнур с капсюлем. На 1 м³ камня требуется 100 — 150 г аммонита. Скважина должна доходить до половины толщины камня. Число шпуров в камне — один или более[1]. Для камней объемом не более 5 м³ заряд может быть и наружный: аммонит кладется сверху камня и прикрывается дерном, камнем или же заряд кладется под камень. На 1 м³ камня при наружном заряде требуется 2 кг аммонита.

Затонувшие бревна извлекаются канатами и цепями, подводимыми под бревна рукой или вилкой.

Для удаления прочно сидящих на дне речки пней и карчей (часть ствола с корнем) под ними взрывают заряд аммонита, который подводят под карчу на шесте.

Устройство перемычек. При работах по руслу реки, производимых вручную, необходимо воду выше места производства работы задерживать предварительно в русле устройством поперечных перемычек (загаток).

При прохождении русла в плотном торфе или минеральном грунте с устойчивыми берегами обычным типом перемычки является земляная стенка между двумя рядами кольев (рис. 79). Поперек русла забивают два сплошных ряда кольев на расстоянии 1 — 1,5 м ряд от ряда; между кольями набивают торф или иной грунт, плотно его утрамбовывая. Чтобы ряды кольев при набивке между ними грунта не расходились, к ним с внешней стороны прижимают положенные поперек русла два бревна-лежня, хорошо закрепленные в концах свайками. Если русло реки широко и длина поперечного бревна недостаточна для перекидки с берега на берег, бревна подпирают подкосинами со дна реки. Такую прочную перемычку уместно устраивать в тех случаях, когда она может оставаться на месте несколько дней. Для спуска воды во время перерывов в работе роют обводную канаву, которую засыпают перед началом работ. Лучше, однако, находить для перемычки такие места, чтобы накопляющаяся в русле вода обходила места производства земляных работ не по проложенной канавке, а по естественной ложбине.

[1] Сведения взяты из книги В. Н. Аргутинского „Взрывные работы в лесной промышленности севера", 1934 г.

Описанный тип перемычки можно варьировать. Колья можно забивать не сплошным рядом, а с промежутками и оплетать хворостом (получаются два плетня вместо двух сплошных стенок кольев); в промежутки между кольями можно закладывать доски.

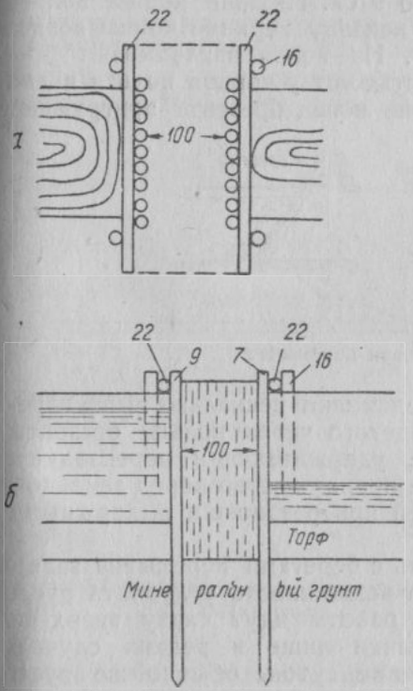


Рис. 79. Перемычка:
а — план; *б* — продольный разрез

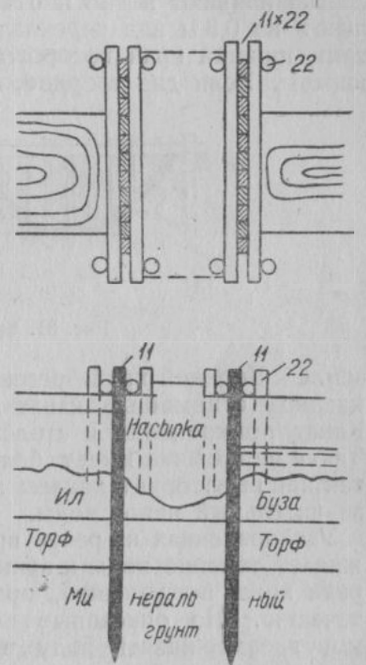


Рис. 80. Перемычка:
а — план; *б* — продольный разрез

На глубоком торфе, на речках с илистым жидким дном описанная перемычка на кольях может пропускать много воды, просачивающейся между кольями под перемычкой; при сильном напоре вода может образовать под перемычкой промоины и забить струями. Поэтому при таких условиях необходимо устраивать перемычку из вертикально забиваемых в грунт пластин, образующих сплошную, глубоко входящую в грунт дощатую стенку. Верхний конец стенки защемляется между двумя закрепленными поперек русла бревнами. Две таких стенки с забитой между ними землей создают прочную и трудно размываемую перемычку (рис. 80).

Лучшей считается брезентовая перемычка (рис. 81). Для устройства ее через канал перекидывают лежень — бревно толщиной 18 — 22 см; по обе стороны канавы вбивают с низовой стороны перекладины по одному столбику, для того чтобы она не сдвигалась под напором воды. Концы перекладины могут быть для этого погружены в землю. С верховой стороны к перекладине приставляются наклонно колья (спицы) во всю ширину канавы с промежутками между ними до 9 см. Нижние концы кольев слегка вбивают в дно и откосы канавы, верхние концы возвышают на 0,3 м над перекладиной. На колья накладывают брезент, нижний край которого втаптывают у концов кольев в дно канавы. Если дно твердое, нижний конец брезента пригружают

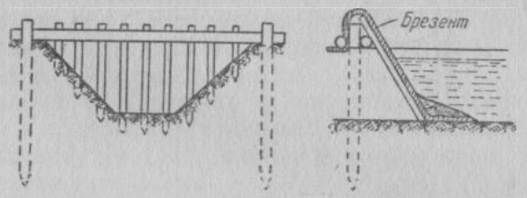


Рис. 81. Брезентовая перемычка

землей. Верхний край брезента поднимают несколько выше перекладины с помощью каната, продетого через кольца брезента. Канат прикрепляют к столбикам, удерживающим перекладину. Такая перемычка имеет большое преимущество перед земляной, так как не засоряет канавы землей при разборке и выдерживает значительный напор воды.

Установленная на речке вровень с берегами перемычка задерживает течение воды и этим дает возможность углублять русло реки ниже по течению, причем работы идут снизу вверх по течению. Но описанные перемычки лишь в редких случаях могут задерживать воду в течение суток; обычно же русло переполняется ранее, и накопившуюся воду приходится спускать по обводной канаве, что вызывает перерыв в земляных работах.

Кроме основной верховой перемычки одного из описанных типов, устраиваемой на расстоянии 1 — 3 км от места земляных работ и задерживающей воды в течение многих дней, ниже по регулируемой реке устраиваются облегченные вспомогательные перемычки. Они задерживают воду, набирающуюся в русле реки, и перемещаются изо дня в день по мере хода земляных работ по руслу реки.

Когда земляные работы подходят к основной перемычке, приходится за одну ночь спустить всю накопленную воду, чтобы утром не задержались работы. К этому же времени нужно устроить новую основную перемычку; ее следует делать выше подпора существующей перемычки.

Для основной перемычки важно выбрать место, обеспечивающее хороший отвод воды. В долине реки имеются понижения, идущие иногда на большом протяжении вдоль реки близ одного из берегов долины. Основную перемычку очень удобно расположить так, чтобы воду из реки можно было направить по вспомогательной канаве в такую пониженную часть долины, емкость которой позволила бы скоплять воду продолжительное время. Еще лучше, если вода может стекать по пониженной части долины или по староречью вновь в русло регулируемой реки ниже места работ (рис. 82).

При таком стоке создаются наилучшие условия для земляных работ по углублению реки. Если понижения долины и старые

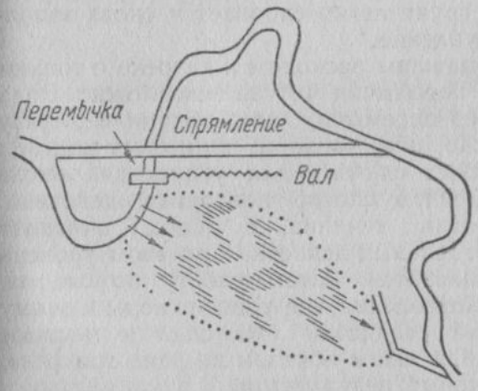


Рис. 82. Направление воды перемычкой по долине реки



Рис. 83. Направление воды перемычкой в другую реку

русла слабо выражены, можно иногда направить воду из реки по лугу, устроив продольную перемычку в виде земляного вала. Этот вал можно насыпать из земли, срезаемой с откосов уширяемой реки, или из специально прорываемой для этого продольной канавы.

Пуск воды в другую реку. В некоторых случаях воду из регулируемой реки можно направить временно в другую. Это практикуется на водораздельных болотах, когда из одного болотного массива вытекают в разные стороны две речки или если две речки при параллельном течении не имеют резко выраженного водораздела. Первый случай очень хорошо был использован в 1925 г. при работах по р. Усвиж-Бугу Оршанского округа (рис. 83). Примером второго случая служат работы по Найдо-Белевскому каналу в Мозырском округе, когда вода из канала направлялась в Припять по речке Утвохе.

Для углубления освобожденного от воды русла реки применяются те же приемы, что и при рытье новых каналов. Если существующее русло реки уже проектированного канала, производится соответствующая срезка берегов и вынимаемая со дна и с берегов земля отбрасывается на расстояние не менее 1 м от края канала. Если же существующее русло реки шире проектированного канала, то возникают затруднения с отброской земли. Приходится перемещать ее на тачках по катальным доскам за пределы существующего широкого русла или устраивать в русле плетень и забрасывать за него землю. Иногда вымываемый грунт бросают на лишнюю часть существующего русла, заравнивают его или образуют искусственный насыпной откос канала в пределах более широкого русла. Последний прием следует считать неправильным, так как илистый, торфяной и особенно песчаный грунт легко сползает и снова заполняет сделанное в реке углубление.

В узкой долине реки с большим расходом и на реке с топким дном устраивать надежные перемычки иногда невозможно. Вода быстро начинает итти через перемычку, или, обходя ее, сразу снова поступает в свое русло, или, наконец, промывает ход под перемычкой. В таких трудных случаях для углубления русла реки в воде нужно применять способ повторных действий. Рабочие, направляясь против течения, с лодок очищают русло от травы, карчей и отдельных наносов. При этом уровень воды в реке несколько понизится. Затем работу по очистке начинают снова в том же направлении, где уровень воды к этому времени от первоначальной расчистки уже спал и местами обнажились перекаты. Пройдя таким образом по реке три раза, достигают обычно значительных результатов.

Спрямление рек. Копку спрямления начинают от нижнего конца его, отступая метров на пять от русла реки, чтобы иметь естественную перемычку, защищающую от воды нижнего бьефа. Работы ведутся вверх по течению. Выемка в сухом минеральном грунте производится при таких условиях без затруднений обычными приемами земляных работ — на выкидку, со вторичной перекидкой или отвозкой земли тачками.

На некоторой глубине выемки появляется вода, которая начинает мешать работе. Воду удаляют из выемки чаще всего привязанным к веревке ведром.

Производительность одного человека при вычерпывании воды ведром на веревке зависит от высоты подъема. Нормами Госплана[1] она определяется следующими цифрами: при высоте подъема в 1 м; 2 м; 3 м; 4 м; 5 м требуется соответственно на 1 м³ воды 0,41; 0,55; 0,73; 0,89; 1,04 чел.-часа.

[1] Временный справочник для составления производственных смет на земляные работы. 1927.

Иногда для выкачивания воды из выемки устанавливают диафрагмовые насосы. Диафрагмовый насос требует на подъем 1 м³ воды следующее количество чел.-часов (по тем же данным Госплана), приведенное в табл. 44:

Таблица 44

Количество чел.-час на подъем 1 м³ воды

Высота подъема в м	При диаметре всасывающего рукава		
	50 мм	75 мм	100 мм
1,5	0,22	0,10	0,12
3	0,22	0,20	0,18
4	0,22	0,20	0,24
5	0,44	0,30	
7	0,44	0,40	

Как видно из приведенных цифр, работа на диафрагмовом насосе в два раза производительнее, чем при вычерпывании ведром. Если, однако, учесть стоимость приобретения, доставки, установки и передвижек насоса по болоту, то более практично при незначительном объеме мелиоративных работ вычерпывать воду ведром.

При наличии электроэнергии наилучшим подъемником воды из выемок является центробежный насос.

Спрямление в торфяном низменном месте при большом притоке грунтовой воды производится в два приема. Сначала роется спрямляющий канал на глубину до уровня грунтовой воды с оставлением в верхнем конце естественной перемычки. Вода из вырытого котлована будет стекать частично в русло реки. Через некоторое время уровень воды в выемке и уровень грунтовой воды в его районе спадет, и можно производить дальнейшее углубление спрямляющего канала.

При регулировании реки приходится обычно спрямлять не только отдельные дуги существующего русла, но и пересекать существующее русло новым, более глубоким каналом. В этих случаях необходимо в местах пересечения с руслом делать перемычки, а вдоль прорываемого канала устраивать вал для задержания воды.

Рытье новых каналов, начиная от расчищенного водоприемника по целинному торфяному болоту, не представляет затруднений в сухую погоду и требует особых приемов в мокрую. Когда лес на полосе под канал выкорчеван и вырублен на полосах под берму и кавальеры, начинают рыть канал по оси узкой канавкой для стока воды (рис. 84), называемой пионерной траншеей или осевым кюветом. Глубина и ширина кювета зависят от количества воды; обычно первоначальная ширина его

в очень топких местах делается в две лопаты, глубина—в один штык (35—45 см) или более. Кювет желательно заготовлять за несколько дней до начала основной выемки. За это время стечет верхняя вода, и торф в зыбучих местах осядет.

После этого можно расставить землекопов сразу на всем протяжении кювета по обеим его сторонам. При этом каждым двум или четырем землекопам отводится определенный участок канавы с объемом выемки примерно на один-два дня работы.



Рис. 84. Копка канав вручную

Работу производят уступами от оси канала к бровкам, наблюдая, чтобы не было перебора грунта на местах откосов.

При большом числе рабочих работа ведется так, что в то время как нижняя партия доводит канал до полной глубины, средняя партия доходит только до половинной глубины, а верхняя партия продолжает кювет.

Землю выбрасывают по обе стороны канавы на расстояние не менее 1 м, что иногда достигается только при двойной перекидке (рис. 85).

Если канал узкий или с одной стороны канала ожидается приток поверхностной или грунтовой воды, траншею роют не по середине канала, а отступя к тому берегу, откуда поступает вода.

При наступлении летнего паводка, выходе воды в реке из берегов и затоплении поверхности болота работа затрудняется и лучше ее прекратить. Если же партия землекопов не может оставаться без работы и ее приходится продолжать, то при небольшом затоплении поверхности болота место выемки нужно оградить земляными стенками-валиками и отливать воду за них по мере углубления выемки.



Рис. 85. Готовая канава

В долине р. Тясьмин, в Шевченковском округе, в условиях затопления торфяника водой торф под водой разрезался продольной пилой на куски, которые вынимались вилами из воды; работа давала удовлетворительные результаты.

Особенно трудна работа в плывучих грунтах: торфяном или в песке-плывуне. Жидкий торфяной ил не держится в откосах, сплывает на дно. При широком же канале, вследствие сильной осадки всего топкого болота, дно канала в илистом грунте сильно „пучит"; работу приходится производить на одном месте

три раза, каждый раз доводя канал до полной проектной глубины; плывун вместе с водой заполняет выемку.

Облегчить работу в таких условиях иногда невозможно. Во всех случаях нужно обязательно откидывать вынимаемый из канала грунт на большое расстояние, а не оставлять его в валах на краю канала. Кроме того, канал следует рыть сначала на неполную глубину, насколько это возможно без оплыва откосов и выпучивания дна. Через некоторое время торф и ил уплотняются, песок после стока воды приобретает плотность, и дно канавы можно углубить до проектного положения, иногда без специальных креплений.

При значительном выпучивании грунта с широкого дна вновь прорываемого канала полезно рыть сначала более узкую канаву: при узком дне торф осаживается без выпучивания, и вся масса его хорошо уплотнится; после уплотнения при прорытии дна до полной ширины сильного выпучивания уже не наблюдается.

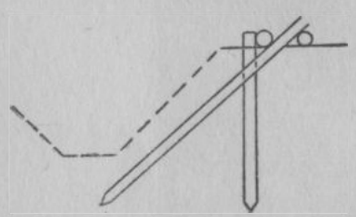


Рис. 86. Рытье канавы в жидком грунте

При рытье в жидком грунте землекопы подкладывают под ноги доски.

При осушительных работах Мурманской жел. дор. для рытья канав в малосвязном жидком торфе применялась забивка наклонных кольев.

Вдоль проектной бровки канавы, отступя на 30 см в сторону от будущей канавы, кладется толстая опорная жердь. За этой жердью забиваются в направлении к канаве сосновые колья длиной до 2 м, диаметром 5—7 см (рис. 86). Колья, приблизительно параллельные будущему откосу канавы и забитые на расстоянии 10—30 см друг от друга, задерживают наплыв торфа с боков при рытье канавы. Чтобы опорная жердь и колья не поддались напору торфяного грунта, забивают удерживающие свайки и наклонные крючья. Реже между свайками приходится делать распорки. Укладывая вдоль канавы две жерди, землекопы получают опору для ног.

При рытье канавы по мере продвижения вверх в нижней части ее собираются приносимые с водой сверху ил, песок, мелкий торф, растения и т. п. Эту мелочь необходимо выбирать совками и черпаками, идя по канаве сверху вниз. Для задержания наносов в определенном месте прорытой канавы можно устраивать искусственное временное заграждение из деревянных щитов, хворостяного плетня и т. п.

Вследствие большой осадки торфа глубина свежей канавы в течение месяца значительно уменьшается; уменьшается ширина по верху и по дну, так как торфяная масса из-за нарушенного

равновесия понемногу сползает в канаву. По этим причинам глубину и ширину канавы при рытье в торфяном грунте необходимо брать на 15% более проектной. При соблюдении этого условия ко времени освидетельствования работ, примерно через один-два месяца после окончания их, глубина канав окажется соответствующей проекту. В отдельных случаях происходит и бóльшая осадка. Чтобы канавы не портились, нужно сейчас же после прорытия их устраивать там, где это необходимо, переходы из трех рядом положенных жердей и мосты в местах пересечения дорог.

Выбрасываемый из канав грунт должен быть сложен по обе стороны в валы (кавальеры), отстоящие от бровки канавы на расстоянии не менее 0,5 м у осушительных канав, не менее 0,75 м у собирательных канав и не менее 1 м от края речек.

Откос кавальера, обращенный к канаве, должен быть не круче одиночного. Высота кавальера не более 0,5 м.

При осушении лесо-парковых земель вынимаемую землю следует разбрасывать слоем высотой не более 20 см по осушительным и не более 30 см по собирательным канавам.

Полоса (берма) между канавой и кавальером должна быть совершенно очищена от вынутой земли.

С обеих сторон канав всех категорий следует прорезывать сточные воронки со средним расстоянием между ними в 20 м, приурочивая их к пониженным местам. Ширина воронки по дну — 0,2 м, глубина возле канавы — 0,3 м, откосы — половинные; воронка у внешнего края кавальера выводится на-нет.

Положение воронок намечается до земляных работ, чтобы эти места не заваливались выкидываемой из канав землей.

Осушительную сеть следует по возможности совмещать с дорожной сетью на лесной площади. Вынимаемую из канав землю необходимо при этом выбрасывать на одну сторону для образования дорожной насыпи. Дорогу, как правило, следует проводить с низовой стороны канавы.

Край проезжего полотна дороги должен отстоять от канавы не менее чем на 2 м, чтобы сани не скатывались зимой в канаву. Это требование особенно обязательно при проведении глубоких канав. В крайних случаях вдоль канавы нужно ставить частые оградительные столбики (надолбы).

Для земляных работ вручную служат два типа лопат: 1) лопата в виде железной лопасти фабричного производства, насаживаемая на деревянную рукоять; пригодна для грунтов слабых и средней плотности; в плотных глинах гнется; 2) лопата деревянная, выделываемая самими землекопами из березовых или ольховых отрезков длиною $1^1/_4$ м, диаметром 22—27 см. На края рабочей лопасти насаживается железка кузнечной работы. Эта лопата предпочтительна для глинистых грунтов (связных), хороша и для торфяных, хуже для сыпучих (несвязных) грунтов.

Земля перемещается из канала в кавальер откидной лопатой в два приема: непосредственно из выемки на край канавы, а затем в кавальер. За один прием землекоп отбрасывает землю на расстояние 3 м. При ширине канала по верху свыше 10 м выгоднее перемещать грунт из выемки сразу в кавальер в тачках. Тачки движутся по катальным доскам, укладываемым поперек канала на деревянные козлы или оставляемые поперек канала земляные стенки.

Катальные доски выгоднее всего класть горизонтально, однако часто их приходится располагать и по уклону. Подъем в $^1/_{24}$ мало ощутителен, поэтому при расчете возки такой путь принимается за горизонтальный. С увеличением подъема движение затрудняется; при подъеме свыше $^1/_{12}$ приходится ставить особых рабочих-крючников, которые помогают втаскивать тачки.

При таких условиях выгоднее всего большую часть пути вести с уклоном в $^1/_{24}$, а затем сделать один подъем в $^1/_{12}$ или круче (до $^1/_3$, если подъем не длинен) и здесь поставить крючников.

Организация работ. Землекопы, производящие основную работу по выемке грунта из воды, а также по окончательной зачистке канавы, должны работать в резиновых сапогах.

Чтобы не создавать лишней работы по раскидке валов земли под сточные воронки, не нужно набрасывать землю из канавы на эти заранее размеченные места.

Землю следует по возможности отбрасывать на такое расстояние от бровки канавы, чтобы на вторичную перекидку затрачивалось меньше работы. Однако откидка на большое расстояние сильно утомляет землекопа. По нормам Госплана, горизонтальное расстояние откидки принимается в 3 м; имеются указания, что это расстояние можно принимать и в 3,6 м.

Для лучшего учета объема и качества работы бригады должны состоять не больше чем из четырех человек. Каждой бригаде дается урок на один-два дня, причем канава должна быть выполнена до проектных размеров, но без окончательной зачистки.

В каждую бригаду нужно включать хотя бы одного опытного земекопа, который непосредственно следит за тем, чтобы откосы и глубина канавы были правильными.

Расценку за кубический метр выемки должен производить прораб на участке между каждой парой пикетов с учетом качества грунта и его состояния.

Для увеличения производительности работы рабочим должны быть даны точные размеры глубины выемки, и не только на пикете, но и через каждые 5—10 м на канаве.

Должны быть также созданы бытовые условия, способствующие производительной и хорошей работе.

Работы при помощи механизмов

Механизированное прорытие осушительной системы. Для регулирования рек-водоприемников и рытья крупных водоотводных каналов у нас применяется несколько типов машин. Эти машины (эскаваторы) описаны в специальных изданиях; здесь же приводятся лишь схемы.

Каждая машина состоит из тары в виде плавающего понтона или сухопутного гусеничного хода; двигателя, обычно парового, дающего мягкость хода; передаточных механизмов в виде зубчатых сцеплений, фрикционных передач и проволочных тросов; рабочего снаряда, по типу которого обычно проводится классификация машин.

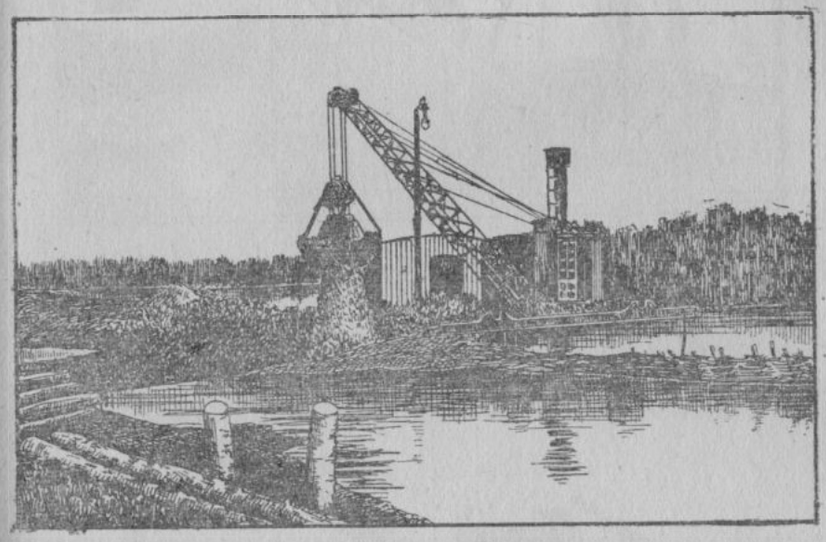


Рис. 87. Грейферный аппарат

В мелиоративной практике СССР при регулировании рек для осушения земель сельскохозяйственного назначения применяются следующие механизмы:

1) машины на пловучем понтоне с храпом или щипцом на тросах и выносной стреле — тип грейферной машины (рис. 87);

2) машины на пловучем понтоне с рабочим аппаратом (ковшом или лопатой на рукояти и выносной стреле)—тип паровой лопаты американской фирмы „Марион“ (рис. 88);

3) сухопутные машины „обратная лопата“ на гусеничном ходу с ковшевым рабочим снарядом — скрепером на тросах и выноc-

ной стреле, тип „дрегляйн“ (рис. 89), для работы преимущественно в сухих или мокрых выемках, но при твердом береге;

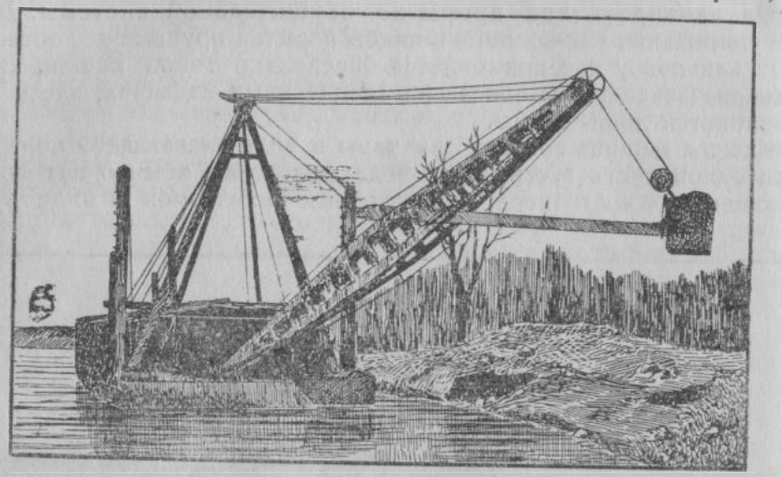


Рис. 88. Ковшевой аппарат

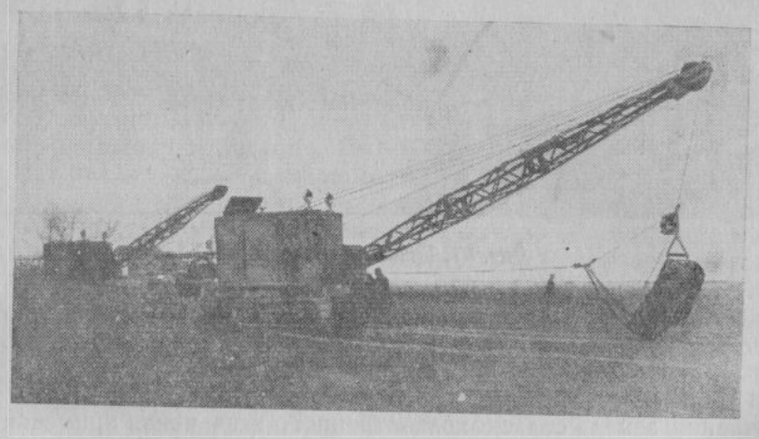


Рис. 89. Скрепер (обратная лопата)

4) машины с многочерпаковым рабочим аппаратом в виде элеватора, широко применяемые при дноуглубительных работах на судоходных реках;

5) землесосы, всасывающие песчаный или илистый грунт вместе с водой в трубы и перегоняющие жидкую массу (пульпу) на берег.

В СССР в мелиоративной практике применяются черпательные снаряды объемом от 0,5 до 0,8 м³. Мощность паровой машины — около 40 л. с.; число черпаний в час при бесперебойной работе—60—100; производительность за час бесперебойной работы—40—50 м³; коэфициент полезной работы составляет фактически 0,40—0,75 от бесперебойной работы.

Работы по прорытию осушительных канав в лесу при наличии корней еще не механизированы даже в полевых условиях, и на чистых торфяных болотах без пней канавы роют преимущественно вручную. Описываемые в книгах канавокопатели за-

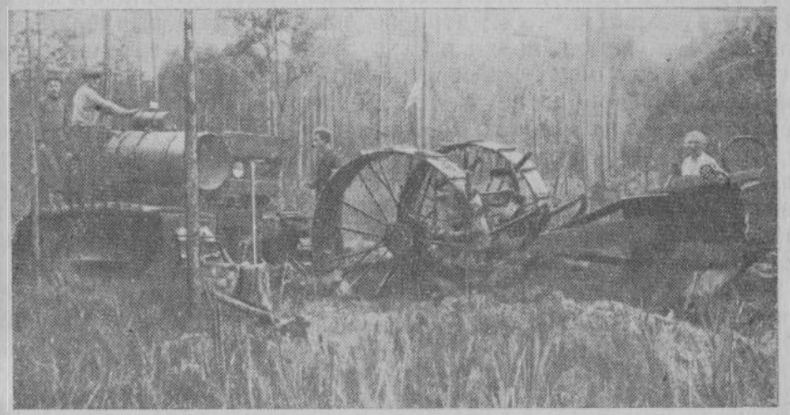


Рис. 90. Канавокопатель (вид сбоку)

граничных фирм применяются и у нас лишь на ирригационных работах в Средней Азии.

Для копания осушительных канав на лесной площади в 1937—1940 гг. в Сиверском опытном леспромхозе испытывался канавокопатель типа мощного двухотвального плуга при тяге 60-сильным трактором. Первоначальная конструкция этой машины имеет американскую марку завода Killefer. В СССР для копания канав на полевых землях применяется Killefer, улучшенный Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (рис. 90).

Двухотвальный канавокопатель ВИСХОМ имеет следующие рабочие части: 1) передний нож для вертикального разрезания грунта по оси хода машины; 2) два боковых наклонных ножа для прорезывания откосов канавы; 3) лемех для подрезания грунта снизу по дну канавы; 4) два отвала для поднятия подрезанного снизу и с боков грунта на две стороны на поверхность земли;

5) два очистителя берм для отодвигания поднятого на поверхность земли грунта в стороны от края канавы.

Перечисленные части закреплены на прочном корпусе плуга, состоящем из системы продольных и поперечных металлических брусьев.

Корпус плуга соединен мощным грядилем с передком плуга на двух колесах диаметром 1,65 м.

Канавокопатель приводится в движение 60-сильным трактором „Сталинец" Челябинского тракторного завода (ЧТЗ).

В процессе испытаний канавокопателя в Сиверском опытном леспромхозе выявилось следующее.

1. Трасса канавы должна быть освобождена от пней и корней деревьев на ширину 3 м; деревья должны быть вырублены на ширину 5 м. Пни и корни на лесной площади затрудняют применение машин при всех лесокультурных работах, и механизированное канавокопание в лесу на минеральном грунте требует предварительного ручного или механизированного удаления пней. Применение механизмов для корчевания пней на узкой трассе канавы сопровождается большими потерями времени на передвижение механизма от пня к пню, притом почти всегда по заболоченной площади, поэтому пни удаляют вручную с помощью механизмов или взрывным способом.

2. Боковые наклонные ножи со свободными концами не выдерживали сопротивления минерального грунта с остатками корней, поэтому были заменены более длинными ножами, доведенными до лемеха и вставленными в отверстия в нем. Этим была создана жесткая трапецоидальная рама, соответствующая форме канавы.

3. Моховой неразложившийся очес и лесной хлам не разрезаются передним и боковыми ножами, набиваются на них и останавливают машину. В 1938 г. передний нож был заменен вращающимся диском диаметром 80 см, диск вращался хорошо и свободно перерезывал мох и лесной мусор на вырубках.

4. Поднимаемый отвалами грунт при связной дернине в виде двух пластов с трудом проходит между рамными соединениями, часто застревая в них. Конструкция заднего поперечного скрепления рамы канавокопателя была переделана ЦНИИЛХ—увеличена высота клетки, через которую проходит пласт грунта, и в 1940 г. пласт проходил свободно.

5. Моховой покров и гумусовая лесная подстилка в мокром состоянии вызывают буксование гусеничного трактора, при мокром же торфе слоем более 20 см продвижение трактора с канавокопателем оказывалось затруднительным. Поэтому спроектировано было уширение гусеницы трактора путем прикрепления башмаков, но в жизнь не проведено.

6. Очень велика затрата работы на подъем грунта и отодвигание его в стороны; в связи с этим задний угол в 45°, образуемый бермоочистителями с осью машины, следует уменьшить, что потребует больших конструктивных изменений рамы машины.

При завершающих испытаниях в 1940 г. канавокопателя с произведенными переделками оказалось, что в суглинистом и песчаном грунте первый проход следует делать без боковых ножей; то же в торфяном слабо разложившемся грунте, особенно при наличии в нем карчей и колод. Второй проход машины делается с прикрепленными боковыми ножами, гладко отделывающими откосы канавы. Ширина канавы по дну получается 30 см, глубина после второго прохода—до 45 см, после третьего прохода—до 50 см, ширина поверху—140 см. Берма очищается от грунта на ширину 45 см. Получаемая глубина канав недостаточна, несмотря на полное напряжение трактора.

Агрегат обслуживается трактористом, механиком и двумя рабочими, которые идут с каждой стороны машины с топорами и прочными железными загнутыми вилами для очистки ножей и рамы от мусора и корней.

При хорошо подготовленной трассе в грунте средней связности и полносильном тракторе канавокопатель за 8 часов работы дает 2 км канавы при двойном проходе. Но во время испытаний агрегат свыше 50% рабочего времени терял на простои, часть которых приходилась на простои трактора.

После двойного прохода канавокопателя необходима следующая ручная доделка канавы: 1) рытье вручную в местах, где канава вводится в магистраль, так как машина не доводит канавы до магистрали; 2) углубление в местах, где канава прошла по бугру, так как машиной глубина регулируется с большим трудом; 3) очистка на местах остановки агрегата; 4) устройство сточных воронок. При этих доделках требуется ручная выемка в размере 24% от всего объема работ.

После внесенных ЦНИИЛХ конструктивных изменений в первоначальную конструкцию плуг-канавокопатель можно применять для копания мелких канав в минеральном и торфяном грунте при наличии гусеничного трактора в 60 л. с. Для магистральных канав машина типа двухотвального плуга непригодна.

В 1939 г. комиссия технического совета Наркомтопа испытывала предложенную ВИМТ машину для корчевания пней и рытья канав в торфяном грунте, пригодную в ограниченных условиях и для минерального грунта (марка ВКМ).

Рабочий аппарат машины состоит из ковша (черпак, лопата) емкостью 0,5 м³, прикрепленного к рукояти, отходящей от стрелы выноса. При захвате грунта ковш движется натяжением троса в направлении к машине. Стрела выноса вращается вокруг оси на 90° в каждую сторону от линии хода. Удельное давление на грунт при работе—0,18 кг на 1 см², наибольшая глубина копания 2,8 м, производительность агрегата 30—75 м³/час. Обслуживают

машину три человека. Рабочий агрегат помещается вместе с двигателем в 30 л. с. на ходу из трех гусениц.

Рытье канавы в торфяном грунте при испытаниях проходило нормально; ковш заполнялся более чем на 100%; пни и бревна также захватываются ковшом, но с потерей времени до 10 мин. у пня. В минеральном грунте ковш наполнялся на 40%.

На основании испытаний, проведенных ВИМТ в 1939 г., и последующей производственной работы машины на торфопредприятии Назия,—Резников[1] заключает, что машина, модель ВКМ, снабженная обратной лопатой, удовлетворительно работает на рытье осушительной сети в неосушенной торфяной залежи и минеральных грунтах до III категории; находящаяся в залежи древесина машиной извлекается; канавы имеют неровные стенки откосов.

Для копания временных траншей в минеральном грунте с вертикальными стенками для укладки водопроводных труб и кабелей применяется одноковшевой эскаватор „Комсомолец". Объем ковша — 0,3 м³, ширина захвата — 0,7 м, возможная глубина копания — 3,5 м, производительность за час — до 25 м³, удельное давление, выдерживаемое минеральным грунтом, — 0,55 кг на 1 см². Машина с успехом применяется для копания траншей в беспнистом грунте и, повидимому, вполне пригодна для рытья магистралей в лесу, но с последующей большой ручной доделкой откосов. Однако в лесу „Комсомолец" не испытывался.

Ремонт осушительных систем

Во время изысканий с целью осушения земель постоянно встречаются старые заплывшие канавы, часто в виде небольших прямолинейных углублений, проведенных много лет назад.

Канавы эти постепенно из-за отсутствия надзора и периодических ремонтов заилились, заросли водолюбивыми растениями, и местность около них в конце концов вновь начинает заболачиваться. В местностях, где это явление происходило на лесных площадях, можно легко по приросту, особенно у сосны и ели, проследить сначала влияние осушки, при которой прирост резко увеличивается, а затем влияние постепенного заболачивания, которое обнаруживается по постепенному уменьшению прироста.

Затраты на осушение земель могут оказаться напрасными, если сделанные сооружения не будут постоянно поддерживаться в надлежащем состоянии. В большинстве случаев работы эти без постоянного ремонта осушительных систем коммерчески невыгодны.

В поперечном профиле осушительного канала, вновь устроенного на торфяном болоте, под влиянием природных и искусственных причин тотчас начинают изменяться первоначально приданные ему размеры и формы. Природные причины могут быть разделены еще на внутренние, обусловленные сущностью физических процессов, происходящих в болоте после его осушения, и внешние, вызываемые воздействием внешних природных факторов.

[1] Н. Резников, Машина для корчевальных и канавных работ. Журнал „За торфяную индустрию". 1940 г., № 1.

Важным физическим процессом, наблюдаемым при проведении по торфяному болоту осушительных каналов и вызывающим существенные изменения в профиле канав, является осадка торфяной массы.

Неканализованное торфяное болото значительную часть года обычно настолько пересыщено водой, что торф может рассматриваться в нем как тело, погруженное в воду и теряющее в весе столько, сколько весит объем вытесняемой им воды. Неразложившийся мох легче воды, поэтому на многих болотах верхний слой торфа и моховой покров при избытке влаги оказываются плавающими; при этом получается зыбучее болото с волнующимся под тяжестью человека покровом.

Торф травяных болот более богат минеральными соединениями, имеет более плотное строение и поэтому водой уже не поднимается, но все же при пересыщении давит на нижележащие слои силой, меньшей своего веса.

С проведением осушительных канав условия давления резко изменяются: уровень грунтовой воды понижается, верхний горизонт торфа хотя еще и содержит большое количество воды, но уже не является плавающим телом и оказывает давление на нижние слои торфа не только своим весом, но и весом воды, которая удерживается им в силу влагоемкости. Это давление тем больше, чем дальше горизонт грунтовой воды от поверхности болота, т. е. чем глубже проведенные осушительные канавы.

Из сказанного ясно также, что осадка происходит не только в слое выше дна канав, но и в слое, лежащем ниже дна, так как и он окажется под увеличенным давлением верхних слоев. В связи с этим на чистом дне вырытого по болоту канала через некоторое время появляется иногда ярус пней погибшего когда-то здесь леса. По удалении их вследствие дальнейшей осадки дна открывается следующий ярус пней и т. д. Это явление наблюдалось резко в Туровской даче Мозырского района БССР, где при периодическом ремонте канала „Бычок" и других со дна извлекалась каждый раз масса новых карчей. Если принять во внимание данное выше объяснение причины осадки болота, станет ясным, что величина ее есть производная многих факторов; главнейшие из них: 1) глубина канав, обусловливающая высоту торфяного слоя, оказывающего давление на нижние слои; 2) общая толщина торфяного слоя на болоте; 3) свойства торфа: вес сухого вещества в единице объема мокрой залежи торфа и величина его влагоемкости.

Поэтому нормы осадки болот, выраженные в процентах только от глубины канав или от глубины торфяного слоя, заведомо не могут быть правильными.

Описанный процесс осадки болота должен вызывать уменьшение глубины канавы вследствие уплотнения торфяного слоя между поверхностью болота и дном канавы, опускание дна канавы, вызывающее искажение дна, при этом оно обычно стремится принять выпуклую форму (рис. 91).

Описанные причины деформации профиля канавы действуют в большей степени в первые три года после осушения болот. За это время канавы на торфяном болоте теряют иногда до половины глубины и заполняются со дна илом; в связи с этим откос канавы становится значительно положе первоначально сделанного.

Торфяные откосы канав повреждаются не только от обвалов при несоответствии их отлогости со связностью грунта, но и от действия мороза и воды. Поверхность откоса новой канавы особенно в нижней части, где в канавы поступают грунтовые воды, портится при первом же морозе. Дело в том, что замерзший слой откоса, отогреваемый с внутренней стороны подходящими из почвы к каналу грунтовыми водами, теряет связь с незамерзшей массой торфа и сваливается комочками или плитками на дно канавы: откос как бы шелушится. После естественного задернения откоса прекращается и его шелушение.

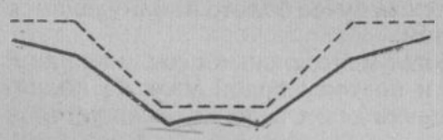


Рис. 91. Выпучивание дна канавы

Движущаяся по канавам вода производит в них механическую работу, — отмывает и увлекает частицы земли со дна и откосов. Особенно быстро разрушается водой песчаный грунт. Песчаные откосы канав подмываются снизу водой при весьма малой скорости течения и даже под влиянием только волн, образующихся в канавах при ветре. Откос, подмываемый снизу, обрушивается на дно канавы, уносится водой или при малой скорости течения остается на месте, вызывая застой воды в верхней части канавы.

Размывание причиняет ущерб не только на месте размыва дна и обвала откоса: ниже этих мест отлагаются наносы там, где скорость воды недостаточна для увлечения частиц земли, смытых с вышележащих участков канав. Иногда эти наносы совершенно заполняют канаву и выносятся даже на берега ее.

Вода разрушает канавы также, когда вливается в них через боковые воронки.

Во избежание занесения каких-либо участков канавы землей их следует проектировать с таким расчетом, чтобы скорость воды в них была или на всем протяжении одинакова, или увеличивалась по мере приближения к устью.

Не меньший ущерб приносит канавам и слишком малая скорость движения воды в них. Такие канавы быстро зарастают водяными растениями, которые еще более замедляют течение. Канава, заполняясь водой, затягивается растительным ковром, подобно всякому водоему на болоте со стоячей водой.

Чем уже дно, тем заметнее движение воды по нему, тем труднее оно зарастает травами, тем меньше на нем осаждается ила и тем дольше, следовательно, не требуется ремонта. Наиболее долговечны осушительные канавы с узким дном и пологими откосами.

Искусственные причины засорения осушительных канав общеизвестны и не нуждаются в подробном рассмотрении. Это — устройство кладок на уровне воды для перехода через канаву, заваливание канав хворостом и сеном для переезда, заторы из травы, хвороста и бревен, принесенных водой сверху, устройство заграждений из хворостяных плетней для ловли рыбы в канавах, заваливание канав бревнами и обрубками при мочке льна, разрушение откосов при переездах, водопое и перегонке скота, при сплаве леса и т. п.

В 1923—1925 гг. были произведены на значительном протяжении попикетные промеры осушительных канав, прорытых в довоенное время в нескольких лесных дачах; точные первоначальные размеры на каждом пикете и годы прорытия канав были известны по сохранившимся актам. Результаты изменений сведены в табл. 45.

Таблица 45

Место работ	Род грунта	Изменение в процентах			За сколько лет	Промерено	
		глубина	ширина поверху	площ. сечения		пикетов	метров
Белоруссия							
Глинкинская лесная дача	Моховой торфяник	— 31	— 9	—	9	69	6999
Пышачская лесная дача	Моховой торфяник	— 28	— 6	—27	11	135	13306
Долина реки Мокрянки	Переходный торфяник	— 26	+19	—	11	228	21918
омбровская лесная дача	Луговой торфяник	— 34	+33	—23	14 и 15	211	20446
Пышачская лесная дача	Минеральный грунт	— 18	— 1	—12	11	166	16022
		—	—	—	—	809	78691

Каждое отдельное измерение производилось грубо, так как берега и дно старых каналов ясных очертаний не имеют, но массовое измерение в 809 точках должно было дать сглаженные результаты.

На основании данных табл. 45 можно сделать следующие заключения.

1. Глубина новых осушительных каналов в моховом торфянике за 10 лет уменьшилась на 29%, в луговом торфянике за 11—15 лет—на 30%, в минеральном грунте за 11 лет—на 18%. Первоначальная глубина была около 1,2 м.

2. Ширина по верху новых каналов на моховом торфянике уменьшилась за 10 лет на 7%, на луговом торфянике за 15 лет увеличилась на 33% вследствие пастьбы скота, на минеральном грунте уменьшилась на 1%.

3. Площадь поперечного сечения каналов (или объем их) уменьшилась в моховом торфянике за 10 лет на 28%, в луговом за 15 лет — на 23%, в минеральном грунте за 11 лет—на 12%.

4. Так как дно старых канав зарастает травами и мхами, сильно затрудняющими движение воды, то полезная глубина канав через 10 лет уменьшается больше чем показано в таблице. Весьма приближенно можно принять, что через 10 лет после прорытия осушительной канавы по торфяному моховому или травяному болоту полезная глубина ее уменьшится на 50%.

Систематические наблюдения над состоянием откосов канав ведутся автором с 1929 г. в Сиверском леспромхозе. Начиная с 1929 г., всем прорываемым здесь в производственных целях канавам придаются различные заложения откосов: от четвертных до полуторных; из года в год осенью и весной производятся замеры профилей.[1] На основании этих наблюдений можно сделать следующие выводы (для глинистых и песчаных грунтов).

1. При всяком, в пределах до полуторного, заложении откоса в мелкопесчаном грунте происходит подмывание его основания и последующий обвал.

2. Глинистый грунт настолько разнообразен (моренная глина, осадочная глина) и обманчив, что лишь очень пологий откос (1,5 и более) гарантирует его устойчивость. Глина, которая с трудом поддается обработке лопатой, обнаруживает затем совершенную неустойчивость и разрушается в течение первой же весны.

3. Канавы, прорытые как в глине, так и в песке с пологими и с крутыми откосами, приобретают после первой весны безобразный вид из-за оползней и обвалов.

4. На третьем году профиль канав сам собой выравнивается и получает округлые очертания параболы. Канава при этом мельчает вследствие отложений на дне грунта, обваливающегося с откосов.

[1] При участии сотрудников С. П. Кузнецова и Е. П. Богачева.

5. Ремонт такой канавы прорытием по дну ее узкой траншеи с сохранением в неприкосновенности деформировавшихся откосов создает затем наилучший и устойчивый профиль канавы, так называемый двойной профиль (рис. 92).

Аналогичные наблюдения проведены автором и в Лисинском учебном леспромхозе Лесотехнической академии.

Приведенные сведения о деформации канав указывают, что канавы требуют ремонта. Ремонт различают капитальный и беглый.

Капитальный ремонт производится для устранения результатов действия природных факторов (осадки торфяного болота, движения воды в канал и по каналу, морозы и пр.), т. е. придания поперечному сечению каналов первоначальных размеров, уменьшившихся под влиянием указанных природных факторов. Поэтому капитальный ремонт должен состоять в сплошном углублении обмелевшего канала или в укреплении размытых мест. Такой ремонт необходим первый раз через 5—8 лет после проведения нового канала, когда закончится и осадка болота. Следующий капитальный ремонт может быть произведен через 15 лет после первого.

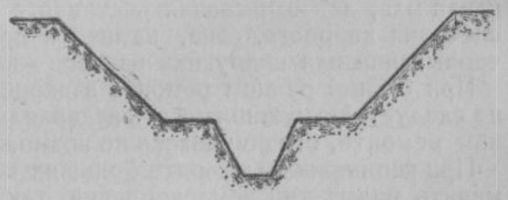


Рис. 92. Двойной профиль канавы

Беглый ремонт имеет целью устранение повреждений каналов от порчи при сплаве леса, ловле рыбы, переездах, перегонах, переходах и пр. и состоит преимущественно в удалении из канала посторонних предметов и грунта от местных обвалов. Такой ремонт, как показала практика, целесообразно производить через каждые четыре года.

Ни капитальный, ни частый беглый ремонт заменить друг друга не могут, и их необходимо производить на всех каналах примерно в следующем порядке: через 4 года после прорытия — беглый ремонт; через 8 лет — капитальный; через 12 лет — беглый; через 16 лет — беглый; через 20 лет — беглый; через 24 года — капитальный; через 28 лет — беглый, и т. д., повторяя беглый ремонт через 4 года и капитальный — через 16 лет.

Для поддержания в порядке осушительной сети необходимо также постоянно следить за состоянием водоприемника и очищать речки от наносов, засорения, а также не допускать устройства заграждений, запруд и т. п., которые могут вызвать подпор в осушительных канавах и заболачивание прилегающей местности.

При ремонтных работах необходимо, насколько возможно, освободить канавы от воды. Для этого на канаве с проточной

водой устраивается предварительно запруда (перемычка). Расстояние перемычки от места работы должно быть таким, чтобы за время, пока работа будет доведена до запруды, она заполнилась водой. Практически это можно рассчитать только приблизительно, обычно запруда устраивается метров на 500 выше по течению от участка работы. Когда работа доведена до запруды или запруда переполнится водой, ее разбирают, выше устраивают следующую запруду и т. д. В некоторых случаях возможен отвод воды из канавы на сторону: в соседнюю канаву, старое русло и т. п. Перемычки устраиваются земляные, дощатые и брезентовые, работа ведется теми же приемами, что и прочистка и углубление рек.

При беглом ремонте широко применяются железные грабли с длинными зубьями для извлечения разрастающегося по дну канав мха, для вырывания растений с корнями со дна канав, извлечения хвороста, сена, камней и других предметов. Для вычерпывания ила и других наносов применяют совок и черпак.

При беглом ручном ремонте задернелые откосы канав трогать не следует. Не нужно трогать задернелых откосов и при капитальном ремонте, ограничиваясь по возможности углублением дна.

При капитальном ремонте больших каналов целесообразно применять малый тип землечерпалки, так как корни деревьев здесь обычно извлекаются при рытье канавы, а приток воды для движения машин обеспечен. Откосы канала могут оставаться без ремонта.

Относительно вырубки кустарников, разрастающихся по откосам, бермам и кавальерам канав, возможны противоположные суждения. При зарастании краев канавы кустарником, затеняющим откосы и дно, уменьшается рост травы на откосах и дне, дно канав лучше предохраняется от промерзания, затрудняется доступ пасущемуся скоту. Все это содействует лучшей работе канав.

С другой стороны, кустарник скопляет снег и затрудняет его таяние, что уменьшает пропускную способность канав в весеннее время, когда на поверхности болота снег уже растаял, а канавы, и особенно воронки, еще заполнены снегом. Кроме того, быстро растущий на бермах канав жердняк ломается наносами снега и засоряет канаву.

При уширении по дну и по верху старых канав с установившимися и задернелыми откосами и берегами, заросшими лесом, следует выяснить, не лучше ли произвести все уширение в сторону одного из откосов, оставляя другой откос без изменения. Этим сохранится уже задернелый старый откос, станет излишней большая рубка деревьев по одному из берегов и не потребуется перекидка одного из старых кавальеров по берегу канала. Помимо экономии в работе, не будет нарушена в минеральном грунте и устойчивость одного из откосов.

Глава 8

ВЛИЯНИЕ ОСУШЕНИЯ НА РОСТ ЛЕСА

Годичные отложения древесины отражают изменения условий роста за все годы жизни дерева. На столетней сосне можно определить прирост ее за каждый год жизни. В этом преимущество в работе лесовода перед агрономом, так как сельскохозяйственные культуры могут быть учтены лишь за год исследования. Все предыдущие годы, если учета урожая своевременно не производилось, для исследователя потеряны.

Лесоводу приходится ожидать результатов закладываемых опытов десятки лет. Поэтому чаще приходится заглядывать в далекое прошлое.

В частности это положение целиком относится и к вопросу влияния осушения на рост леса. Вопрос этот разрешается по мере возможности изучением хода роста отдельных деревьев и нарастания запаса древесины в древостоях, осушенных за много лет до исследования; исследуются древостои, осушенные другими лицами.

История и методы изучения результатов осушения

Исследование результатов осушения лесных земель велось параллельно с осушением. Первая работа по этому вопросу опубликована Оствальдом. „Baltische Wochenschrift für Landwirtchaft“ в 1878 г. № 15—16 и была реферирована Д. Кравчинским в „Лесном журнале“ за 1878 г. С тех пор методика исследования влияния осушения на рост леса прошла три стадии и вступила в четвертую — изучение влияния осушения на рост леса, состав древостоя, почву и водный режим площади.

В первой стадии исследования брались пробные деревья, которые, по мнению исследователя, наилучше характеризовали влияние осушения на рост леса. Это были не модельные деревья с пробных площадей, а субъективно выбираемые отдельные деревья. Этот простейший метод дает возможность определять время наступления действия мелиорации и расстояние, на которое распространяется действие осушения. Типовым примером такого исследования является работа Оствальда (см. выше) в Олайском городском лесу бывш. Лифляндской губернии. По обе стороны прорытого в 1868 г. канала было взято в 1877 г. 11 пробных сосновых стволов с песчаных и с торфяных грунтов; расстояние действия канавы оказалось больше чем на 350 м.

По этому же методу влияние осушения на рост леса исследовал в 1896 г. Жудра[1] по поручению Лесного департамента в Московской, Рязанской и Владимирской губерниях.

[1] Жудра, Об осушительных работах в центральных губерниях. „Лесной журнал“, 1896 г., вып. 1.

Этот же метод взятия пробных деревьев применял в Лисинской даче Д. Кравчинский[1]. Он отмечает весьма значительные результаты осушения болота Сулланда, болота Хеинского и других и отсутствие результатов осушения на моховом Кузнецовском болоте и других.

Во второй стадии исследования применялся метод взятия модельных деревьев после перечета стволов на пробных площадках. Пробные площадки отбивались на различных расстояниях от канав. Модельные деревья брались различно: по три дерева среднего диаметра с площадки, по три дерева с площадки по способу Гартига (сумма площадей сечения делится на три) и, наконец, с каждой ступени толщины, обычно по одному дереву со ступени, при интервале ступеней в 4 см.

В этой стадии работ влияние мелиорации на рост леса было выявлено на многих объектах. Для сосны можно считать доказанным следующее

1. Как правило, условия произрастания леса после осушения изменяются, причем бонитет леса поднимается на три класса, что дает добавочный прирост в 2—3 м³ на гектар в год при полноте около 0,6.

2. Глубина торфа не сказывается на результате мелиорации, если степень разложения его выше средней.

3. Слаборазложившийся моховик реагирует на осушение очень медленно.

4. Сильное действие канавы на рост леса распространяется на расстояние 125—200 м.

5. Действие осушения на рост леса сказывается на второй после прорытия канав год. Наибольшее влияние осушительной мелиорации на прирост древесины проявляется во второй и третьей пятилетках после осушения.

6. На осушение реагируют все возрасты древостоя до 150 лет включительно при условии, если насаждение перед осушением не повреждено пожаром, насекомыми, нарастанием мха.

7. Наибольший добавочный объемный прирост дают деревья большого диаметра и насаждения в возрасте 50—100 лет.

8. Размер лесопользования можно увеличивать в тех районах, где прирост древесины начинается сейчас же после мелиорации.

9. Основными объектами мелиорации должны быть не сфагновые болота, а лесопокрытые площади V и IV бонитетов.

10. Осушение является самым сильным и быстрым средством, способствующим увеличению производительности лесопокрытых площадей.

В третьей стадии исследования проводились по типам и возрастам леса в год осушения. Эта стадия связана с дальнейшим уточнением учета прироста. Именно модельные деревья, как

[1] Сборник статей Кравчинского, 1916 г.

правило, берутся по три, иногда по пять, от каждой ступени толщины, исключая самые крайние ступени с малым числом деревьев. Интервалы ступеней—4 см, промеры диаметров — с точностью до 1 см. Обязательны наблюдения уровня грунтовых вод и подробная почвенная характеристика площадей.

Исследования показали, что годичный прирост сфагновых сосняков при возрасте их 10—100 лет через 15—25 лет после осушения составляет в среднем 3 м³ с 1 га, бывший V бонитет местопроизрастания переводится в I бонитет.

Годичный прирост сосняков ягодниковых после осушения достигает, как правило, при действительных полнотах 6—7 м³.

В четвертой стадии исследований производится комплексное изучение действия осушения на лесную площадь. На мелиорируемых лесных землях при разных возрастах и типах леса в год осушения закладываются постоянные пробные площади. Каждое дерево нумеруется и вписывается в инвентарную ведомость. Подробно описывается растительный покров и почвогрунт; наблюдаются грунтовые воды. Закладка постоянных пробных площадей дает возможность выявить в будущем: 1) динамику роста отдельных деревьев и всего древостоя по диаметру, высоте и объему; 2) динамику состава насаждения по породам и диаметрам, отпад и возобновление; 3) изменение форм ствола; 4) изменения в структуре и химизме почвы и растительном покрове; 5) связь роста насаждения с погодой и водным режимом пробной площади.

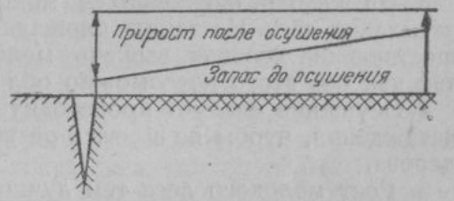


Рис. 93. Схема запасов до и после осушения

При установлении влияния осушения на рост леса необходимо рассмотреть: 1) количественное действие осушения на рост леса, выражаемое объемом древесины, которая дополнительно нарастает в результате осушения в различных расстояниях от канав и на различных грунтах; 2) расстояние, на которое распространяется действие канав на рост леса в различных условиях грунта; 3) время наступления и затухания действия осушения.

Количественное выражение перечисленных трех элементов, характеризующих действия осушения, зависит от рода грунта, на котором растет лес, от возраста леса в момент осушения и от глубины канав.

Прорытие канав на росте леса обычно очень резко сказывается, проявляясь как в увеличении прироста по диаметру и высоте, так и в увеличении числа стволов (рис. 93). По мере удаления от канав годичный прирост снижается и на определенном расстоянии сравнивается с приростом без влияния осушения.

Если первоначально на всей рассматриваемой площади запас древостоя был одинаков, то после прорытия канав получается отчетливая кривая падения запаса с удалением от канавы.

В хронологическом порядке первые обстоятельные заключения по влиянию осушения на рост леса сделал в 1896 г. лесовод Жудра[1] на основании произведенных им обследований в Московской, Рязанской и Владимирской губерниях. Заключения сводятся к следующему.

1. Прирост сосны в толщину на расстоянии 2,6 м от канавы увеличился под влиянием осушения в 2,6 раза, а в высоту в 1,9 раза.

2. Чем ближе корни дерева от поверхности, тем сильнее влияние канализации на увеличение прироста, поэтому на молодых деревьях влияние канализации выражается сильнее.

Приведенные два вывода относятся к торфяным почвам удовлетворительного разложения.

3. На слаборазложившихся моховиках канализация вызывает засыхание леса. На таких площадях рациональнее, вырубив существующие деревья, выжечь моховой неразложившийся очес, так как без этого невозможно облесение.

4. Осушение следует производить постепенно, по мере роста насаждения, чтобы не вызвать резкого изменения условий жизни дерева.

5. Рост молодого леса тем лучше и надежнее, чем тоньше слой торфа и чем он больше разложился.

В приведенных положениях выражен ряд основных положений, подтвердившихся и всеми последующими исследованиями.

Результаты осушительной мелиорации были затем освещены в очерке работ Западной экспедиции по осушению болот[2] на основе исследований в нескольких лесных дачах бывш. Рязанской, Московской и Тверской губерний. Прирост древесины сосны и березы на весьма различных расстояниях от канав (от 0 до 1 000 м) увеличивался после канализации, если отбросить крайние случаи, в 1,7—5 раз.

Результаты осушения приводит также Кравчинский[3] для Лисинской дачи, расположенной в 70 км южнее Ленинграда:

„Наиболее резким примером должна служит местность под названием Сулланда, находящаяся вблизи от усадьбы Лисино (кв. 115, 120, 121, 128, 129 и 139 Лисинской дачи). По описанию 1841—1842 гг. Сулланда показана моховым болотом, частью чистым, частью поросшим корявой сосной; общая площадь участка — 353 десятины. После осушки болота в 40-х годах параллельными канавами вся площадь болота показана по описанию 1896—1897 гг. под сосновым строевым лесом II и III добротности с примесью березы. Торфяной слой оплотнел и осел; на значительной площади оказался густой еловый подрост. Осматривая эти участки, трудно поверить, что лес растет в торфяном слое, доходящем местами до 1,5 арш. толщины (палка легко уходит в почву на эту глубину)".

[1] „Лесной журнал", вып. I., 1896 г.

[2] Жилинский, Очерк работ Западной экспедиции по осушению болот 1899 г.

[3] Из области научного лесоводства, Сборник статей Кравчинского, 1916 г.

По последним лесоосушительным отчетам, лес на бывшем болоте Сулланда дает прирост по I бонитету.

Совершенно иной результат получился, по мнению Кравчинского, при осушении глубоких моховых болот в том же Лисинском лесничестве. Два болотных массива—Рамболовское и Кузнецовское—сохранили на большей части прежний вид бесплодного пространства, покрытого белыми мхами, низкорослой сосной и багульником. Только возле магистральных канав разрослись крупные березы и сосны.

На основании исследований роста леса на осушенных площадях в Туровских лесах бывш. Мозырского округа Белоруссии, произведенных в 1925 г., М. Лейвиков констатировал чрезвычайную пестроту результатов осушения. Кроме того, он опроверг, что существенно важно, мнение многих специалистов о решающем влиянии глубины торфа на результаты осушения.

В 1924—1926 гг. Ленинградской опытно-мелиоративной станцией производились исследования роста леса на осушенных болотах (Фомичев, Белобородов, Ефремов) и развития соснового подроста под покровом материнского соснового древостоя 60—80 лет. Оказалось, что на слаборазложившемся торфе, осушенном в 1894 г., количество соснового подроста полностью зависело от степени осушения.

Ряд вопросов был уточнен работами Белорусского научно-исследовательского института сельского и лесного хозяйства им. В. И. Ленина в 1927—1929 гг. (Г. Д. Эркиным[1] и частично П. Санько[2]).

По исследованиям Эркина, сопоставление роста леса на осушенных болотах с глубиной торфа, показало, что на переходных болотах увеличение глубины торфа ни в какой мере не влияет на рост леса. На осушенных переходных болотах в Цельской и Петровичской дачах при глубине торфа в 5 м наблюдался рост леса в условиях I класса бонитета. В Петровичской даче при глубине торфа около 5 м лес произрастал в условиях I бонитета на полосе в 100 м в одну сторону от канавы.

На моховых болотах ухудшение условий роста леса связано с мощностью верхнего сфагнового слоя торфа, отличающегося малым количеством питательных веществ и плохими физическими свойствами по сравнению с осоковым торфом переходных и низинных болот. Очень часто, однако, моховые болота Полесья

[1] Г. Д. Эркин, Влияние осушения на производительность лесов, 1934.

[2] П. М. Санько, Уплыу осушеньня на рост лiставога лесу на балоце, 1931.

имеют в разрезе небольшой слой верхнего мохового торфа, под которым залегают слои торфа переходных и низинных болот. В таких случаях общая глубина торфа не оказывает влияния на рост леса; имеет лишь значение мощность самого верхнего сфагнового торфа. Исследования Эркина показали, что при глубине малоразложившегося сфагнового слоя торфа в 1 м результаты осушения оказываются ничтожными.

С 1933 по 1940 г. наиболее полные и методически правильные наблюдения по росту леса на осушенных торфяных и минеральных площадях Ленинградской области велись Центральным научно-исследовательским институтом лесного хозяйства. В Сиверском леспромхозе Н. П. Елпатьевским заложено около 16 постоянных пробных площадей с регистрацией каждого дерева. Это даст возможность проследить процесс нарастания древесины, изменения формы ствола, ход отпада, развитие подроста, изменения в состоянии почвы, динамику грунтовой воды. Постоянные пробные площади, большое число временных площадей заложены по основным типам леса и по четырем градациям возраста леса, бывшим во время производства осушения.

На основе исследований Центрального научно-исследовательского института лесного хозяйства и других можно утверждать, что осушение надлежаще выбранных лесных площадей значительно увеличит их производительность.

Из практики можно сделать обобщенный вывод, что на лесной площади с низкой продуктивностью, обусловленной избыточным увлажнением почвы, после осушения качество продукции повышается минимум на два-три класса бонитета, а в ряде случаев и на четыре класса.

Детализируя это общее положение, можно отметить следующие особенности и исключения.

1. На площадях с глубокой залежью торфа травяного происхождения (осоки, тростники, хвощи и др.), с возможной примесью древесной и сфагновой растительности, средней и большой степенью разложения осушение дает значительные результаты, местопроизрастание доводится до I класса бонитета. При полноте 0,6 это дает для сосны 3 м³ ежегодно добавочного прироста на 1га. Обычный тип леса при этом—сосняк, реже ельник травяной и травяно-сфагновый. Результаты начинают сказываться на второй год после осушения.

В качестве примера хорошего результата осушения лесной площади с глубиной осоково-пушицевого торфа в 4,5 м можно привести кв. 41, 42, 49 и 50, Петровичской дачи Брожского лесничества Бобруйского округа БССР[1]. Осушение было произведено в 1882—1887 гг., исследование—в 1927 г., древостой при исследовании — сосново-березово-еловый, возраста 39 и 72 года, полноты 0,8. Средний годовой (текущий) прирост—10 м³ древесины на расстояниях до 100 м от канавы при возрасте древостоя 39 лет и 8,5м³ на расстоянии от 100 до 200 м при возрасте 72 года.

[1] Г. Д. Эркин, Влияние осушения на производительность лесов, 1934 г. В книге изложены методы исследования, подробно описаны площади и дан цифровой материал.

Большое число наблюдений при глубинах торфа 1—3 м произведено в Цельской даче БССР[1] в кв. 52. Торф осоково—тростниковый; осушение осуществлено в 1887 г.; исследован древостой в 1924 г. в возрасте 60—90 лет. Текущий прирост соснового древостоя с березой определен в 5—8 м³ на 1 га, при полноте 0,6.

Хороший рост елового древостоя на глубоком торфянике обнаружен в кв. 39 Окуловской дачи, близ ст. Окуловка Октябрьской ж. д.[2]. Травяно-сфагновый торф глубиной 2,7 м, осушение произведено в 1893 г., исследование — в 1938 г. при возрасте первого поколения 160 лет, второго—58 лет; запас древесины — 333 м³, среднегодичный прирост за все время после осушения—6,5 м³ на га при полноте 0,7.

В качестве примера действия осушения часто приводится бывшее болото Сулланда в Лисинском леспромхозе[3]. По описаниям 1842 г. Сулланда показана моховым болотом, частью чистым, частью с корявой сосной. В результате осушения параллельными канавами Сулланда в настоящее время покрыта строевым сосновым лесом, растущим в условиях I бонитета.

2. На площадях с неглубоким торфом (0,3 м) травяно-ягодниково-сфагнового происхождения, средней и большой разложенности, подстилаемых суглинками, осушение также дает значительные результаты с доведением местопроизрастания до I класса бонитета. Неглубокий торф на глине указывает на затрудненный сток поверхностных вод.

Наличие под торфом песка вместо глины облегчает осушение, но не увеличивает его эффективности. Эффективность в этом случае зависит от рода торфа и содержания в песке глинистых примесей: чистый песок не дает хороших результатов осушения.

Примером очень хороших результатов осушения на мелком травяно-ягодниково-сфагновом торфе может служить Парфинская дача, близ г. Старая Русса[4]. Осушение в кв. 24 дачи произведено в 1914 г. слабое и в 1929 г. нормальное, параллельными канавами. К 1938 г. древостой состоял из сосен 80 лет и 55 лет. Глубина торфа—20—30 см, подстилает его суглинок с прослойкой супеси. Годичный прирост за период после нормаль-

[1] Г. Д. Эркин. Влияние осушения на производительность лесов, 1934 г.
[2] М. Н. Елпатьевский, Отчет по теме Центрального научно-исследовательского института лесного хозяйства, 1938 г.
[3] Кравчинский, Из области научного лесоводства, 1916 г.
[4] Дубах и Елпатьевский. Отчет по теме ЦНИИЛХ за 1938 г. (рукопись).

ного осушения оказался 7 м³ на 1 га при полноте 0,8, достигая в кв. 17 до 12,2 м³ в год при полноте 1.

В Цельской даче Бобруйского округа БССР, в кв. 58, на осоковом торфе глубиной 0,5 м, осушенном в 1887 г., насаждение 7С3Б возраста 64 лет дает годичный прирост 8,6—12,4 м³ на 1 га при полноте 0,7.

3. На площадях с неглубоким торфом, образованным полностью или частично в верхней части мхом-долгомошником, осушение дает хороший результат. Примером является сосняк-долгомошник в кв. 32 Дружносельской дачи Сиверского опытного леспромхоза. Слой торфа—17—20 см, ниже—суглинок; осушено в 1907 г., исследовано в 1939 г., возраст при осушении—30 лет. Годичный прирост древесины за последние 15 лет составляет 5 м³ на 1 га при полноте древостоя всего 0,5. Годичные приросты по диаметру составляли до осушения 0,3 см, после осушения—0,6 см, по высоте—соответственно 0,25 и 0,45 м.

На площадях с неглубоким торфом (0,5 м) сфагнового происхождения, слабого разложения, подстилаемых глиной, при происходящем нарастании сфагнума осушение дает умеренные результаты с большими колебаниями.

Примером достаточных результатов осушения сфагнового болота со слоем торфа в 1 м на суглинке является кв. 13 Ижорско-Тосненской дачи Лисинского леспромхоза[1]. Осушение произведено в 1893 г., исследование—в 1924 г.; за последние 15 лет годовой прирост сосны с березой и елью составлял 4,1—6,3 м³ при полноте 0,6.

Примером недостаточных результатов осушения сфагнового болота глубиной 0,5 м на глине является кв. 18 Онцевской дачи Сиверского леспромхоза. Осушение произведено в 1913 г., исследования—в 1933 и 1938 гг. Годичный прирост за 20 лет после осушения соснового древостоя составил 3 м³ на 1 га при полноте 0,5 и возрасте ко времени исследования 55 лет.

4. На площадях с глубоким слабо разложившимся сфагновым торфом при наличии на поверхности слоя неразложившегося очеса осушение дает недостаточные результаты или результатов совсем не достигается. Глубокие канавы по периферии таких болот могут иметь защитное значение для смежных земель.

Незначительные результаты осушения сфагнового болота глубиной около 1 м получены в кв. 14 Ижорско-Тосненской дачи Лисинского леспромхоза. Здесь за 34 года после осушения годовой прирост составил всего 1 м³ в чистом сосновом древостое полнотой 0,5, возраста ко времени исследования 75 лет.

Никаких результатов не дало осушение на глубоком сфагновом болоте в районе Кузнецовского озера Лисинского леспромхоза.

[1] А. В. Фомичев, Исследования в Лисинском учебно-опытном лесничестве. Материалы по опытно-мелиоративному делу Государственного института с.-х. мелиорации, 1928 г.

Несмотря на то, что со времени осушения прошло 80 лет, болото сохраняет прежний вид бесплодного пространства, покрытого сфагнумом, багульником и низкорослой сосной; лишь вдоль главной канавы на полосе 40 м в каждую сторону развивается сосновый древостой.

Никаких результатов не получилось на глубоком сфагновом болоте в районе озера Дикого в Брожской даче Бобруйского округа БССР.

5. На площадях с мощным глинистым грунтом без поверхностного торфяного слоя, при маломощном гумусовом слое рассчитывать на существенный результат обычного осушения не следует. Отсутствие торфяного слоя на глине в зоне избыточного увлажения указывает на хороший поверхностный сток воды с данной площади. Следовательно, рытье обычных канав по такой площади для отвода поверхностной воды не будет эффективным (случаи в Сиверском леспромхозе и Охтенском лесхозе).

Непосредственное воздействие редких канав на грунтовую воду в глинистом грунте также не может быть значительным из-за весьма малой водопроницаемости глины. Поэтому на открытых глинистых грунтах низкие бонитеты не могут быть существенно повышены при обычной мелиорации редкими канавами. Водный режим в глине может быть изменен лишь подземным дренажем, или частыми открытыми канавами, или еще более частыми бороздами.

На площадях с глинистым грунтом с фильтрующими песчаными прослойками следует ожидать заметных результатов осушений—доведения условий местопроизрастания до II бонитета (Охтенский лесхоз).

6. На площадях с песчаным грунтом без поверхностного торфяного слоя, при маломощном гумусовом слое осушение без затруднений достигается открытыми канавами. Производственная эффективность осушения песчаного грунта различна, так как зависит от содержания в грунте питательных веществ.

Благоприятные результаты возможны лишь на площади, заключенной между двумя канавами, что полностью предохраняет ее от поступления воды со стороны.

Одна же канава, прорываемая по заболоченному месту, может также дать большой эффект, но с полной уверенностью этого сказать нельзя.

Расстояния между канавами должны быть не больше указанных в разделе проектирования. При уменьшении расстояния между канавами против указанных норм при плотном торфе и минеральном грунте создается еще большая уверенность в результатах осушения.

Влияние осушения на прирост древесины проявляется у молодых и средневозрастных деревьев, как правило, на второй год после осушения, а на столетних соснах—на третий и пятый

год, с большими отступлениями отдельных экземпляров от этого срока, а также удлинением его по мере удаления от канавы.

Осушение только почвы также сильно способствует возобновлению леса. Специальные исследования по влиянию осушения на лесовозобновление произведены в 1926 г. в Шумском лесничестве бывш. Волховского уезда на болоте Америка, а также в 1924 г. в Ижорско-Тосненской даче Лисинского леспромхоза.

В Сиверском опытном леспромхозе имеются площади с хорошим ростом сосенок на осушенных землях, с толщей торфа в 40 см, при наличии сфагнового покрова на поверхности.

Кроме того, в литературе имеются указания на гибель или плохое развитие лесных культур при излишней влажности почвы.

Наблюдений, указывающих на большую ветровальность леса, выросшего на торфяном грунте, не имеется. Наоборот, 80-летний сосновый лес I и II бонитета, выросший на бывшем болоте Сулланда в Лисинском учебном леспромхозе, неоднократными ветровалами не поврежден. Ветровал 1931 г. в Сиверском опытном леспромхозе вывернул массу деревьев на минеральном грунте, но сосны и ели в кв. 62, растущие на торфяном грунте, не были повреждены.

В ряде мест БССР после осушения болот с 1873 г. выросли целиком на торфяном грунте сосновые леса I и II бонитетов, перенесшие все ветровалы с того времени. Нет на этих площадях и ветроломника.

Вполне возможно, что большая упругость торфяного грунта закономерно уменьшает действие порывов ветра.

Массовых исследований технических свойств древесины сосны с осушенных торфяных болот проведено не было. В опубликованных результатах отдельных лабораторных исследований на сжатие и изгиб брусков сосен, выросших на осушенном болоте, отступлений от нормальных сопротивлений не отмечено.

Необходимо, однако, иметь в виду неоднородность древесины, получаемой при осушении древостоев, росших в условиях низких бонитетов. Годичные отложения древесины в этих случаях под влиянием осушения резко отличаются по толщине от отложений до осушения. Поэтому такой лес следует применять в виде бревен, а не в виде досок.

Большое число исследований результатов осушения произведено в Финляндии, Швеции, Латвии, США.

Лунд[1] подробно излагает результаты произведенного им в 1923 г. исследования осушительных работ, исполненных в 1903 г. и частично в 1916 г. в лесной даче Бьюрфорс провинции Вестманлянд в Швеции.

[1] Lundh, Статья в журнале „Svenska Skogvards föreninges Tidskrift" № 6-7 № 11-12, 1925 г.

В разных условиях осушения, на разных почвах и в насаждении различного возраста Лундом был исследован ход роста на 12 площадках величиной по 1000 м² каждая.

Участки были покрыты сосновыми и березовыми древостоями.

Почва — небольшой слой обычно слабо гумифицированного мохового с древесной листвой торфа толщиной до 30 см; под торфом глина с примесью песка. Глубины канав не указаны. Участки были окружены канавами со всех сторон. Каждый участок рассмотрен очень подробно (описан покров, указано число деревьев, запас по десятилетиям, иногда по годам, дана производительность почвы до и после осушения).

В результате исследования Лунд заключает, что при проведении канав в среднем через 100 м на глинистой и песчаной почве с верхним слоем торфа в 15—20 см в Бьюрфорском лесу в нормальном древостое годовой прирост увеличился с 3; 4 до 6 м³. При фактической же полноте 0,7 фактический прирост увеличился с 2,4 до 4,2 м³ на 1 га при среднем возрасте деревьев на пробных площадках к 1923 г. от 28 до 90 лет и при осушении в 1903 г.

Другой шведский исследователь, Лундберг[1] в конце своей книги приходит к следующим, весьма решительным выводам:

а) при осушении леса на торфяном болоте травяно-осокового происхождения бонитет лесной почвы на одну-две ступени выше, чем на соседних лучших минеральных почвах;

б) при осушении чистых площадей осоковых болот бонитет соответствует бонитету на лучших соседних минеральных почвах;

в) на сфагновом торфе после осушения бонитет на одну ступень ниже, чем на прилегающих минеральных почвах.

Весьма категорические заключения по влиянию осушения на рост леса в США приведены в книге Аверелля[2]. Исследования были произведены в штате Миннезота. В 1928 г. особая комиссия выяснила результаты действия канав, прорытых 15 лет назад на торфяных болотах штата. В графстве Айкин были проведены детальные обследования в пяти местах с осмотром 449 км канав, в графстве Бельтрами — в пяти местах с 235 км канав и т. д. Всего исследовано 26 мест при 70 пробных площадях, измерены диаметры 11 812 стволов и осмотрено 1 156 км канав. Пробные участки брались по 200 м². В задачу комиссии входило выяснение ежегодного прироста древесины под действием канав, расстояний, на которое распространяется действие канав, и пр.

Комиссия установила интересную зависимость между растущей породой дерева и родом торфа: чистый древостой сосны канадской найден лишь на сфагновом торфе независимо от его глу-

[1] Издания Nandbock i Skogsdikning, 1926 г.

[2] Averell, The Reaction of Swamp Foresfs to Drainage, 1929 г.

бины; господство кедра выявлено только на древесном торфе; лиственница — на осоково-древесном торфе.

Далее комиссия установила, что зависимости между глубиной торфа и бонитетом незаметно. Так, глубины торфа под сосной низкого бонитета оказались от 0,75 до 5,7 м; среднего бонитета — от 0,6 до 1,7 м, хорошего — от 0,7 до 3 м.

В результате осушения годичный прирост древесины по расчету на 1 га увеличился в среднем: у сосны на 1,41 м³, у лиственницы на 0,85 м³, у кедра — на 2 м³.

Осушения способствовали пожарам вдоль канав.

Обнаружено весьма интересное влияние бонитета древостоя на результат осушения сосны: в низком бонитете годичный прирост увеличился на 1,3 м³ на 1 га, в среднем — на 1,7 м³, в хорошем на 2,94 м³, в лучшем бонитете на 0,96 м³.

Оказалось, что с улучшением бонитета древостоя увеличивается влияние на него осушения.

Расстояние действия канав на торфяном грунте определено в среднем в 77 м с верховой стороны и в 135 м с низовой стороны; изменения — в пределах от 0 до 286 м.

Действие осушения наступает через 1—8 лет и зависит от расстояния от канавы и степени разложения торфа. Кедр на два года отстает от сосны и лиственницы. Старые деревья реагируют хуже, но все же древостой 78 — 228 лет оказался отзывчивым на осушение.

Существенно важно заключение Аверелля, что нет такого расстояния между канавами, которое привело бы к переосушению почвы лесных площадей.

Заключение это сделано на основе исследования 70 пробных площадей в 26 местах в графствах штата на торфяной почве при глубине канав 1,2 м.

В Финляндии по вопросам осушения леса опубликованы исследования Лукаллы, Мультамеки, Каяндера и др., помещенные в „Известиях по вопросам лесного хозяйства в Финляндии" (Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuik) и в журнале „Acta Fores talia Fennica".

На древесной растительности в Финляндии осушение сказывается быстро. На следующий же год иглы сосны становятся больше, причем на верхних ветвях это увеличение заметнее, чем на нижних.

На росте по диаметру и по высоте осушение сказывается через 2 — 9 лет, когда размеры хвои значительно увеличиваются. Сфагновый покров лесной площади после осушения продолжительное время не изменяется и во многих случаях сохраняется десятки лет у самых краев канавы.

На богатом торфе сосна и ель растут хорошо при всякой глубине торфа и очень близком уровне грунтовой воды. Хуже всего отзываются на осушение багульниковые болота. Вообще рост дерева

на болоте тем лучше, чем интенсивнее осушение, поэтому нечего бояться переосушения лесного болота (Лукалла и др.). Значение осушения исследовалось в 1930—1935 гг. по всей Латвии (Маркус). Имеются материалы по Польше (литература приведена в конце книги).

Предосторожности, необходимые при осушении

В курсах лесоводства отмечается, что лесные породы лучше всего развиваются на свежих почвах. Так, в курсе лесоводства Турского указывается: „Почва, благоприятная дубу, должна быть свежая. Береза растет и на мокрой и на сухой почве. Осина требует почву свежую. Черный тополь требует почву значительно влажную.

Ясень требует почвы, обеспеченной на все лето водой. Лучшие сосновые леса растут на почвах глубоких, свежих, песчаных, с перегноем в верхнем слое. Ель лучше всего развивается на почве свежей. Пихта лучше всего растет на глинистой свежей почве."

Указания о необходимости сохранения влаги в почве даются в курсе „Общего лесоводства" М. Е. Ткаченко.

В курсе „Плодоводство" Шитт и Метлицкий (изд. 1940 г.) указывают, что большинство плодовых пород в дикорастущем состоянии выявляют себя как водолюбивые формы. В главе о наблюдениях над грунтовыми водами сказано, что при расстоянии грунтовой воды за период вегетации 0,5 м от поверхности для сосны создаются прекрасные водные условия роста на суглинке, на торфе, на песке; при расстоянии грунтовой воды ниже 1,2 м от поверхности условия водного питания ухудшаются. Поэтому при уровне грунтовой воды в период вегетации в 0,5 м и ниже от поверхности земли для улучшения условий роста леса канавы не нужны.

В Сиверском опытном леспромхозе имеется площадь соснового леса — черничника в возрасте 80 — 90 лет, не реагирующая на осушение в течение 8 лет; сосняк политриховый на суглинке без слоя торфа обычно на осушение не реагирует.

В немецкой литературе[1] имеется ряд суждений о вреде осушения. „Осушение — мера обоюдоострая. Следует проводить это мероприятие после тщательного изучения... В некоторых случаях зашли с осушением явно слишком далеко, создав нежелательное понижение грунтовой воды, и канавы вновь засыпаны".

„На покрытых старым лесом площадях осушение не следует производить. Оно здесь легко может повести к нарушению

[1] „Handbuch der Forstwissenschaft", изд. Weber.

водного режима насаждения и к уменьшению прироста, засыханию и отмиранию дерева".

Аналогичные суждения приводятся и Бюлером: „В связи с осушением может произойти снижение грунтовой воды на прилегающих склонах. После регулирования Рейна, Одера и других рек произошло отмирание отдельных деревьев и небольших древостоев" [1]. Там же указано: „Сетью канав уменьшается продуктивная площадь и, что часто упускается, затрудняется доступность. Также имеется отвод вымываемых питательных веществ. При большом уклоне может произойти углубление дна канав, что может вызвать обрушения."

Необходимо отметить, что немецкими авторами указания об ущербе от осушения лесной площади не приведено.

В тех же случаях, когда приводятся конкретные указания мест работы, и в немецкой литературе дается совершенно четкая характеристика результатов. Берш указывает: „На некоторых глубоких болотах, имеющих подчас 5—6 м глубины, встречаются иногда поразительно хорошие насаждения, как, например, в лесах княжества Шварценберг, окрестностях Витенгау, в Богемии, где успешно развивается также болотная сосна (Pinus uliginasus), образуя сосновые насаждения. Но эти болота уже много десятилетий как превосходно осушены, чем и объясняется это исключительное явление".

В 1928 г. составителем курса были осмотрены участки посаженного леса на территории сельскохозяйственной опытной станции в Бернау в Баварии. Лес посажен около 20 лет назад на осушенном моховике глубиной около 4 м без внесения удобрения. После смерти инициатора этого опыта проф. Мюнхенского университета Раманна уже около десяти лет никто за посадками не следит. Растут ель и сосна без всякого ухода, подвергаясь лишь повреждениям. Местами создалась непроходимая чаща, местами встречаются искривленные стволы; культурного леса поэтому не выращено.

Ряд указаний об опасности снижения уровня грунтовой воды для роста леса, особенно спелого, приведен в учебнике „Общее лесоводство" проф. М. Е. Ткаченко. Здесь указаны конкретные случаи ухудшения роста дуба при снижении грунтовой воды с 1 м до 1,5 м от поверхности возле г. Эйленриде и в других районах Германии. Эти и другие случаи подтверждают приводимое в учебнике указание, что при уровне грунтовой воды на 0,5—0,75 м ниже поверхности земли площадь не требует осушения. Указываемые случаи вредного понижения грунтовой воды явились следствием работ другого назначения: прорытие глубоких траншей для закладки водопровода и канализационных труб, регулирование судоходной реки.

[1] Bühler, Der Waldbau, 1918, 1925 гг. B. II, k VII, Lorey.

Нет ни одного конкретного описанного случая, когда вред росту леса приносит отвод поверхностной воды или снижение грунтовой воды на глубину 0,5—0,75 м ниже поверхности земли, т. е. те работы, которые рекомендуются гидротехнической мелиорацией для леса, парка и луга.

Глава 9

ПОДЗЕМНЫЙ ДРЕНАЖ

Возникновение дренажа и его сущность

Неудобства, связанные с осушением земель открытыми канавами в интенсивном сельском хозяйстве, уже давно привели к попыткам заменить канавы подземным отводом воды. С этой целью на дно вырытых канав укладывают водопропускающие материалы, и канавы снова засыпают землей. Осушение таким способом сырых участков называют в настоящее время подземным дренажем или просто дренажем. Уже римлянин Колумелла (I век нашей эры) различает открытые и закрытые канавы, из которых закрытые изливаются в открытые. Он упоминает также о том, что в канавы глубиной 90 см укладывают мелкие камни или хрящ, а в случае недостатка их—свитые, как канат, покрытые шипами и листьями прутья, которые снова засыпаются до поверхности почвы вынутой из канавы землей. Палладий (IV век нашей эры) также дает описание работ, производимых для осушения земли.

В средние века дренаж не применялся. Только в средине XVII века встречаются первые следы систематического дренажа в Англии, где этот способ осушения и получил название. Иосиф Элкингтон, фермер в Варвикшире, в 1764 г. первый произвел большой дренаж. Однако широкое распространение эта система осушения получила в Англии впервые в 30-х годах XIX столетия, когда были сделаны первые удачные попытки применения для дренажа гончарных труб.

Р. Пиль в 1850 г. доказывал, что дренаж для сельского хозяйства имеет то же значение, что паровые машины для промышленности.

Дренажные трубы начали особенно широко применять после изобретения Джоном Ридом в 1843 г. и Уайтхедом в 1844 г. пресса для их изготовления и других инструментов, что снизило стоимость труб и земляных работ. На всемирной выставке в Лондоне в 1851 г. этот новый способ осушения изучили и иностранцы, и с того времени он быстро распространился в Бельгии, Франции, Германии и Австрии.

У нас дренаж был впервые заложен проф. Козловским на фермах быв. Горы-Горецкого земледельческого института (ныне Белорусский сельскохозяйственный институт). За 1856—1863 гг.

гончарные трубы были уложены там на площади около 132 га, причем дренировались торфяные луга, огород, сад и поля.

Часть этого дренажа работает и поныне.

В 1862 г. был заложен дренаж на питомнике Петровской земледельческой, ныне Тимирязевской, академии под Москвой, а в 1898 г. на ферме бывш. Ново-Александрийского института сельского хозяйства и лесоводства.

Устройство дренажа заключается в том, что по осушаемому участку роют возможно узкие канавы, на дно которых укладывают водопроводящий материал: трубы, камни, хворост, жерди, после чего канавы засыпают. Получается снова сплошная удобная для обработки поверхность луга, пашни, питомника, огорода. Засыпанная подземная водопроводящая линия (дренаж) собирает грунтовую воду и выводит ее в открытую канаву.



Рис. 94. Схема дренажной системы

Для заметного понижения грунтовой воды в глинистой и торфяной почве подземные дрены необходимо закладывать на расстоянии не более 25 м друг от друга, поэтому осушение дренами окупается лишь при интенсивном использовании участка.

Отдельные дренажные линии, собирающие воду непосредственно из грунта (всасыватели), впускаются в магистральные дренажные линии-коллекторы, из которых вода вытекает в канавы или овраги. Коллектор вместе со всеми впадающими в него всасывателями образует дренажную систему (рис. 94).

При дренажных работах делаются те же предварительные изыскания, что при осушительных, но с большей детализацией, и составляется проект. Особое внимание обращается на уровень грунтовой воды и структуру грунта. Образцы грунта подвергаются механическому анализу.

В дренаже нуждаются глинистые и торфяные почвы во влажных условиях залегания. На таких влажных почвах не удаются даже самые урожайные сельскохозяйственные растения — корнеплоды. Остальные же растения страдают на них от поздней обработки, низкой температуры и сырости.

Подземный дренаж вполне уместен для осушения парковых площадей и питомников. В проектах устройства парковых территорий подземный дренаж является обычным средством осушения. Спортивные площадки и аэродромы осушаются исключительно дренажем.

Виды дренажа

Гончарные трубы

Преобладающей формой дрен является гончарная труба длиной 30 см, внутренним диаметром от 3 до 15 см. Процесс изготовления их из глины сходен с изготовлением строительного кирпича. Заготовленная с осени глина зимует в валах и под действием мороза и перелопачивания приобретает однородность и связность. Если в глине имеются посторонние примеси, ее промывают и отмучивают в особых бассейнах, а затем перемешивают в специальных глиномялках. Глиномялка состоит из деревянного цилиндра-кадки, внутри которой вращается вертикальный вал с лопастями и резаками, прикрепленными к валу по винтовой линии. Закладываемая сверху глина при вращении вала перемешивается лопастями, продвигается вниз и выдавливается из кадки через отверстие — мундштук.

Обработанная таким образом глина поступает в дренажный пресс, из отверстий которого выдавливается поршнем в виде непрерывной глиняной трубы. Труба при выходе из отверстия поступает на ролики и здесь же проволокой разрезается на куски — трубки длиной по 30 см. Эти трубки раскладывают на полках под навесом для сушки; в случае искривления трубы прокатывают вокруг продетой сквозь них скалки на столе с песком.

Высохшие глиняные трубы складывают в печь для обжига. На этом процесс изготовления гончарных дренажных труб заканчивается. Из 1 м³ глины выходит 1 300 трубок диаметром 4 см; за 10 часов работы ручного пресса одиночного действия получается 5 000 трубок диаметром 4 см.

Хорошая труба не должна шелушиться, должна издавать чистый звук, вес ее в воде должен увеличиться не более чем на 15%.

При диаметре отверстия в см .	4	5	6,5	8	10	16
Вес 1000 труб в т	0,95	1,25	1,75	3,35	3,2	7,0

Дрены укладывают в вырытую канаву, приставляя и плотно прижимая одну к другой. Для устойчивого положения труб необходимо, чтобы дно канавы было твердым; поэтому в пескеплывуне и в торфе гончарные дрены соединяют муфтами или укладывают на подстилку из вереска. На глубоких торфах взамен гончарных труб рекомендуются иные виды дренажа: дощатый и фашинный.

Уклон осушителей делается не менее 0,003, коллекторов больших — не менее 0,002, наибольший уклон может доходить для осушителей до 0,1; наибольшая длина осушителей — 200 м.

Коллектор оканчивается устьем в виде деревянной трубы (рис. 95); устье дренажной системы нельзя выводить непосредственно в берег реки или оврага, так как берег подвержен об-

валам и наносам. Поэтому на участке в 5—10 м от реки по направлению к коллектору делается встречная канава, в которую вставляется устьевая труба (рис. 96).

Для защиты от повреждений устьевая труба должна быть прочно укреплена каменной обделкой или вбитыми с обеих сторон кольями.

Гончарные дренажные трубы вечны, и дренаж может перестать функционировать не от разрушения их, а от: 1) сдвига

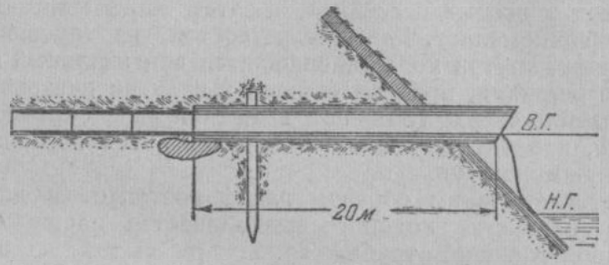


Рис. 95. Устье коллектора (профиль)

труб, вызванного неаккуратной засыпкой, осадкой или подмывом грунта под отдельными трубами; 2) закупорки труб механическими отложениями частиц грунта, попадающими в трубу вместе с водой (наиболее легко приходят в плывучее состояние и заполняют дрены частицы грунта пылеватые диаметром 0,25—0,01 мм и иловатые диаметром 0,01—0,005 мм); 3) закупорки труб химическими выделениями (солей железа) из попадающей в трубы грунтовой воды; 4) закупорки стыков между трубами химическими и механическими выделениями из воды; 5) закупорки устья дренажной системы наносами реки, осадками солей железа или разрастающимися водяными растениями; 6) врастания в трубы через стыки корней растений.

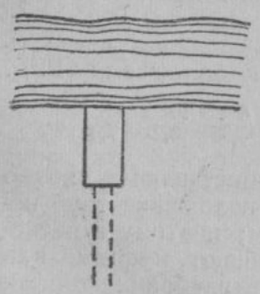


Рис. 96. Устье коллектора (план)

Произведенные автором в 1922 г. исследования и раскопки дренажа, заложенного в 1856—1862 гг. на территории ныне Белорусского сельскохозяйственного института, показали, что за 65 лет дренажные гончарные трубы в минеральном грунте местами забиты механическими отложениями, а в торфяном грунте совершенно свободны. Дренаж перестал функционировать лишь там, где занесены и заросли устья и стыковые щели между дренажными трубками затянулись илом или выделениями из воды.

Накопление отложений в дренажных трубах можно попытаться удалить вымыванием. Для этого следует закупорить коллектор в смотровом колодце или в самом устье, либо перепрудить встречную канаву и, дав грунтовой воде наполнить всю систему, быстро удалить запруду. Образующийся при этом сильный ток воды может вынести из труб часть отложений. Этот процесс можно повторять.

Цементные дренажные трубы

Цементные трубы изготовляют из смеси одной части цемента с пятью частями песка. Такие трубы не требуют кропотливого обжига, как гончарные. Но специально поставленные опыты показали, что цементная труба в торфяной и сырой глинистой почве уже через год теряет твердость, затем вовсе распадается под действием кислот грунта. В немецкой литературе указывается патентованная жидкость „жиртол", при погружении в которую создается обволакивающая пленка, предохраняющая бетон от непосредственного действия почвенных кислот[1].

Дощатые трубы, фашинный и жердевой дренаж

Германский инженер Бутц впервые применил названные его именем дренажные трубы прямоугольного сечения, сбиваемые из досок (рис. 97). Доски толщиной 1 — 2 см, шириной 5 — 20 см

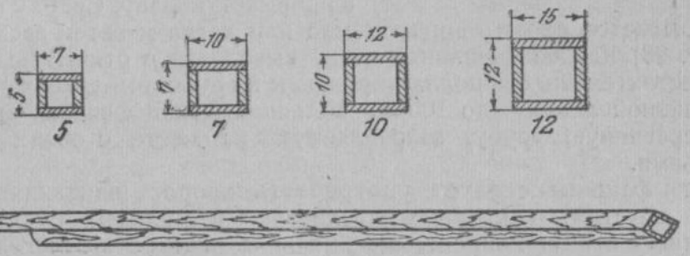


Рис. 97. Дощатые дрены

и длиной по 4 м сбиваются на станке в трубу, чтобы стыки досок на каждой из четырех сторон трубы приходились в разных местах по длине трубы. Это дает возможность, наставляя постепенно доски в длину, сбить трубу любой длины и сразу опустить ее в канаву. Такую сплошную трубу можно, не боясь сдвига, заложить в какой угодно грунт.

Вода поступает в нее через щелевидные отверстия, вырезанные в верхнем крае боковых стенок. Вместо отверстия лучше, пови-

[1] Канд., О стойкости некоторых цементов, „Гидротехническое строительство" № 1. 1937 г.; статья Краузе в журнале „Болотоведение", 1914 г.

димому, оставлять между боковыми стенками и верхней покрышкой трубы сплошную щель-прозор в 2 мм. Для этого в местах забивки гвоздей подкладывают под верхнюю крышку тонкие пластинки из дерева, асбеста и пр.

Дощатые дрены делаются и треугольного сечения разнородных конструкций (Шталшмидта, Цункера), но едва ли они имеют преимущество перед прямоугольными.

У нас прямоугольные дощатые дрены заложены впервые в 1912 г. на участке Минской болотной опытной станции и работают исправно до настоящего времени. Треугольные дренажные трубы заложены в 1908 г. в минеральном грунте на небольшой площади одного из опытных полей Тимирязевской сельскохозяйственной академии. С 1925 г. дрены Бутца закладывались на многих опытных участках и на землях бывших мелиоративных товариществ.

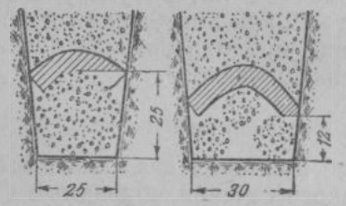


Рис. 98. Фашинные дрены

Большого внимания заслуживает фашинный дренаж. Фашиной называется пук длинного хвороста, плотно перетянутого через каждый метр ивовыми прутьями или проволокой. Вяжутся или отдельные фашины, или же хворост связывается в канат произвольной длины диаметром 30 см, который сразу опускается в прорытую канаву. Сверху фашина покрывается слоем хвороста, мха или дерна и затем засыпается (рис. 98). Каждая фашинная линия выводится в открытую канаву самостоятельно, без коллекторов, как в трубчатом дренаже. Длина фашинной линии — до 100 м. Устьевой конец фашины вводится в деревянную трубу, закрепляемую на месте с обеих сторон кольями.

Для фашины следует употреблять хворост из длинных прямых хлыстов, очищенных от листьев и молодых сучьев. Чем плотнее стянут хворост, тем меньше опасность занесения фашины отложениями. Фашинный дренаж не требует привозного материала, а вязка хвороста и укладка его в канавы может производиться и не специалистами. Поэтому именно фашинный дренаж следует рекомендовать для осушения низменных мест парков, огородов и усадебных земель.

Продолжительность действия фашинного дренажа, по имеющимся немногочисленным наблюдениям, может быть определена в 15 лет, хотя в Германии, на Кедингерском болоте, он исправно работает 30 лет. В некоторых случаях фашинный дренаж и технически предпочтительнее гончарных труб, например в зыбких почвах, где нет твердого ложа, в очень тонкозернистых грунтах, где есть опасность быстрого занесения труб, в очень плотных глинах для лучшего проветривания их.

Жердевой, или шведский, дренаж состоит из укладываемых в канаву жердей, поленьев и других материалов в разных комбинациях. У нас не применялся.

Каменный дренаж

Для устройства каменных дрен (рис. 99) в прорытую траншею набрасывают камни, которые покрывают хворостом и засыпают землей. Их можно устраивать лишь там, где камень разбросан по полям, и при больших уклонах.

При осушении спортивных площадок, аэродромов и т. п., где необходим быстрый отвод поверхностной воды и недопустимы открытые канавы, дренажная траншея заполняется послойно камнем, шлаком, щебнем, песком до поверхности земли; засыпку прикрывают слоем земли и высевают смесь многолетних трав.

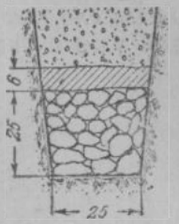


Рис. 99. Дрены из каменной наброски

Желобковые деревянные трубы

В Швеции Эриксоном[1] предложено устройство дрен из деревянных круглых отрезков. Круглый отрезок длиной около 3 м, диаметром до 10—15 см распиливают вдоль на две пластины. В каждой пластине фрезой вырезают продольный жолоб и, складывая обе части отрезка, получают трубу. Вода поступает через боковые прорезы. Для соединения труб вставляют тонкий конец одной трубы в толстый конец другой. Северным научно-исследовательским институтом мелиорации сконструирован станок для желобов измененной формы сечения (рис. 100). У бревна отрезают горбыль, вырезают в бревне углубленный жолоб, который прикрывают срезанным горбылем.


Рис. 100. Желобковая дрена

Желобковые деревянные трубы можно рекомендовать, если имеются короткие, с фаутами внутри, или по другой причине бракованные бревна.

Кротовый дренаж

В связных грунтах, глинистых и торфяных, подземные полости можно делать специальными дренажными плугами. Первоначальная конструкция дренажного плуга дана в 1850 г. Фоулером. К прочному грядилю на колесах прикреплен ножевидный вертикальный резец, уходящий в грунт на глубину до 60 см и даже более (рис. 101). К концу резца прикреплен заостренный спереди крот-снаряд цилиндрической формы диаметром 6 см

[1] Журнал „Svenska Mooskulturföreningens Tidskriff," № 26, 1933 г.

и больше. К крот-снаряду прикрепляется на цепи конический расширитель. Дренажный плуг приводится в движение трактором. В СССР с 1936 г. кротовый дренаж широко применяется в сельскохозяйственной мелиорации; было заложено много опытных участков. Нормальное расстояние между дренами — 3—4 м. За 1924—1932 гг. в Англии было заложено 53 опыта кротового дренажа, на основе которых сделаны следующие выводы[1].

Устья кротовых дрен должны быть перед выходом в канаву закреплены гончарной трубой. При устройстве дренажа в сухое время следует сначала проводить обычным плугом борозду и затем уже пускать по ней дренажный плуг. Это предохраняет

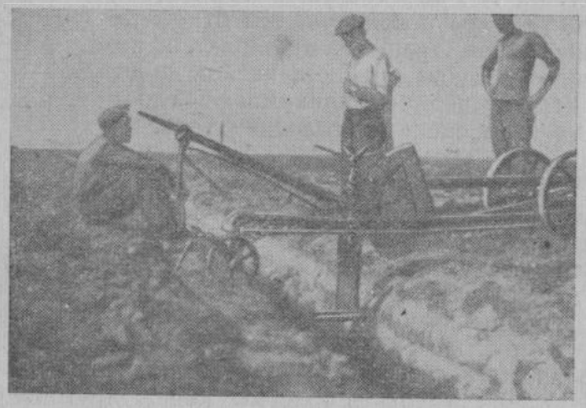


Рис. 101. Кротовый плуг фирмы Флоба-Томас

дрену от осыпания в нее сухого грунта при прохождении крот-плуга и, кроме того, позволяет углубить заложение крот-дрены.

Верх крот-дрены должен отстоять не менее чем на 5 см от верхнего горизонта глины, а дно дрены — не менее чем на 37 см от поверхности земли; чем глубже крот-дрена, тем она прочнее. В неоднородном грунте, легком, с камнями, крот-дрен делать не следует. Уклон дрен должен быть возможно большим, так как застой воды в дрене способствует ее разрушению. Движение крот-плуга должно быть медленным. Для проведения дрены диаметром 6,3 см на глубине 38 см во влажном грунте нужна тяга в 14 л. с.

Крот-дрены диаметром 6,3 см, на глубине 35—40 см, сохраняются в Англии в течение 10 лет; действие крот-дрены сохраняется еще на некоторое время и после повреждений.

[1] Blackaby, „The Journal of the Ministry of Agricultur", Bd 42, № 12. 1936.

В условиях Ленинградской области глины оказываются менее устойчивыми, чем в Англии, и дрены разрушаются быстрее.

В настоящее время мелиоративные научно-исследовательские учреждения Союза изыскивают способы закрепления кротовых дрен введением в периферийный слой грунта вяжущих веществ одновременно с проведением дрен.

Размерные элементы дренажа

Размерные элементы дренажной сети, как и элементы сети открытых канав, определяются главным образом целью работ и родом грунта, уклоном, осадками, промерзанием грунта и пр.

Средняя глубина заложения дрен на лугах—1,2 м, на полях—1,3 м. На очень плотных глинах дренаж закладывается мельче, до 1 м, так как иначе вода будет надолго задерживаться в грунте. Наименьшая глубина заложения определяется глубиной промерзания грунта и глубиной проникновения корней растений. Так, при разведении свеклы, хмеля, винограда и фруктовых деревьев глубина заложения должна быть увеличена до 1,5 м. При наличии напорных грунтовых вод желательно устройство местных углублений, так называемых восходящих колодцев (рис. 102). В коллектор вводятся снизу вертикально установленные трубы, по которым поступает снизу вверх напорная грунтовая вода.



Рис. 102. Восходящий колодец

Расстояние между дренажными линиями делают 10—20 м, в зависимости от известных уже нам факторов. Для получения культурного луга на торфяном грунте расстояние должно быть 20 м. По дренажу минерального грунта в иностранной литературе дано много указаний, так как стоимость дренажных работ и понижение уровня грунтовой воды главным образом зависят от расстояния между дренами.

Копецкий для Галиции рекомендует расстояния между дренами, приведенные в табл. 46.

При осушении посевных луговых культур расстояния между дренами следует увеличить на 30%.

В Белоруссии дощатые и фашинные дрены закладываются в торфяном грунте на расстоянии 20—30 м.

Наименьший диаметр всасывающих дрен—3 см. Рекомендуется, однако, употреблять трубы не меньше 4 см. Размеры коллекторов определяются гидравлическим расчетом в зависимости от водосборной площади и расчетной нормы стока. Норма стока в Германии принимается от 0,35 до 2,1 л/сек./га, меньшая—для очень плотных глинистых почв, большая—для песчаных. У нас наблюдения над дренажным стоком поставлены на нескольких стан-

Таблица 46

Характер почвы	Содержание промывных частиц мельче 0,01 мм в %	Содержание глинистых частиц в %	Расстояние между дренами в м	Расстояние в зависимости от глубин заложения (во сколько раз больше глубины)
Тяжелые глины и суглинки	Свыше 70	Свыше 50	8— 9	В 7 раз
Слабопесчаные глины . .	70 — 75	55 — 40	9—10	В 7,5 раз
Песчаные глины	55 — 40	40 — 25	10—12	В 7,5— 9 раз
Плотные суглинки или песчано-глинистые слои . .	40 — 30	25 — 15	12—14	„ 9 —10,5 „
Сильнопесчаные глины . .	30 — 20	15 — 7	14—16	„ 10,5—12 „
Сильноглинистые пески . или перегнойно-песчаные почвы, свыше 5% перегноя	20 — 10	7 — 2	16—18	„ 12 —14 „
Слабоглинистый песок . .	Ниже 10	Ниже 2	18—20	„ 14 —15 „
Песок	—	—	20—24	—

циях, но результатов опубликовано мало. В 1915 г. на Минской болотной опытной станции дренажный сток из торфяного грунта колебался в пределах 0,02—0,54 л/сек./га. В 1925 г. на Приладожской мелиоративной станции сток с 1 га колебался от 0,13 до 1,09 л/сек. и в среднем был 0,46 л/сек. Расчетный сток в 0,5 л с га для нас, вероятно, будет удовлетворительным.

Размер коллекторов в зависимости от площади водосбора и расчетного расхода выбирается для гончарных дренажных труб обычно по готовым графикам, а для деревянных труб системы Бутца определяется гидравлическим расчетом по основной формуле Шези движения воды по каналам. В формуле для определения C по Базену коэфициент шероховатости для дерева $\gamma = 0{,}16$ и для гончарных труб $\gamma = 0{,}20$.

Уклоны гончарных дрен должны быть не менее 0,003, дощатых—0,002, фашинных—не менее 0,005.

Предельный больший уклон указать затруднительно, так как опасности размывания самой дрены быть не может, а есть очень незначительная опасность размывания грунта под дреной; уклон в 0,05 едва ли опасен. Проект дренажа состоит из тех же частей, что и проект осушения открытыми канавами, но разрабатывается с большей тщательностью.

Потребность в рабочей силе на закладку 1 пог. м гончарного дренажа исчисляется по табл. 47.

Таблица 47

Грунт	Глубина заложения в м	Количество рабочих дней на 1 пог. м.					Примечание
		на рытье	на укладку	на засыпку	на подсыпку	всего	
Глинистый	1,25	0,177	0,0044	0,031	0,0106	0,223	Ширина по дну 30 см, по верху 36 см, 8 час. работы в день. Поперечное сечение 0,41 м², норма в час 0,29 м³, в день 5,66 пог. м канавы; уложить в час 100 дрен диам. 5-10 см на протяжении 30 м. Засыпка требует 1/6 времени копки
	1,50	0,274	0,0044	0,0458	0,0106	0,335	Ширина по дну 0,30 м, по верху 0,47 м, сечение 0,57 м², норма выемки в час—0,26 м³
Песчаный	1,25	0,1344	0,0044	0,0225	0,0106	0,172	Ширина по дну 0,30 м, по верху 0,55 м, сечение 0,54 м²; в час норма выемки 0,5 м³
	1,50	0,1925	0,0044	0,0338	0,0106	0,241	Ширина по дну 0,30 м, по верху 0,65 м, сечение 0,71 м², норма выемки в час 0,46 м³

Расположение дренажной сетки проектируется по тем же принципам, что и при открытых канавах. Коллектор-магистраль должен иметь хороший водоприемник—овраг или речку и по возможности не затопляться весенними водами; осушители должны иметь надлежащий уклон (0,003—0,05) и располагаться под острым углом к горизонталям поверхности, наискось к склону. Коллектор нельзя закладывать по дну лощины, а необходимо несколько отступать в сторону к откосу (рис. 103): иначе идущая по дну ложбины весенняя или дождевая вода размоет засыпанную канаву и дренаж.

Осушители вводятся в коллектор сверху или сбоку под прямым или острым углом (рис. 104). Пришлые грунтовые воды должны быть перехвачены нагорными дренажными линиями.

Дрены укладываются в вырытую канаву с верхнего конца ее, чем предупреждается засорение дренажной линии при работе. Если укладывать снизу, то в уложенные дрены пойдет мутная вода от укладки верхней части линии. Дрену к дрене прижимают вплотную, но из-за неровности краев остаются прозоры,

через которые и просачивается в дренажную линию вода из грунта.

Детали дренажной сети состоят из устьев, смотровых колодцев, водопадных шахт, муфт, затворов.

Что дает дренаж?

Дренированная почва весной может обрабатываться на 8—14 дней раньше, чем недренированная, и этим удлиняется вегетационный период. Вместе с этим ускоряется весеннее прогревание почвы, что создает условия для более быстрого развития корней растений.

Вследствие более быстрого просыхания почвы уменьшается опасность весенних заморозков и развития сорной растительно-



Рис. 103. Положение коллектора в понижении



Рис. 104. Соединение осушителя с коллектором

сти. Отпадает необходимость рытья многочисленных открытых канав, мешающих движению машин и распространяющих сорные травы.

Вместе с этим необходимо подчеркнуть, что дренаж грунта оправдывается лишь при последующей хорошей обработке почвы и введении интенсивных культур, особенно корнеплодов.

На парковых площадях подземный дренаж является единственным средством для улучшения роста деревьев на влажных суглинках с одновременным уменьшением влажности поверхностного слоя глины и прилегающего слоя воздуха.

В дренажной литературе высказываются опасения, что корни древесной растительности стремятся проникнуть в дрены и заполнить их своими ветвлениями. Логически это вполне вероятно в тех случаях, когда по дренажному коллектору бежит вода даже в засушливое время: корни ищут воды. Но при многочисленных раскопках дренажа, произведенных в СССР, при наличии кустарниковой и древесной растительности, закупорки дрен корнями не было обнаружено.

Глава 10

ОСОБЫЕ СПОСОБЫ ОСУШЕНИЯ

Обвалование. Если низменность затопляется водами, выступающими из берегов реки, водами моря или озера, то такую поверхность можно использовать под культуру лишь после ограждения ее от реки или моря земляными валами—дамбами. Скопляю-

щаяся на низменности дождевая и снеговая вода собирается сетью канав в бассейны, из которых перекачивается насосами через дамбы в реку.

Такие работы развиты в Западной Европе. Устья всех больших германских рек заключены в дамбы, защищающие от наводнения низменные долины их. Морские берега Голландии и устья рек ее окаймлены такими же дамбами. В Голландии такими работами ведется наступление на море. После окаймления дамбой приморского озера из него выкачивается вода, и плодородное дно озера обращается под культуру. Таким образом осушены, например, Гаарлемское озеро и залив Зюдерзее. Работы по обвалованию и выкачиванию озер произведены также в Италии и Египте. Осушенные таким способом пространства называются в Голландии польдерами. Особенно велики работы по обвалованию р. Миссисиппи в Северной Америке.

В СССР на большом протяжении заключены в дамбы реки Терек и Кура на Кавказе. В настоящее время в крупных размерах производится обвалование в Прикубанских низменностях на Северном Кавказе и в Колхидской низменности (Закавказье). На очереди обвалование низменности по большим рекам Полесья и многочисленных островов нижнего течения Волги.

Обвалование может быть осуществлено высокими дамбами — для полной защиты низменности от наводнений и низкими если долину нужно защитить от затопления только летними водами, чтобы богатые плодородным илом весенние воды попрежнему покрывали речную долину во время разлива и создавали ценные заливные луга.

Накопляющаяся на обвалованной площади грунтовая и поверхностная вода подводится обычной осушительной сетью к насосной станции при выпускном шлюзе. Когда вода в реке стоит ниже уровня воды в подводящем магистральном канале, выпускной шлюз автоматически открывается, и вода идет самотеком в реку. Когда вода в реке поднимается выше горизонта воды на обвалованной площади, шлюз автоматически закрывается и удаление излишка воды с обвалованной площади производится перекачкой, обычно центробежными насосами.

Кольматаж. Небольшие низменности по рекам могут быть избавлены от затопления, если поверхность их постепенно повышается отложениями наносов. Естественный процесс повышения поверхности отложениями наносов, называемый кольматажем, происходит в устьях многих рек, особенно Волги, Рейна, Нила. В очень малой мере кольматируются отложениями наносов все заливные луга, чему они и обязаны в значительной степени своим плодородием.

Искусственный кольматаж низменности пуском по специальным каналам мутной паводковой воды из Риона осуществлен в 1930 г. на площади в несколько сот гектаров возле г. Поти (Закавказье).

В Узбекской ССР этим способом пользуются для заполнения галечных отложений. Как классический пример кольматажа приводится кольматирование тосканских маремм (болот) в Италии, где за 100 лет поверхность поднята отложениями в некоторых местах на 8 м.

Затопляемые небольшими водами места могут быть обращены под культуру, особенно огородную, устройством высоких гряд. При этом поверхность их поднимается грядованием за счет вынимаемой между грядами земли.

Замкнутые котловины могут быть осушены выкачиванием из них воды насосами или спуском ее в залегающий водопоглощающий горизонт через вырытые вертикальные колодцы; это так называемый голландский вертикальный дренаж (рис. 105). По этому же принципу спускаются в городах и дачных местах нечистоты в песчаный грунт.

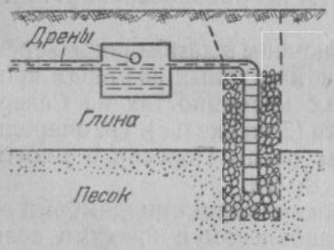


Рис. 105. Поглощающий колодец

В Северной Америке для понижения грунтовой воды в сельскохозяйственных целях выкачивают ее насосами из устроенных по территории буровых колодцев.

Понижение грунтовой воды и оздоровление местности в некоторых случаях достигается разведением сильно испаряющих воду растений. К таким растениям из древесных относится эвкалипт, растущий в местностях, где не бывает морозов. Характерным свойством эвкалиптов является их быстрый рост. Удачные результаты разведения эвкалипта, по данным литературы, получены в Италии.

Наблюдения на опытных участках в Колхидской низменности, где эвкалипт разводится для образования ветрозащитных полос, показали, что для его развития требуется хорошо дренированный грунт. На опытном участке в Супсе (Колхида) в разных условиях осушения канавами глубиной 1,2 м на суглинке эвкалипт (Eucalyptus viminalis), высаженный в 1932 г. саженцами в 25 см, имел к 1 сентября 1937 г. следующие размеры[1] (табл. 48):

Таблица 48

Расстояние между канавами в м	Выпад саженцев в %	Высота в м	Диаметр на высоте 0,75 м в см
50	19	7,31	12,2
100	32	5,48	9,5
150 и 170	53	4,34	7,9

[1] В. М. Зубец, Влияние заболачивания и осушения на рост эвкалипта.

На том же участке эвкалипты, посаженные на грядах и на бермах, дали больший прирост, чем высаженные на ровной поверхности. Растут эвкалипты в Колхиде на песчаных, глинистых и торфяных грунтах.

Из древесных пород, распространенных у нас в средней и северной зонах, наиболее испаряет воду, повидимому, береза.

Из сельскохозяйственных культур сильным испарителем является подсолнечник.

РАЗДЕЛ III

ОБВОДНЕНИЕ

Глава II

ПРУДЫ И ПРУДОВЫЕ ПЛОТИНЫ

Вода для хозяйственных надобностей и питья берется из рек, прудов, колодцев и ключей. От условия добывания воды зависит характер первоначального расселения жителей по стране. Там, где много непересыхающих речек или близка грунтовая вода, населенные пункты расположены густо и немноголюдны, например в центральных и западных областях. Там же, где большая часть речек летом пересыхает и грунтовые воды далеки от поверхности, населенные пункты расположены редко, но многолюдны, например Нижнее Поволжье, бассейн Дона.

Мероприятия по добыванию воды и снабжению ею объединяются понятием „обводнение". В состав обводнения входят устройство прудов с постройкой плотин, устройство колодцев и водопровода.

Пруды устраиваются двоякого рода: выкопанные в грунте, называемые „копанями", и „плотинные", создаваемые задержанием с помощью плотин снеговой и дождевой воды.

Копаные пруды

Копаные пруды преобладают в зоне избыточного увлажнения, где осадков выпадает больше, чем может испариться воды. Место для копаного пруда выбирается с учетом следующих условий.

1. Пруд не должен быть на пути весенних и ливневых потоков, несущих мутные воды с полей и дорог, а также загрязненные воды с населенных площадей. Такой пруд заиливается отложениями и зарастает водной растительностью.

2. Копаный пруд (копань) лучше всего устраивать на пути ручья, питаемого ключевой водой, при возможно малой площади поверхностного стока. Эта площадь должна представлять собой луговую, кустарниковую или лесную территорию.

3. Копаный пруд вполне надежен, если в слое проницаемых грунтов на труднопроницаемом основании имеется грунтовое питание (лучший пример—выкопанный в 1938—1940 гг. большой пруд возле Политехнического института им. М. И. Калинина в Ленинграде).

4. Место для копаного пруда считается подходящим, если в пруд можно направлять по канаве или трубе чистую воду из протекающей поблизости реки.

На месте устройства копаного пруда должны быть произведены исследования грунта и условий питания водой.

Простейшее исследование грунта производится копкой ям-шурфов глубиной до 2 м с последующим бурением в дне ямы еще на глубину до 1,5 м; для этого применяется спиральный или тарелочный бурав на цельной штанге.

Исследование грунта должно быть произведено на глубину, равную большей проектируемой глубине пруда.

После прорытия шурфов и бурения в них отмечается расстояние от поверхности земли тех горизонтов, на которых остановилась в шурфах собирающаяся из грунта вода.

Затем необходимо установить дебит (приточность) грунтовой воды. Для этого ведром в течение длительного времени отливают воду из шурфа, учитывая, таким образом, объем вылитой воды. На основании полученного материала можно судить о грунтовом питании; если вода поступает в шурф очень медленно, грунтового питания пруда не будет.

Надлежаще поставленное исследование движения воды в грунте к выемке с определением коэфициента фильтрации грунта производится способом, излагаемым в курсах гидрогеологии.

Наибольшая вероятность поступления грунтовой воды имеется у подножий склонов.

В случае выхода ключей следует определить расход воды. Для этого под жолоб подставляют мерный сосуд, или воду пускают через водослив, или же наполняют ею вырытую яму, из которой затем вычерпывают мерным сосудом. Расход воды ключей не постоянен. Все же проведенные несколько раз определения расхода воды дают возможность приближенно подсчитать, за сколько времени ключевое питание может сменить весь объем воды в пруде.

Необходимо выявить всю площадь, с которой будет стекать в пруд поверхностная вода, особенно с застроенных поверхностей. Для этого при составлении проекта пруда следует произвести рекогносцировку площади водосбора пруда, а затем нивелировку до водораздельных линий. Площадь будущего пруда покрывается подробной нивелировкой с квадратами со стороной в 20 м. Для расчета глубины выемки и проверки исполнения земляных работ поблизости устанавливается репер или отмечается условный горизонт на имеющихся зданиях и т. п.

При проектировании копаного пруда необходимо прежде всего установить проектную глубину воды в нем; придержкой служит глубина 1,6 — 1,8 м; при малой глубине пруд зарастает водными растениями, в сухое лето сильно мелеет.

Если поверхность, отводимая под пруд, наклонна, глубина пруда создается не только выемкой, но и устройством с низовой стороны пруда и с боков его дамбы, задерживающей сток воды (рис. 106).

Дно пруда должно быть по возможности в песчаном грунте; пруд с глиняным дном сильно мутится; взмученная глина держится водой во взвешенном состоянии неопределенно долгое время. Поэтому, если дно пруда оказывается неизбежно в глине, то в особых случаях проектируется насыпка на дно крупного песка.

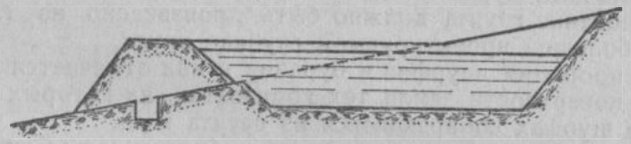


Рис. 106. Продольный профиль копаного пруда

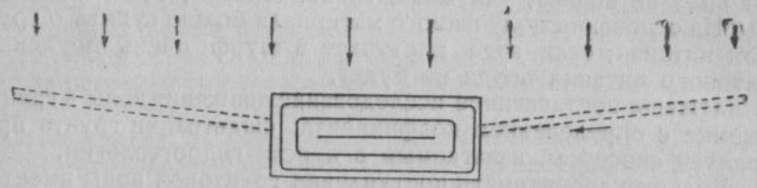


Рис. 107. Усиление питания пруда грунтовой водой

Откосы берегов пруда у мест въезда и выезда следует делать с заложением не круче 1:10; у мест входа и выхода—не круче тройного; въезды и выезды нужно крепить мощением.

Если на водосборной площади пруда имеются места, где вода загрязняется, для перехвата загрязняемой воды следует проектировать канаву с выводом ее в ложбины мимо пруда.

При сильном ключевом или подземном притоке воды необходимо устройство спускной канавы из пруда с перемычкой на ней.

При слабом подземном питании возможно в некоторых случаях усиление его каптажем грунтовых вод, движущихся мимо пруда; каптаж производится закладкой подземного дренажа поперек движения грунтовой воды (рис. 107). Наилучшую дрену в этом случае образуют дренажные гончарные трубки, обсыпаемые щебнем, или дощатые трубы с высверленными отверстиями, также обсыпаемые щебнем.

Земляные работы вручную на всю глубину пруда производятся с большим трудом, так как выемку заливает грунтовая вода. Необходимо сначала прорыть на всю глубину пруда водоотводную траншею с уклоном дна и выводом ее в существующее русло или „на-нет" при большом уклоне поверхности. Для копания выемки в воде лучшим механизмом считается грейферный снаряд, (щипец, храп) на гусеничном ходу.

Плотинные пруды

В зоне недостаточного улажнения, с далеким от поверхности уровнем грунтовой воды необходимо создавать запасы воды на все лето из весеннего тающего снега. Это достигается устройством плотины на балках (долина, овраг, яр, лог, ерик). Такой

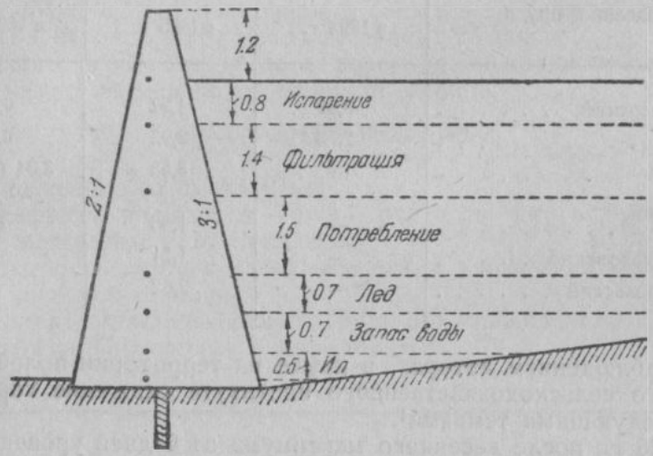


Рис. 108. Схема распределения запасов воды в пруде

пруд в степных районах обслуживает домашние нужды населения, является водопоем для скота в селении и в степи, дает воду механическим двигателям и воду в степи для питья. Из таких прудов берется вода и для полива сельскохозяйственных культур и лесных питомников.

Кроме того, при большом числе плотинных прудов в степных районах регулируется сток снеговых вод и обычно совершенно задерживается сток ливневых вод, поднимается уровень грунтовой воды и увлажняется воздух.

Плотины делаются из земли, дерева, камня и железа. В дальнейшем описываются только земляные плотины, устраиваемые для водоснабжения селений, промпредприятий и орошения земель накопленными весенними водами. Плотины же, устраиваемые

на реках для установки водяных двигателей, улучшения условий судоходства и отвода воды из рек для орошения, рассматриваются в специальных курсах гидротехнических сооружений.

Запас воды, накопляемый весной в пруде, должен иметь такую глубину, чтобы пруд не высох в течение всего лета. Поэтому существенно важно установить величину испарения, просачивания, потребления и пополнения воды за лето (рис. 108). По старым наблюдениям в Каменно-степном опытном лесничестве, организованном Докучаевым в Воронежской области, уровень воды от испарения и просачивания понижался за лето на следующие величины, приведенные в табл. 49:

Таблица 49

Название пруда	Понижение уровня воды в м		
	в 1894 г.	в 1895 г.	в 1896 г.
Большеозерский	0,91	1,27	0,88
Нужный	2,73	2,95	0,88
Осиновый	—	3,53	3,04 (высох до дна)
Дегтярев	—	1,66	—
Ново-Конюховский	—	1,21	—
Ново-Хорольский	—	2,62	—

По наблюдениям автора, в пруде на территории полей Воронежского сельскохозяйственного института снижение горизонта шло следующими темпами[1].

В 1926 г. после весеннего максимума за 6 дней уровень воды в пруде снизился на 1 м, а всего в течение лета уменьшился на 3,2 м.

В 1927 г. уровень воды в том же пруде снизился через 11 дней после прохода весенней воды на 1 м, через 21 день на 2 м, через 34 дня на 2,5 м, к осени на 3,2 м. Площадь зеркала воды в пруде при высшем горизонте—около 8 000 м², при низшем — 4830 м². Потребления воды из пруда, кроме водопоя нескольких голов рогатого скота, не было.

Таким образом, в условиях центральной черноземной полосы на испарение и просачивание воды из пруда надо предусматривать слой воды в 2—3 м, на потребление воды для хозяйственных нужд —1—1,5 м, на заиление дна с течением времени —0,5 м. Минимальная глубина воды в пруде весной—3—4,5 м.

[1] А. Д. Дубах, Вопросы прудовой техники, 1928 г.

Если в пруде имеется рыба, к этой минимальной глубине следует прибавить на толщину льда зимой 0,7 м, на запас воды под льдом 0,7 м. Лучшая глубина воды весной—5—6 м.

Большое количество воды из пруда просачивается в откосы балки и в дно, поэтому для устройства прудов нужно выбирать наименее проницаемые места балок. Запас накопившейся в пруде воды правильно исчислять не высотой слоя воды, а объемом ее, исходя при этом из величины потребления воды на человека, голову скота, машину и пр.

Рассчитывать на летнее пополнение пруда дождевой водой не следует. В центрально-черноземной полосе лишь сильные ливни в 40 мм дают коэфициент стока в 0,01 — 0,02, осадки же менее 30 мм стока воды в пруд совсем не дают.

Лишь ключевое питание может надежно поддержать горизонт воды в пруде и дает возможность снижать требования к первоначальной глубине воды после весеннего таяния.

Отдельно испарение воды с поверхности пруда может быть приближенно вычислено по формуле Мейера:

$$E = 0{,}5 \cdot D\,(1 + 0{,}224\,W) \cdot r,$$

где:

E — испарение за сутки в мм;

D — дефицит влажности — столб ртути в мм; величины его вычислены Е. М. Соколовой[1];

W — скорость ветра в м на высоте 9 м (показания метеорологической станции);

r — поправочный коэфициент (табл. 50), зависящий от D (предложен Поляковым и Давыдовым);

Таблица 50

D	r	D	r	D	r
10	0,57	3	0, 8	0,5	1,20
8	0,60	2	0, 9	0,3	1,25
6	0,65	1,5	1,0	0,2	1,30
4	0,76	1,0	1,0	0,1	1,40

Средние многолетние дефициты влажности приведены в табл. 51.

Скорости ветра W в среднем за многолетний период наиболее часто находятся в пределах 2—5 м/сек.

Приняв для условий Киева W=3 м, вычисляем по W и D следующие месячные величины испарения с поверхности пруда: май 80 мм, июнь 82 мм, июль 90 мм, август 75 мм, сентябрь 51 мм, октябрь 40 мм, итого 418 мм. Осадки за май — октябрь в Киеве 361 мм.

[1] „Труды Государственного гидрологического института", вып. 4, 1937 г.

Таблица 51

Города	Дефициты влажности по месяцам												
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	год
Ленинград	0,2	0,3	0,6	1,8	3,5	4,2	4,3	2,7	1,5	0,9	0,5	0,2	1,9
Москва	0,2	0,4	0,7	1,9	4,3	4,6	5,1	3,9	2,3	1,2	0,4	0,2	2,1
Киев	0,3	0,4	0,9	2,8	5,2	5,5	6,8	5,6	3,9	1,6	0,6	0 3	2,8
Харьков	0,3	0,4	0,9	2,9	5,5	6,0	7,3	6,9	4.5	2,2	0,7	0,4	3,2
Сарат в	0,3	0,4	0,7	3,1	7,4	9,4	11,7	9,7	5,7	2,6	0,8	0,4	4,4
Сталинград . . .	0,2	0,3	1,0	2,8	6,3	8,6	11,1	11,3	6.1	2,6	0,4	0,2	4,2

Наркоматом коммунального хозяйства 23 ноября 1932 г. установлены следующие нормы потребления воды за сутки: на человека в рабочих поселках без канализации—40—60 л вместе со всеми хозяйственными надобностями; на хозяйственно питьевые надобности рабочего за время нахождения его на предприятии — 25 л в смену; в общественных столовых на одного посетителя—15—25 л; прачечных—30—60 л на 1 кг сухого белья; в банях—150—185 л на одного моющегося. При наличии столовых, бань и прачечных потребление воды на дому на человека снижается.

При исчислении потребления воды машинами следует принимать на трактор 120 л, автомобиль 140 л за рабочий день; на двигатель Дизеля на 1 л.с. в час 15 л, на паровой двигатель на 1 л. с. в час 20 л.

По наблюдениям Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации, норма потребления воды в сутки домашним скотом следующая (табл. 52):

Таблица 52

Потребитель	Потребность воды в сутки в л	
	на стойловое содержание	на пастбищный период
Крупный рогатый скот	60—75	60
Лошадь рабочая	60	60
Овцы и козы	7—10	7—10

Выбор места под пруд и плотину и изыскания

При выборе места под пруд и плотину на балке необходимо учитывать следующее.

1. Дно и откосы балки на месте устройства пруда и особенно под самой плотиной должны быть возможно менее проницаемы для воды; участки балки с песчаным дном не будут держать воду; участков с выходами мела также необходимо избегать.

2. В месте устройства плотины балка должна быть узкая и глубокая; это уменьшает объем земляных работ и увеличивает рабочую глубину воды. Но в действительных условиях обычно не может быть категорических указаний. Если балка перед плотиной слишком узка, возможен быстрый подъем воды в пруде весной и при летних паводках, так как, чем уже пруд, тем быстрее поднимается в нем вода. Желательно, чтобы балка была узкой только в месте устройства плотины и широкой перед этим местом.

3. Плотина должна быть устроена в таком месте балки, чтоб площадь водосбора пруда была достаточна для наполнения его весенней водой, грубо считая, что 1 км² водосборной площади дает 40 тыс. м³ снеговой воды в области по левой стороне Волги и 50 тыс. м³ — по ее правой стороне. Площадь водосбора грубо определяется по карте масштаба 3 версты в дюйме. В районах, для которых нет таких карт (Заволжье и некоторые части правобережья), необходима рекогносцировка.

4. Излишне большой водосбор нежелателен, так как при этом требуется устройство больших водопропускных сооружений для прохода весенних и ливневых вод. Места балок с водосбором в 100 га для центральной черноземной полосы и до 200 га на юго-востоке являются лучшими пунктами для устройства прудов хозяйственного пользования.

5. Продольный уклон балки перед плотиной должен быть возможно мал. Чем меньше этот уклон, тем длиннее будет пруд, это увеличивает запас воды в пруде и замедляет подъем воды в нем весной и при летних ливнях. Например, при глубине воды у плотины в 4 м длина пруда при уклоне балки в 0,02 будет 200 м, а при уклоне в 0,01—400 м.

6. Донная промоина на дне балки указывает на значительную площадь водосбора и легкую размываемость дна балки, поэтому к таким местам при устройстве плотин нужно относиться осторожно.

7. При выклинивании на дне балки ключей необходимо использовать их для питания пруда, расположив плотину настолько ниже этих ключей, чтобы зеркало воды будущего пруда не покрыло их. Если ключи окажутся под водой, выход воды из них уменьшится, или они могут оказаться совсем заглушенными.

8. Для устройства пруда следует избрать место по балке, окруженное задернелыми склонами или, еще лучше, кустарником. Это предохраняет пруд от быстрого заиления. Если пруд окружен полями, особенно с большим уклоном к балке, вместе с весенней и ливневой водой в пруд будут нестись смытые частицы грунта, которые, оседая на дне, вызовут скорое заиление пруда. В таких условиях лишь устройство отстойников в вершинах прудов может предотвратить заиление.

9. Место для плотины должно быть удобно для устройства безопасного водослива сбоку плотины для выпуска излишка воды. Иногда этот водослив может быть естественным (перелив воды по низине в соседнюю балку), но чаще необходим искусственный водослив в материковом грунте сбоку плотины. Следует также выяснить место карьера, т. е. место, откуда брать землю для насыпки плотин.

10. Пруд должен быть расположен выше селения, чтобы в него не стекали грязные воды с дворов и улиц, загрязняющие пруд и вызывающие зловоние.

11. Наконец, пруд должен быть устроен в месте, удобном для подгона скота и подъезда к нему с бочками, а плотина должна быть доступна для переезда.

Инструментальные изыскания. Когда место для плотины намечено, производят инструментальные изыскания, состоящие в ис-



Рис. 109. План изысканий для пруда

следовании грунта, нивелировке рельефа и в детальном выяснении положения оси плотины и водопропуска.

Для исследования грунта лопатой роют шурфы на дне и по откосам балки. Не менее трех шурфов закладывают по оси будущей плотины, один — на дне балки ниже плотины и несколько—по дну балки на месте будущего пруда; расположение шурфов показано на рис. 109. По вынимаемым образцам определяется род грунта, а по стенкам ямы — его структура. В этом преимущество шурфования перед бурением, при котором структура грунта не видна.

Если шурфование покажет, что до глубины 1,5 м залегает все еще ненадежный с точки зрения водонепроницаемости грунт (нанос, песок, мел), а место для плотины во всех остальных отношениях подходящее, то грунт нужно исследовать на большую глубину, еще метра на два, или ударным буром-стаканом (рис. 110) или спиральным буром Войслава. Если и на такой глубине окажется проницаемый для воды грунт, придется отказаться от устройства земляной плотины в этом месте.

Если предполагается брать землю для насыпки тела плотины со дна будущего пруда, необходимо установить род грунта на дне после производства выемки.

Ось плотины обычно проектируется в виде прямой линии, перпендикулярной к оси балки. Но в некоторых случаях объем земляных работ бывает меньше при устройстве плотины с загнутыми вверх по балке концами (рис. 111).

Рис. 110. Ударный бур-стакан



Рис. 111. Плотина с загнутыми концами

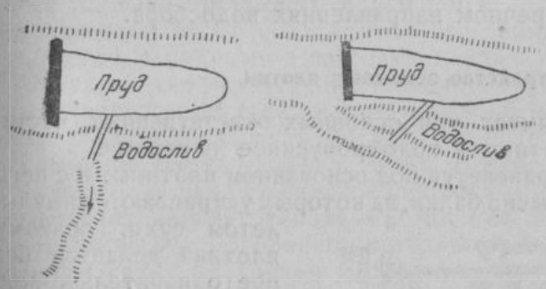


Рис. 112. План пруда с водосливами в боковые балки

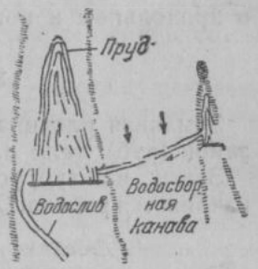


Рис. 113. Дополнительное питание пруда

Место под водослив должно быть исследовано дополнительно шурфами или бурением на всю глубину выемки под водослив. Обычное расположение водослива—на одной из сторон балки, с выводом его на дно балки ниже плотины. Но в равнинных местностях иногда можно более удачно расположить водослив, с выводом в примыкающую боковую балку или в вершину „отходящей балки" (рис. 112).

Если величина площади водосбора для наполнения пруда весенней водой по указанным нормам стока недостаточна, можно иногда увеличить приток воды в пруд, направляя в него воду по специальным водосборным канавам с ближайших поверхностей (рис. 113) и даже вершин соседних оврагов.

Когда исследованиями грунта установлено,что вода в пруде будет держаться и плотина здесь может быть устроена, приступают к нивелировке.

По дну балки намечают ось нивелировки с постановкой на ней пикетов через 50 м и обязательно на поворотах; нивелировкой нужно захватить около 100 м ниже плотины и продолжить её вверх по балке на 200 м дальше зеркала воды будущего пруда. Через 50—100 м до краев балки делают поперечные ходы и устанавливают пикеты через 10—40 м в зависимости от рельефа (см. рис.109). Угломерным инструментом при этих работах служит гониометр.

Нивелировка должна быть привязана к основному реперу-столбу или камню близ линии намечаемой плотины. В результате пикетажа, нивелировки и камеральных вычислений получается план балки с нанесенными на нем ходовыми линиями, границами оврага, пикетами и надписями на пикетах условных высотных отметок. По этим данным проводятся на плане горизонтали местности и составляется технический проект.

Если площадь водосбора пруда не может быть определена достаточно точно по трехверстной карте или по планам, нужно пройти с мерной лентой и нивелиром до водораздельной линии в продольном и поперечном направлениях водосбора.

Устройство земляных плотин

Земляная плотина имеет три основных ответственных части: замок (зуб), тело плотины и водопропускное отверстие.

Замок, или зуб, устраивается под основанием плотины, и с него начинается работа. Обычно балки, на которых устраиваются пруды, летом сухи, поэтому плотина делается без предохранительно-подготовительных работ. Поперек балки, по оси плотины, роется траншея (канава) шириной метра полтора и такой глубины, чтобы она врезалась в водонепроницаемый грунт (рис. 114). Траншею заполняют послойно с плотной утрамбовкой влажным глинистым грунтом, выводя его немного выше дна балки; слишком сухой грунт желательно увлажнять. Замок создает непроницаемую для воды стенку под плотиной. При крутых склонах балки траншею роют в берегах уступами, и замок получается уступчатый; при пологих склонах дно траншеи делают параллельным поверхности берегов балки.

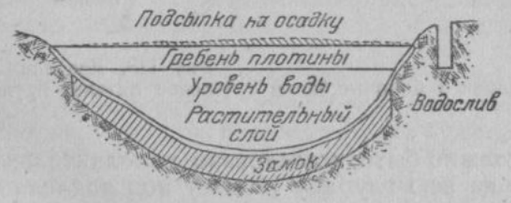


Рис. 114. Продольный профиль плотины

Если водонепроницаемый грунт лежит глубоко, а плотину необходимо делать в данном месте, замок устраивают из шпунтового ряда досок или бревен. Прорыв на возможную глубину обычную траншею, вбивают в дно ее вертикальный ряд толстых досок, плотно пригнав их друг к другу; концы досок такого шпунтового ряда вгоняют в водонепроницаемый грунт, лежащий ниже дна прорытой траншеи.

Тело земляной плотины ограничено основанием, откосами и гребнем. Оно бывает однородным, с экраном или ядром. На всей площади основания плотины снимают верхний растительный слой на глубину 0,2—0,5м. Обнаженную поверхность грунта балки взрыхляют; только после этого насыпают тело плотины. Растительный слой снимают для того, чтобы удалить из-под плотины органическое вещество вместе с норами животных. Взрыхление грунта производится для большей связи с насыпной землей плотины. Ширина основания плотин в разных точках различна. Она зависит от высоты плотины и вычисляется при составлении проекта, о чем будет сказано ниже.

Тело плотины следует насыпать горизонтальными слоями по всей ее длине и ширине. Обычно с одного конца плотины въезжают подводы с землей, сбрасывают ее, где надо, и, проехав по всей плотине, выезжают порожнем в другом конце. При такой организации работ уплотняется насыпной грунт; одновременно работают и ручными трамбовками или катками.

Механическое уплотнение насыпного грунта—самый существенный процесс при сооружении земляной плотины — может быть хорошо выполнено лишь при условии, если для насыпки тела плотины применяется влажный грунт, поэтому, если грунт сухой, его для надлежащего уплотнения необходимо смачивать. Употребление легких катков бесполезно, так как дает лишь обманчивый внешний эффект. Особенно тщательно нужно утрамбовывать насыпаемый грунт по концам плотины, в местах сопряжения с материковым грунтом балки.

При ручной возке земли тачками применяются катальные доски шириной 20—23 см, толщиной 6 см; доски выгодно укладывать с уклоном к насыпи 0,04, чтобы груженые тачки шли под гору. Считается что ручная возка грунта выгодна при расстоянии до 120 м, при расстоянии же более 120 м выгоднее конная возка.

Конная возка производится у нас обычно на четырехколесных телегах; кузовом являются или специальная опрокидывающаяся полукруглая коробка, свободно привязанная к дрогам, или заложенные за выступающие стойки съемные доски.

Лучшим грунтом для однородного тела плотины считается легкий суглинок; чистая глина непригодна, так как в ней образуются при высыхании трещины, а при насыщении водой она разбухает и требует слишком пологого откоса. Грунт берут сбоку

плотины, со склонов балки или со дна ее, отступая метров на 20 от основания плотины. В последнем случае выемкой земли со дна увеличивается глубина воды в пруде. Но если дно балки непроницаемо, то, сняв верхние слои грунта, можно увеличить фильтрацию воды из будущего пруда, что ухудшит его качество.

Место выемки грунта называется в технической литературе карьером. Вес 1 м³ земляного грунта составляет 1 500—2 000 кг и редко доходит до 2 500.

Тело плотины сужается кверху и ограничивается откосами. Откос плотины, обращенный к низу балки, так называемый сухой низовой откос, должен иметь обычно полуторное или двойное заложение, а откос, обращенный к воде, так называемый верховой мокрый откос,—тройное заложение. Это делается потому, что



Рис. 115. Оседание тела плотины

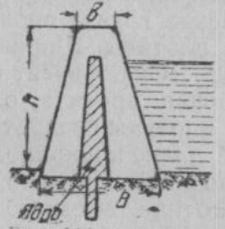


Рис. 116. Ядро плотины

грунт, смачиваемый водой и подтачиваемый прибоем воды, менее устойчив, чем сухой; он легче сползает и обваливается.

Для возможности проезда ширину плотины поверху следует делать обычно в 4 м. Первоначальная высота насыпи делается в среднем на 15% больше, чем проектная высота плотины, в связи с неизбежной осадкой насыпного грунта. Запас высоты плотины после ее осадки должен быть равен 1—1,5 м над уровнем воды в пруде, устанавливаемым после спада весенней воды.

Когда тело плотины насыпано, откосы утрамбовывают и выравнивают, т. е. производят так называемое планирование откосов. При этом простом способе насыпки земляной плотины ни хвороста ни навоза класть не следует.

Земляные работы должны быть закончены в первой половине лета, чтобы до наступления морозов насыпь уже достаточно осела.

Если же плотину заканчивают осенью и поверхность ее замерзнет, то продолжающая оседать внутренняя часть плотины отстанет от замерзшей части; получающиеся при этом пустоты опасны при весеннем напоре воды (рис. 115).

Иногда рекомендуется устраивать плотину с ядром из более непроницаемого грунта, например, в простейшем случае—из глины (рис. 116). Наши небольшие плотины нужно делать однородными. Но и при устройстве высоких ответственных плотин закладка

особого ядра из более плотного грунта нежелательна: если тело плотины будет неоднородным, то неоднородна будет и осадка, а это может повлечь за собой образование трещин в плотине.

Устройство глиняного ядра может быть оправдано при недостатке хорошего материала для всей плотины, но и тогда переход от ядра к остальному телу плотины должен быть постепенным.

Кроме того, чаще устраиваются плотины с экраном, у которых подобное водоупорное ядро-диафрагма поставлено наклонно, в толще верхового откоса. У таких плотин осадка не вызывает опасных трещин, возможных у плотин с ядром.

Имеется еще способ устройства земляных насыпных плотин, состоящий в том, что слой насыпаемой в тело плотины земли

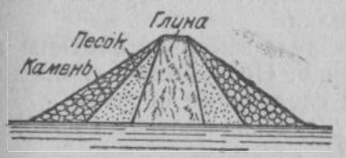


Рис. 117. Намывные плотины

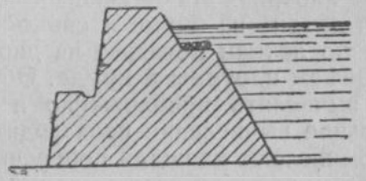


Рис. 118. Сложный профиль плотины

опрыскивается вяжущим раствором: известью, цементом; получается нечто в роде монолита.

При устройстве больших ответственных плотин применяется также намывной способ. Сущность его сводится к тому, что тело плотины слагается оседающим из воды взмученным грунтом, который приносит на место устраиваемой плотины поток воды, направляемый искусственно по трубам и желобам.

Разработка грунта в карьерах в этом случае производится струей воды, выбивающейся под сильным напором из наконечников гидромониторов; этой же водой грунт гонится по деревянному жолобу к месту устройства плотины; уклон желобов—от 0,02 до 0,1.

Притекающий с водой грунт распределяется по телу плотины по вспомогательным желобам. Приводящий главный жолоб устанавливается на эстакаде по оси устраиваемой плотины. От него через определенное расстояние отходят в стороны боковые желоба, из которых притекающая масса выливается у краев будущей плотины; принесенный гравий отлагается на месте выхода из жолоба, песок продвигается на некоторое расстояние внутрь, а глина отлагается в центре плотины. В результате получается плотина из трех отсортированных основных элементов (рис. 117).

Мокрый откос земляной плотины должен быть укреплен по линии соприкосновения с поверхностью воды пруда. Укре-

пление может быть разнородное: плетнем, состоящим из линии кольев, обвитых прутьями, или стенкой из досок, или каменным мощением. Для укрепления мокрого откоса рекомендуется посадка на нем кустарниковых ив, но не деревьев, которые при отмирании оставляют в откосе гниющие корни, нередко вызывающие прорыв плотины.

Сухой откос обычно не укрепляется. Чтобы откос меньше размывали дождевые воды, его полезно засевать травяной смесью.

У плотин выше 10 м поперечный профиль усложняется устройством, преимущественно на низовых откосах, уступов — берм (рис. 118), уменьшающих сползание откоса и размывание сухого откоса стекающими по нему дождевыми водами. На очень больших плотинах эта стекающая по откосу вода собирается в мощеный лоток на берме и спокойно отводится к берегам лощины, где по лоткам попадает на дно балки.

Объем плотины и пруда. Объем тела земляной плотины можно вычислить приближенно и точно. Приближенное, предварительное вычисление производится следующим образом.

Вычисляют площадь поперечного сечения плотины в самом глубоком месте балки (рис. 116): $\frac{b+B}{2} \cdot h$, умножают ее на длину плотины и делят на 2,5:

$$W = \frac{b+B}{2} \cdot h \cdot \frac{L}{2{,}5}.$$

Это и есть вычисленный объем плотины, дающий часто близкие истине результаты.

Для более точного вычисления объема плотины вычисляют объем насыпи между каждой парой пикетов и суммируют их. Если площадь поперечного сечения плотины на втором пикете равна F_2, а на третьем, смежном F_3 и расстояние между пикетами равно l, то приближенный объем насыпи между этой парой пикетов будет:

$$U = \frac{F_2 + F_3}{2} \cdot l.$$

Суммируя объемы между каждой парой пикетов, получают объем всей плотины. Этот способ вычисления объема плотины обычно и применяют при составлении проектов.

Наконец, при геометрически точном вычислении объема насыпи между парой смежных пикетов нужно учитывать, что тело насыпи между двумя смежными пикетами есть призматоид; точный объем призматоида получается, если из выражения:

$$\frac{F_2 + F_3}{2} \cdot l$$

вычесть поправку $\frac{(h_2 - h_3)^2 \cdot (m+n)}{12} \cdot l$,

где:

h_2 и h_3 — высоты на двух смежных пикетах;

m и n — заложение мокрого ($m = 3$) и сухого ($n = 2$) откосов;

l — расстояние между смежными пикетами.

К самым высоким земляным плотинам в мире относятся две плотины в Калифорнии — в 73 и 61 м.

Объемы воды в пруде вычисляются при предварительных соображениях приближенно, в предположении, что вода в балке перед плотиной принимает форму пирамиды, положенной на боковое ребро. Основание этой пирамиды — площадь поперечного сечения воды у плотины, а вершина — в верхнем конце пруда (рис. 119). Сечение пруда у плотины приближенно принимают за параболу, тогда площадь сечения воды у плотины будет равна площади параболы:

$$v = \frac{2}{3} \cdot b \cdot h,$$

а объем воды в пруде равен площади сечения воды на треть длины пруда:

$$W = \frac{2}{3} \cdot b \cdot h \cdot \frac{l}{3} = \frac{2 \cdot b \cdot h \cdot l}{9}.$$

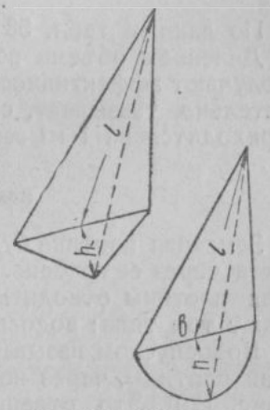


Рис. 119. Объем воды в пруде

Объем пруда точно вычисляется по площадям его горизонталей, проведенных на плане балки в результате съемки ее при изысканиях. Объем воды между каждой парой горизонталей точно вычисляется по формуле объема усеченного конуса.

$$V_{1-2} = \frac{h}{3}(f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 \cdot f_2}),$$

где:

f_1 и f_2 — площади, охватываемые парой смежных горизонталей;

h — высотное расстояние между горизонталями.

Кроме того, объем пруда вычисляют по более простой формуле, дающей мало отличающийся результат. В этом случае берется полусумма площадей горизонталей и умножается на расстояние между ними:

$$V_{1-2} = \frac{f_1 + f_2}{2} \cdot h.$$

Вычисления объема воды в пруде располагаются в порядке, приведенном в табл. 53

Таблица 53

h	f	$\sqrt{f_1 \cdot f_2}$	$f_1+f_2+\sqrt{f_1 \cdot f_2}$	$\frac{h}{3}$	Объем между парой горизонталей	Весь объем
0	38	—	—	—	—	—
2	3 800	1 194	5 032	0,66	2 321	2 321
4	8 525	5 692	18 017	0,66	11 891	14 212
6	24 400	14 423	47 348	0,66	22 249	36 461
8	42 100	32 050	98 550	0,66	65 043	101 504
8,8	48,950	45 395	136 445	0,27	24 315	125 819

По данным табл. 53 строится график объемов пруда.

Делением объема воды в пруде на объем земляной плотины получают эффективность земляных работ. Эффективность, следовательно, указывает, сколько кубических метров воды в пруде приходится на 1 м³ земляной плотины.

Водопропускные устройства

Земляная плотина будет, несомненно, размыта, если вода начнет итти через ее гребень. Избыток снеговой воды должен безопасно для плотины отводиться через специальный водосброс. Различают три типа: водоспуск, водослив и труба.

Водоспуском называют отверстие обычно в самом теле насыпной плотины, через которое можно спустить всю воду из пруда (рис. 120). Это отверстие делается во всю высоту плотины и прочно обделывается деревом или камнем; в нужное время оно закрывается щитами. Водоспуск — самое опасное место плотины; он должен быть устроен так, чтобы вода не подмывала его ни с боков, ни снизу; под ним и сбоку его обязательны шпунтовые ряды.

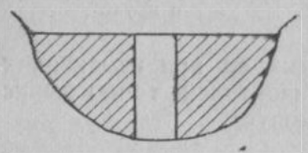


Рис. 120. Схема водоспуска

Водосливом называется отверстие, через которое вода может вылиться из пруда лишь до определенного уровня, обычно на 1,2 м ниже гребня плотины. Устраивается водослив в виде обводной канавы, проходящей в стороне от плотины, в материковом грунте, с выпуском в ту же балку или, что весьма благоприятно, в смежную.

Труба (рис. 121), прокладываемая в теле плотины или перекидываемая через ее гребень (сифон), служит обычно не для весеннего пропуска воды, а для выпуска воды из пруда в летнее время, для орошения нижележащих земель, для очистки пруда, для лова рыбы.

Когда же надо делать для прохода весенней воды водоспуск, а когда водослив? Водоспуск сделать труднее; он обычно дает течь, и при отсутствии надежного ухода повреждение его опаснее.

Все же водоспуск неизбежен в двух случаях: 1) когда водосборная площадь пруда настолько велика, что только через водоспуск, т. е. через отверстие во всю высоту плотины, может успеть пройти вся масса весенней воды; 2) когда в пруд сносится так много земли с прилегающих полей, что она может вызвать быстрое обмеление пруда и даже занести его. При отверстии до дна плотины значительная часть наносов проносится водой вниз по балке, не задерживаясь в пруде.

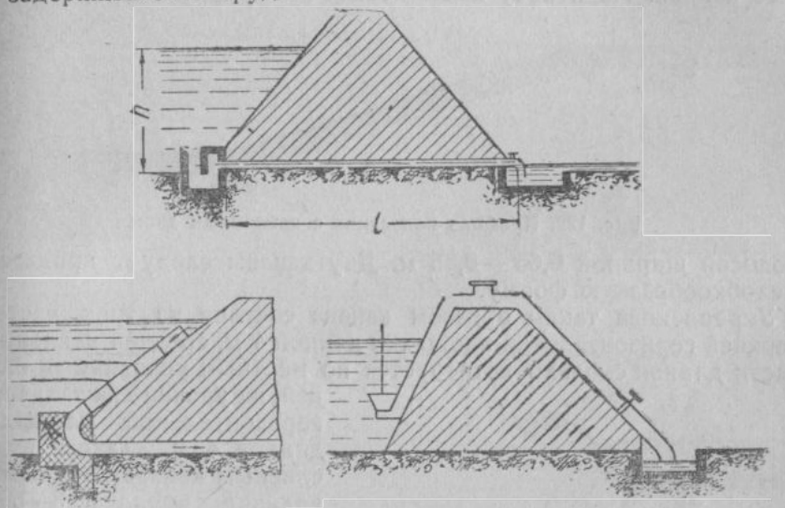


Рис. 121. Труба в теле плотины

Водослив в виде простой обводной канавы в земляном грунте устраивается лишь при мало ответственных плотинах или площадях водосбора менее 100 га; такой водослив подвержен размыву. Размыв водослива начинается обычно с нижнего конца его, где вода поступает из водосливной канавы на дно балки. Начинается размыв с какого-нибудь малого уступа-перепада и продолжается навстречу движению воды. Дно земляного водослива должно иметь уклон не более $^1/_{50}$, т. е. на протяжении 50 м падение по водосливу может быть не более 1 м.

Более прочным водосливом является канава, по наклонному дну и откосам которой устроены поперечные плетни с настилом между ними булыжного камня; уклон такого мощеного дна водослива не более 0,1.

Наиболее распространенный тип крепления состоит из квадратных клеток, имеющих не более 2 м в стороне, заполненных камнями.

Для установки плетней прокапываются траншеи глубиной и шириной в 0,4 м и в них забиваются колья длиной около 1 м.

Верх кольев должен возвышаться над дном канавы и поверхностью откосов на 0,2 м. Продольные и поперечные колья плотно оплетаются хворостом от дна траншеи до верха; затем траншеи плотно забиваются глиной, клетки замащиваются камнем по мху, мягкой соломе или соломистому навозу. Камень следует непременно ставить на ребро, тщательно подгоняя один к другому: случайные промежутки нужно расклинивать и вгонять трамбовками каменные клинья. По откосу канавы такое же крепление устраивается



Рис. 122. Профиль водослива с наклонным дном

полосой шириной 0,65 — 0,85 м. Дну канавы следует придавать желобкообразную форму.

Укрепленная таким образом канава состоит из трех частей: верхней горизонтальной площадки длиной 4 м, средней наклонной части длиной сколько потребуется по местным условиям и нижней, на уровне дна тальвега, горизонтальной площадки длиной 4 м. Таким водосливным канавам придается падение порядка 3—5 м. Плетневые клетки устраиваются косыми, их линия проходит под углом 45° к оси водослива.

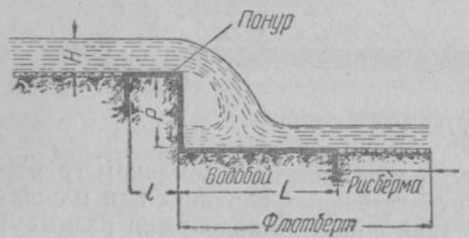


Рис. 123. Схема перепада

Наклонное дно водослива может иметь крепление дощатое, со шпунтовым рядом, или бетонное, с бетонным замком и полом (рис. 122).

Водосливы могут быть ступенчатые — мощеные, деревянные и каменные. Устройство их сложно.

В водосливе с одним перепадом или ступенью различают понурный пол, перепад, водобойный пол и рисберму (рис. 123).

Практическая длина понурного пола $l = 2H$ (два напора). Передняя часть обычно укрепляется каменным мощением, а задняя делается из материала, из которого сделан весь водослив, т. е. из дерева или камня.

Перепад в деревянных и каменных водосливах при прудовых плотинах делается высотой до 0,50—0,75 м.

Водобойный пол, испытывающий удар падающей воды, делается из того же материала, что и весь перепад (дерева или

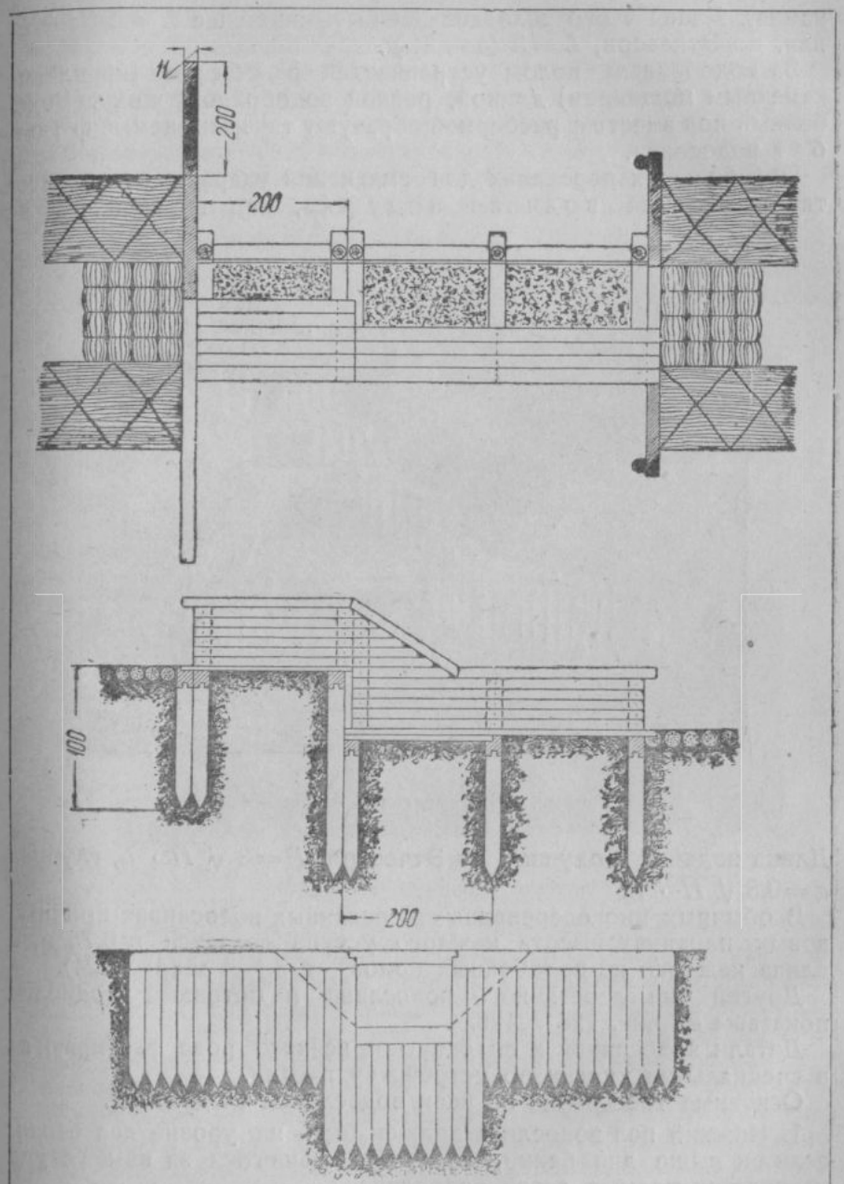


Рис. 124. Деревянный водослив уступчатый

камня). Длина этого пола должна быть не менее $L = 2\ (H + P)$ или, по Этчевери, $L = 3$ (или 4)$\cdot p$.

За водобойным полом устраивается рисберма (крепление каменным мощением) длиной, равной водобойному полу. Водобойный пол вместе с рисбермой образуют так называемый флютбет водослива.

При больших перепадах для смягчения удара воды делается так называемая водяная подушка, или водяной тюфяк.

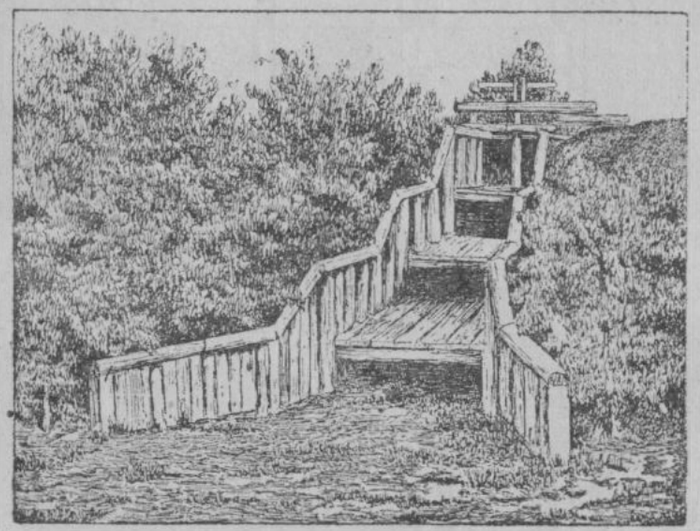


Рис. 125. Деревянный водослив

Длина водяной подушки, по Этчевери, $P = 3\sqrt{H \cdot L}$, глубина $a = 0{,}5\sqrt{H \cdot L}$.

В обычных многоперепадных деревянных водосливах при прудовых плотинах высота каждого уступа делается в 0,75 м, а длина каждого из водобойных полов — в 3 — 4 м (рис. 124).

Другой тип деревянного водослива и бетонный водослив показаны на рис. 125 и 126.

Детали водосливов и водоспусков всякого рода разбираются в специальных курсах по устройству плотин.

Основные требования ко всем водосливам следующие.

1. Нижний пол водослива должен быть на уровне дна балки; если он выше дна балки, то с образующегося за ним уступа начинается подмыв всего водослива.

2. Передняя верхняя часть водослива должна быть совершенно защищена шпунтовым рядом от прохода воды снизу или сбоку

его; вода должна итти только по полу водослива, переливаясь через так называемый „красный брус".

3. Между полом водослива и материковым глинистым грунтом должна быть насыпка щебня, чтобы не выпячивался пол.

Вопрос о том, где устраивать водослив, разрешается в основном в зависимости от геологического строения берегов балки. При равных условиях предпочтительнее делать водослив на затененном северном склоне балки.

Вспомогательные работы при устройстве пруда

Если прилегающие к пруду склоны распаханы, на балке имеются боковые промоины или в нее впадают уже образовавшие-

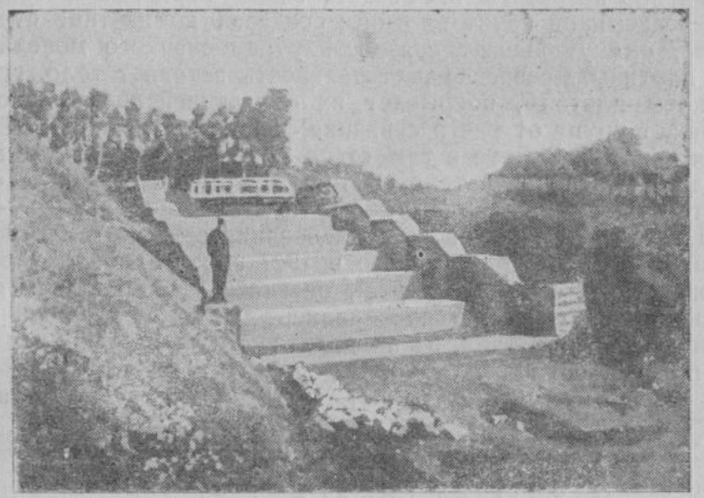


Рис. 126. Бетонный водослив

ся действующие овраги, то пруд подвержен заилению. Чтобы предупредить это явление, рекомендуется, помимо закрепления и облесения действующих оврагов, устраивать в верховьях пруда и местах, где в него впадают мутные дождевые воды, ряды частых поперечных плетневых запруд. Скорость течения воды при этом уменьшится, и наносы из нее будут отлагаться до впадения воды в пруд. Для предупреждения заиления пруда можно также устраивать илоотводные канавы, по которым устремляющаяся в пруд мутная вода отводится непосредственно в водослив; когда же по балке идет чистая вода, канава перепруживается и не работает.

Кроме заиления, нужно предупредить и загрязнение пруда сточными водами с улиц и дворов селения.

К мерам, предупреждающим загрязнение, относятся перехватывание сточных вод канавами, разведение на склонах древесной и густой травяной растительности, устройство пруда на балке перед входом ее в селение.

Пруд должен иметь удобный доступ для подгона скота и подъезда с бочками за водой; лучше всего это достигается устройством мощеного спуска с уклоном не более 0,1.

На многих степных плотинах разведены крупные ветлы. Высокая древесная растительность на плотине в степи издали указывает местоположение плотины. Кроме того, древесная растительность закрепляет тело плотины. Однако вопрос о том, какое влияние оказывают деревья на устойчивость земляной плотины, до сих пор не разрешен. Разветвленная корневая система связывает насыпной грунт плотины; создавая компактное строение грунта, она уменьшает связность утрамбованного монолитного тела плотины. Древесная растительность затеняет тело, гребень и откосы плотины, покрывает их опадающей листвой, которая защищает грунт от растрескивания, непосредственного действия ливня и ветра. Вместе с тем ствол дерева, колеблясь от ветра, передает колебания в тело плотины и этим расстраивает ее монолитность.

По материалам массового обследования земляных плотин черноземной полосы, проведенного в 1927 г. кафедрой мелиорации Воронежского с.-х. института[1], оказалось, что плотины с древесной растительностью сохранились лучше, чем плотины без растительности. В табл. 54 приводятся в качестве примера данные по б. Новохоперскому и Воронежскому уездам.

Таблица 54

Плотины	Новохоперский уезд				Воронежский уезд			
	всего плотин	исправных в %	поврежденных в %	промытых в %	всего плотин	исправных в %	поврежденных в %	промытых в %
Без деревьев	161	45	23	32	433	43	26	31
С деревьями	213	57	23	20	185	49	40	11

Неясны и результаты обсадки периферии пруда древесной растительностью; древесная растительность вокруг пруда уменьшает скорость ветра над водой, а следовательно и испарение с пруда, но деревья вокруг пруда сами являются большими испарителями. Отоцкий[2] описывает пруды высохшие за лето при наличии вокруг них тополей и вязов, и на той же балке пруд, не обсаженный древесной растительностью, но сохраняющий воду.

[1] А. Д. Дубах. Материалы по вопросам прудовой техники, 1928 г.

[2] П.В. Отоцкий. Херсонские лесные посадки Карьера, „Почвов.", 1900 г., № 3

Расчет водопропускных отверстий в плотине

Назначение этих отверстий — удалять избыток воды из пруда, не допуская переливания ее через гребень плотины. Вода при этом удаляется тем надежнее, чем шире отверстие. Но с увеличением его ширины возрастает и без того большая стоимость сооружений. Поэтому при проектировании плотины нужно установить наиболее экономичную ширину отверстия водосброса.

Расчет размеров гидросооружений слагается из: 1) установления расчетного расхода воды, 2) установления предельного допустимого горизонта воды в пруде, 3) расчета ширины водослива или водоспуска при установленном расчетном расходе и горизонте воды.

Небольшие весенние мгновенные модули стока по логам, по четырехлетним наблюдениям Валдайской гидрологической станции, приведены в табл. 55.

Таблица 55

Лога	Характер поверхности	Продольный уклон по логу	Наибольший модуль стока в л/сек/га	Площадь водосбора в га
Приусадебный	Поле и луга; супесь на суглинке	0,013	6,8	36
Крутой	Поле, суглинок	0,017	15,0	4,5
Усадьевский	Поле, луг, кустарник, суглинок	0,016	11,4	36
Моренный	Поле, кустарник	0,002	4,3	32
Таежный	Лес елово-сосновый, суглинок	0,015	1,2	39

На основании приведенных величин следует принимать для расчета водосборов в плотинах на логах района Москва—Ленинград модуль стока 10 л/сек./га. Наблюденные кратковременные большие модули на балках после устройства пруда будут уменьшаться вследствие регулирования их емкостью пруда.

Для района Саратова на основе наблюдений стока воды из ящиков при таянии снега Г. И Тарловским предложены для расчета плотин следующие модули стока: при площади водосбора до 1 500 га—13 л/сек./га, более 5700 га—6,8 л/сек./га.

Между водосборами в 1500 и 5700 га модуль может приниматься приблизительно интерполированием между 6,8 и 13 л/сек. Поэтому если пол водослива делается на 1,2 м ниже гребня плотины, то максимальный расчетный напор воды принимается в 1,2—0,3=0,9 м.

Общая формула расчета расхода воды через водослив:

$$Q = {}^2/_3 \mu \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}.$$

В условиях прохода воды по водосливному лотку после подстановки значения $\mu \cdot g$ получается:

$$Q = 1{,}5 \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{h};$$

отсюда ширина водослива:

$$b = \frac{Q}{1{,}5 \cdot h \cdot \sqrt{h}},$$

(все размеры в метрах).

Ширина отверстия водоспуска:

$$b = \frac{Q}{0{,}8 \cdot a \cdot v},$$

где:

a — наибольшая глубина воды в балке, наблюдавшаяся до устройства плотины; при наличии плотины это есть глубина воды ниже плотины на ненарушенном работами участке балки;

v — допускаемая скорость воды по деревянному полу водоспуска, равная 3—4 м/сек.

Диаметр трубы в теле плотины:

$$d = \sqrt[5]{\frac{16Q^2 \cdot \zeta \cdot l}{2gh\pi^2}} = 0{,}302\sqrt[5]{\frac{Q^2 l}{h}},$$

где l — длины трубы в метрах.

Проект устройства плотины

Проект должен содержать (рис. 127) следующую техническую документацию.

1. Выкопировку из карты наибольшего масштаба района устройства плотины с показанием зеркала воды пруда (синий цвет), оси плотины (красная черта) и площади водосбора (синий пунктир).

2. План пруда и склонов балки с показанием линий и пикетов нивелировки (красный цвет), мест зондировок (красные кружки), горизонталей (черный цвет или сепия), положения плотины и водосливного устройства (черный цвет). Масштаб—1:5000.

3. Продольный разрез плотины с показанием замка, уровня воды, гребня плотины, запаса 15% высоты на осадку, водопропускного устройства. Масштаб: горизонтальный—1:1000, вертикальный—1:200.

4. Поперечный разрез плотины в месте наибольшей ее глубины, с показанием замка, снятого растительного слоя, горизонта воды при полном наборе, способа укрепления откоса, запаса на осадку. Мас-

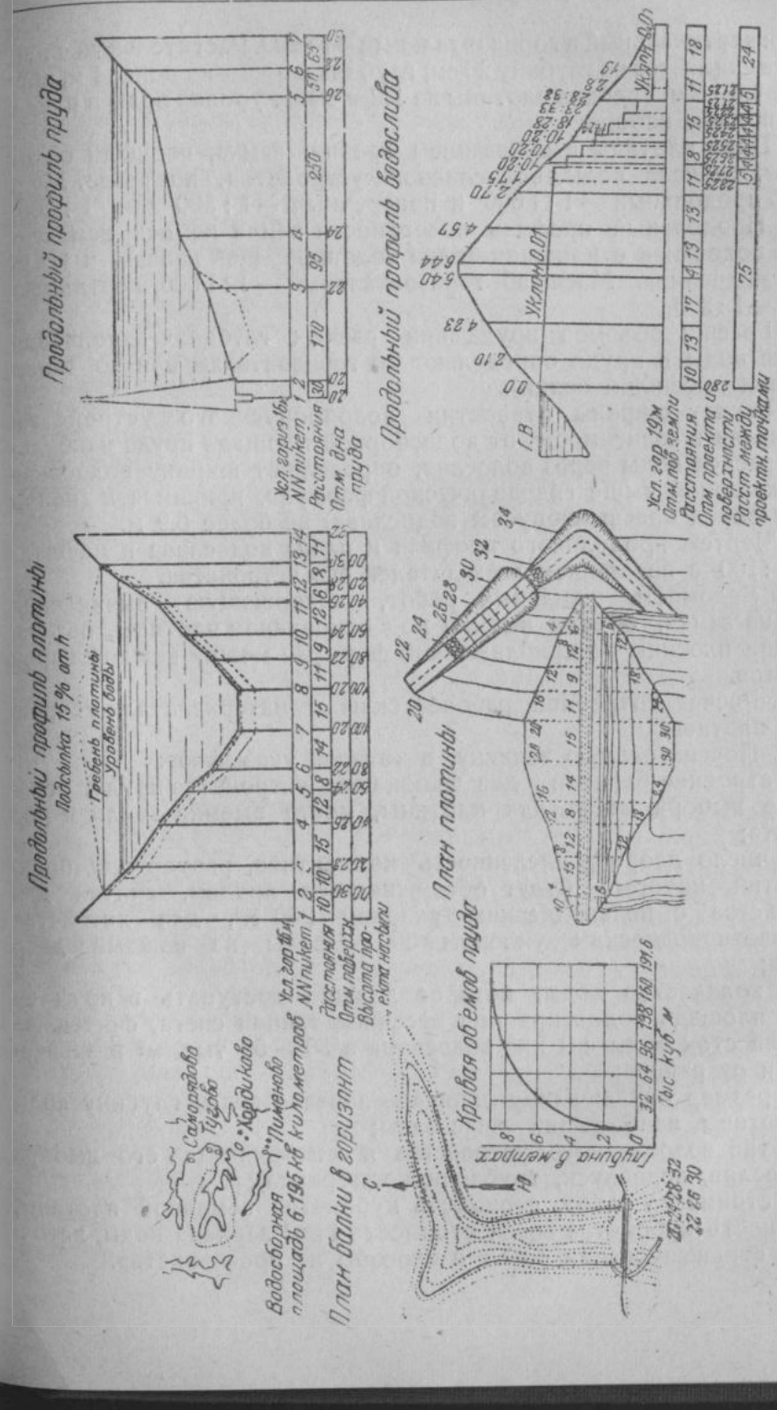


Рис. 127. Пример проекта пруда

штаб: вертикальный и горизонтальный—1 : 200. Растительный слой земли снимается на глубину 20 см; глубина замка—не менее 1 м, ширина 1,5—2 м. Гребень плотины на 1,2 м выше уровня воды в пруде при полном наборе.

5. План плотины с показанием гребня, замка, площади основания, зеркала воды, водосливного устройства, подъезда. Масштаб продольный — 1 : 1 000 и поперечный — 1 : 500 или 1 : 200.

6. Продольный профиль поверхности земли по оси намеченного водослива с показанием дна водопроводной канавы и уступов водослива. Масштаб горизонтальный — 1 : 1 000, вертикальный — 1 : 200.

7. График объемов пруда при разных глубинах наполнения (запас воды в пруде определяют по горизонталям или по поперечным профилям балки).

8. Расчет ширины отверстия водопропускного устройства. Вычислив в зависимости от водосборной площади пруда наибольший расход воды через водослив, определяют ширину водослива по указанной выше гидравлической формуле, принимая h (напор воды перед красным брусом водослива) не более 0,9 м.

9. Чертеж продольного профиля и плана водослива в масштабе 1 : 100 с показанием всех деталей его устройства.

10. Ведомость земляных работ, содержащую вычисления объема замка, объема выемки под основанием плотины, объема насыпи плотины по приближенной формуле между каждой парой пикетов.

11. Расчет потребной рабочей силы и материала для устройства плотины.

12. Пояснительную записку, в которой указывают:

а) строение берегов и дна балки, цель устройства пруда, основание выбора места для плотины, место выемки земли и род грунта;

б) число дворов, численность коллектива, размер промпредприятий, которые будут обслуживаться прудом, считая для хозяйства с полеводческим уклоном 200 м³, для хозяйства с животноводческим уклоном 300 м³ воды на каждый двор в год;

в) количество воды, которое должно поступать в пруд со всей площади водосбора при весеннем таянии снега, считая весенний сток воды с 1 км² водосбора в 30 — 50 тыс. м³ в зависимости от района;

г) размер пруда: длину, площадь зеркала воды, глубину воды у плотины, наибольший запас воды;

д) тип водосливного устройства и основания для его выбора (водослив, водоспуск, труба, род материала);

е) стоимость работ, стоимость кубометра земляной плотины, стоимость кубометра воды, стоимость 1 км² зеркала воды, источники финансирования работ и способы их производства.

Условия надежности земляной плотины

Под действием напора вода просачивается из пруда в тело плотины и образует в ней уровень напорной воды. Этот уровень напорной воды, или линию насыщения в теле плотины, можно обнаружить обычным для грунтовой воды способом—смотровыми колодцами (рис. 128).

Если линия насыщения тела плотины уходит в основание откоса и не пересекается с поверхностью низового откоса, то плотина надежна в отношении размыва просачивающимися водами. Если же линия насыщения пересекает низовой откос, то плотина фильтрует и вызывает опасение в ее прочности.

Фильтрация воды через тело плотины безопасна, если фильтрующаяся вода не выносит с собой частиц грунта; если же фильтрующаяся вода мутна, это является опасным признаком вымыва грунта, влекущего за собой усиление фильтрации и разрушение плотины. Уже упоминалось, что если вода пойдет через гребень земляной плотины, то плотина будет промыта. Поэтому к весне водослив плотины должен быть очищен от снега, а водоспуск открыт. Осенью, до заморозков, необходимо осмотреть, не осел ли грунт у стенок водослива. Эти повреждения надо затрамбовать свежим грунтом. Необходимо также наблюдать за гребнем плотины и подсыпать на него землю в пониженных местах. На случай же возможного прорыва следует весной иметь у плотины несколько мешков талой земли: тяжелый мешок, наполненный до половины землей, надежно закроет начавшийся промыв. Если при этом отверстие водослива рассчитано правильно и гребень плотины везде на 1,2 м выше верхнего пола водослива, то при отсутствии строительных дефектов плотина должна уцелеть.

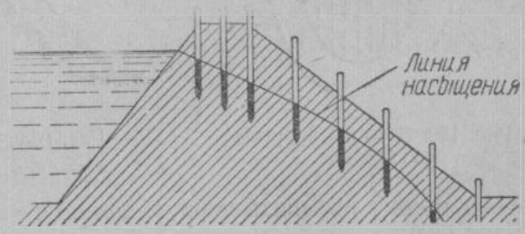


Рис. 128. Линия насыщения водой тела плотины

Размыв плотины летними ливнями происходит лишь в редких случаях, при глинистом грунте бассейна. На песчаном же грунте и самые сильные ливни настолько поглощаются им, что могут лишь поднять уровень воды в пруде до водослива. Но когда пруд замерзает, переполненный летними водами, опасность размыва плотины весенними водами значительно увеличивается.

Если после прохода воды надо засыпать в плотине прорыв, то его предварительно выравнивают и делают в дне и откосах гли-

няный замок, которым тело старой плотины связывается со свежей засыпкой (рис. 129).

Кроме весенней подготовки, плотина нуждается и в систематическом наблюдении и ремонте. Действием воды мокрый откос плотины постепенно разрушается, поэтому у старых плотин гребень становится все уже. Если приходится ремонтировать гребень старой плотины или увеличивать ее высоту, то нельзя сделать просто насыпку свежей земли; следует сначала поверхность старой плотины взрыхлить, устроить в ее старом гребне глиняный замок, а на размытом откосе — уступы, и только после

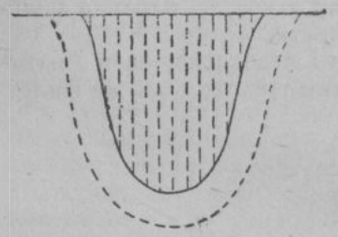


Рис. 129. Засыпка прорыва в плотине

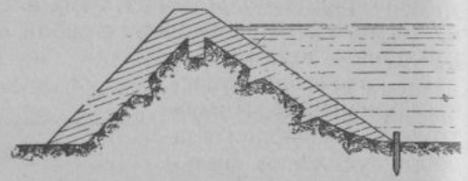


Рис. 130. Надсыпка тела плотины

этого можно насыпать свежую землю с надлежащей утрамбовкой (рис. 130).

Если окажется, что вода из пруда просачивается через тело плотины и выступает на низовом откосе, необходимо прекратить фильтрацию воды устройством на верховом откосе плотины глиняного замка толщиной около 2 м с углублением его до материкового грунта балки. Если же это невозможно, нужно покрыть место выхода воды на низовом откосе дренажной призмой с обратным фильтром.

Если пруд усыхает из-за фильтрации воды из него в дно и бока самой балки, рекомендуется применить глинизацию дна пруда, т. е. пуск в пруд взмученной глины, которая, оседая на дно, уменьшит его проницаемость (кольматаж). Однако в таких случаях лучше устроить новую плотину на более надежном месте.

Деревянные плотины

Основным типом постоянной деревянной плотины является ряжевая; это наиболее прочный тип плотины, устраиваемый из сочетания дерева и земли. Остовом плотины являются продольные и поперечные пересекающиеся бревенчатые стены-срубы, образующие прямоугольные клетки размером обычно 2 м × 2 м (рис. 131). Под передним срубом забивается предварительно шпунтовый ряд, проникающий в водонепроницаемый грунт. Нижнее бревно сруба плотно соединяется с гребнем шпунтового

ряда. Обычно забивается еще шпунтовый ряд по линии соединения понурного пола с водобойным. Кроме того, под ряжами забивается большое число свай, на которых закрепляются нижние венцы ряжей. Клетки, образуемые ряжевыми стенами, плотно заполняются грунтом.

Таким способом создается неразмываемая монолитная плотина; прорыв может произойти лишь в обход плотины, в месте соединения ряжей с берегами. В середине ряжевой плотины оставляется отверстие-водоспуск с полом из двойного ряда пластин на нескольких звеньях ряжевых клеток.

Примерные размеры материала: сваи — диаметром 20—24 см, шпунтовые пластины — толщиной 18 см; бревна для ряжей — 22 см, насадки на сваи — 32 см, пластины для пола водоспуска — толщиной — 7—10 см.

Имеется большое число плотин, состоящих из дерева и земли (типа перемычек), в частности в таких плотинах один шпунтовый ряд устраивается с земляной присыпкой спереди и сзади, два шпунтовых ряда — с засыпкой земли между ними, две заборчатые стенки на столбах с засыпкой земли между стенками, а также впереди и позади них.

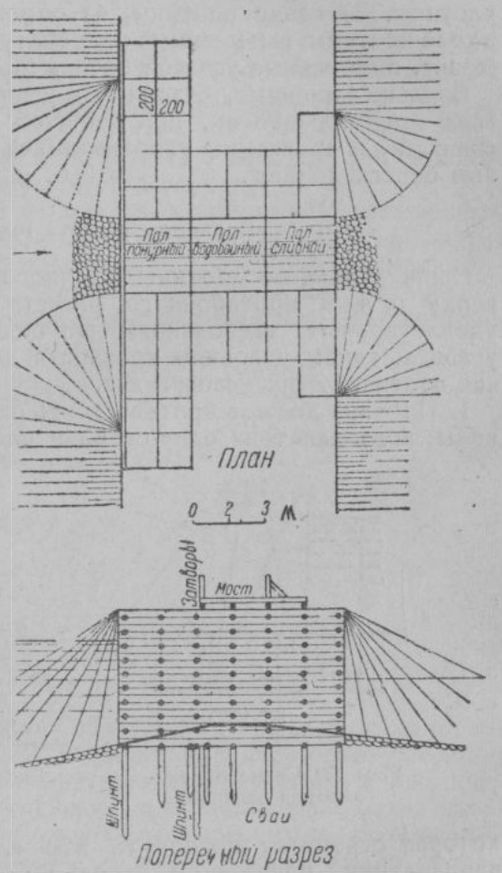


Рис. 131. Ряжевая плотина и водоспуск

Каменные плотины

Типы каменных плотин приводятся в специальных курсах. Простейшая каменная плотина представляет собой наброску из камней поперек водного потока. Плотины этого типа нередко достигают больших размеров.

Имеется много типов плотин из каменной кладки.

Высоконапорные плотины делаются обычно бетонными и железобетонными.

Лишняя вода переливается через гребень плотины (водосливный тип). Основные расчеты их ведутся на: 1) давление плотины на материковый грунт, 2) фильтрацию воды под основанием плотины, 3) сдвиг плотины, 4) опрокидывание, 5) напряжения в теле плотины, вызываемые температурными условиями, 6) напряжения, вызываемые усадкой бетона (при высоких плотинах), и пр.

В плане каменные, бетонные и железобетонные плотины делаются прямолинейными, при большой длине подпираемые контрфорсами, и арочными, упирающимися основаниями арки в прочные берега долины.

Принципы расчета тела плотин

Наши земляные плотины обычного профиля при ширине поверху в 4 м проверочного расчета не требуют: они вполне удовлетворяют требованиям прочности. Но все же полезно усвоить, каким условиям прочности должна удовлетворять всякая плотина. Этих условий два.

1. Плотина должна противостоять опрокидывающему действию воды; вода давит на одну сторону плотины с силой P (рис. 132),

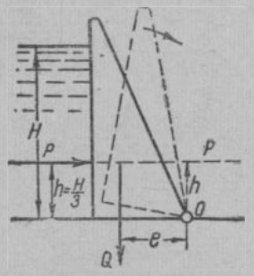


Рис. 132. Схема опрокидывания плотины

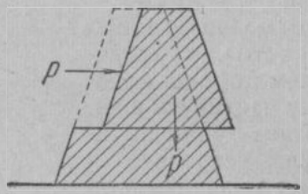


Рис. 133. Схема сдвига плотины

которая стремится повернуть всю плотину около точки O в направлении, показанном стрелкой; этому опрокидывающему действию воды противостоит сила Q — вес плотины. Выражаясь математически, момент силы Q относительно точки O равный $Q \cdot l$, должен быть больше момента силы P, равного $P \cdot h$ относительно той же точки. Способ вычисления величины сил P и Q (в тоннах) и их плеч h и l (в метрах) излагается в специальных курсах.

2. Плотина по любой из горизонтальных плоскостей, проведенных в ее теле, должна противостоять сдвигающему действию P бокового давления воды на стену плотины (рис. 133). Этому

сдвигу противодействует сила, выражаемая весом Q тела плотины умноженному на коэфициент трения грунта плотины по плоскости основания и по всякому другому горизонтальному сечению.

Глава 12

КОЛОДЦЫ

Залегание воды в грунтах и ее качество

Перед тем как приступить к устройству колодца, необходимо иметь представление о его вероятной глубине.

Если место для колодца находится в районе существующих колодцев, а поверхность земли плоская, то вероятное расстояние водоносного горизонта от поверхности земли определяется по глубине соседних колодцев. Если поверхность земли волнистая, необходимо с помощью нивелира связать уровни воды в существующих колодцах и, выяснив таким образом положение зеркала грунтовой воды и высотное положние места предполагаемого колодца, определить вычитанием вероятную глубину его. На рис. 134 указаны положение существующих трех колодцев с отметками уровней воды в них над условным горизонтом, положение проектируемого колодца с отметкой поверхности земли около него и две линии нивелирных ходов. По отметке в точке a можно вычислить вероятную отметку грунтовой воды на месте предполагаемого колодца которая равна 11,6 м над условным горизонтом; поэтому вероятная глубина до воды будет $26{,}4 - 11{,}6 = 14{,}8$ м. Если колодцев нет, вероятную глубину проектируемого колодца можно определить по выклинивающимся в ложбинах грунтовым водам. Схемы показаны на рисунках (рис. 135, *а*, *б*) и не требуют пояснений.

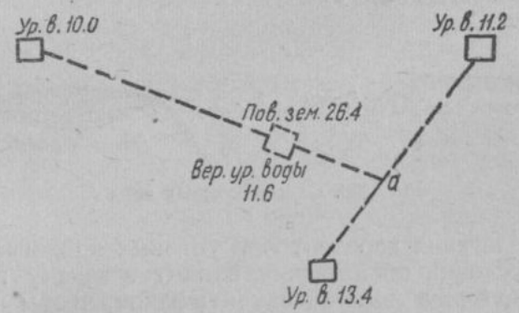


Рис. 134. Схема трех колодцев

Если в районе предполагаемого колодца имеются лишь сухие овраги, то выяснить по ним вероятную глубину колодца нельзя, но

все же это указывает на то, что вода в большинстве случаев будет не ближе определенного количества метров от поверхности.

Положение водоносного горизонта в действительности не такое простое, как изображено на схемах. Между двумя сухими оврагами может залегать выше их дна местная прослойка глины, задерживающая иногда достаточное для простого колодца количество воды (рис. 136).

В брошюрах по колодцам указывается ряд эмпирических приемов для определения вероятной глубины воды.



Рис. 135. Вероятная глубина до грунтовых вод при выходах их в балках: *а*—в двух балках с водой; *б*—в одной балке с водой



Рис. 136. Схема водяных линз

Изучение залегания горизонтов грунтовых вод, выяснение их мощности и условий образования входит в задачу гидрогеологии. Но нужно очень хорошо изучить район, чтобы при устройстве отдельных колодцев можно было пользоваться данными гидрогеологии. В каждой местности имеется несколько водоносных горизонтов: верхний—ненадежный, пересыхающий горизонт, на первой от поверхности водонепроницаемой прослойке, иногда случайный и местного характера. На этой верховодке обычно базируются местные простые колодцы; вода в них сообщается с загрязненными поверхностными водами. Второй водоносный горизонт надежно питает глубокие шахтные колодцы и мелкие буровые; вода этого горизонта отделена от поверхности земли или верховодкой, или достаточно мощным слоем грунта, проходя через который она очищается от примесей и микроорганизмов. Питание этого водоносного горизонта может происходить как местными водами, так и просачивающимися с дальних районов. В некоторых районах, например почти во всей центрально-черноземной полосе, залегание этих вод настолько изучено, что вероятная глубина бурового колодца может быть указана довольно точно.

Наконец, на больших глубинах часто залегает водоносный горизонт, в котором вода находится под большим напором. В доводимых до этого водоносного горизонта буровых колодцах вода поднимается выше своего естественного горизонта. Колодцы, устраиваемые в таких водах, называют артезианскими. В отдельных случаях вода поднимается выше поверхности земли, и колодец получается самоизливающимся. Вода в артезианских колодцах совершенно обеззараженная, иногда сильно минерализована и имеет постоянную температуру.

Чтобы точно определить глубину залегания водоносного горизонта при отсутствии колодцев, необходимо изыскательское бурение до воды; сеть исследовательских буровых скважин дает наиболее надежные данные для проектирования колодцев. Процесс исследовательского бурения отличается лишь в деталях от бурения для устройства глубокого бурового колодца и потому здесь отдельно не излагается.

Потребность в воде за сутки при расчете обслуживаемого населения указана в главе „Пруды и прудовые плотины".

Анализ воды. Для характеристики качества питьевой воды должны быть известны следующие ее свойства.

1. Температура, — устанавливается специальным родниковым термометром, опускаемым в воду на бечеве.
2. Вкус, — определяется при температуре 15 — 20° Ц.
3. Запах, — определяется при нагревании в колбе до 50—60° Ц.
4. Цвет—находится сравнением слоя воды в 10 — 20 см с равным слоем дестиллированной воды в цилиндрах, поставленных на белую бумагу.
5. Мутность, — определяют отстаиванием в продолжение 12 час. 100 см³ воды в градуированном цилиндре, и измерением занимаемого осевшими частицами объема.
6. Химическая реакция воды определяется лакмусовой бумагой в течение 5 — 10 мин.
7. Жесткость воды, — зависит от содержания солей кальция и магния; жесткость сырой воды называется общей жесткостью, а кипяченой — постоянной жесткостью. 100 см³ воды вливают в стеклянный цилиндр с притертой пробкой и прибавляют бюреткой сначала по 1 см³ титрованного спиртового раствора марсельского мыла, а затем по каплям, до тех пор, пока при взбалтывании пена будет оставаться в течение 5 мин. По объему потребного для этого мыла по таблице находят число градусов жесткости. 1° жесткости немецкой шкалы соответствует содержанию в 100 см³ воды 1 мг окиси кальция и магния. Один немецкий градус соответствует 1, 79° французского и 1,25° английского. Воду с жесткостью до 8° немецкой шкалы считают мягкой, свыше 20° — жесткой. Для питья пригодна и более жесткая вода, а для варки пищи — жесткостью не свыше 20°.

8. Содержание железа, — при 1, 5 мг железа на 1 л вода имеет неприятный вкус; для городских водопроводов допускается не более 0, 3 мг на 1 л.

9. Содержание азотистой кислоты,—этой кислоты не должно быть, азотной же кислоты может быть не больше 20 мг в 1 л.

10. Содержание аммиака, — допускаются лишь следы его, так как присутствие его в воде неглубоких горизонтов указывает на происходящее в воде гниение органических веществ.

11. Содержание сероводорода,—является результатом разложения органических веществ в питьевой воде, а в глубоких скважинах — результатом разложения сернистых металлов. В открытых резервуарах сероводород улетучивается.

12. Окисляемость, —не свыше 10 мг марганцевокислого калия на 1 л.

13. Содержание серной кислоты,—не свыше 100 мг ангидрида серной кислоты на 1 л воды.

14. Содержание хлора, — не более 150 мг на 1 л.

Шахтные колодцы

Имеются три типа колодцев: срубовый, бетонный и буровой. Номенклатура эта не выдержана по какому-либо признаку, но наиболее употребительна. Если положить в основу классификации материал, из которого сделан колодец, то следует различать колодцы деревянные, каменные, железные, а по способу устройства — копаные, забивные и буровые.

Срубовые колодцы

Для устройства срубовых колодцев опускают деревянные срубы на глубину до 25 м, а в редких случаях до 30 м и более. Материалом для сруба может служить дуб, хорошо сохраняющийся над водой и еще более твердеющий в воде. Но дуб трудно обрабатывается и стволы его неправильной формы. Сосна имеет правильный ствол, легко обрабатывается и сохраняется в воде и над водой лет двадцать. Береза сохраняется под водой лет десять, над водой же начинает гнить через 5 лет[1]. Ольха долго держится в воде, но слаба над водой. Для сруба применяют пластины, получаемые распиливанием бревен толщиной 22 см, или цельные бревна толщиной 16 см, длиной по 1, 6 м, очищенные от коры.

Из заготовленного таким образом материала рубится на поверхности земли сруб колодца с соединениями на углах в лапу (рис. 137). Каждые четыре пластины образуют венец; отдельные венцы иногда соединяют вставными шипами.

[1] Синельников, Колодцы, 1924 г.

На месте колодца роется яма поперечным размером несколько больше внешних размеров сруба, глубиной — насколько возможно без риска обвалов стенок грунта, но не глубже 3 м. Со дна этой ямы, называемой технически шахтой или котлованом, собирается по венцам приготовленный заранее сруб. Доведя сборку со дна до поверхности, спускают в сруб на веревке колодезника-землекопа, который углубляет дно колодца. Землю вытаскивают на канате бадьей двое-трое рабочих. Канат перекидывают через блок над колодцем и прикрепляют к вертикальному вороту в стороне от колодца (рис. 138). Место работ следует огородить.

Сруб наращивают двояко: сверху или снизу. В первом случае весь сруб по мере того, как со дна шахты вынимается земля, опускается и наращивается венцами сверху; при этом нижнее звено должно быть несколько шире остальных, а еще лучше если



Рис. 137. Соединения сруба

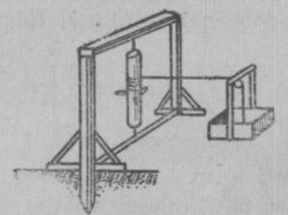


Рис. 138. Ворот при устройстве колодца

к нему прикреплена режущая полоса железа. Можно делать и иначе: установленный на дно вырытой шахты сруб закрепляют на месте в углах шахты и по мере подкопа и выемки земли под него подводят снизу бревна. Этот способ применяется при глубоких колодцах. Чтобы во время работы звенья сруба не разошлись, их расшивают, т. е. скрепляют прибиваемыми изнутри продольными досками-рейками, а чтобы весь сруб не осел при подкопе, закладывают в некоторые венцы более длинные пластины („закладки"), концы которых входят в стены шахты.

Сруб опускают на 1—1,5 м ниже уровня воды, в зависимости от размеров ожидаемого потребления воды и интенсивности притока. На дно колодца следует насыпать небольшой слой мелкого камня, чтобы вода при опускании ведра не мутилась. Пространство вверху между срубом и стенкой котлована плотно забивают глиной (глиняный замок). Насыпь у колодца должна быть сделана выше окружающей поверхности и вымощена камнем вокруг колодца. Этими мерами стараются предупредить просачивание грязной воды с поверхности в колодец.

При разборе из колодца воды уровень ее понижается, вследствие чего колодец притягивает к себе грунтовые воды прите-

гающих горизонтов. Если колодец устроен близко от скотного двора, выгребной ямы и т. п., то в него просачивается загрязненная вода. Поэтому колодец следует рыть в расстоянии 20 м и более от помещений для животных и выгребных ям. Желательно — на небольшом бугре, чтобы в него не попадала поверхностная вода.

При устройстве колодца может встретиться ряд затруднений: песок-плывун, удушливые газы; об устранении их говорится в главе „Колодцы" (стр. 286).

Величина притока грунтовой воды в колодец почти не зависит от его поперечного размера, т. е. будет ли поперечное сечение сруба 1,5 м × 1,5 м или 2 м × 2 м, количество даваемой колодцем воды заметно не изменится. Существенное значение для питания колодца имеет погружение сруба в водоносный горизонт: чем больше колодец опущен в водоносный горизонт, тем, конечно, с большим напором будет пополняться выбираемая вода.

Объем скопляющейся за ночь воды зависит также и от поперечного размера колодца. Если утром водоразбор велик, то большой запас воды в колодце полезен. Поэтому иногда нижнюю часть сруба, погруженную в воду, делают расширенной в виде колокола (шатер).

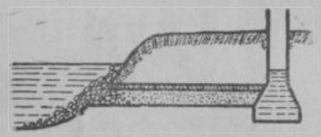


Рис. 139. Колодец-фильтр

При малом водоразборе глубокое погружение сруба в воду и широкая шахта нежелательны, так как слабо разбираемая вода застаивается и от прикосновения с деревом портится.

При глубоком залегании грунтовых вод можно устроить простой колодец с питанием его водой из пруда. Для этого соединяют колодец с прудом глубокой канавой, насыпают в нее слой щебня и песка, которые сверху засыпают землей. Проходя через фильтр из камня и песка, грязная вода пруда несколько очищается (рис. 139).

Для подъема воды из колодцев в сельских местностях пользуются веревкой или цепью, которые перекидывают через блок, или наматывают на ворот, или привязывают к „журавлю".

Санитарные соображения требуют, чтобы вода из колодца поднималась насосом-или, в худшем случае, постоянно закрепленной на цепи бадьей общего пользования; для бадьи нужна тумба.

Чтобы нельзя было пить непосредственно из бадьи, верх ее защищают крестовиной из железных полос. Колодец должен быть закрыт крышкой.

Бетонные колодцы

Устройство бетонного колодца слагается из двух процессов: изготовления бетонных колец и установки их на место.

Изготовление бетонных колец. Бетон представляет собой затвердевшую смесь цемента, песка, щебня и воды. Объемное

отношение этих составных частей зависит от свойств песка и щебня. Исходить можно из таких основных объемных соотношений: цемента 1 часть, песка 3 части, щебня (битый камень) 4 части; или цеметна 1 часть, песка 3 части, щебня 3 части. Песок должен быть чистый, без глины, по возможности с угловатыми частицами; щебень — из твердого камня, битого булыжника или гальки. Битый кирпич не рекомендуется ввиду недостаточной его прочности.

Тщательно перемешанную на дощатом настиле сухую смесь цемента и песка постепенно поливают водой и перемешивают лопатами до однородной, слегка влажной массы. К этой массе добавляют требуемое количество смоченного водой щебня, и смесь вновь тщательно перемешивают лопатами.

Формы для изготовления колодезных бетонных колец бывают деревянные и железные. Каждая железная форма состоит из разборных внешней и внутренней цилиндрических стенок, из железного подкладочного кольца и верхнего накладочного.

Когда обе оболочки формы собраны и установлены на подкладку, а внутренние стенки их и подкладка смазаны олеонафтом, между оболочками кладут слой бетонной массы и уплотняют специальной трамбовкой; на первый протрамбованный слой кладут второй и т. д., пока промежуток между оболочками не наполнится до верха; после этого накладывают и прижимают верхнюю накладку. Через час накладку снимают, разбирают наружную и внутреннюю стенки, и получившееся бетонное кольцо оставляют на нижней подкладке на несколько дней, пока происходит внутренний процесс схватывания цемента. Это продолжается 2—4 дня, в течение которых, особенно в первое время, кольцо необходимо держать в тени во влажном состоянии, покрывая его мокрыми рогожами или мешками. Для ускорения затвердения бесполезно выставлять кольца на солнце, рассчитывая, что на солнце они скорее высохнут. Кольцо затвердевает не потому, что высыхает, а от внутреннего происходящего в цементе процесса „схватывания" — соединения с водой. Выставленный же на солнце свежий несхватившийся бетон высыхает и становится рыхлым. Через 3—4 дня, когда достаточно затвердевает бетонное кольцо, его осторожно кладут на бок и сбивают с него нижнюю подкладку.

Внутренний диаметр бетонного кольца обычно равен 1 м, толщина стенок — 0,1 м, высота кольца — 0,8 м, вес — 550 кг. Так как в день форму можно набить раз шесть — восемь, а каждое кольцо стоит на подкладке 3 — 4 дня, то к одной форме необходимо иметь 20 — 30 нижних подкладок, довольно дорогих. Поэтому вместо покупаемых железных подкладок употребляют самодельные деревянные кольца. Трубу, снятую с подкладки, полезно поливать водой из лейки еще в течение нескольких

дней. Перевозить и употреблять бетонную трубу можно через 20—25 дней, после того как она закончена.

Нижняя подкладка и верхняя накладка, имеющие изогнутую в поперечном сечении форму, выдавливают на бетонном кольце по всей его окружности выступ (фальц, закрайка).

В тело колец для придания им большей прочности (что очень важно при перевозке) следует при формировании закладывать три проволочных кольца: одно — у основания, другое — в середине и третье — вверху. Проволока прочно соединяется с бетоном, и даже треснувшие кольца не распадаются.

Нижнюю и верхнюю части бетонного кольца, воспринимающие удары и давление, желательно делать из бетона без примеси щебня (1 часть цемента, 3 части песка). Чтобы бетонные кольца удобно было переносить и переворачивать, желательно делать в них два диаметрально расположенных отверстия, в которые можно просовывать железный стержень (рис. 140). Для этого при набивке формы бетоном закладывают две деревянные пробки одну против другой. После разборки формы эти пробки выбивают, и на месте их в бетонном кольце остаются отверстия.

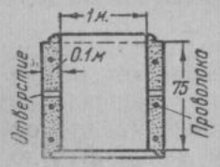


Рис. 140. Разрез бетонного колодца

На перевозку каждого кольца высотой 0,8 м, весом около 550 кг требуется особая подвода. Между тем такое кольцо содержит лишь 64 кг чистого цемента. Поэтому кольцо целесообразно вырабатывать в районе колодезных работ. Перевозка бетонных колец значительно удорожает устройство бетонного колодца.

Опускание бетонных колец. На месте, где предполагается делать колодец, роется яма диаметром примерно 2 м и глубиной до 3 м. На дно ямы устанавливают первое бетонное кольцо колодца, вниз тем его концом, на котором закрайка идет снаружи. Иногда первое кольцо нужно класть на деревянную кольцевую подкладку с режущей железной полосой по периферии.

Кольцо опускают при помощи блока, подвешиваемого на треногу над вырытой ямой. Самое кольцо захватывают под низ тремя крюками; если в кольце имеются боковые отверстия, крюки удобно вставлять в эти отверстия.

На правильно установленное первое нижнее бетонное кольцо опускают и насаживают второе и т. д. Закрайки смазывают свежим цементным раствором. Образованная таким образом бетонная труба должна стоять вертикально и не иметь выступов наружу.

Кругом трубы устраивают прочный помост. Внутрь трубы опускается землекоп-колодезник, который подрывает землю под стенкой нижнего кольца. Землю поднимают наверх бадьей; по мере удаления земли вся труба опускается, и сверху наставляют одно за другим следующие кольца. Бадьи с землей можно поднимать блоком или вертикальным воротом, устанавливаемым в стороне от колодца. Трубу опускают до воды или на 1,0—1,5 м ниже ее уровня. Когда при вычерпывании обнаружится, что вода притекает в достаточном количестве, колодец можно больше не опускать и произвести его чистовую отделку.

Промежуток между бетонной трубой и стенками шахты засыпают сначала вынутым грунтом, осаживая его шестом; затем в верхней части колодца промежуток забивают глиной, по возможности уплотняя ее, чтобы внутрь не протекала поверхностная грязная вода. Вокруг колодца землю обсыпают бугром, плотно трамбуют и вымащивают на песке. Верхнее бетонное кольцо должно быть прочным, сделано только из цемента и песка без верхней закрайки (фланца), а если фланец имеется, кольцо должно быть обшито деревом. На дно колодца насыпают небольшой слой гравия, гальки или камня, чтобы вода не взмучивалась при черпании ведрами.


Рис. 141. Наклонный колодец

Нормальная глубина бетонного колодца 10—20 м; глубина в 30 м считается уже большой; в отдельных случаях бетонные колодцы опускались на 35—40 м.

При глубине залегания воды свыше 30 м устраивается буровой колодец. При глубине залегания воды до 8 м можно при связных грунтах вырыть яму до воды, установить в нее бетонные кольца и обсыпать их вынутой из ямы землей.


Рис. 142. Встреча валуна стенкой колодца

Затруднения при опускании бетонных колец. Уже при глубине в 20 м вес бетонной трубы достигает 12 т, и манипулировать такой трубой трудно. Между тем часто случается, что труба идет не по отвесу, а вкось. Если перекос такой, что сверху видно зеркало воды, а снизу колодца видно небо, значит колодец годен, хотя и неправильно сделан; если же вода скрывается косой стенкой, то подъем воды из колодца затруднителен (рис. 141).

Перекос трубы поправить трудно. Во время опускания кольца возможен обвал вертикальных стенок грунта; обвалившийся грунт защемит трубу и может задержать ее дальнейшее опускание.

Если же защемление произойдет выше нижнего кольца трубы, то нижние свободные кольца могут, свободно опускаясь при подрыве грунта под ними, оторваться от защемленной верхней части, что вызовет разрыв трубы. Песчаный грунт в этом отношении наиболее опасен.

При опускании трубы может встретиться крупный камень-валун, который, попав сбоку, может вызвать искривление трубы (рис. 142). Такой камень можно разбить и извлечь по частям.

При опускании трубы встречается иногда песок-плывун, который затягивает только что сделанную выемку, и работа почти останавливается. Чтобы получить надежный колодец, нужно, дойдя до плывуна, ниже внутренней окружности бетонного колодца сделать сплошную стенку из досок, забивая их в песок заостренным книзу концом (рис. 143). Забив такое сплошное кольцо из досок на возможную глубину, вычерпывают из него изолированный от остальной массы песок-плывун, набрасывают на дно выемки камень и получают более или менее надежный резервуар воды. Работа в плывуне требует большого опыта.

Во время ночного перерыва в работе на дне шахты могут скопляться удушливые для человека газы. Если в колодце гаснет фонарь, спускать человека нельзя. Надо предварительно удалить скопившиеся газы, накачивая в шахту пожарным насосом свежий воздух или спуская и поднимая несколько раз пустую бадью.

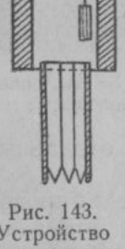


Рис. 143. Устройство колодцев в плывуне

При внутреннем диаметре бетонного кольца 1 м и внешнем диаметре 1,2 м объем бетонной массы трубы высотой в 1 м равен 0,34557 м³. Для приготовления такого количества бетонной массы с отношением цемента к песку и щебню, как 1 : 3 : 3 требуется: цемента портландского — 0,08294 м³ весом 104 кг, песка — 0,24881 м³ весом 341 кг и щебня — 0,24881 м³ весом 398 кг. Всего на изготовление 1 пог. м трубы нужно 843 кг материала.

Одно бетонное кольцо обычной высоты в 0,78 м весит, как уже упоминалось, около 550 кг. Проволоки на одно такое кольцо расходуется около 3,5 кг. Партия из четырех рабочих и двух подростков вырабатывает в месяц при двадцати подкладках и одной форме (включая битье щебня и уход за кольцами) 150—200 колец высотой по 0,78 м.

Буровые колодцы

Составные части бурового колодца — железная обсадная труба, насос и фильтр из медной луженой сетки на нижнем конце этой трубы. Насос состоит из всасывающей трубы, насосного цилиндра с поршнем и клапанами, нагнетательной трубы, насосных штанг, насосного привода или рычага (рис. 144). Глубина бурового колодца—от 30 до 200 м, а иногда и значительно больше.

Бурение глубоких колодцев—процесс медленный и самый кропотливый из всех гидротехнических работ. В буровой комплект, применяемый для этой цели, входят следующие предметы (рис. 145):

1) рабочие наконечники разных систем: а) буровая ложка с эксцентрично насаженным в нижнем конце винтом для вращательного бурения в грунтах средней связности; б) змеевик для вращательного бурения в глине; в) желонка — пустой внутри цилиндр с отверстием вверху и внизу; к нижнему отверстию привернуто кольцо с острыми краями; внутри цилиндра—шаровой клапан, закрывающий нижнее отверстие; употребляется для прохождения ударами через песчаный грунт; г) долото для пробивания скважины в каменистом грунте;

2) штанги — железные цилиндрические трубы длиной до 2 м каждая с винтовыми нарезками на концах, которыми они ввертываются в соединительные муфты, образуя стержень любой длины; к штангам привертываются буровые наконечники;

3) обсадные трубы для закрепления буровой скважины от обвала—железные трубы, в которые должны свободно входить наконечники бурового инструмента; трубы с нарезками на концах, которыми они, подобно штангам, ввертываются в соединительные муфты;

4) фрезер, коронка или башмак с зубцами, привертываемый к нижнему концу нижней обсадной трубы, чтобы ее легче было опускать при вращении;

5) набор вспомогательных инструментов: клещи, ключи, хомуты, крюки, ловильные метчики и др.

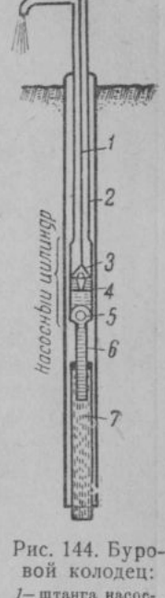


Рис. 144. Буровой колодец: *1*—штанга насосная; *2*—труба нагнетательная; *3*—шаровой клапан; *4*—поршень; *5*—шаровой клапан; *6*—всасывающая труба; *7*—сетчатый фильтр

Процесс бурения сводится к следующему. Привернув к штанге один из рабочих наконечников, в зависимости от грунта, и закрепив на штанге железный хомут, двое рабочих ставят инструмент вертикально на землю и вращают его с нажимом вниз; когда наконечник уйдет в землю, его вытаскивают и очищают от захваченного грунта, опускают снова, вытаскивают и т. д. Когда вся первая штанга погрузится в землю, на нее навертывается вторая и т. д.

Дойдя до глубины в 4—6 м или меньше, если стенки скважины недостаточно устойчивы, ставят над скважиной обсадную трубу с привернутым внизу башмаком и надетым деревянным хомутом. Вращая ручки хомута и нажимая на них, опускают обсадную трубу до дна скважины. Затем в установленную обсадную трубу опускают буровой инструмент и углубляют скважину; по мере углубления скважины опускают и обсадную трубу.

Спуск обсадной трубы по мере ее углубления в землю затрудняется, так как увеличивается поверхность трения ее о грунт; наконец, трение настолько увеличивается, что спуск обсадной трубы делается невозможен. Поэтому, если, например, конечный диаметр бурового кольца должен быть 10 см, начинают бурение скважины с большего диаметра, например 15 см, и опускают обсадную трубу диаметром в 15 см на максимально возможную глубину. Когда обсадная труба из-за трения стенки о грунт дальше,

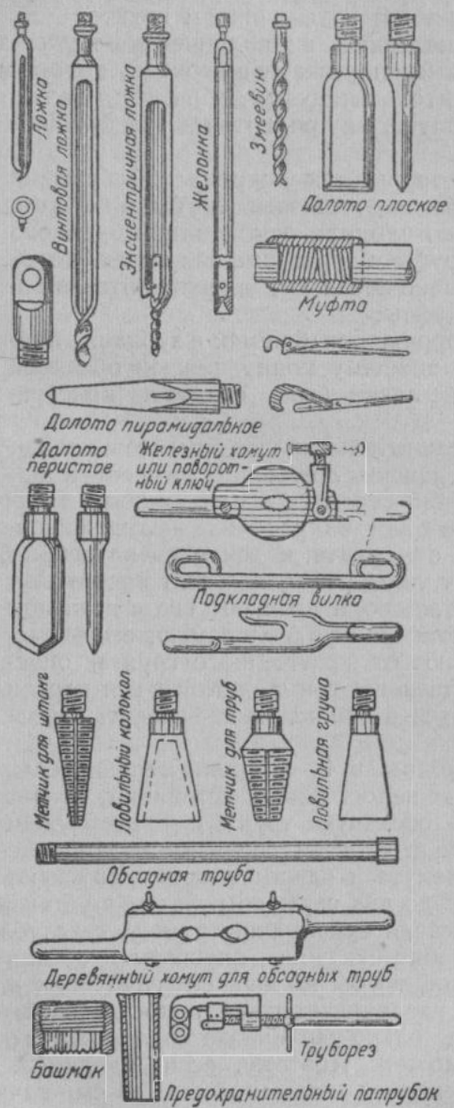


Рис. 145. Набор бурового комплекта

например, 40 м не пойдет, в нее опускают обсадную трубу меньшего диаметра, которой можно пройти в таком же порядке следующий участок (рис. 146); в эту трубу вставляют третью обсадную трубу и т. д., заканчивая колодец назначенным минимальным диаметром.

Кропотливость бурения заключается в том, что при каждом опускании рабочего наконечника приходится навертывать штанги, а при каждом извлечении наконечника с захваченным грунтом отвертывать.

При извлечении из скважины песка применяется наконечник-желонка. В этом случае работают инструментом ударами, а не вращением. При ударах песок проникает в желонку через отверстие в дне. Пробивая камни долотом, действуют также ударами.

Над скважиной устанавливается буровая вышка на трех или четырех ногах из сосновых бревен, соединяемых вверху одним сквозным болтом; нижними концами ноги зарывают в землю или упирают в деревянную раму (рис. 147, *а* и *б*). К треноге подвешивается блок, через который перекидывается канат, привязываемый к ушку на верхней штанге; с помощью этого каната и извлекается из скважины буровой инструмент с захваченным грунтом. При натяжении и спуске каната производится ударное бурение желонкой и долотом. Канат для извлечения бура из скважины натягивается лебедкой, а для создания ударов — рычагом (балансиром). Такова схема работ бурения изыскательского и бурения окончательного для устройства трубчатого колодца. При глубоком бурении для подъема и опускания инструментов в скважину применяется двигатель.



Рис. 146. Комплекс обсадных труб

При глубоких скважинах применяют промывное бурение, пуская воду сверху под большим напором через трубчатые штанги вниз скважины. Вода с силой выходит из трубчатых штанг через отверстие рабочего наконечника, поднимаясь между стенками штанг и обсадной трубы, и увлекает размельченные наконечником частицы грунта (рис. 148).

При всякого рода бурении необходимо вести журнал. Образцы грунта следует брать регулярно через 1 м и при всякой перемене грунта. Образцы передаются в областной орган Союзного геологического комитета.

Если производилось бурение изыскательское, то, убедившись в том, что достигнутый водоносный горизонт доброкачественный и достаточно обеспечен водой, извлекают из скважины трубы и заканчивают на этом изыскательскую работу. Если бурился колодец, то обсадные трубы оставляют в скважине как стенки колодца. В них опускают фильтр, насосный цилиндр, насосные трубы

и штанги, а наверху укрепляют рычаг или лебедку для накачивания воды. Если при бурении были опущены обсадные трубы разных диаметров, то части их, находящиеся внутри труб большего диаметра, подрезают и вынимают (рис. 149).

Много затруднений встречается при бурении: то попадает камень, то очень плотная глина, то на пути плывун - песок

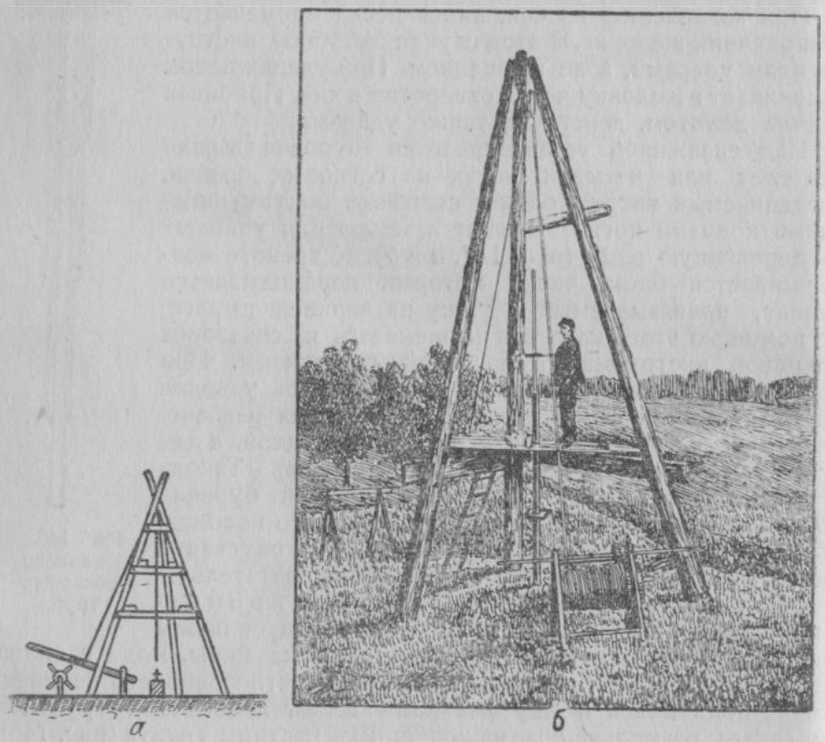


Рис. 147. Буровая вышка:
а—схема; *б*—общий вид

то сорвется резьба штанги и наконечник останется в обсадной трубе, то завязнет обсадная труба. Поэтому устройство буровых колодцев поручается техническим организациям. Работы проводятся опытными буровыми мастерами и требуют дорогостоящих инструментов.

Вода в глубоких водоносных горизонтах находится обычно под напором, поэтому в обсадной трубе бурового колодца устанавливается выше уровня водоносного горизонта. Это очень облегчает подъем воды насосом. Если же напор так велик, что вода в скважине поднимается выше поверхности земли, то

получается, как было указано, колодец с самоизливающейся водой.

Древнейшие буровые колодцы известны в Китае. Колодцы с самоизливающейся водой начали устраиваться впервые в Европе, в провинции Артуа (Франция) в XII веке, почему и названы **артезианскими**. Их очень много в Алжире, Америке и других странах. В России первый самоизливающийся колодец был устроен в нынешнем г. Пушкино под Ленинградом в 1832 г., затем в Ленинграде — во дворе Экспедиции заготовления государственных бумаг в 1861 г. глубиной 200 м и в 1867 г. в Москве. Под всем Московским районом залегает на глубине 100 м слой известняков каменноугольной системы, насыщенный напорной водой, собирающейся с Валдайской и Орловской возвышенностей. Из этого слоя вода поднимается по скважинам до высоты 125—130 м над уровнем моря.



Рис. 148. Наконечник для промывного бурения

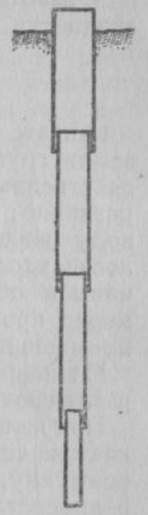


Рис. 149. Обрезка обсадных труб

Колодцы с самоизливающейся водой встречаются у нас единично; их много лишь на юге: в Крыму, на Северном Кавказе. Устройство нового колодца в районе уже существующего ослабляет подачу воды в последний, что и наблюдается в указанных районах распространения артезианских колодцев. Это истощение вызывается в основном неэкономным использованием воды, которая изливается из скважины по большей части бесполезно и пропадает, стекая в реки. Понижающее влияние одного колодца на дебит другого заставило поднять вопрос о необходимости государственного регулирования использования артезианских вод.

Простейшей формой трубчатого колодца является абиссинский. В мягкий или рыхлый грунт, при залегании грунтовой воды на глубине 7 м, забивается или ввертывается железная труба диаметром 2,5—7 см; углубляемый в землю конец этой трубы снабжен прочным острием или винтом. Нижняя часть трубы, опускаемая в грунтовую воду, имеет отверстия для пропуска воды, обтянутые луженой сеткой. На поверхности земли труба соединяется с поршневым насосом.

Достоинство абиссинских колодцев в том, что их легко установить, а когда минует нужда, также быстро извлечь из земли. Названы они абиссинскими потому, что устраивались англичанами во время войны в Абиссинии (1867 г.). В СССР встречаются редко.

Стоимость бурового колодца слагается из следующих статей: устройство буровой вышки и разборка ее; износ вспомогательных труб, ворота, каната и пр.; бурение скважины, установка труб и насосов; стоимость обсадных труб диаметром 11,4 см и нагнетательных диаметром 5 см (при глубине колодца до 45 м); стоимость медного насосного цилиндра и качалки; стоимость заборного и воздушного клапанов, железных тяг к поршню и пр.; плотничные работы по устройству деревянной будки над колодцем и стоимость материала; мощение вокруг колодца.

Каптаж грунтовых вод

Каптаж заключается в собирании выходящих на поверхность земли грунтовых вод с целью использования их для питья и хозяйственных нужд. Грунтовая вода выходит на поверхность земли различно: а) ясно выраженной сильной или слабой струей чистой воды (жила) у подножия склона; б) слабым выклиниванием полосой вдоль подошвы склона с выделением в этих местах ржавчины и образованием иногда болота; в) слабым током, равномерно проникающим через грунт на отдельных, иногда даже повышенных площадках, образуя на них зыбь или глубокую топь.

По направлению движения в грунте выклинивающейся воды различают струи восходящие, нисходящие и горизонтальные.

При наличии восходящей ясно выраженной струи воды (ключа) каптаж ее заключается в следующем. Вокруг ключа осторожно роют яму, дают образовавшейся мути отстояться и проверяют в просветлевшей воде, действительно ли со дна ямы выбивается струя воды. Затем опускают в яму заготовленный деревянный сруб или вбивают четырехугольником вертикальные ряды пластин, или устанавливают бетонное кольцо или бочку с вынутым дном. После этого продолжают вычерпывать со дна песок, осаживая постепенно сруб, или кольцо настолько, чтобы вода, наполняющая очищенное пространство, могла вытекать через боковое отверстие в стенке. Необходимо следить за тем, чтобы подача воды (дебит) ключом не уменьшалась или (что хуже) ключ не пробил бы себе другого выхода. Высота воды в каптирующем колодце не должна быть значительной: на дно шахты желательно насыпать гравий (мелкий камень), или щебень (битый камень). Вода берется или непосредственно из каптирующего колодца, что нежелательно, или выводится из него по трубе в запасный резервуар. В этом случае каптирующий колодец должен быть сверху закрыт, покрышка его может быть засыпана землей (рис. 150).

Если грунтовая вода выходит наружу полосой вдоль подошвы склона, то для каптажа следует предварительно точно выяснить условия залегания водоносного слоя: его толщину, основание, наклон, протяжение вдоль балки. Для этого бурят одну скважину ниже, а другую — выше места выклинивания воды, по возможности до породы, подстилающей водоносный горизонт. Если подстилающая водоупорная порода лежит глубоко и достать ее простым бурением трудно, то от него отказываются.

Для каптажа воды, выходящей вдоль подошвы склона, роют несколько выше линии выхода воды канаву с таким расчетом, чтобы откос ее пересекал медленно движущийся подземный поток воды, а дно, если возможно, доходило до водоупорного грунта. На дно этой канавы с небольшим уклоном укладывают впритык друг к другу дренажные гончарные трубы или деревянные трубы с отверстиями для прохода воды (рис. 151). Уложенную водопроводную линию засыпают до верхнего уровня водоносного слоя камнем или щебнем, а сверху до поверхности земли забивают глиной. Вырытую канаву можно засыпать щебнем и без укладки труб. Дно канавы в проницаемом песке полезно бетонировать.

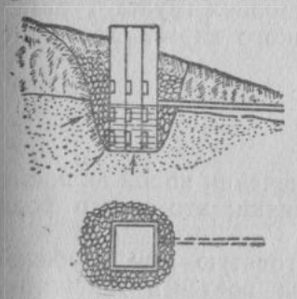


Рис. 150. Каптаж грунтовой воды колодцем

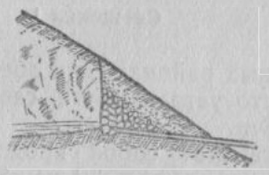


Рис. 151. Каптаж грунтовой воды дренажем



Рис. 152. Каптаж грунтовой воды галлереей (кяризы)

Собирающаяся в подземной траншее грунтовая вода подходит к выходному отверстию и поступает в сборный резервуар-яму или подводится по трубам в места потребления.

Кяризы

В Туркменистане, в Крыму, на Кавказе и в некоторых странах Азии для получения воды из подземных горизонтов прорывают в водоносном слое подземные галлереи, по которым вода выводится на земную поверхность (рис. 152).

От галлереи метров через 20 и чаще идут к поверхности земли вертикальные колодцы для подъема земли при прорытии галлерей и для вентиляции. Совокупность подземной водосборной галлереи, вертикальных колодцев, водоотводной галлереи, открытой водоотводной канавы составляет кяриз; таких кяризов особенно много в Иране и пограничной с ним полосе СССР. Водоотводная галлерея может собирать воду и в сборный колодец.

Кяриз состоит иногда и из нескольких водосборных галлерей, имеющих один выход на дневную поверхность; в слабом грунте галлерея крепится деревом и камнем.

Устройство кяриза начинается с прорытия вертикальных колодцев, в которые спускаются рабочие и соединяют колодцы галлереей. Работать в галлерее из-за ее размера можно только сидя; землю поднимают через колодцы в мешках с помощью ворота. При пробойке галлереи работают группами по четыре человека: забойщик, рабочий, нагружающий землю в мешок и подтаскивающий ее к колодцу, и двое рабочих, находящихся наверху для подъема мешка и отбрасывания земли. Уклон галлереи — 0,002—0,005. Длина галлерей в Иране и Афганистане — от 1 до 50 км, в Туркмении — не свыше 10 км, из которых на долю водосборной галлереи приходится иногда меньшая часть.

Глубина заложения галлереи — около 20 м. Проводка нового кяриза длиной около 2 000 м в обычных условиях грунта Туркмении продолжается целый год. Дебит такого кяриза достигает 40 л/сек.

Снежники [1]

„В Сибири, в южных районах, для обеспечения водой на время полевых работ часто устраиваются снежники; это своего рода исскуственные ключи.

Снежник представляет собой продолговатую яму глубиной около 2 м и емкостью около 30 м³. Яма роется в глинистом, плотном, водонепроницаемом грунте; при этом выбирают возвышенное место на склоне балки с таким расчетом, чтобы вода, образовавшаяся на дне ямы от таяния снега, могла стекать в колодец глубиной около 1,5 м. Ранней весной, когда снег уплотняется, набивают яму снегом и утрамбовывают его. Сверху снег прикрывают слоем соломы толщиной 2,5 м и земли около 0,75 м. Летом при таянии снега вода скопляется на дне ямы и оттуда при помощи заложенного в канаву бревна с просверленным отверстием может после того, как из него вынута деревянная пробка, поступать в бак. Вместо бака применяют обыкновенную бочку; ее опускают на 0,7 м ниже уровня выходного отверстия.

В снежниках с плотно утрамбованным снегом и тщательно прикрытых снег может держаться до трех месяцев. Необходимо следить, чтобы вода, поступающая от таяния снега, постепенно отводилась в колодец и не скоплялась в яме, так как тогда таяние снега идет быстрее. 1 м³ утрамбованного снега может дать до 200 л воды“.

[1] Из книги Н. Синельникова, Отыскивание подземных вод, 1926 г.

Таран

Для водоснабжения сельских местностей часто рекомендуется устройство тарана — непрерывно и автоматически действующего механизма для подачи воды вверх из пруда или источника. Автоматическая работа тарана основывается на следующем.

В конце трубы *AB* (рис. 153), идущей от напорного резервуара-пруда, устроен клапан. В состоянии покоя он занимает такое положение, что отверстие *a* трубы открыто. В другом месте той же трубы имеется второе отверстие *в* ведущее в нагнетательную трубу *СД*. Клапан отверстия *в* в состоянии покоя закрыт. Если пустить по трубе *AB* из пруда струю воды под напором *h*

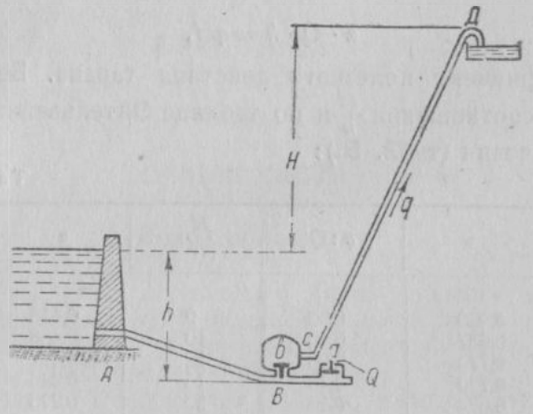


Рис. 153. Таран

то вода, начав выбиваться из отверстия *a*, силой течения поднимет его клапан (ударный клапан) и захлопнет отверстие. Так как вода не сжимается, произойдет толчек, от которого клапан *в* подскочит, и некоторое количество воды выбросится через него в нагнетательную трубу *СД*. Но вслед за этим при наступившем в конце трубы *AB* покое, ударный клапан *a* опустится, и вода вновь устремится через него наружу; в этот момент клапан *в* закроет отверстие, после чего процесс повторится. Вода выбивается поочередно из обоих отверстий. Сила ударов такова, что нагнетательная труба *СД* наполняется водой до горизонта значительно выше уровня воды в пруде и начинает толчками выливаться через конец *Д* в резервуар. Чтобы смягчить толчки воды, в начале трубы *СД* устраивают колпак, наполненный воздухом.

Таран устанавливается возле плотины, у дна оврага и помещается в будке. Вода поступает в него по питающей трубе, проведенной через тело плотины. Подает же он воду по нагнета-

тельной трубе в бак, расположенный в месте потребления воды. Обе трубы должны быть заложены в землю ниже уровня промерзания. Таран, как показала практика, работает без ремонта десятки лет; изнашивается лишь ударный клапан, и воздух уходит из колпака.

Поднятие воды выше уровня ее в пруде производит вода, выливающаяся наружу через отверстие a и падающая по питающей трубе с высоты h. Если из отверстия a вытекает в овраг Q л/сек., а по нагнетательной трубе подается в бак q л/сек., то между этими величинами устанавливается следующее соотношение:

$$\alpha \cdot Q \cdot h = qH,$$

где α — коэфициент полезного действия тарана. Величина его зависит от соотношения $\frac{H}{h}$ и по таблице Эйтельвейна имеет следующие значения (табл. 56):

Таблица 56

$\frac{H}{h}$	α	$q:Q$	$\frac{H}{h}$	α	$q:Q$
1	0,920	0,92	9	0,555	0,07
2	0,837	0,42	10	0,488	0,05
3	0,774	0,26	12	0,427	0,04
4	0,720	0,18	15	0,345	0,02
5	0,674	0,14	20	0,226	0,01
6	0,630	0,11			

Пример. Требуется подавать в 1 сек. $q = 3$ л воды на высоту $H = 10$ м над уровнем воды в пруде при имеющемся напоре из пруда в 2 м. Определить потерю воды через клапан a.

Отношение $\frac{H}{h} = 5$; поэтому $\alpha = 0{,}674$. Подставив в уравнение числовые значения, получим:

$$0{,}674 \cdot Q \cdot 2 = 3 \cdot 10,$$

откуда

$$Q = 22{,}3 \text{ л/сек.}$$

Следовательно, чтобы подать 3 л воды на высоту 10 м, надо выпустить из пруда $3 + 22{,}3 = 25{,}3$ л воды.

По указаниям гидравлика Эйтельвейна, который произвел более 1000 опытов над таранами, диаметр питающей трубы должен быть в два раза больше диаметра нагнетательной трубы. Наиболее полезное действие тарана достигается при длине нитательной трубы 13,3 м, диаметре ее 0,059 м, диаметре нагпетательной трубы 0,027 м, числе ударов в минуту 30—75.

РАЗДЕЛ IV

ОРОШЕНИЕ

Глава 13

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Общие положения

Орошение является значительно более древним (появилось за 500 лет до нашей эры) видом земельной мелиорации, чем осушение и значительно более распространенным. Площадь осушенных земель ориентировочно исчислялась к 1932 г. для поверхности всего земного шара в 35 млн. га, площадь же орошения исчислена в 91 млн. га.

По площадям осушения в убывающем порядке идут: США — 22 млн. га, Англия — 3,5 млн. га, Советский Союз — 2 млн. га, Германия — 800 тыс. га, Голландия — 350 тыс. га; по площадям орошения: Китай — 30 млн. га, Индия — 22 млн. га, США — 8 млн. га, Советский Союз — 6 млн. га, Египет — 3,4 млн. га, Япония — 2,85 млн. га, Мексика — 2,35 млн. га.

Эти огромные площади орошения являются преимущественно площадями сельскохозяйственных культур (рис, хлопок, пшеница-люцерна) и в значительной мере — площадями огородных культур и фруктовых садов. Сравнительно малое место занимает орошение питомников и общественных парков. Но в засушливых районах, например в Средней Азии, парковое хозяйство базируется исключительно на орошении. Лесные питомники засушливых районов поддерживаются регулярными поливами.

При проектировании орошения нужно разрешить следующие вопросы: 1) откуда добыть воду для орошения, т. е. найти источник воды; 2) каким образом подать воду на орошаемую площадь; 3) как распределить ее по орошаемой поверхности; 4) в какое время и каким количеством воды производить поливы.

Источники воды для орошения

Условия рельефа, распределение атмосферных осадков, гидрологический режим рек области, залегание подземных водоносных горизонтов и ряд других естественных условий определяют тот источник воды, на котором должно быть основано орошение: река, искусственное водохранилище, грунтовая вода.

Реки

Обычным источником воды для орошения является река, нередко берущая начало в горах или далеко от орошаемой площади, в районе, резко отличающемся по естественным условиям от орошаемого района. В реке должно быть много воды как раз в то время, когда в орошаемом районе в ней наиболее нуждаются, т. е. обычно летом.

Пустыни среднеазиатской части Союза орошаются из рек, берущих начало в высоких горах Памира и Тянь-Шаня. Самой мощной рекой советской части Средней Азии является Аму-Дарья, общим протяжением 2 515 км, берущая начало в Афганистане и впадающая в Аральское море. Средний расход воды в ней около 1 530 м³/сек, наибольший — до 10 тыс. м³/сек, наименьший — 700 м³/сек; время максимумов — июль и август. По сравнению с реками европейской равнины Аму-Дарья и другие реки Средней Азии имеют два важных преимущества: 1) наибольший расход воды в них происходит в конце июня и начале июля от таяния снегов в горах; 2) большой уклон дает возможность выводить из них водоотводные каналы для орошения. Вторая река Средней Азии—Сыр-Дарья, впадающая также в Аральское море, уже значительно меньше Аму-Дарьи: средний расход воды в ней 469 м³/сек. с максимумами в июне и в июле. Затем по величине расхода идут реки: Или, впадающая в озеро Балхаш, Зеравшан, Чу, Мургаб и Теджен, теряющиеся в песках. Последние две реки берут начало в Афганистане. Воды их целиком расходуются на орошение оазисов.

Закавказье орошается водами рек Аракса, Куры и многих притоков их; Предкавказье — водами Терека и Кубани, берущих начало в снеговых вершинах Кавказского хребта и потому обильных водой в жаркое время. В Крыму орошение производится из горных ручьев и их ключей, питающихся грунтовыми водами.

Орошение Египта базируется на тропических дождях, выпадающих в верховьях Нила в Центральной Африке, отстоящих от орошаемой области на 2 500 км. Тропические дожди идут летом, а наибольший разлив Нила в Египте происходит в конце сентября.

В Северной Америке вода для орошения берется из притоков р. Миссури, стекающей в Атлантический океан, и из рек Колумбии, Колорадо и др., стекающих со скалистых гор в Великий

океан. Кроме того, в Северной Америке есть большие пространства без стока в океан, орошаемые сравнительно небольшими реками. Поэтому для развития орошения американцам необходимо устраивать на реках водохранилища для накопления весенних вод и постепенного расходования их летом.

Орошение степей юго-востока водами рек Дона, Волги и Урала, несмотря на их водоносность, встречает технические трудности из-за малого уклона этих рек и высокого расположения прилегающих земель над летним уровнем воды в реках. Поэтому воду из этих рек для орошения можно получить лишь подачей ее с помощью насосов.

Искусственные водохранилища

Снеговые выпадающие за зиму осадки при их весеннем таянии можно собирать в искусственные резервуары — пруды и отсюда постепенно расходовать на орошение нижележащих земель в течение засушливого лета. Нижневолжские степи изрезаны балками и ярами, летом совершенно сухими, а весной пропускающими бурным потоком в среднем по 50 тыс. м³ воды с каждого квадратного километра водосбора. Длина их достигает нескольких десятков километров по правобережью Волги и сотен километров — по левобережью. Между тем каждые 5 000 м³ задержанной в этих балках весенней воды могут орошать в течение всего лета 1 га поля, огорода или сада; воды, собранной с 1 км,² достаточно для орошения до 10 га земли.

Для задержания весенней воды с образованием запаса ее на орошение в течение всего лета нужно устроить на балке солидную плотину с водосливом для прохода лишней весенней воды, притом с очень большой площади водосбора. Такая плотина была устроена в 1881 г. на балке Малая Тингута, в 30 км от г. Красноармейска, удерживающая 5,5 млн. м³ воды для летнего орошения 546 га полей и бахчей. Плотина по р. Соленой Кубе, в 28 км от станции Гмелинская по линии железной дороги Саратов — Астрахань, (за Волгой) также задерживает 5,5 млн. м³ воды.

Задержание весенней воды для летнего орошения очень распространено в Америке, где техника устройства земляных плотин достигла высокой степени совершенства. Этим же способом значительно увеличена полезная работа р. Нила. Инж. Вилькоксом в 800 км выше главного центра орошаемых земель Египта построена в Ассуане плотина для образования запаса воды на орошение в течение всей зимы и лета. Работы были закончены в 1902 г.; затем первоначальная высота плотины была увеличена в 1912 г. и в 1938 г. Ныне так называемый Ассуанский барраж — металлическая плотина на каменной основе через Нил — имеет длину 2 км, создает подъем воды в 36 м, длину озера в 300 км и образует запас воды в 5 млрд. м³. Лишняя вода проходит через отверстия в теле плотины. Кроме того, для распределения воды

на оросительной сети в Египте имеется еще несколько невысоких барражей, и земли там теперь правильно орошаются в течение всего года.

Грунтовые воды

Оазисы в пустыне образуются у естественного ключа или у искусственного артезианского колодца, питающегося подземными водами, притекающими по водоносному горизонту из далеких областей. По африканскому берегу Средиземного моря этот источник воды для орошения имеет как будто огромные перспективы для африканских пустынь. Всякий срубовой, каменный и буровой колодец дает воду для полива огорода и сада. Чрезвычайно развито пользование водой для орошения из колодцев в Калифорнии; артезианские воды широко применяются также в Австралии.

В Туркменистане, Закавказье и Крыму грунтовую воду дают иногда кяризы — подземные галлереи (см. раздел „Обводнение"). Район г. Ашхабада орошается исключительно грунтовой водой. Орошение Афганистана и Ирана также базируется на подземных водах, собираемых кяризами. Следует иметь в виду, что грунтовая вода из подземного источника и колодца имеет низкую температуру и перед поливом ее нужно нагревать на солнце в баках, укрепленных ямах и тому подобных резервуарах.

Подача воды на орошаемую площадь

Подача воды самотеком

Между источником воды — прудом, рекой или колодцем — и орошаемой площадью должна быть система, которая забирает воду из источника и проводит ее на орошаемую площадь. Эта передаточная система при полном ее развитии состоит из головной части, находящейся у источника воды, из водоприводных каналов, по которым идет вода к орошаемой площади, из распределительных и оросительных канав, по которым вода поступает на орошаемую площадь, и из вспомогательных регулирующих устройств.

Головная часть передаточного механизма оросительной системы различается в зависимости от рода источника воды для орошения.

Основная схема получения воды для орошения — это отвод ее самотеком из реки (рис. 154). Если в долине течет река в неглубоком русле, то, отводя от реки канал с продольным уклоном, меньшим, чем уклон реки, и продолжая его все дальше от реки, можно вывести канал из долины. Вода может удовлетворительно двигаться по каналу лишь при уклоне 0,0002, поэтому река должна иметь больший уклон. Место отхода канала от реки является очень ответственной частью оросительной системы: берега рек часто неустойчивы, и водный поток может отойти от головной части канавы, занеся ее наносами.

В простейших устройствах Средней Азии и Кавказа, а иногда в довольно крупных сооружениях, канал отводится от реки без особых укреплений, просто по земляному руслу; устраиваются лишь временные, размываемые паводками дамбы из камня, фашин и дерева. Струя воды из горного ручья отводится в сторону, на орошаемую площадь, иногда по деревянному жолобу.

Вторым типом головы отводных каналов является устройство постоянных заборных каменных сооружений на прочном фундаменте с затворами для регулирования пропуска воды. Берега реки должны быть устойчиво закреплены фашинами и камнем; образование отложений наносов должно быть предупреждено. У нас образцом такого сооружения может служить голова ма-



Рис. 154. Схема отвода воды из реки.



Рис. 155. Схема головного узла

гистрального канала, отводящего воду из Сыр-Дарьи для орошения Голодной степи.

Наконец, третий тип головных сооружений дополняется плотиной на реке для поднятия уровня воды (рис. 155). Подъем воды плотиной увеличивает площадь орошения из реки и создает возможность орошения в периоды низких горизонтов, но значительно удорожает и осложняет головное устройство. Кроме того, увеличивается опасность размыва берегов и отложений наносов.

Уклон больших рек русской равнины значительно меньше, чем допускаемые уклоны водоотводных каналов, поэтому вывод из этих рек воды для целей орошения по каналам самотеком невозможен даже при устройстве высоких водоподъемных плотин. Самотеком вода из рек берется на орошение в наших среднеазиатских республиках. Там многие из стекающих с гор рек целиком разбираются по отводным каналам—арыкам, а из них по мелкой сети канав вода распределяется по орошаемой площади. Таким же способом берется из рек вода на орошение Кавказе, в Крыму, Индии, Америке и Египте.

Из водоемов юго-востока, наполняемых лишь весенними водами, вода для орошения выпускается через трубы, заложенные в основании плотины. Таким образом, вся вода за лето может быть постепенно выпущена и использована для орошения.

К выходному концу трубы подводится начало канала, по которому вода течет на орошаемую площадь. В этом случае балка должна иметь большой уклон, иначе не удастся вывести из нее канал с водой на прилегающие площади орошения.

Приемный конец трубы отделывается каменной кладкой на цементе или деревянным шпунтовым рядом, и вода в него поступает через каменный или деревянный колодец. Выпускной конец трубы также отделывается каменной кладкой или шпунтовым рядом. Вода выходит из трубы с большой скоростью в каменный ящик — бассейн, откуда спокойно поступает в главный канал. Закрывается труба в приемном или выпускном конце разнородными запорными устройствами, как в водопроводах.

Вместо того чтобы закладывать прямую трубу в основание плотины, что связано с возможностью фильтрации вдоль нее, надежнее перекидывать через плотину трубу-сифон.

Чтобы привести сифон в действие, его наполняют водой через отверстие вверху при закрытых кранах на приемном и выпускном концах трубы; после этого отверстие вверху закрывают, а отверстия в концах трубы открывают. Выпускной конец трубы-сифона должен быть ниже уровня воды в пруде. Скорость движения воды в сифоне вычисляется, как и в прямой трубе, с введением лишь небольших поправок на два колена, которыми при грубом расчете можно пренебречь. Сифон не может быть применен, если в нем развивается вакуум в 6—7 м столба воды

Механический подъем воды

На земельные участки, непосредственно прилегающие к пруду, реке или колодцу, вода может быть поднята насосом или иной водоподъемной машиной. Наиболее широко применяются для этой цели центробежные насосы, отличающиеся простотой устройства и производительностью (рис. 156). Центробежный насос в простейшем виде состоит из крыльчатого вала, заключенного в камеру; при быстром вращении вала вода, заполняющая камеру, отбрасывается крыльями к периферии и с большой силой гонится из камеры по приделанной к ней по касательной линии трубе; взамен выгоняемой воды непрерывно всасывается другая, поступающая в середину камеры снизу по трубе, опущенной в водоем. По всасывающей трубе вода может быть поднята насосом не свыше 8 м. Это обусловлено атмосферным давлением, равным столбу воды в 10,3 м. По нагнетательной же трубе вода может быть поднята на высоту, определяемую силой двигателя и конструкцией насоса. Нормальная высота подъема — до 20 м. Центробежные насосы требуют парового, керосинового, нефтяного двигателя или электромотора.

Старинным орудием для поднятия воды при орошении небольших плантаций, бахчей, огородов и садов из пруда и реки является чигирь (рис. 157). Это—большое, диаметром от 2 до 6 м, деревянное колесо, опускаемое нижним краем в воду; к краю обода прикреплены черпаки; колесо насажено на вал, который приводится во вращение лошадью, верблюдом или волом, запряженным в привод. Вода из черпаков выливается в жолоб, по которому бежит на орошаемую площадку. Взамен большого делается часто небольшое колесо, через которое перекидываются и свешиваются в воду цепи или канаты с прикрепленными к ним

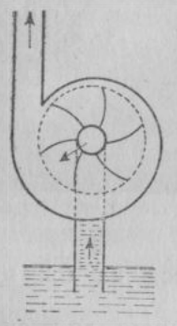


Рис. 156. Центробежный насос

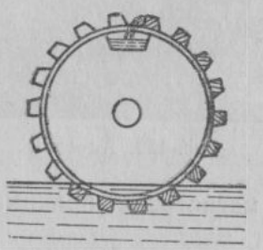


Рис. 157. Чигирь (схема)

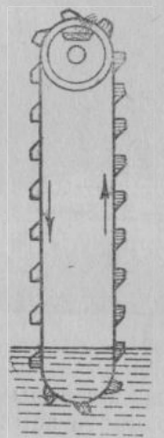


Рис. 158. Нория (схема)

черпаками; это — **нория** (рис. 158). Чигири, которых очень много на юго-востоке СССР, является водоподъемными машинами древнейшего происхождения: с ними неразрывно связано древнее орошение Туркестана, Китая, Египта, Алжира, Испании.

Чигирь может быть самодействующим, если водяное колесо снабжено лопатками и опущено в текущую воду реки.

Для подъема больших количеств воды устанавливаются теперь наиболее совершенные насосы — пропеллерные. Вода в них всасывается и нагнетается быстрым вращением в трубе пропеллерного снаряда.

Распределение воды по орошаемой территории

Водоприводящий канал

Вода от реки или пруда передается на орошаемую площадь по водоприводящему каналу и распределяется по отдельным участкам площади его ветвями. Водоприводящий канал, называемый в среднеазиатских советских республиках „арыком", ведется от источника воды, т. е. от головного шлюза на реке,

с возможно малым уклоном (от 0,0002 до 0,0004), чтобы получить наибольшую площадь орошения.

Если уклон поверхности велик, то и уклон канала может быть увеличен до предела, устанавливаемого гидравлическим расчетом, а именно: скорость течения воды в канале не должна превышать: 0,75 м/сек.—в песке, 0,9 м/сек. — в лёссе, 1,2 м/сек.— в глине.

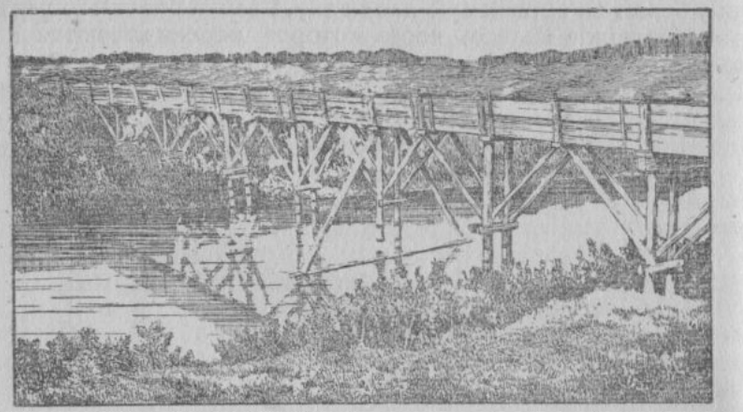


Рис. 159. Акведук

Горизонт воды в магистрали принимается на 0,2 м ниже поверхности земли.

На своем пути магистральный канал обычно должен пересекать боковые балки (овраги), впадающие в русло реки или в главную балку. В этих местах устраиваются акведуки — перекидные (поперек оврага) желоба, по которым вода канала течет на другой берег балки и там вновь идет по каналу (рис. 159). Акведуки делаются из дерева, железа и бетона на опорах, как мосты. Вместо акведука через балку может быть проложен **дюкер** (обратный сифон) — непроницаемая труба, идущая с одного берега на другой по дну балки (рис. 160). Небольшие понижения местности магистральный канал пересекает в насыпных берегах.

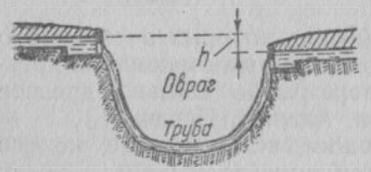


Рис. 160. Дюкер (обратный сифон)

Для определения размеров канала необходимо установить объем воды, который он должен пропускать в секунду. Для этого нужно определить, какая наибольшая площадь будет поливаться одновременно и какое количество воды должно при этом поступать в секунду на 1 га поливаемой площади. Если,

например, вся орошаемая площадь занимает 1 000 га, это не значит, что на всю площадь надо подавать воду сразу. Разные растения требуют полива в разное время и разное число раз. Исходя из распределения всей орошаемой площади по отдельным культурам и учитывая потребность в воде каждой культуры, определяют размеры водоприводного канала. При этом учитывается потеря воды в магистрали и ее ответвлениях, происходящая от просачивания в грунт, особенно при насыпных берегах, и от испарения. Эти потери составляют в существующих крупных оросительных системах среднеазиатских республик 30—70% от полезного расхода. Потери воды из каналов на просачивание в грунт устраняются в некоторых случаях бетонированием дна и откосов. Операция эта дорогая и требует усиленного ухода за каналами. В настоящее время научно-исследовательские институты изыскивают химические методы уменьшения фильтрации воды в грунт.

Если в грунте содержатся соединения кальция, например $CaCO_3$, $CaSO_4$, частично растворимые в воде, то введение в грунт поваренной соли (NaCl) создает обменные реакции; образуются нерастворимые соединения натрия ($NaCO_3$, Na_2SO_4), которые уменьшают проницаемость грунта для воды.

При проектировании поперечного профиля водоприводящих каналов следует иметь в виду соображения о гидравлически наивыгоднейшем сечении (глава 2). Все соображения об отложении наносов, зарастании водяными растениями, порче откосов, изложенные в главе об осушении, имеют при проектировании орошения еще большее значение.

Водоприводящие каналы, как и каналы следующей категории—распределительные, могут быть занесены наносами. Реки, из которых поступает в головное сооружение вода, несут иногда большое количество взмученных частиц. Скорость течения воды в реке, поступающей в канал, уменьшается, вследствие чего снижается способность ее удерживать во взвешенном состоянии муть и частицы земли оседают на дно.

По исследованиям Кеннеди, чтобы канал не заилился, средняя скорость течения воды по нему должна соответствовать глубине воды в канале. Зависимость между скоростью и глубиной должна быть в данном случае следующая:

$$v_{ср} = kh^{0,64},$$

где:

$v_{ср}$ — средняя скорость потока в м/сек., вычисленная по основной формуле: $v = C \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{I}$;

h — глубина потока в м;

k — коэфициент, зависящий от рода грунта и равный: для мелкопесчаного грунта — 0,53, для грубого песка — 0,58, для песчаной глины — 0,64, для крупных наносов — 0,69.

Следовательно, расчетная скорость течения воды по каналу должна быть не менее скорости, получаемой по уравнению Кеннеди. Но расчетная скорость не должна быть и настолько велика, чтобы водой размывался грунт самого канала.

Кроме заиления, каналам угрожает опасность зарастания травами. Чтобы затруднить развитие водяной растительности, канал затеняют, обсаживая по берегам деревьями.

Заложение откосов в грунтах средней плотности делается одинарным и до полуторного. В глубоких каналах на откосах их должна быть промежуточная берма.

В местах отхода от водоприводной магистрали распределительных канав устраиваются шлюзовые камеры, обычно из камня на бетоне, с выпусками для воды, закрываемыми щитами.

На случай переполнения магистрали водой и для предупреждения перелива ее через насыпные берега по каналу делаются боковые сбросы в ложбины в виде укрепленных уступчатых или наклонных водосливов.

Распределительные каналы

Распределительные каналы передают воду от водоприводной магистрали и ее ветвей, распределяя ее по оросительным канавам. При обычной схеме оросительной сети распределители идут по наибольшему уклону местности. Это дает возможность вести отходящие от них оросительные канавы почти по горизонталям и по обе стороны распределителя. При очень большом уклоне, создающем опасность размывания дна, на распределителях устраиваются перепады, или быстротоки. Распределитель должен быть с насыпными берегами, чтобы уровень воды в нем был выше поверхности земли на 0,1—0,3 м. Пропуск воды из распределителя вороситель производится через заложенные в береговых дамбах трубы, обычно деревянные, закрываемые щитками (рис. 161).

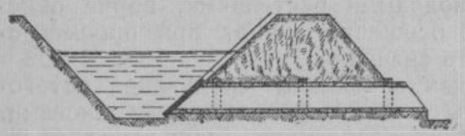


Рис. 161. Выпуск воды из канала по трубе

Оросительные канавы проводятся с небольшим уклоном, обычно под прямым углом к распределителям. Вода из них поступает непосредственно на орошаемую поверхность через временные прорезы валов. Поэтому уровень воды в оросителях должен быть несколько выше, до 0,2 м над орошаемой поверхностью, и итти между валиками земли. Гребень валиков должен быть еще на 0,2 м выше проектного уровня воды в оросителе. Глубина канав — около 0,2 м ниже поверхности земли, ширина дна—0,2—0,3 м, ширина поверху 0,4 м, наибольшая длина—500 м.

Водосборная сеть

Излишек воды, поданный на орошаемую площадь, движется в виде грунтовой воды, а в иных случаях стекает и по поверхности к пониженным местам орошаемого района, образуя болотистые участки. Застой лишней воды и скопление в пониженных местах отработанной вызывают повреждение культур и ухудшают санитарные условия района (малярия).

Поэтому скопляющуюся грунтовую, а тем более поверхностную воду необходимо отводить с орошаемой территории в овраги и реки. Для этого по орошаемой площади проводится сеть водосборных канав и водоотводных каналов. Концы распределительных каналов удобно, если позволяют условия, подводить к существующим понижениям, чтобы лишняя вода из них сразу удалялась с участка.

Способы орошения

Распределение воды по орошаемому участку может производиться разными способами: можно покрыть орошаемый участок на некоторое время сплошным слоем неподвижной воды; можно заставить воду сплошным слоем медленно течь по участку: можно пускать воду на участок по частым мелким бороздам; можно напротив, пустить воду по редким глубоким канавам, заставляя почву увлажняться силой капиллярности; наконец, вода может падать сверху искусственным дождем.

Орошение затоплением

Один из распространеннейших типов орошения заключается в том, что подлежащая орошению поверхность разделяется земляными валиками на отдельные, по возможности горизонтальные, участки, наполняемые на требуемое время стоячей водой, которая насыщает почву, впитываясь сверху вниз. Этот тип имеет несколько разновидностей.

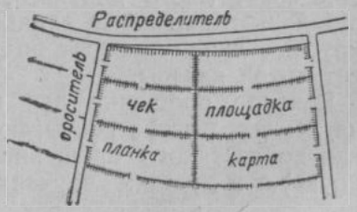


Рис. 162. Орошение затоплением чеками

Затопление чеками, или заливными площадками. Чеком называется площадка, огражденная валиками со всех четырех сторон. Она наполняется водой из прокопа, делаемого лопатой в валу прилегающей к чеку оросительной канавы. Расположение оросительной сети показано на рис. 162. В валиках, отделяющих по горизонталям один чек от другого, могут делаться лопатой пропуски для воды из верхнего чека в нижний. Когда нужно, избыток воды из чеков должен спускатьс водоотводные

канавы. Так как слой воды, покрывающий чек, должен быть для экономии воды и предохранения растения от задыхания по возможности тонким (не более 0,3 м), то оградительные валики делаются высотой около 0,3—0,5 м и иногда проводятся плугом. Уклон местности должен быть не более 0,002, иначе чеки будут очень узкими, неудобными для обработки и уборки. Чековое орошение применяется у нас на больших площадях при культуре риса в среднеазиатских республиках, причем рис весь вегетационный период проводит в воде; семена его бросают в жидкую грязь или в воду, и по мере роста чек наполняют водой, которую спускают лишь перед уборкой.

Все хлеба также можно орошать чеками, заполняемыми водой за день перед посевом, при кущении и при цветении. Многолетние культуры люцерны и клевера поливают обычно также затоплением в чеках. Однако орошение этих культур затоплением надо выполнять очень осторожно; участок можно покрывать водой только на один день, так как там, где вода застаивается дольше, например в западинках, в местах разъемных борозд, люцерна уступает место другим растениям.

Чековое орошение применяется и на всяких многолетних лугах при быстром затем отводе избытка воды. Иногда орошение луга сопровождается удобрением его илом, оседающим из напущенной в чек мутной воды, а также и согреванием мерзлой почвы слоем воды, температура которой, конечно, выше (зимнее орошение лугов в Ломбардии).

Чеки при полевых культурах удобно делать шириной в 100 м и длиной до 500 м.

Чековое орошение применяется и на Западе для садов. На юге Франции оно предохраняет виноградники от нападения филоксеры. В садах устраивают или большие чеки, охватывающие сразу много деревьев, или же каждое дерево окружают отдельным кольцевым валиком и в образованные таким образом круглые лунки пускают воду из проходящей между ними оросительной канавы.

Чековое орошение для всяких культур хорошо применять на легких, быстро впитывающих воду почвах. На тяжелых почвах после такого орошения образуется твердая поверхностная корка, а в худших случаях — заболачивание и засоление.

Лиманное орошение

Вид орошения земель снеговыми водами. В простейшем случае лиманное орошение сводится к тому, что поперек пологого ската насыпается земляной вал (дамба) высотой 0,7 — 2 м, которая задерживает сток весенней воды, скопляющейся перед ней в виде мелкого, (от 0,6 до 1,5 м глубины), но большого по площади, пруда—лимана (рис. 163). Вода держится в лимане 5 — 15

дней, после чего спускается через укрепленное деревом отверстие в валу, а освободившаяся из-под воды площадь поступает в сельскохозяйственное пользование.

Следовательно, отличительной чертой лиманного орошения является затопление орошаемой площади всего один раз и притом весной, при таянии снега. Действие его сводится к более глубокому увлажнению почвы, чем это достигается весной на открытых полях.

Источником воды является непосредственно прилегающая к лиману водосборная площадь без передаточной сети каналов.

Лиманное орошение применяется в Нижневолжском районе как самый дешевый прием орошения в степных равнинах при уклоне их не свыше 0,002. Чтобы получить 1 га лимана, приходится собирать в Поволжье воду в среднем с 50 га водосбора, при колебаниях от 10 до 100 га, в зависимости от количества зимних осадков, уклона поверхности, глубины лимана и других факторов. Воду в лиманах держат в среднем около 10 дней; за этот срок грунт промачивается иногда на глубину 2,5 м. Столь глубокое промачивание почвы возможно потому, что покрытая водой поверхность быстрее оттаивает.



Рис. 163. Орошение лиманное

Лиманы эксплоатируются преимущественно как сенокосы и выгоны, аналогично естественным западинам в степи; но на многих из них сеются хлеба и разводятся бахчи (огороды), причем последние, — если есть возможность поливать их летом водой из колодцев.

Для лучшего использования воды и на больших уклонах устраивается, хотя и редко, ярусное лиманное орошение, состоящее из двух или более лиманов. Они расположены так, что вода поступает из верхнего лимана в нижний, переливаясь через водосливы в гребнях или обходя концы валов.

Степи юго-востока СССР усеяны мелкими естественными понижениями, в которых застаивается стекающая в них весенняя вода. Эти понижения выделяются среди степи лучшим травостоем и лучшим урожаем зерновых хлебов. Эти места, естественные лиманы, ценятся населением значительно выше прилегающих суходолов; население держится вокруг таких западин, не рискуя выселяться на ровную степь.

Орошение напуском

Воду пускают сплошным тонким слоем по наклонной поверхности земли, излишки воды собирают затем в канавы и отводят в реки, или на лежащие ниже участки для вторичного исполь-

зования. Схема сети канав и движения воды показана на рис. 164. Вода из оросителей, проведенных почти по горизонталям, выступает на поливаемый участок ровным слоем через края их, что достигается установкой по канавам переносных щитов. Расстояние между оросительными канавами—40—150 м. Выступив из канавы равномерным слоем, вода вследствие неровности поверхности стремится образовать отдельные струи. Чтобы воспрепятствовать этому, по горизонталям участка, следовательно поперек движению воды, проводятся через 20 и менее метров борозды, из которых вода снова выступает слоем равной толщины. Взамен регулирующих борозд или наряду с ними можно делать на поливаемом участке продольные временные валики. Для достаточного движения воды по поверхности, уклон ее должен быть не менее 0,03, т. е. необходимо падение местности не менее 3 м на 100 м протяжения. Орошение напуском по поверхности требует наличия дернины, противостоящей размыванию, поэтому применяется на многолетних лугах.

В природных условиях приречные заливные луга подвергаются как бы орошению напуском весенней водой. Большое количество и прекрасное качество сена с заливных лугов являются в этом случае результатом не увлажнения, так как почва лугов весной и без того насыщена влагой, а следствием иных, также достаточно важных воздействий воды на почву. Во-первых, стекающая с возвышенных полей и лугов снеговая вода успевает, попадая на низменную пойму, нагреться солнцем, что вызывает быстрое оттаивание почвы поймы. Это ускоряет пробуждение весной корневищ и семян растений, в этом выражается температурное действие весеннего орошения лугов. Во-вторых, стекающая с полей весенняя вода богата частицами ила, которые при уменьшении скорости течения воды оседают на поверхности заливаемого луга и удобряют его. При этом из воды, как показали наблюдения, выделяются не только механически взвешенные частицы почвы, но и растворенные в ней минеральные вещества и кислород.



Рис. 164. Орошение напуском

Температурное и удобрительное действие воды может проявляться, конечно, лишь в том случае, если орошающая вода стекает с открытых и плодородных поверхностей; если же вода идет из леса или с болота и богата органическими кислотами, то действие ее может оказаться вредным. Под действием такого простого орошения происходит естественная смена растительности даже моховых болот.

Орошение по бороздам

Этот весьма распространенный в засушливых странах способ орошения состоит в том, что воды выпускаются из оросительных канав на поливаемый участок по мелким временным бороздам, проведенным на близком друг от друга расстоянии по наибольшему уклону поверхности между рядами культивируемых растений (рис. 165). Уклон борозд — от 0,003 до 0,005. Из борозд вода просачивается вниз и в стороны, к корням растений. Почва должна быть не слишком водопроницаема, чтобы вода не уходила быстро вниз, а рассасывалась в стороны. Преимущество этого способа перед затоплением заключается в меньшем расходе воды, в возможности полива растений в любое время их роста, в меньшей опасности образования поверхностной корки, так как поливная вода не покрывает культивируемой поверхности, и в возможности осуществления его на площадях с большим уклоном.

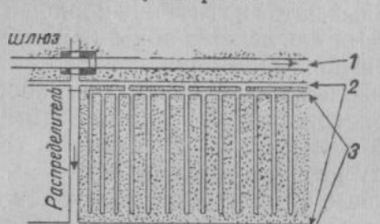


Рис. 165. Орошение по бороздам: *1*—водоприводный канал; *2*—оросительная канава; *3*—временная борозда

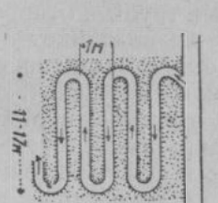


Рис. 166. Орошение джоячное

Чтобы сильно не повреждать откосов постоянных оросительных канав устройством отдельных выводов воды в каждую борозду, вдоль оросительной канавы проводится плугом вспомогательная временная оросительная канавка, из которой уже воду пускают в оросительные борозды. Управление водой производится переносными щитами или лопатами.

По бороздам орошаются рядовые культуры зерновых хлебов, свекла, картофель, табак, кукуруза, посевы люцерны и главным образом хлопок, а также питомники, сады, огороды, и виноградники. При полевых посевах борозды проводятся одновременно с высевом семян растений или вслед за посевом.

При разбросном посеве люцерны и зерновых хлебов борозды на расстоянии 0,5—1 м проводятся окучником вслед за посевом. На огородах мелкие борозды являются междугрядными пространствами и намечаются перед посадкой.

В Средней Азии при больших уклонах поверхности орошение хлопка производится не по прямым бороздам, а по так называемым д ж о я к а м, т. е. изогнутым бороздам (рис. 166).

Орошение инфильтрацией

По участку прорываются глубокие канавы, в которых вода стоит ниже поверхности земли, и почва увлажняется лишь благодаря капиллярному подъему воды и рассасыванию ее из этих канав. Необходима большая проницаемость грунта, чтобы вода проникала в стороны от канав. Инфильтрация действует вообще медленно и в засуху не всегда успевает восполнить испарение влаги. Этот неудовлетворительный способ орошения может быть оправдан лишь там, где воду нельзя вывести из реки самотеком и где почему-либо не устроен механический подъем воды на поверхность земли.

При интенсивных садовых культурах и при очень малых запасах воды взамен канав закладываются на глубине корней и глубже подземные трубы с отверстиями для выхода воды из них в грунт; в трубы же вода идет под напором из бака.

Наконец, к орошению инфильтрацией относится способ автоматического орошения, демонстрированный В. Корневым на Всесоюзной выставке в Москве в 1923 г. Он состоит в том, что сухая почва высасывает воду из заложенных подземных труб через их пористые керамиковые стенки. Вода поступает из труб в почву не вследствие давления напорной воды, а потому, что сухая почва, находящаяся в тесном соприкосновении с пористым материалом труб, отсасывает из них воду. Сила отсасывания настолько велика, что взамен воды, перешедшей в почву, в подземные трубы втягивается новая порция воды из бассейна с уровнем воды ниже горизонта труб.

Орошение дождеванием

Вода гонится на орошаемый участок под напором по плотно соединенным трубам и выпускается из них на поверхность земли рассеянной струей в виде дождя. Устройство для орошения дождеванием, или машинного орошения, состоит из: 1) двигателя, вращающего центробежный насос; 2) центробежного насоса, берущего воду из обычного источника орошения — пруда или реки; 3) главной трубы, по которой вода гонится насосом или идет из напорного бака к орошаемому участку; 4) переносных распределительных труб, по которым вода из главной трубы разводится по участкам; 5) выбрасывающего воду дождевального аппарата. Составные части устройства машинного орошения те же, что и части оросительной системы обычного канавного типа.

Орошение дождеванием имеет преимущества и недостатки. К преимуществам относится следующее.

1. Независимость всей подающей системы от орошаемой площади.

Обычное канавное орошение связано с устройством плотин, валов, канав и т. п. сооружений, которые неотделимы от земельной площади, отнимают территорию, предназначенную под культуры, и этим обесценивают земельную площадь. Машинное же устройство (локомобиль, насос и трубы) может быть снято для других надобностей, а земельный участок остается неповрежденным.

2. Экономное расходование воды, так как на пути подачи воды от источника ее до орошаемой площади никаких потерь не происходит.

3. Выбрасываемые из аппарата струи воды разбиваются на отдельные капли, которые, приходя в непосредственное соприкосновение с атмосферой, обогащаются кислородом и передают его в почву.

4. Вместе с орошением можно производить и минеральное удобрение полей, вводя в главный трубопровод раствор минеральных солей, которые вместе с разбрызгиваемой водой равномерно распределяются по полю и сразу проникают в почву. Таким образом, при дождевании будут достигаться высокосовершенные условия водного и питательного режима почвы. При введении в трубы соответствующих растворов можно совместить орошение с борьбой с вредными насекомыми и болезнями растений.

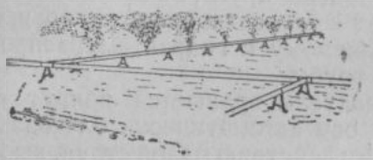


Рис. 167. Дождевальный аппарат — переносная труба



Рис. 168. Дождевальная труба на колесах

К недостаткам этого способа можно отнести: 1) дороговизну оборудования (200—400 марок на гектар в Германии) и последующей эксплоатации, 2) невозможность применения в ветреную погоду, когда струя воды относится на далекое расстояние и распыляется (ветры же на юго-востоке СССР — обычное явление).

Рабочей частью устройства является дождевальный аппарат — разбрызгиватель, который должен легко передвигаться по полю и давать рассеивающуюся струю воды. Дождевальных аппаратов имеется много систем, которые можно разделить на две основные группы.

Первая группа — аппараты в виде горизонтальных дождевальных труб с многими отверстиями, из которых вода силой напора выбивается струйками и рассеивается на расстоянии 3—9 м (рис. 167). Длинная труба перемещается по орошаемой площади и на месте полива закрепляется на подставках (системы Крау-

зе и Феникс). Горизонтальная труба с отверстиями может быть закреплена на четырехколесной тележке и высоко поднята над землей (аппарат Родатца); на месте полива она соединяется шлангом с главной трубой. Дождевальная труба может являться осью колес большого диаметра, которые перекатываются по площади полива (аппарат Шелковского, рис. 168). Горизонтальные трубы могут быть закреплены наглухо над постоянно поливаемой площадкой интенсивных культур.



Рис. 169. Дождевальный аппарат—брандспойт

Вторая группа дождевальных аппаратов — переносные брандспойты (рис. 169)— дождеватели, из наконечников которых вода выходит сильной струей на расстояние до 75 м; при вращении дождевателя вокруг вертикальной оси струя воды поливает площадь круга; вода в дождеватель поступает с большим напором по шлангу, прикрепляемому к гидрантам распределительной трубы.

Дождеватель вращается вокруг вертикальной оси автоматически благодаря реактивному действию малой струи, выбивающейся из вспомогательной трубки дождевателя. Из этой трубки одновременно производится полив вокруг аппарата на малый радиус (аппараты общества Хидор, Ланингера и др.).

Поливы

Орошение какой-либо культуры слагается из отдельных поливов ее в течение вегетационного периода, а иногда еще и до посева. Объем воды, который требуется израсходовать на один полив на площади 1 га, называется поливной нормой; сумма поливных норм за время развития культуры дает оросительную норму для данного растения на 1 га. Эти понятия можно еще более уточнить, введя термины „поливная норма потребления"—объем воды, который должен поступить непосредственно на орошаемый гектар площади, и „поливная норма подачи"—объем воды, который должен быть взят из источника воды на 1 га орошаемой площади и часть которого потеряется на просачивание и испарение по пути к орошаемому участку.

При расчете оросительной сети самое основное — установить оптимальное число поливов с распределением их во времени, а также поливные нормы. Для этого производятся специальные гидромодульные исследования. Число поливов и величина нормы полива очень изменчивы даже для одного растения, в зависимости главным образом от количества выпадающих осадков, испарения, рода почвы и способа орошения.

Количество влаги, которое сухая почва может поглотить из воздуха, насыщенного парами воды, определяет гигроскопичность почвы. Корни растений могут воспринимать воду из почвы лишь при наличии в ней запаса воды в количестве, большем двойной гигроскопичности почвы. Поэтому, имея лабораторные определения гигроскопичности почвы и определения действительного содержания воды в почве, можно судить о том, имеется ли в почве влага, которой может пользоваться растение, и, следовательно, необходим ли полив площади. Весовая гигроскопичность различных почв, по Митчерлиху, следующая: песчаной почвы—0,5—1%, супеси 1—1,5%, легкого суглинка—1,5—2%, среднего суглинка—2—6%, тяжелого суглинка—6—10%, глины — свыше 10%.

Гигроскопичность торфа — до 100% от веса сухого вещества.

Норма полива теоретически исчисляется как разница между содержанием воды в почве в состоянии насыщения до полной влагоемкости и действительным содержанием перед поливом.

Полная влагоемкость почв выражается в процентах от веса следующими величинами: песчаные почвы — 8%, супеси — 20% суглинки 30%.

Слой почвы, на промачивание которого следует вести расчет при поливе, равен 0,2 м при поливе посевов и 0,3 м при поливе саженцев.

Объемные веса почв находятся в пределах 1,1—1,5; меньшие для песка, большие для глины. Исходя из приведенных нормативов, норма полива на гектар суглинистой почвы, высохшей до содержания воды в количестве двойной гигроскопичности, вычисляется в следующем размере при глубине смачивания 20 см:

содержание воды при двойной гигроскопичности:

$$0{,}04 \cdot 2 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}2 \cdot 10\,000 = 208 \text{ м}^3.$$

содержание воды при насыщении до полной влагоемкости:

$$0{,}30 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}2 \cdot 10\,000 = 780 \text{ м}^3;$$

Следовательно, предельная норма полива на 1 га при принятых условиях:

$$780 - 208 = 572 \text{ м}^3.$$

Глава 14

СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ И НОРМЫ ПОЛИВА ЗЕМЕЛЬ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Орошение посевов в лесных питомниках

Посевные отделения питомников орошаются в Средней Азии по глубоким бороздам между грядами (рис. 170). В типовом для Средней Азии большом Чархинском питомнике общей площадью в 90 га, в 20 км от Самарканда, посев орошаемых культур

производится в грядах шириной 45 — 50 см, высотой 20 — 25 см. Самый посев на грядах производится в две продольные нитки; вода пускается между грядами в борозды с заполнением борозд почти до уровня гряды. На орошаемых площадях высеяны карагач (Ulmus foliacea), ясень обыкновенный, шелковица хасак с рассеченным листом, белая — с цельным листом, японская —

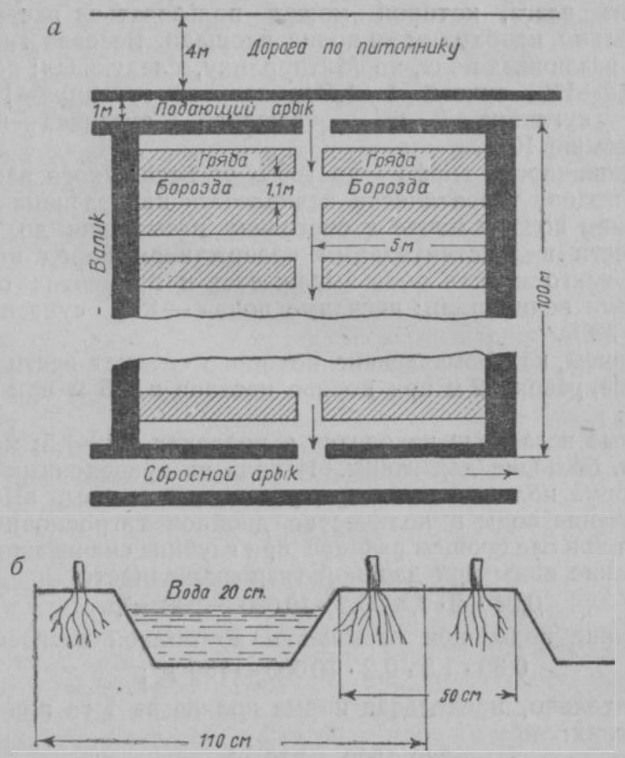


Рис. 170. Орошение посевов в лесных питомниках по бороздам:
а—план; *б*—разрез

с большими листьями, грецкий орех, белая акация, гледичия, персики.

Первый месяц после посева, обычно в апреле, полив производится четыре раза, летом посевы поливаются по два раза в месяц, кончая 1 — 15 сентября; всего за сезон 12 — 14 поливов. Такое распределение поливов признается недостаточным, но вызывается ограниченностью отпуска воды из общей оросительной системы. За каждый полив на площадь в 0,50 — 0,75 га вода пускается в течение 8 час; после окончания пуска вся

вода из борозд впитывается в землю в течение одного часа. Учета потребляемой воды на Чархинском питомнике не ведется. Типовое бороздное орошение посевов наиболее применимо для всех питомников Средней Азии и Нижнего Поволожья.

В Ферганской долине поливы по бороздам сеянцев в грядах производятся нормально в следующие сроки: апрель — один-два раза, май — два-три раза, июнь — три раза, июль — два раза, август — один-два раза, сентябрь — один раз. Применяются эти сроки к посевам многих растений: ясеня, клена, айланта, белой акации, гледичии, грецкого ореха, урюка, персика, алычи, миндаля и др. Ширина гряд — 25 см, посев — в две или три продольные нити, высота гряд—25 см.

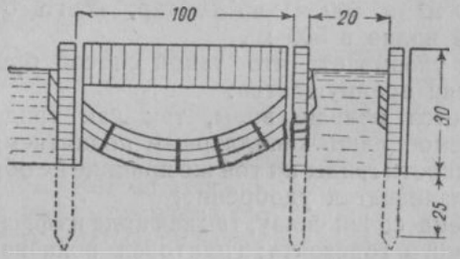


Рис. 171. Фашинизированная гряда

На лесном питомнике возле г. Ашхабада (Туркменская ССР) посевы в грядах поливаются за апрель — сентябрь до 18 раз. Первый полив, называемый контрольным, производится после устройства гряд перед посевом, для проверки распределения воды между грядами.

В лесном питомнике возле г. Бухары несколько лет практиковалось В. Золотовым орошение посевов на фашинизированных грядах (рис. 171). Сущность метода состоит в том, что посев производится на грядах шириной 100 см, заключенных между канавками с закрепленными стенками; гряды увлажняются из канавок по фашинам, заложенным поперек гряд; расстояние между фашинами 75 см.

Работы, по данным Золотова, производились следующим образом. На тщательно выровненном, вспаханном и дискованном участке намечали конным маркером линии канавок будущего орошения шириной по 40 см, между которыми оставляли полосу шириной 80 см для гряд. Затем делались вручную канавки на глубину лишь 20 см, чтобы не вынуть осолоненного грунта. Землю из канавок выбрасывали на грядовые полосы; наброска настолько повысила гряду, что после осадки грунта высота ее над дном канавок достигала 30 см.

Стенки канавок оплетают в нижней части камышом, сверху — ивовыми прутьями, по кольям длиной 55 см, забиваемым

в дно канавок через 25 см с отступом от краев внутрь на 5 см. После этого для закладки фашин роют поперечные траншеи через 75 см, глубиной в середине гряды 40 см. Фашины диаметром 6—7 см, длиной 110 см делают из камыша, из тонкой лозы, из стеблей хлопчатника и связывают в трех местах мочалом. Фашину укладывают так, чтобы она имела вниз прогиб, ложащийся на подпахотный слой на 2—3 см глубже дна канавки. Концы фашин выступают из оплетения стенок канав на 3 см и не выше 20 см от поверхности гряды. После засыпки фашин и присыпки грунта к стенкам крепления ширина гряд оказывается равной 100 см, чистая ширина канавки 20 см. Полив производился 4 раза за сезон; воды расходовалось 2 000 м³, 1 500 м³, 1 000 м³ и 500 м³ на гектар, всего 5 000 м³; иногда делался пятый полив в 500 м³.

В. Золотов указывает, что такой способ орошения посевов дает следующие преимущества:

1) потребляется меньше воды, так как гряда увлажняется водой, подаваемой лишь капиллярным поднятием;
2) на поверхности гряды по той же причине не образуется корки;
3) не выщелачивается удобрение;
4) нет подъема солей снизу, так как вода из фашин поднимается лишь с пахотного горизонта; грунтовая вода не поднимается;
5) культивируемая поверхность не заносится сорными семенами, так как вода поднимается снизу;
6) создается лучшее проникновение воздуха и равномерность бактериальной жизни;
7) вегетативные органы растений не охлаждаются холодной оросительной водой;
8) сеянцы стоят очень плотно, выход их в 4—5 раз больше, чем при обычном орошении по бороздам между грядами;
9) не нужна поверхностная обработка почвы за все время от посева до уборки сеянцев;
10) одногодичные сеянцы при уборке не выкапывают, а после насыщения гряды водой выдергивают пучками.

В 1934 г. на фашинизированных грядах Бухарского питомника было проведено детальное наблюдение за ростом посевов карагача, белой акации, катальпы и аморфы. Результаты опытов, давших весьма удовлетворительные результаты, описаны в рукописи Золотова, там же дана вся лесоводственная характеристика опыта.

Предложение Золотова применять фашинное орошение было встречено с большим интересом и испытано на питомниках УССР. Результаты испытаний получились очень пестрые, но в большей части неудовлетворительные. Из бесед с заведующими питомниками и работниками центральных учреждений в Ташкенте выяснилось, что фашинный способ орошения не мог дать удовлетворительных результатов по следующим основным причинам:

1) единовременные затраты рабочей силы были очень велики;
2) фашины из камыша перегнивали за один год, вопреки утверждению Золотова, что такие фашины сохранялись до 4 лет;
3) корни сеянцев охватывали фашины и проникали внутрь их, что при расстоянии между фашинами в 75 см вызывало большой брак сеянцев при выкопке или вытаскивании их;
4) инициатор этого способа орошения вносил на гряды значительные дозы удобрения; без удобрения же, как ведутся все культуры в питомниках, загущенные сеянцы развились слабо.

В основном же фашинный способ орошения широко не применяется из-за невозможности механизации работы, так как крепление стен канавок оплетением, вязка фашин и укладка их выполняются вручную. Обработка гряд шириной в 1 м также затруднительна.

После длительных разноречивых суждений было решено от фашинного способа орошения питомников отказаться. Это решение было очень быстро проведено в жизнь, и в 1939 г. в Бухарском питомнике не осталось следа от фашинизирования гряд; эти площади, как хорошо удобренные и обработанные, обращены под огороды с обычным поливом по бороздам.

Однако самая идея орошения по фашинам хороша: дороговизну работ можно было снизить, увеличив расстояние между водопроводящими канавками до 3 м.

Для лесопитомников юго-востока европейской части Союза Е. В. Крючков[1] делит все породы по требовательности их посевов к поливу на три группы со следующими сроками поливов (табл. 57):

Таблица 57

Породы	Количество поливов			
	перед посевом	от посева до массовых всходов	от массовых всходов до конца вегетационного периода	перед выкопкой
Породы наиболее требовательные к влаге: береза, сосна, ильмовые, жимолость, бузина, шелковица, лиственница, липа . . .	1	3—4	3—4	1
Породы среднетребовательные к влаге: яблоня, вишня, груша, ясень американский, клен остролистный	1	2—3	2	1
Породы мало требовательные к влаге: акация желтая, клен американский, аморфа, дуб и др. . .	1	1—2	—	1

[1] Е. В. Крючков. О сроках и нормах полива на лесопитомниках юго-востока, „Лесное хозяйство", № 5. 1940 г.

По Крючкову, почву следует промачивать перед посевом на глубину 0,3 м, от посева до массовых всходов — на 0,1 м, от массовых всходов до конца вегетации — на 0,2—0,3 м.

Соответственно с этим поливная норма (полив за один раз) для юго-востока определяется Крючковым: для супесчаных почв—100—230 м³ на 1 га, для легкосуглинистых —130—360 м³ и для среднесуглинистых —170—430 м³.

Опыты по срокам поливов и расходованию воды на поливы производились в Гамалеевском питомнике возле Чкаловска в 1937 г.[1] Почва — нормальный чернозем с гумусовым горизонтом в 30—50 см. Испытывались посевы осени 1936 г. ясеня американского и яблони дикой. Полив производился из леек. Расход воды на полив составлял 240 м³, 360 м³, 460 м³ при числе поливов от одного до трех за сезон; опытные делянки были по 20 м²; посев—ленточный, четырехстрочный; расстояние между строками —25 см; уход за посевами заключался в рыхлении почвы.

За влажный вегетационный период 1937 г. сеянцы яблони лучше всего развились при трех поливах по 480 м³, наибольший же урожай сухой массы получен при двух поливах по 480 м³. Сеянцы ясеня американского дали наибольший урожай сухой массы при трех поливах по 360 м³.

По старым опубликованным материалам, при ручных поливах посевов древесных пород расходовалось воды за сезон: в Каменной степи (юг Воронежской области) при выращивании сеянцев березы — 440 м³, сеянцев осины — 730 м³. В Арчединском питомнике близ Сталинграда расходовалось по 615 м³. В Боровском лесничестве на умеренную поливку, производившуюся 4—5 раз, требовалось 325—540 м³ на 1 га за сезон.

Орошение посевов дождеванием производилось в ряде лесомелиоративных питомников Средневолжского агролестреста (Оренбургский, Гамалеевский, Шахматовский питомники). Применялся короткоструйный распылитель „Спринклер“ (рис. 172).

В этом приборе вода выбивает из круглых отверстий напорной трубы и рассеивается по кругу конической направляющей вставкой [2].

На Сталинградском лесопитомнике[3] орошение дождеванием (рис. 173) производится струей, выходящей из брандспойта и отражающейся от разбрызгивателя, представляющего собой металлическую лопаточку, шарнирно прикрепленную к брандспойту. Вода подается на питомник по подземной трубе, на которой через каждые 50 м в закрытых шахтах имеются краны

[1] Отчет С. С. Лисина и А. Р. Чистякова по теме Поволжской агролесомелиоративной станции „Организация и техника выращивания посадочного материала“.

[2] А. К. Панков, Сборник № 1, 1936 г. ячейки НИТО при Главлесупр. НКЗ.

[3] Е. В. Крючков, Основные требования к технике полива на лесопитомниках, „Лесное хозяйство“. № 9. 1939 г.

(гидранты). От гидранта передвижной насосной установкой вода передается с напором в переносные трубы, к которым привертываются шланги с брандспойтами. Посевы прикрываются соломой, чтобы их не повредили падающие капли.

Примитивный механизированный полив питомника дождеванием был организован в 1938 г. П. И. Давыдовым в Лисинском учебно-опытном леспромхозе Лесотехнической академии им. С. М. Кирова. Вода притекает к питомнику по канаве, питающейся из осушительной сети с лесной площади. По канавам в пределах питомника через каждые 20 м вырыты углубления—колодцы, закреп-

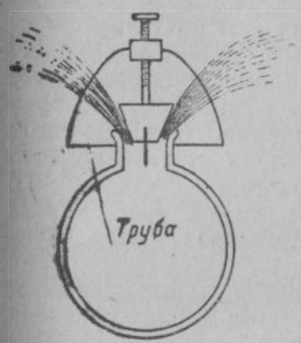


Рис. 172. Спринклер

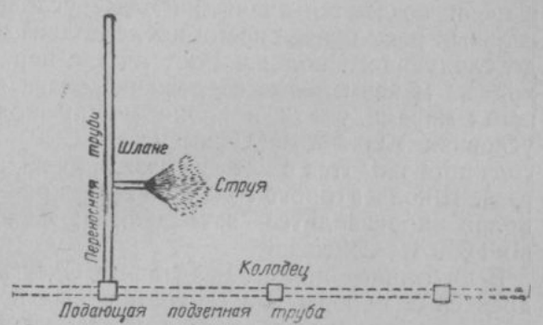


Рис. 173. Переносные трубы

ленные срубами, которые наполняются водой из канавы. При поливе вода из колодцев забирается приемным рукавом передвижного центробежного насоса и разбрызгивается через брандспойт на напорном шланге; струя рассеивается пластинкой или пальцем. Насос приводится в движение электротоком.

При орошении дождеванием, как и при поливе из лейки, почва промачивается каждый раз на малую глубину, поэтому поливы производятся часто. Струя воды при дождевании падает крупными каплями и разбивает поверхность почвы, обнажая корешки; поэтому посевы желательно покрывать соломой.

Орошение посадок в лесных питомниках (школах)

Сеянцы из гряд пересаживают в школу на обработанную ровную площадь. После посадки между рядами растений проводят культиватором, окучником или, в худшем случае, сапами (мотыгами) мелкие борозды, по которым пускают воду. Таким образом создается первоначально бороздной полив посадок, отличающийся от описанных поливов посевов по бороздам тем, что гряд на площади посадок не имеется; борозды проводятся, как правило, по каждому междурядию, но могут проводиться и через междурядие.

Из-за малой глубины борозд и отсутствия гряд вода переполняет борозды и вследствие их заплывания полив переходит постепенно из бороздного в заливной (затоплением). Вода разливается по всей площади посадок и создает условия для образования корки и разрастания по всей площади сорных трав. Подобное явление было наблюдено автором на питомнике возле г. Бухары, где тростник в 1939 г. разросся выше посадок ясеня, гледичии и др.

Поливы саженцев производятся реже, чем посевов, но все же в бездождных районах — минимум один раз в месяц при условии удаления сорной растительности и рыхления почвы. В засушливых районах (Средняя Азия) при поливе посадок один раз в месяц создаются очень неровные условия для роста растения: сильный рост первое время после полива и затухание его задолго до следующего полива. Рост идет с перебоями, поэтому необходимо максимальное сбережение влаги в почве соответствующими мерами ухода в сроки между поливами. В засушливых условиях Ашхабада (Туркменская ССР) полив школы первого года производится в мае два раза, в июне, июле и августе — по 2,5 раза. Школа второго года поливается реже. Зимой два-три раза полив производится затоплением; каждый раз расходуется по 1000 м³ воды.

В питомнике при ст. Раздельная Одесской ж. д. выращиваются древесные породы для снегозащитных посадок вдоль железной дороги. Двух-четырехлетние посадки ели в школе питомника орошаются по бороздам, которые делают вручную между рядами посадок. Расстояние между рядами — 1 м; полив — через 3—4 недели; продолжительность пускания воды в борозды — по 6 часов.

В Никитском ботаническом саду (южный берег Крыма, близ Ялты) школы поливают два раза за лето, по 60 л на деревцо за один раз; при 40 тыс. деревцев на гектар это составляет 2500 м³ воды за один раз, или 5000 м³ на гектар за сезон.

Орошение парков

В степях Средней Азии летом почти не выпадает осадков. Количество осадков, выпадающих в среднем за год в некоторых районах Средней Азии, приведено в табл. 58

Таблица 58

Города	Атмосферные осадки в мм					
	май	июнь	июль	август	сентябрь	за год
Бухара	12	2	0	0	0	124
Коканд	7	9	7	2	2	79
Ташкент	—	—	—	—	—	—
Самарканд	—	—	—	—	—	—
Ашхабад	29	10	5	2	2	230
Красноводск	6	6	3	4	3	115

Между тем такие города, как Ташкент, Самарканд, Ашхабад и др., утопают в зелени; по обеим сторонам улиц высокие тенистые древесные посадки, в центре городов обширные парки. В Ташкенте по сторонам улиц растут высокие тополи (белый нескольких видов и черный), карагач, ясень американский и обыкновенный, дуб, катальпа с огромными листьями, тутовое дерево; наибольшее внимание привлекают тополи. Та же растительность в парке. Вода подается по многочисленным ответвлениям от большого арыка Бак-су из р. Чирчик.

В Самарканде меньшее разнообразие пород; здесь на улицах и в садах больше всего белой акации, затем идет грецкий орех и клен; реже ясень, карагач, чинар. Вода приводится по арыку из р. Зеравшан.

В Ашхабаде преобладает клен и карагач, имеется гледичия и др. Посадки орошаются чистой водой, собираемой из источников.

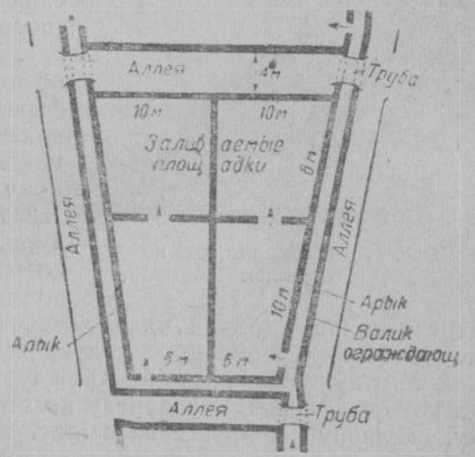


Рис. 174. Схема орошения парка заливом по чекам (Ашхабад)

Орошение парков Средней Азии производится заливом (чеками); по парку проложена разветвленная сеть оросительных канавок, заключенных в валики, так что горизонт протекающей по канавкам воды выше поверхности земли. Площадь парка разбита валиками на большое число чеков; вода поступает в чек через прорезы в валиках арыков и заливает всю поверхность чека (рис. 174). Таким образом, стволы деревьев парка приходят в непосредственное соприкосновение с водой; площадки в парках Средней Азии поливают систематически через несколько дней.

Полив городских парков практикуется повсеместно и в европейской части СССР, но здесь он производится обычно струей воды из брандспойта под напором из городского водопровода.

Все молодые посадки в парках в первый год существования повсеместно нуждаются в поливе: молодые посадки — 10 раз, взрослые — 3 раза за лето. Почва должна пропитываться водой на глубину 60 см.[1] За один раз на 1 м² расходуется 50—100 л воды.

[1] И. М. Малько, Строительство и эксплоатация зеленых насаждений, 1940 г

Уличные деревья, посаженные в отдельные котлованы, особенно, если площадь покрыта водонепроницаемым материалом, надо поливать 3—4 раза в лето по 100—150 л воды на дерево.

Орошение плодовых садов

По потребности в воде плодовые деревья располагаются в следующем нисходящем порядке[1]: яблоня (наибольшая потребность), айва, слива, груша, грецкий орех, черешня, вишня, персик, миндаль, абрикос. Орошение сада производится несколькими способами:

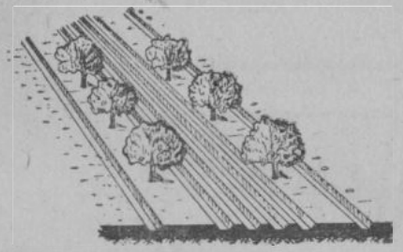


Рис. 175. Орошение сада по бороздам

1. Между рядами деревьев проводится одна или несколько борозд, по которым пускается вода; при нескольких бороздах почва смачивается скорее и равномернее (рис. 175).

2. Между деревьями через междурядие проводятся канавки, из которых к каждому дереву подводится бороздка, окружающая дерево кольцом (рис. 176). Кольцевая бороздка проводится примерно по периферии проекции кроны.

3. Между деревьями по междурядию проводятся канавки, из которых к каждому дереву по борозде подается вода в лунку, сделанную вокруг ствола (рис. 177).

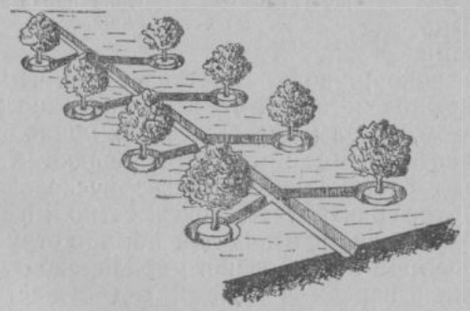


Рис. 176. Кольцевое орошение



Рис. 177. Орошение лунками

4. Вокруг ствола делается земляной валик радиусом 1—2 м, и внутрь обвалованной площадки пускается вода.

[1] Шитт и Метлицкий, Плодоводство, 1940 г. Руководство.

Во избежание загнивания более целесообразно, чтобы ствол дерева непосредственно не соприкасался с водой, поэтому рекомендуется устраивать вокруг дерева, под его кроной, не затопление (лунка, чашка), а кольцевую бороздку. Однако огромные урожаи яблок —25 т на гектар — в Тингутинском орошаемом саду (в 35 км от г. Красноармейска), где деревья орошаются при непосредственном соприкосновении ствола с водой, указывают, что заметного вреда от этого не происходит.

5. Орошение плодовых садов производится также пуском воды на обвалованные площадки с несколькими деревьями, называемые в Крыму „палами".

6. Для плодовых садов более, чем для иных культур, применимо орошение подпочвенное, подачей воды по закладываемым в землю трубам.

В учебниках издавна рекомендуется совмещение дренирования и орошения почвы по способу Петерсена; на подземной дренажной системе устраиваются вертикальные трубы, в которых отверстия входящих или выходящих коллекторов могут закрываться задвижками, клапанами (рис. 178). При закрытии коллектора в дренажной системе скопляется вода, которая выходит из коллектора и поднимается благодаря капиллярности до зоны корней. Так как воды, собираемой дренами как осушителями, недостаточно для накопления (к тому же в сухое время они совсем не работают как осушители), то для подземного накопления воды в дренажную систему впускается вода сверху через вертикальные трубы. К этим же трубам вода подается по открытым каналам (лоткам) или по трубопроводу.

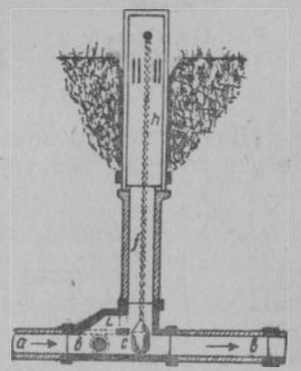


Рис. 178. Дренаж-орошение Петерсена

Коллекторы должны иметь небольшие уклоны, чтобы подпор воды от затворной задвижки распространялся по ним на большое расстояние. Чтобы вода из коллектора не уходила вниз, а накоплялась, поднималась и распространялась в стороны, необходим трудно проницаемый подпочвенный горизонт.

В местах устройства вертикальных труб коллектор должен быть обнесен плотной непроницаемой стенкой. Иначе вода будет обходить затворы, обтекая коллектор снаружи. При открытии затвора после накопления воды возобновляется водоотводящее действие подземных дренажных труб, что создает хорошие условия для вентилирования почвы. Этот вид подземного орошения распространен в Северной Германии и в США.

Вместо дренажных гончарных труб можно укладывать деревянные трубы.

7. Согласно литературным указаниям, для орошения групп деревьев в Палестине, в Сирии, во Франции и других странах вертикально устанавливаются цилиндрические сосуды из цемента или иные с отверстиями в дне и стенках; сосуды опускают в землю на такую глубину, чтобы вода из них поступала в зону корневой системы. В самые сосуды вода подается сверху по обыкновенным трубопроводам (рис. 179).

8. В 1923 г. на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке В. Г. Корневым демонстрировался способ подземного орошения, называемый им в настоящее время „подпочвенным абсорбционным орошением“ [1] (рис. 180). „В почве прокладываются пористые керамиковые трубы, способные пропускать через себя воду и не пропускать через стенки воздух. Эти трубы прокладываются в почве на глубине 25—35 см от поверхности горизонтально, рядами на расстоянии 1,5—2 м ряд от ряда“. Трубы соединяют мягкими эластичными стыками в одну герметически закрытую сеть.

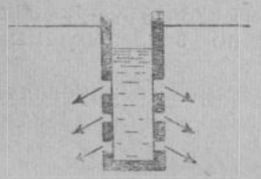


Рис. 179. Орошение через вертикальные сосуды

„Для большего предохранения этой системы от проникновения в нее воздуха все трубы заливаются жидкой массой, например

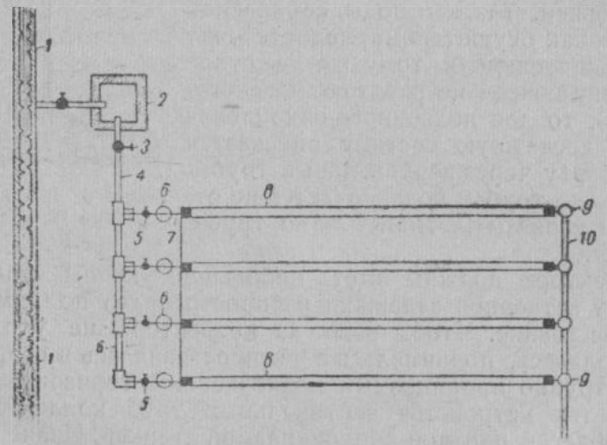


Рис. 180. Абсорбционное орошение (план)

глиной с мелом. Эта масса, проникая в мелкие поры и трещины всего трубопровода, предохраняет его от проникновения воздуха“.

Специфичность действия этой системы орошения состоит в том, что уровень воды водоема, из которого происходит

[1] В. Г. Корнев, Подпочвенное орошение, 1935 г.

питание системы, находится ниже уровня проложенных труб (рис. 181).

„Чтобы пустить в действие такую систему орошения, необходимо предварительно заполнить ее водой. Так как трубы пористые, то вода проникает в стенки этих труб, смачивает их, и их наружная поверхность делается влажной. Почва, придя в соприкосновение с влажной поверхностью этих труб, отсасывает от них воду и увлажняется“.

Но так как вся система закрыта, то убыль воды вызывает в трубе вакуум, под влиянием которого система всасывает кверху воду из колодца; высота всасывания — 10—30 см. Такая система автоматически регулирует увлажнение почвы и подачу воды, но для действия ее необходимо, чтобы в нее не попадал воздух.

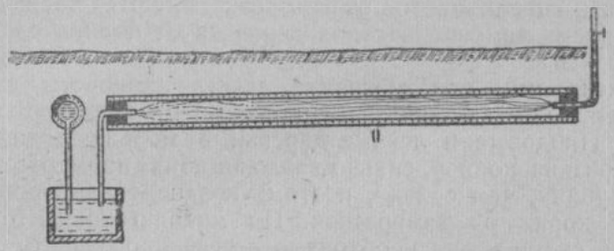


Рис. 181. Абсорбционное орошение (профиль)

Если воздух попадет, всю систему приходится заново наполнять водой.

В средней полосе СССР полив садов по бороздам, палами, по чашкам рекомендуется производить два раза: первый полив непосредственно после цветения, второй — после отпадения завязи; в годы же без плодоношения — перед началом роста и в период максимального роста[1].

В Крыму первый полив сада обычно производится рано весной, до цветения или вскоре после него; второй — в конце мая — начале июня; третий — в конце июня. Затем с 15 июля по 1 сентября полив производят два или три раза, стимулируя рост плодов. Синапы (яблони) поливают до конца сентября[2].

Количество воды, необходимое для орошения плодовых садов, зависит от многих обстоятельств. В Крыму количество воды, потребляемое одним деревом за один полив, на проницаемой суглинистой почве составляет около 6 м³, на очень плотных почвах — 3,5 м³. Считая на 1 га полуштамбового взрослого сада

[1] Ф. М. Дрянак, Мероприятия по накоплению и сохранению влаги в садах, „Садоводство“, № 9. 1940 г.

[2] Шитт и Метлицкий, Плодоводство, 1940 г.

150 деревьев, потребуется на один полив от 500 до 900 м³ воды, а за сезон 3 000—6 500 м³.

В плодовых садах огромное значение имеет поддержание поверхности почвы во взрыхленном состоянии; этим значительно экономится расходование воды и число поливов, кроме того, почва предохраняется от истощения сорными травами.

По опытам в Никитском саду (Крым), на глинисто-сланцевой почве при поливе 250—300 м³ на 1 га (что соответствует 25—30 мм осадков) поверхностный слой лишь слабо смачивается—на толщину 25 см; полив из расчета 1 000 м³ на гектар (до 100 мм осадков) промачивает почву на глубину 50 см.

В практике плодового садоводства специальное внимание уделяется весеннему и осеннему поливам. Весенний полив сада должен производиться не слишком рано, чтобы не вызвать раннего цветения и гибели цветов от заморозка; имеются также указания, что во время самого цветения деревьев от полива следует воздерживаться.

Рекомендуемый позднеосенний полив плодового сада после окончания вегетационного периода имеет следующие преимущества. Плодовые и лесные деревья в морозную зиму гибнут от замерзания корней, сильно влажная почва промерзает на меньшую глубину, чем сухая [1], поэтому позднеосенний полив предохраняет корни от замерзания. По мнению И. В. Мичурина [2], „в очень сухие осени необходимо всегда производить усиленную поливку плодовых деревьев".

Беффем на основе опытов Вайомингской станции (США) отмечает [3]: „Наиболее безопасным методом предупреждения зимней гибели деревьев является зимнее орошение, если оно возможно".

Позднеосенний полив древесных посадок способствует также созданию запаса воды на весну в тех районах, где для весенних поливов сада воды недостаточно вследствие разбора ее для полевых сельскохозяйственных культур.

При осенних поливах, кроме того, из почвы вымываются вредные соли при наличии фильтрации воды в водоотводящие системы.

Но рано произведенный осенний полив может причинить вред, так как после полива начинается рост дерева и даже цветение. Поэтому осенний полив следует делать, когда по условиям температуры дерево не может пойти в рост.

На Мелитопольской плодово-ягодной опытной станции осенние опытные поливы (по 500—600 л на каждое дерево) производились

[1] С этой предпосылкой автора нельзя согласиться: известно, что сухие пески мало промерзают в глубину, а влажные суглинки промерзают на много глубже. Влияние поздних и зимних поливов, повидимому, объясняется другими причинами, скорее всего термическими. *Ред.*

[2] П. А. Межуев, Позднеосенний полив садов. „Садоводство", № 9. 1940 г.

[3] Шитт и Метлицкий, Плодоводство, 1940 г., (учебник).

в конце октября — начале ноября. Эта станция считает, что в годы с исключительно сухой осенью, когда в начале ноября влажность корнеобитаемого слоя очень низка, следует обязательно производить позднеосенний полив.

Общие правила полива

При всех методах орошения необходимо соблюдать при поливах следующие требования.

1. Вода для полива должна иметь температуру, по возможности близкую к температуре воздуха. Поэтому воду из глубоких колодцев полезно предварительно накачивать в баки, помещаемые на местах, открытых действию солнца и ветра. Ключевая вода несколько нагревается за время пробега по канавам и желобам от родника до площади орошения. По температурным качествам наилучше соответствует поливу вода мелких водоемов и речек.

2. Полив лучше производить утром или вечером, а не в средине жаркого дня. Пасмурная погода благоприятнее для полива.

3. Вода для полива должна быть освобождена от вредных для растения растворенных веществ, в частности закисных соединений. Поэтому вода из глубоких буровых скважин должна обязательно отстаиваться в баках, пропускаться дождем через хворост, протекать по мелким канавкам, чтобы подвергнуться действию кислорода. Вода с закисными растворенными соединениями, попадая в грунт, обедняет его кислородом и поэтому вредна для растений.

4. На поливы следует расходовать только полезный для растения объем воды. Излишек воды способствует внутреннему засолению почвы и скоплению воды в пониженных местах рельефа. Для сокращения расхода воды на орошение необходимо проводить мероприятия, уменьшающие испарение с поверхности почвы: рыхление поверхности и удаление сорной растительности.

5. В жарком климате застой „сбросных" вод в местных понижениях создает наилучшие условия для развития малярии. Поэтому при больших площадях орошения необходимо устройство отводящей сети в виде открытых канав или подземного дренажа.

6. Весенние и осенние поливы должны производиться в такие сроки, чтобы растения, получив импульс к усилению жизнедеятельности, не были повреждены морозами. Вопрос об осенних поливах изложен выше.

7. При поливах дождеванием следует иметь в виду возможность повреждения всходов падающими крупными каплями воды; поэтому полезно покрывать посевы защитным слоем соломы.

Засоление почвы при орошении

Почвы пустынь и степей богаты минеральными солями, распределенными по всей толще распространения растений и ниже этого горизонта. При орошении равновесие солей в почве нарушается. Из почвы, насыщенной водой на значительную глубину, начинается после полива испарение; по мере высыхания верхнего слоя вода вследствие капиллярности поднимается из нижних слоев вместе с растворенными в ней солями и испаряется, оставляя соли на поверхности. При новом поливе соли с поверхности вместе с водой увлекаются вниз, затем при испарении снова поднимаются и т. д. Если часть оросительной воды уходит глубоко вниз и там продвигается по проницаемому грунту за пределы орошаемого участка, то происходит рассоление — явление благоприятное, поскольку оно не слишком обедняет почву питательными для растения веществами. Если же такого подземного ухода грунтовых вод нет, то на поверхности почвы может скопиться такое количество солей хлористого, сернокислого и углекислого натрия, кальция и магния, что растения начнут страдать и площади с прекрасными урожаями первых годов орошения вновь сменятся пустыней. Такое явление в резкой форме произошло за время империалистической войны. Через несколько лет после устройства орошения в Голодной степи на Сыр-Дарье поселившиеся там русские переселенцы разбежались.

Засолившиеся орошаемые затоплением участки Валуйского орошаемого хозяйства характеризуются растениями: кермек (Statica gmelina), соленос (Salicornia), курай (Salsola), астра (Aster), полынь (Artemisia Salina).

Опасность засоления увеличивается при неравномерном затоплении и насыщении водой орошаемого участка, вызывающих горизонтальное передвижение грунтовых вод. Если при временном затоплении участка грунт пропитался неравномерно, то при летнем испарении менее увлажненные места будут притягивать к себе грунтовую воду вместе с растворенными в ней солями от соседних, более насыщенных водой участков, поднимать ее силой капиллярности и испарять; растворенные же в воде соли останутся на поверхности. Поэтому необходима предварительная хорошая планировка площадок для равномерного их затопления.

При лиманном орошении глубина затопления всегда различна в разных частях лимана; здесь во время испарения происходит движение грунтовой воды от середины его, более глубокой, к окраинам, что и вызывает образование кольца солонцов вокруг больших искусственных лиманов и естественных степных понижений [1].

[1] Кроме того, меньшее засоление середины лиманов объясняется более длительным стоянием там воды и выщелачиванием солей в глубокие слои грунта.

Для борьбы с засолением почв при правильном орошении надо, если возможно, уменьшить испарение воды с поверхности почвы, или искусственно создать ток грунтовой воды сверху вниз. Уменьшение испарения воды с поверхности достигается: а) осторожными нормами полива; б) рыхлением поверхности почвы; в) культурой люцерны, которая густым травостоем и опадающими мертвыми листьями уменьшает испарение с поверхности, забирая корнями воду непосредственно из более глубоких слоев.

Создание нисходящего тока подземных вод достигается закладкой подземного дренажа, отводящего воду за пределы орошаемого участка. Первоначально казалось, что это связано с затратой очень больших средств, так как при обычном осушении почв подземным дренажем расстояние между линиями дрен должно быть 10—20 м. Но опытами в Голодной степи установлено, что закладка труб на глубине 1,06 м с расстоянием между ними в 85 м дает вполне удовлетворительную промывку почвы, а при таком условии стоимость закладки подземного дренажа становится приемлемой. Подземный дренаж заложен и дает хорошие результаты в саду Тингутинской мелиоративной станции. Он отводит воды, фильтрующиеся в сад через откосы и дно вышележащего распределительного канала. Для естественного выхода воды из дренажной сети нужен водоприемник — русло реки или овраг. Если же этого нет, дренажную воду можно собирать в колодец, из которого ее поднимают насосом и выливают в поверхностную открытую канаву.

Растения различно переносят избыток солей в почве. Виноград, яблони, груши, апельсины, миндаль, фиговое дерево сильно страдают на засоленных почвах. Самой солестойкой породой являются пальмы, выносящие содержание 3—4% NaCl в поверхностном горизонте почвы. Переносят засоление айлант, лох, пятта, гребенщик, мелиа.

Закультивирование засоленных низменностей под лесные рощи. Возле г. Бухары такие мероприятия начаты с 1935 г. Для этого прежде всего применялась многократная промывка почвы речной водой. По мелиорируемой площади роют глубокие канавы со свободным стоком воды из них; вынимаемая земля складывается в валы на стороне участка, площадь очищается от растительности и вспахивается. Зимой обвалованная площадь между канавами затопляется из арыка водой, которая, фильтруясь сквозь грунт, поступает в канавы и промывает почву. При повторении этой операции несколько раз соли вымываются. Затопление производится именно зимой, когда нет испарения и в связи с прекращением полива сельскохозяйственных культур в оросительных системах имеется избыточная вода.

На промытых площадях в окрестностях г. Бухары посажены преимущественно клен американский, ясень американский, аморфа, белая акация. Эти посадки требуют полива и ухода; между рядами деревцев буйно развиваются осока и тростник, иссушающие почву и местами заглушающие посадки.

Для дальнейшего создания искусственных рощ на заболоченно-засоленных низменностях среднеазиатских республик необходимо выводить и подбирать такие породы, которые на 3—4-м году после высадки смогут расти без полива, преодолевая травянистую сорную растительность.

Отпуск воды для лесных рощ затруднен, так как вода в первую очередь пускается на хлопковые поля и плодовые сады.

РАЗДЕЛ V

БОРЬБА С РАЗРУШАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ВОДЫ

Вода в движении является и созидающей и разрушающей силой; выпадая из атмосферы, вода создает условия для жизни растениям и животным; в движении по руслу она дает полезную энергию и т. д. Но та же вода, двигаясь по поверхности поля, смывает верхний, самый плодородный слой почвы; сбиваясь в концентрированные струи, вода размывает грунт, образуя овраги; скатываясь большими массами с крутых склонов, разрушает культурные площади; просачиваясь внутрь грунта, вызывает оползни.

„Вода есть лучшее", по выражению греческого поэта Пиндара, но вода в неблагоприятных частных условиях есть и враг человека.

В гидротехнической мелиорации рассматривают приемы борьбы с различными перечисляемыми ниже действиями воды: 1) поверхностная эрозия (смыв); 2) оврагообразование (размыв); 3) деформации берегов; 4) горные селевые потоки, 5) снежные лавины.

Глава 15

ПОВЕРХНОСТНАЯ ЭРОЗИЯ

Снеговые и ливневые воды движутся по наклонным плоскостям с возрастающим объемом и скоростью по мере удаления от водораздела, так как на каждом метре пути увеличивается площадь питания поверхностного стока. При достижении водным потоком определенной скорости движущаяся сила воды отрывает частицы грунта с поверхности почвы и сносит их вниз, отлагая на участках суши с малым уклоном, в руслах рек и выносся в моря. При смыве верхних частиц пашни уносятся плодороднейшие части почвы, что вызывает снижение урожая, а в некоторых районах является настоящим бедствием.

В США явлению поверхностного смыва в литературе и исследовательскими учреждениями уделяется большое внимание.

Лоудермилк указывает, что поверхностный смыв в США происходит на площади 569 млн. акров, включая площади, которые лишены от $^1/_4$ до $^3/_4$ верхнего гумусового горизонта. Кроме того, имеется 67 млн. акров, с которых смыт весь верхний гумусовый горизонт. В сумме обе категории площадей составляют 30% всех земель сельскохозяйственного пользования США; в некоторых же штатах эродируемые площади занимают 45%.

По мнению А. М. Панкова[1], освоенные у нас сельскохозяйственные земли едва ли меньше подвержены смывам, чем в США. Если местами этот смыв не так бросается в глаза, то это лишь из-за большей мощности гумусовых горизонтов наших почв, особенно черноземных. Значительному смыву почв способствуют большое накопление снега и глубокое промерзание почвы, создающие условия для большого весеннего стока воды с полей.

Величины смыва обычно выражают в тоннах с гектара площади. Например, для деградированных почв Новосильской овражной опытной станции ежегодный смыв, главным образом от весеннего стока, составляет 5—9 т с 1 га.

С площади всего бассейна реки объем и вес смыва может быть определен умножением расходов воды в реке на мутность воды (см. раздел „Гидрология"). Таким приемом вычисляются высоты и веса годового смыва (табл. 59).

Таблица 59

Площади водосбора	Вес годового твердого расхода в млн. тонн	Годовой смыв с га бассейна в тоннах	Высота годового смыва в мм
Ока у устья	2,98	0,63	0,025
Волга у Горького . . .	2,66	0,08	0,003
Кама у устья	11,85	0,25	0,01
Самарка у Максимовки	—	0,15	0,006
Урал у Кушума	4,1	—	—
Терек у Амираджи . .	25,8	8,75	0,35
Кура в нижнем течении	25,4	2,0	0,08
Дон у Калача	7,4	0,43	0,017
Колорадо	—	2,5	0,1
По	—	5,9	0,235
Дунай	—	2,25	0,09

Приведенные величины смыва с 1 га условно распространены на всю водосборную площадь реки и получены в предположении, что весь смыв выносится в реки и движется по ним во взвешенном состоянии или по дну к морю.

[1] Борьба с эрозией почв в СССР, Материалы Первого всесоюзного совещания по борьбе с эрозией почв. 1938 г.

Количественные определения эрозии должны входить в программу работ лесоустроительных партий в зоне, где происходят процессы смыва и размыва. Мутность воды в ручьях следует определять в период паводка, при этом пробы воды берут бутылкой и пользуются уловителями донных наносов. Большие количества мути в воде являются признаком смывов с бассейна ручья; на водосборах таких ручьев полезно ограничивать рубки. Малая мутность укажет на отсутствие эрозии и, следовательно, на возможность больших рубок. Наблюдения над мутностью воды следует вести на возможно малых водотоках, чтобы можно было рассматривать лесную площадь диференцированно, по малым водосборам.

Простейший технический прием борьбы с поверхностной эрозией на пологих склонах заключается в том, чтобы воспрепятствовать нарастанию скорости течения воды по склону устрой-

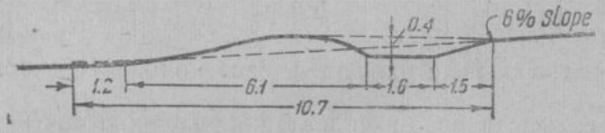


Рис. 182. Пологие террасы

ством поперек склона небольших валиков, задерживающих воду. При задержании вода впитывается в грунт. Поперечная вспашка на малых уклонах аналогична устройству большого числа валиков. На поверхностях с уклоном 0,05—0,1 рекомендуется устройство пологих гребневых террас с канавами (рис. 182). По указаниям американской литературы, поперечный профиль полевых террас, создаваемый канавой и насыпкой, должен задерживать всю стекающую дождевую воду. Размеры и расположение террас должны быть такими, чтобы канавы не слишком заилялись и их не нужно было очищать. Поверхность насыпанного грунта должна быть пологая, чтобы на террасе можно было применять сельскохозяйственные машины. Наконец, насыпь должна производиться так, чтобы верхний почвенный слой не был засыпан вынимаемой из канав подпочвой.

Размеры поперечного сечения гребня и канавы зависят от крутизны поверхности, рода почвы, величины единовременно выпадающих атмосферных осадков. На основе практического опыта в США рекомендуются следующие размеры элементов террасы, приведенные в табл. 60.

При больших уклонах (до 0,2) на полевых площадях делаются уступчатые наклонные террасы с гребнями (рис. 183). Размеры наклонных террас следующие: высота валика 0,15—0,3 м, ширина его 0,5—0,7 м, уклон поверхности террас 5—20%; высота уступа между террасами 0,9—1,8 м. Такими террасами[1] за-

[1] А. Н. Костяков, Основы мелиорации.

Таблица 60

Уклон поверхности	Вертикальное расстояние между терасами в м	Горизонтальное расстояние в м	Ширина гребня в м	Глубина канавы в м	Ширина канавы по дну в м	Ширина всей полосы терасы в м
0,02	0,76	38,08	6,09	0,38	2,43	11,27
0,03	0,91	30,47	6.09	0,38	2.43	11,27
0,04	1,06	26,82	6,09	0,38	2,13	10,97
0,05	1,21	24,38	6,09	0,38	2,13	10,97
0,06	1,34	22,25	6,09	0,40	1,82	10,66
0,07	1,46	21,03	5,48	0,40	1,82	10,05
0,08	1,58	19,81	5,48	0,40	1,52	9,75
0,09	1,67	18,59	4,87	0,40	1,52	9,44
0,10	1,73	17,37	4,87	0,45	1,21	9,14
0,11	1,79	16,45	4,26	0,45	1,21	8,53
0,12	1,82	15,23	3,96	0,45	1,21	8,53

держивается эрозия с площадей сельскохозяйственного назначения.

Сельскохозяйственная эксплоатация возможна при предельном первоначальном уклоне поверхности до 30%, но уже и при 20%-ном первоначальном уклоне применять при создании террас обрабатывающие и уборочные машины очень трудно. Поэтому склоны, начиная с 20%, целесообразно террасировать под лесные посадки.

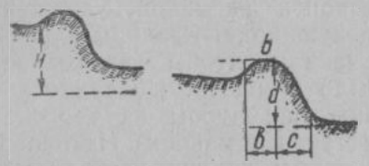


Рис. 183, Уступчатое терасирование склона

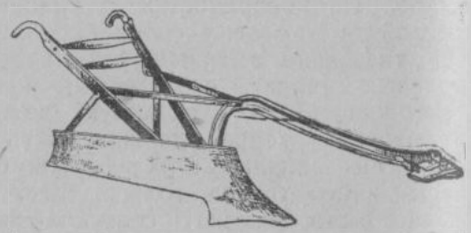


Рис. 184. Одноотвальный плуг

Механизированное устройство террас осуществляется в несколько приемов: одноотвальным плугом (рис. 184) проходят несколько борозд, взрыхляя этим полосу поля; затем по взрыхленному месту проходят треугольным канавокопателем „Мартин" (рис. 185), сдвигающим взрыхленный грунт в вал; для сдвигания грунта применяется также грейдер типа дорожного (рис. 186).

Однако борьба со смывом с сельскохозяйственных площадей не решается только инженерными мероприятиями; эрозия должна предупреждаться глубокой вспашкой полей по горизонталям, созданием связности почвы соответствующим севооборотом и лесокультурными мероприятиями.

Dodge на основании полевых исследований в Warren County (США) на площадках по 20 м² расположил растительные покровы в следующий восходящий ряд по смыванию почвы под

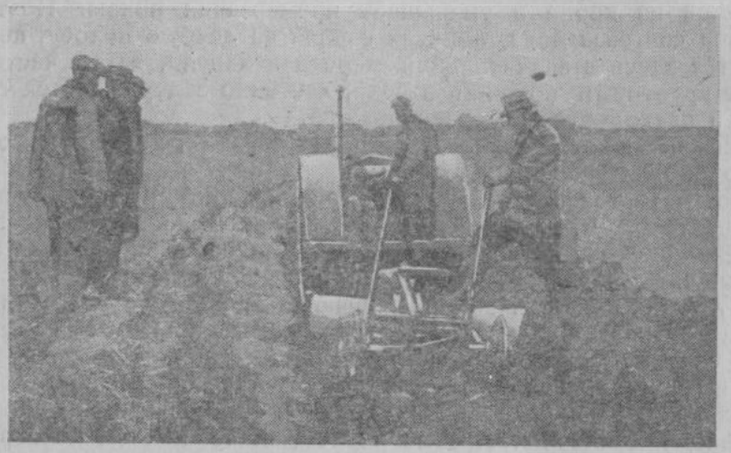


Рис. 185. Треугольный канавокопатель

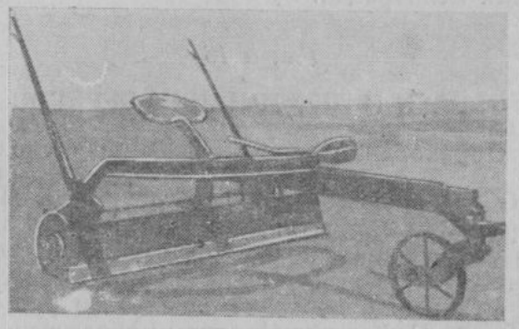


Рис. 186. Грейдер

ними: ореховый кустарник (наименьший смыв), дубово-ореховый кустарник, клевер-тимофеевка, люцерна, залежь после зерновых, ячмень, пшеница с обработкой вдоль склона, суданская трава, маис, сорго, соя (наибольший смыв).

Коренным мероприятием по предупреждению эрозии на сельскохозяйственных площадях является создание на поле лесных

полос, располагаемых поперек пути движения поверхностной воды.

Лес увеличивает своей корневой системой порозность грунта, иссушает его транспирационным испарением, задержанием части осадков на кроне и уменьшает промерзания почвы. Поэтому весной снеговая вода, попадая с поля на лесную полосу, поглощается здесь в значительной мере или нацело, затем частично идет грунтовым потоком в реки, частично задерживается грунтом и расходуется на транспирацию.

Лесная полоса является, таким образом, задерживающей и водопоглощающей полосой.

По материалам Новосильской овражной опытной станции подсчитано, что для центральной части лесостепной зоны весенний сток поглощается лесной полосой шириной в 55 м с вышележащей полосы поля шириной 250 м.

От таких широких водопоглощающих полос следует отличать узкие ветрозащитные полосы на полях, разводимые для удержания снега и уменьшения скорости ветра над полями.

Смывы и размывы почвы вызывают отложения наносов в реках и особенно в водохранилищах; пруды в степной зоне подвержены сильному заилению. Лесные поглощающие полосы по берегам рек, ручьев и вершинам оврагов являются лучшими предохранителями рек и водоемов от заиления.

Вопросы лесоводственной техники разведения и содержания водопоглощающих и ветрозащитных полос рассматриваются в курсе лесных мелиораций.

Глава 16

ОВРАГИ И ДЕФОРМАЦИИ БЕРЕГОВ

Образование оврагов и их развитие

Равнины СССР прорезаны многочисленными образованиями троякого порядка по возрасту и по величине. Первыми по времени, часто доледниковыми образованиями, являются речные долины, характеризующиеся установившимися берегами и широкой поймой, по которой проходит изменчивое русло реки.

По указанию А. С. Козменко[1], вторым образованием являются лощины (балка, лог, ерик), впадающие в долины и характеризующиеся также установившейся формой, лишь частично нарушаемой донными и боковыми промоинами. По дну лощины иногда образуется свежая промоина, вызываемая усилившимся стоком снеговых и ливневых вод, происшедшим из-за вырубки лесов на площади водосбора балки. Склоны балки, обращенные на юг

[1] Борьба с эрозией в земледельческих районах СССР, Сборник „Борьба с эрозией почв в СССР", 1938 г.

и на запад, нагреваемые больше лучами солнца, обычно круче северных и восточных.

Третьим по времени, уже современным образованием, является овраг, характеризующийся неустойчивыми обрывистыми берегами, узким дном и растущей вверх к водоразделу вершиной (рис. 187). Рост оврага идет снизу вверх и начинается с образования промоины в крае лощины или на крутом склоне; вода, падая с образовавшегося уступа, и расходясь от него веером,

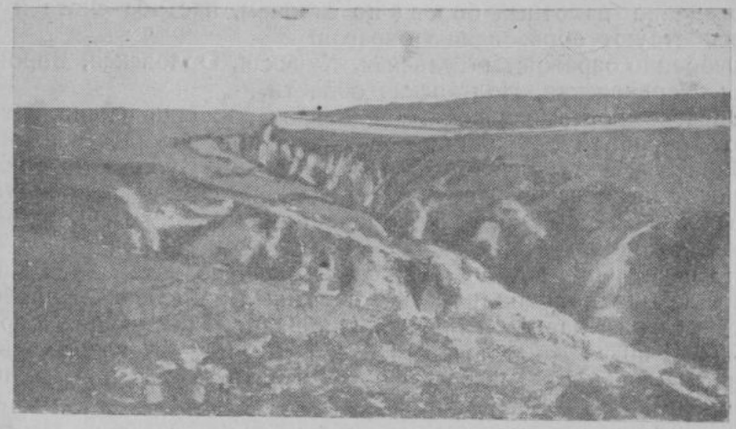


Рис. 187. Разрастающийся овраг

подмывает основание уступа, вызывая обвал его (рис. 188). Ход дальнейшего размыва зависит от напластования пород в долине. Овраг первоначально имеет вертикальные стенки и узкое дно; когда промыв доходит до песка и начинается вымыв песка, стенки оврага обваливаются и овраг становится шире. Различают овраги действующие и затухающие. Рост оврага прекращается: а) когда размыв дна дойдет до связной глины или известняка; б) когда создастся продольный уклон дна такой величины, при которой скорость воды окажется недостаточной для размывания грунта; в) когда вершина оврага продвинется настолько вверх, что поступление воды в головную часть оврага станет недостаточным для дальнейшего размыва.



Рис. 188. Схема продвигания промоины

В затухающем овраге откосы первоначально почти вертикальны, постепенно приобретают крутизну естественного откоса грунта; затем они покрываются растительностью, задерневают, и овраг

переходит в состояние балки (лощина, по терминологии А. С. Козменко).

Образованию промоин и развитию их в овраги способствуют: 1) крутизна прилегающих к лощине скатов и большая площадь их; 2) летние ливни и быстрое таяние снега, дающие бурные потоки воды; 3) малая связность грунта у поверхности и на глубине.

Поэтому уничтожение лесов, замедляющих таяние снега и трансформирующих поверхностный сток в грунтовый, а также проведение пахотных борозд по склонам, пастьба скота и т. п. способствуют образованию оврагов.

Особенно овражисты Тульская, Курская, Орловская, Воронежская, Харьковская, Полтавская области.

Овраги, прорезывая поля, уменьшают площадь пашни, затрудняют обработку, увеличивают расстояние между селениями, собирают в себя сдуваемый с полей снег. Бурные потоки вод выносят из оврагов песок и глину, отлагая их в реках; такие овражные выносы вызывают обмеление судоходных рек, особенно Дона и Донца.

По исчислениям А. М. Панкова на основе материалов Института лесомелиорации, площадь овражных земель в европейской части Союза равна 2 млн. га. Площадь действующих оврагов в УССР подсчитана Розовым в 240 тыс. га. Ежегодное увеличение площади оврагов составляет 1,5% от их наличной площади[1].

Изыскания на оврагах

Изыскания для составления технического проекта укрепления оврага состоят из следующих операций:

1) определение площади водосбора оврага, производимое по карте масштаба 3 версты в дюйме или по планам землепользований; при отсутствии их производится геодезическая съемка границ водосборной площади; определение нивелировкой уклона дна и склонов оврага, а иногда охват нивелировкой всей водосборной площади оврага;

2) характеристика растительного и почвенного покрова водосборной площади оврага (пашня, луг, кустарник, лес); эксплоатация площади;

3) определение строения дна и склонов оврага посредством закладки шурфов и бурения до прочной породы;

4) собирание сведений о средних и максимальных запасах воды в снеге и о ливнях на водосборе оврага.

В результате исследований вычерчиваются план оврага и прилегающей поверхности в горизонталях, продольный и поперечный профили с показанием геологического строения.

[1] Н. А. Розов, Овраги Украины, 1927.

Способы борьбы с оврагами

Для борьбы с оврагообразованием следует применять гидромелиоративные и лесомелиоративные работы на всей площади оврагообразования. Гидротехнические работы останавливают рост оврага немедленно после осуществления их, но сооружения требуют постоянного надзора и ремонта. Лесоводственные мероприятия по борьбе с оврагами требуют десятка лет для выявления их эффективности, но лес воздействует на самое формирование стока, т. е. на основной фактор размыва грунта.

Лес трансформирует быстрый поверхностный сток в медленный грунтовый. Кроме того, при покрытии лесом части водосборной площади оврага, снег на площади водосбора оврага тает не одновременно, что удлиняет период таяния снега на водосборе реки и уменьшает пик паводка. Лес в степных районах образования оврагов способствует задержанию стока и усилению испарения, а следовательно, увеличению осадков.

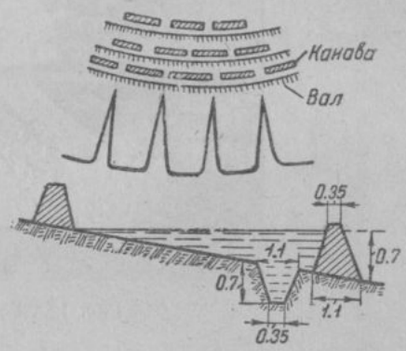


Рис. 189. Уменьшение стока воды в овраг

Массовое проведение гидро- и лесомелиоративных мероприятий по борьбе с оврагами, наряду с мероприятиями по борьбе с эрозией, не только содействует прекращению роста оврагов, но имеет и иное многостороннее значение, вплоть до смягчения континентальности климата.

Для борьбы с ростом оврагов применяются следующие три метода.

1. Уменьшение интенсивности и количества поверхностного стока в овраг. На прилегающей к оврагу поверхности по горизонталям ее проводится несколько рядов водосборных канав с устройством за ними валов из вынутой земли высотой до 0,7 м (рис. 189). Число их должно быть таким, чтобы по возможности вся подходящая к оврагу вода задержалась в канавах и перед валами, просачиваясь постепенно в грунт. Для стока не вместившейся воды устраивают в валах пропуски-водосливы в виде одернованных прорезей в валу глубиной 0,13 м. Таких пропусков в каждом валу делается по нескольку, чтобы вода переливалась разбитой на слабые струи и попадала в овраг в нескольких местах тонкими, малой силы потоками. Водосборные канавы делаются с поперечными перемычками, чтобы в случае прорыва в одном месте опорожнилось только небольшое протяжение канавы. Прорытые канавы постепенно заполняются наносами, что не имеет

большого значения, если поддерживать в порядке земляные валы, так как с течением времени вершина оврага должна задернеть, облеситься и опасность размыва уменьшается. Описанный способ устройства водосборных канав усиленно рекомендовался В. Бортквичем, доказывавшим не только техническое совершенство его, но и дешевизну по сравнению со способом устройства прочных водосливов.

Вспашка прилегающих полей по горизонталям и затенение склонов балки древесной растительностью в местах, где возможно

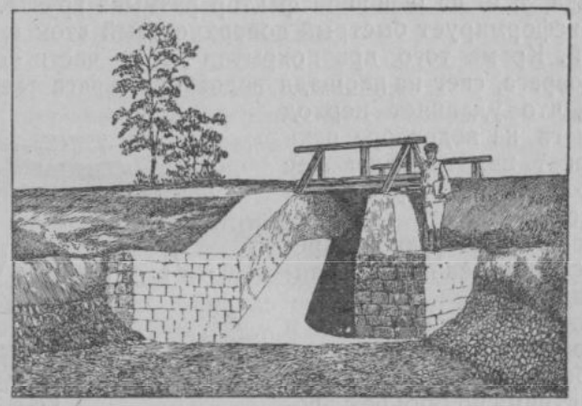


Рис. 190. Бетонный лоток

образование береговых промоин, также уменьшают сток воды в балку и закрепляют ее берега.

2. Перехватывание устремляющихся к оврагу водных потоков в искусственные лотки со спуском по ним воды в безопасные места дна оврага. Если вода подходит к оврагу сильными естественными потоками, то в этом месте устраиваются: а) мощеный наклонный лоток; б) деревянный или бетонный наклонный лоток со шпунтовым рядом вверху, горизонтальными полами вверху и внизу аналогично водосливам при плотине (рис. 190); в) деревянный или каменный уступчатый лоток-водослив; г) каменная или кирпичная отвесная стенка (рис. 191), через которую вода переливается и падает с любой высоты на прочный каменный пол (например во многих местах усадьбы Воронежского сельскохозяйственного института).

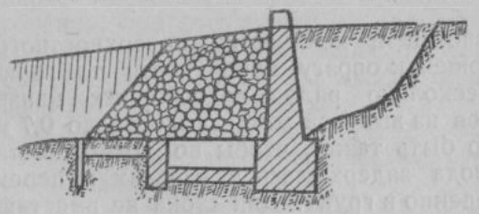


Рис. 191. Каменная стенка

Если вода подходит к оврагу рассеянными струями, их следует предварительно собрать обводной канавой с валом и выбрать наиболее удачное место для выпуска канавы в овраг по лотку (рис. 192).

3. Уменьшение размывающей силы воды, протекающей по дну оврага, что достигается замедлением течения воды. Начавшуюся

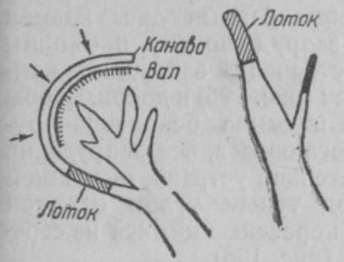


Рис. 192. Спуск воды в овраг лотком

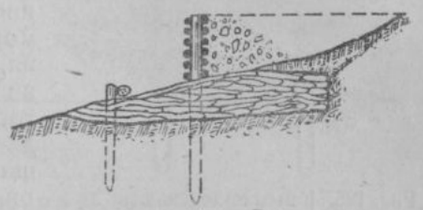


Рис. 193. Заделка промоины хворостом

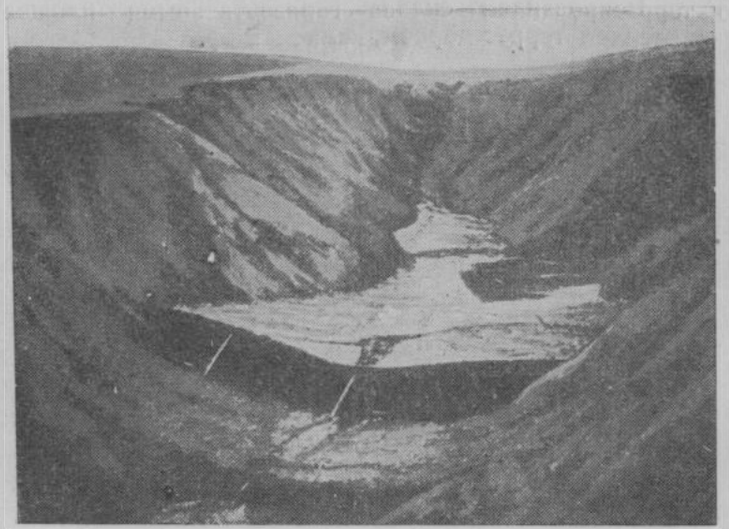


Рис. 194. Плетни по дну оврага

промоину заполняют хворостом (рис. 193) вершинами против течения воды, прижимая его ко дну кольями с поперечинами; если хворост забьется отложениями наносов, значит промоина укреплена навсегда; засыпка промоины камнем также останавливает ее рост.

На более крупных промоинах устанавливаются поперечные плетни (рис. 194) на ивовых кольях; во избежание подмыва под

плетень подкладывают продольный слой хвороста; вместо плетня на промоине можно укладывать поперек лощины фашины; мутная вода у плетня теряет скорость и осаждает взвешенную муть. Если ивовые колья и прутья плетня приживутся, образуется густая сеть корней и ветвей, навсегда останавливающая размыв дна. Взамен ивовых запруд по дну промоины можно устраивать запруды из камня, бревен (рис. 195) и досок. Чтобы не было подмыва основания крутого берега оврага, все запруды на дне желательно устраивать отходящими под тупым углом от стен оврага и пересекающимися на середине его (рис. 196).

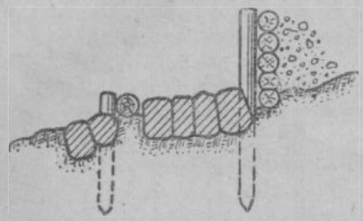


Рис. 195. Каменно-деревянная запруда на сваях

На изгибах оврага для предупреждения подмыва берегов устраиваются отражающие крепления.

На крутом склоне начавшееся размывание может быть остановлено террасированием склона горизонтальными площадками с закреплением террас дерном, камнем и пр.

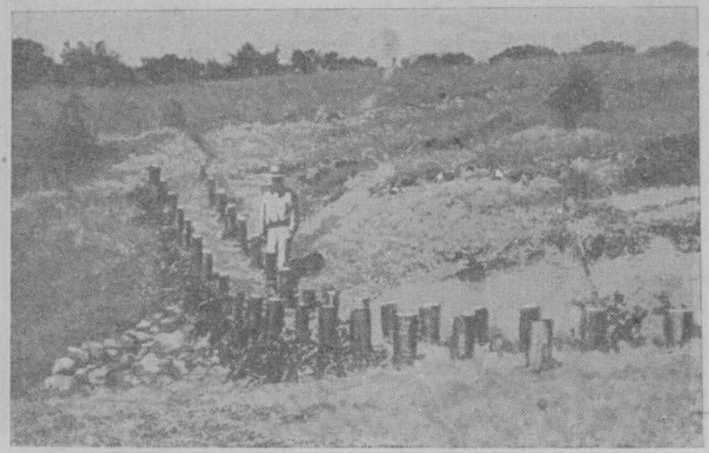


Рис. 196. Расположение двойного плетня

Прекращение роста оврага в соответствующих местах может быть достигнуто устройством плотинного пруда, покрывающего зеркалом воды площадь размыва.

Практические расчетные нормы стока воды при проектировании сооружений на оврагах могут вычисляться по формуле:

$$q = 10\,000\, m \cdot k$$

где:

q — сток с гектара в час в кубических метрах;

m — слой выпавшей при ливне воды в метрах, (принимают в час 40 мм);

k — коэфициент стока, зависящий главным образом от длины водосборной площади оврага и ее продольного уклона; величина берется из табл. 61[1].

Таблица 61

Уклон водосборной площади	Значения коэфициента стока при длине водосбора в километрах						
	до 0,5	0,5—1	1—1,5	1,5—2,0	2—2,5	2,5—3	3—3,5
0,20	0,95—0,85	0,85—0,80	0,80—0,74	0,74—0,68	0,68—0,62	0,62—0,56	0,56—0,50
0,15	0,79—0,71	0,71—0,66	0,66—0,61	0,61—0,57	0,57—0,52	0,52—0,47	0,47—0,41
0,10	0,66—0,60	0,60—0,55	0,55—0,51	0,51—0,48	0,48—0,44	0,44—0,40	0,40—0,34
0,05	0,56—0,52	0,52—0,47	0,47—0,44	0,44—0,41	0,41—0,38	0,38—0,34	0,34—0,29
0,005	0,49—0,46	0,46—0,42	0,42—0,39	0,39—0,36	0,36—0,33	0,33—0,30	0,30—0,26
0,005	0,45—0,43	0,43—0,40	0,40—0,37	0,37—0,34	0,34—0,31	0,31—0,28	0,28—0,25

Уклон считается от водораздела до вершины оврага.

При водосборах длиной свыше 3,5 км даются следующие значения k:

При длине водосбора в км:	3,5—7,0;	7,0—10,5;	10,5—14,0;	14,0—17,5
Значения k	3/8—2/8;	3/16;	2/16;	1/16

Если, например, площадь водосбора 20 га, длина 1 км, средний продольный уклон 0,05, то k из таблицы равно около 0,47, и часовой сток с гектара:

$$q = 10\,000 \cdot 0{,}04 \cdot 0{,}47 = 188 \text{ м}^3,$$

а со всего водосбора:

$$188 \times 20 = 3760 \text{ м}^3$$

Конечной задачей мелиорации является не окончание технических работ, а дальнейшая эксплоатация неудобной земли. Закрепленный гидротехническими приемами овраг должен быть облесен или засеян травой. По указаниям Керна, облесение оврага производится лучше всего лиственницей, дубом, ясенем, вязом, кленом, елью, пихтой, ольхой.

[1] В. Борткевич, Укрепление оврагов водосборными валами и канавами. 1915 г.

Для весенней посадки с осени по склону и дну оврагов копают ямки на расстоянии 0,35—1,50 м одна от другой. Ямки располагают по горизонтальным линиям, расстояние между которыми (считая по склону) назначается в 1,5—2,0 м. Посаженные весной деревца желательно обложить камнями для сохранения влажности и защиты от вымывания. Чтобы на скатах скорее появилась древесная растительность, разводят осину, заделывая в разрыхленную землю ее корневые черенки. При древесных посадках стараются чередовать породы деревьев, например ряд сосны и ряд березы. По крутым склонам высадки производят на сделанных предварительно уступах или даже террасах.

Древесные посадки сильно повреждаются скотом. В качестве защитных полос для молодых древесных насаждений применяются жердевые изгороди или обводные канавы с валами, засаженными ивняком.

Снег, сдуваемый в овраг большими массами, также сильно вредит посадкам, обламывая их.

Глава 17

ДЕФОРМАЦИИ БЕРЕГОВ РЕК И СКЛОНОВ

Реки, окаймленные лесными полосами достаточной ширины, защищены от поступления в русло продуктов эрозии с прилегающих склонов; самая лесная полоса в значительной мере защищена от образования оврагов. Но бровка берега реки подвержена воздействию: речного потока, грунтовых вод, ветра, льда, животных и человека.

Под действием перечисленных факторов происходят следующие береговые процессы:

1) отмывание грунта текущей водой и волнами (подмыв берега);
2) обвал берега вследствие подмыва его основания;
3) оползание берега, вызываемое скоплением грунтовой воды;
4) боковые промоины, вызываемые стеканием в реку поверхностной воды;
5) раздувание ветром песчаных берегов;
6) отрывание берегов примерзающим льдом.

Основным фактором, вызывающим разрушение речных берегов, является движение водного потока, выражающееся в закономерном формировании извилистого русла. Русло реки образует крутые повороты то у правого, то у левого берега долины. Водный поток в однородном грунте пробивает себе русло правильными извилинами (меандры, серпантины), вершины которых подходят к коренным берегам долины (см. раздел V — „Гидрология"). Все русло реки в плане медленно перемещается вниз по течению. Наряду с извилинами в плане водный поток пробивает себе и дно, также извилистое в продольном профиле.

Русло реки подвержено непрерывному разрушению, особенно на излучинах, подошедших к коренным берегам долины; здесь берега образуют высокие вертикальные обрывы (рис. 197).

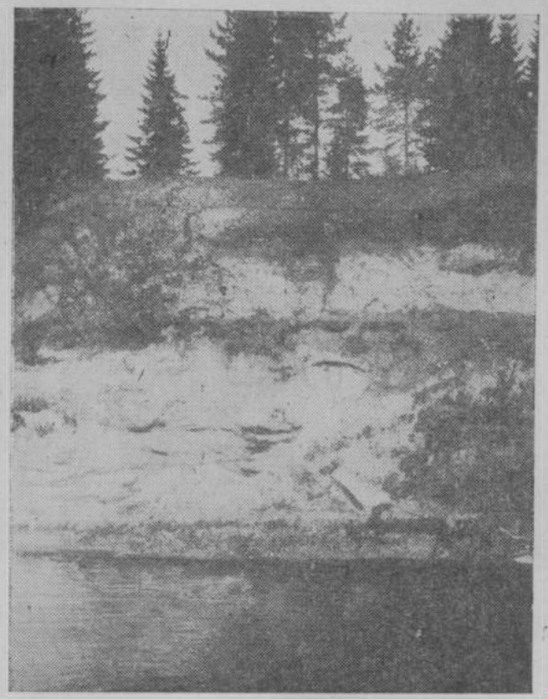


Рис. 197. Вертикальный берег долины на излучине реки

Деревья, находящиеся на берегу долины, не могут остановить подмыва берега и обвала (рис. 198); из зоны корневой системы грунт легко вымывается и даже выдувается; корни оказываются открытыми со стороны реки, затем все дерево с корнями рушится в реку, затрудняя сплав по ней; ствол и крупные корни дерева удерживают грунт лишь некоторое время.

Чтобы прекратить обрушение берега, закрепляют подмываемое основание устройством плетней, деревянных стенок, насыпкой камня[1].

1. Плетневая стенка (рис. 199) высотой 50—100 см у подошвы склона образуется сосновыми или еловыми кольями диаметром

[1] Польковский, Типы укреплений берегов, каналов, рек и озер, 1903 г.

5—7 см, забиваемыми на возможную глубину, но не менее 60—100 см, на расстоянии 15—30 см один от другого. Колья пере-

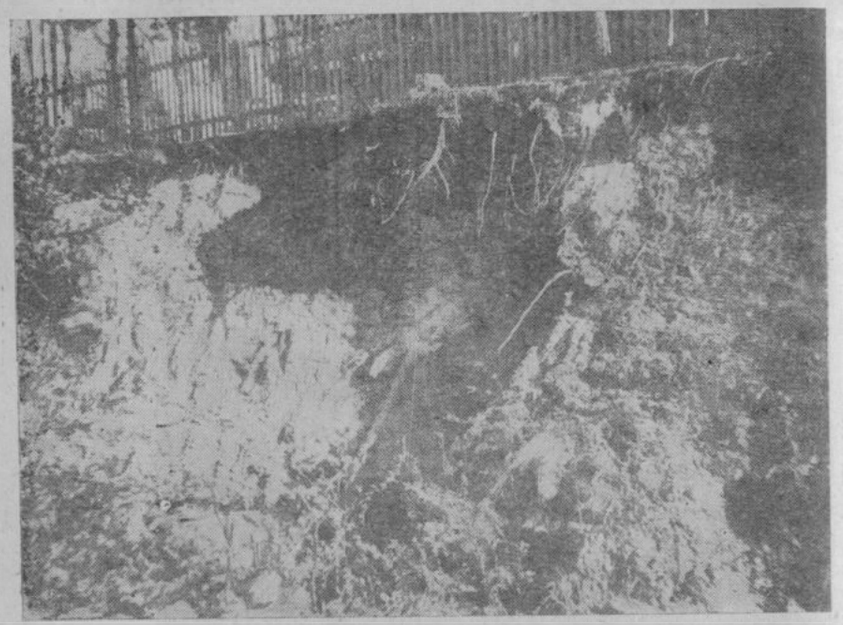


Рис. 198. Осыпание суглинков из зоны корней сосны

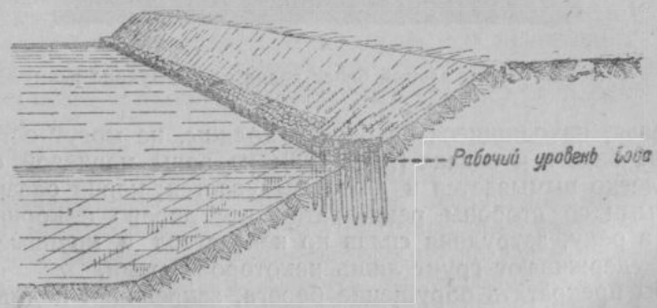


Рис. 199. Плетневая стенка у подмываемого берега реки

плетаются ивовыми прутьями; за плетень засыпают грунт или камень. Когда ивовое плетение прорастает, крепление берега становится прочным.

2. Деревянный забор из пластин (рис. 200). Свайки диаметром 10—20 см, высотой 100 см забивают на расстоянии 2 м одна от другой; свайки имеют общую насадку; за свайки закладываются пластины толщиной 10 см. Стенка засыпается грунтом.

3. Крепление булыжными камнями, накладываемыми в виде призмы. Подошва каменной кладки поддерживается бревном, насаживаемым на сваи (рис. 201).

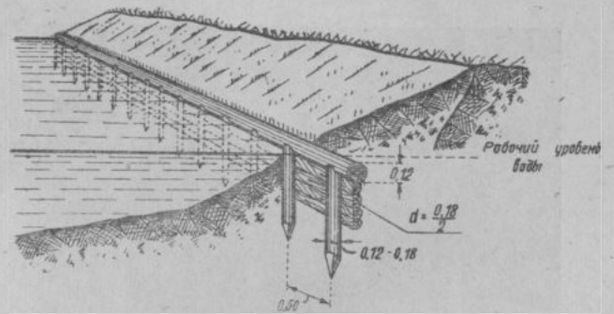


Рис. 200. Деревянный забор из пластин

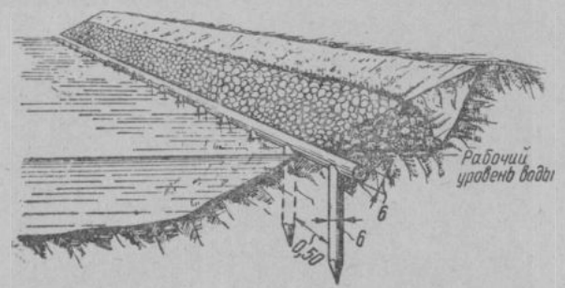


Рис. 201. Крепление берега реки булыжником

Все виды креплений берегов могут быть подняты примерзшим льдом; лед прочно примерзает к плетням и камням и весной, поднимаемый водой, отрывает плетень и камень от берега; поэтому все устройства лучше делать несколько выше замерзающего горизонта воды или окалывать лед перед его подвижкой.

К лесоводственным мерам по защите берега от подмывания водой и обвала относится разведение у основания откоса серой ольхи (корневыми черенками или посевом). Ольха быстро растет и образует густое сплетение корней; грунт из зоны корней первоначально вымывается водой, но корни ольхи, образуя густое сплетение, принимают затем на себя все воздействие воды и защищают берег от дальнейшего подмывания аналогично плетню

(рис. 202). Ивы не образуют густых сплетений корней, защищают откос от размыва, принимая на себя действие воды надземными ветвями (рис. 203); кроме того, между густыми надземными ветвями течение воды замедляется, что способствует отложению наносов.

Действию воды очень хорошо сопротивляется разрастающаяся пучками осока стройная (Carex gracilis) — корневищное растение.



Рис. 202. Сплетения корней ольхи

Вторым по значению действующим фактором деформирования берегов рек и озер являются грунтовые воды. В местах выхода грунтовой воды у подножья или в откосе берега грунт оползает вместе с растительностью; деревья на оползнях наклоняются вперед (рис. 204); профиль берега получает вид рваного откоса, зарастающего травами, ольхой, ивой, осиной. Приняв устойчивую пологость, оползший берег укрепляется в таком положении; в этом отличие оползания берега от подмыва его на излучине; подмыв

и обвалы берега—явления непрекращающиеся, оползень затухает.

При оползании один грунт скользит по другому, например слой глины по песку или почвенный слой по материнской каменистой

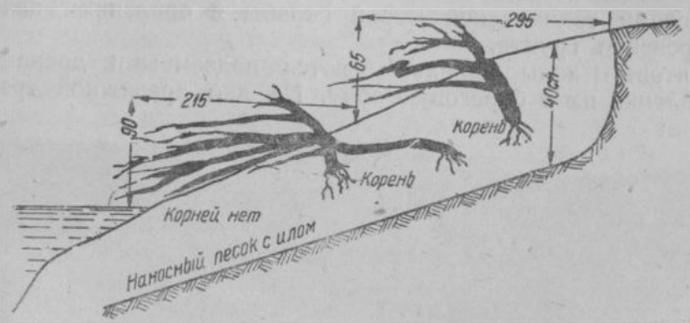


Рис. 203. Ивняк, расположенный наклонно



Рис. 204. Береговой оползень

породе; в этих случаях связность между разнородными грунтами уменьшается благодаря скопляющейся воде.

При оползне одна часть грунта может также оползать по другой части однородного грунта; в этом случае движение происхо-

дит не по плоскости, а по вогнутой поверхности обрушения (рис. 205).

Сползание ранее устойчивых берегов реки происходит, например, при подъеме воды в реке плотиной; грунт берега насыщается водой из реки и теряет связность.

Основной технической мерой борьбы с оползнями является дренирование грунта.

Грунтовые воды перехватываются подземными дренами до поступления их в береговую зону. На дно дренажной траншеи



Рис. 205. Поверхность обрушения

насыпают щебень или гальку слоем 10 см, на него укладывают гончарные или дощатые дренажные трубы, которые с боков и сверху обсыпают тем же щебнем или галькой диаметром 5—10 мм. Гальку обсыпают крупным песком. Проницаемую засыпку доводят почти до поверхности земли. Дренажной линии дается уклон в 0,01. Грунтовую воду при ее расположении отдельными жилами можно перехватывать отдельными колодцами с выводными трубами, из которых вода течет далее по укрепленным желобам.

В засушливых районах, например на южном берегу Крыма, грунтовую воду целесообразно собирать в глубокие цистерны, вделанные в склон горы, и использовать ее затем для полива культур.

Оползание склонов в отдельных местах может задерживаться наряду с дренажем устройством подпорных каменных стенок, что делается, например, вдоль дороги, перед зданием; за стенкой должна быть заложена осушительная дрена.

Одновременно с быстродействующими устройствами полезно усиливать осушение склона лесоводственным мероприятием; для этого по склонам целесообразно культивирование древесной породы, транспирирующей большое количество влаги и имеющей разветвленную корневую систему. Такими породами в северной половине европейской части СССР являются береза и тополь.

Лиственные породы на крутых склонах следует рубить ранее потери ими вегетативной способности, чтобы ветвление корневой системы и транспирация шли все время интенсивно.

Боковые промоины в берегах реки и долины, образуемые стекающими в реку струями воды, закрепляются как овраги первой стадии образования: заделкой поперечными плетнями, укладкой фашин, каменным мощением. Корни деревьев не препятствуют размыву грунта на месте произрастания. Раздувание берегового грунта ветром наилучше всего задерживается задернением берега посевом смеси многолетних трав.

Глава 18

ГОРНЫЕ СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ

Продукты выветривания горных пород в виде камней, щебенки, песка, глинистого ила сносятся снеговыми водами, ливневыми потоками, снежными лавинами, ветрами со склонов гор в котловинные понижения (горные цирки) или непосредственно в ущелья ручьев.

Эти продукты выветривания образуют большие скопления в горных котловинах, затрудняя сток, и задерживают течение горных ручьев. Поэтому наступает момент, когда водный поток приводит скопившуюся массу обломков и ила в движение— образуется горный селевой поток (сель, мур) из смеси воды, камней, песка, ила.

Выйдя из узкой долины ручья в широкую долину реки, селевой поток расплывается здесь вширь и теряет скорость. Движением селевых потоков сносятся постройки, заносятся сады и поля, причем гибнут люди и животные.

Селевые потоки образуются в верховьях долин Кавказа (Азербайджан, Грузия), Тянь-Шаня (Узбекская ССР), Альп (Австрия, Швейцария). В СССР за последнее время наибольший селевой поток был в 1921 г. на речке Малая Алматинка: огромный грязевой поток вместе с крупными камнями прошел через г. Алма-Ата, разрушил 463 постройки, погубил 500 человек и много скота, уничтожил посевы; скорость грязевого потока

была 4,8 м/сек., наиболее крупный вынесенный камень имел объем 26 м³.

В 1898 г. по ручью Ак-Таш в горах Таласский Ала-Тау, в 70 км к востоку от г. Ташкента, селевой поток покрыл долину слоем камня местами в 4 м; наибольшая вынесенная каменная глыба имеет объем 40 м³ и лежит на месте до настоящего времени, как память о наводнении (рис. 206); долина загромождена вынесенными обломками горных пород разной степени обработки от



Рис. 206. Селевые отложения по Ак-ташу

остроконечных глыб до окатанной гальки; наиболее частый диаметр камней по Ак-Ташу—40 см.

В 1910 г. по ручью Шин-Чай в Нухинском районе Кавказских гор при грозе и ливне низверглась сель, погубившая 400 человек, уничтожившая 130 усадеб с садами селения Баш-Чейнюк.

Летом 1939 г. бурным речным потоком был сильно разрушен г. Теджен Туркменской ССР. Паводок был вызван ливнями в горах Афганистана, откуда стекает р. Гери-Руд, называемая в наших пределах Теджен.

Горный ручей в своем течении может быть разделен на три зоны (рис. 207):

1) верхняя зона — область питания, расширенная котловина (цирк), в которую стекают потоки со склонов и собираются продукты выветривания в виде обвалов, осыпей, оползней, смывов;

2) горловина — узкая долина, по которой бежит ручей; в ней накапливаются продукты, продвигающиеся из области питания,

а также непосредственно поступающие с крутых откосов ущелья; водный поток подтачивает основание крутых склонов горловины, что вызывает обвалы их; в горловине острогранные обломки перетираются в гальку;

3) конус выноса, образующийся в долине главной реки из отложений выносов горного ручья; у самого выхода из ущелья отлагаются более крупные части; ближе к реке — мелкие; конус выноса доходит до главной реки и загромождает ее.

Скоплению продуктов выветривания благоприятствуют: 1) крутые склоны, 2) паводки, причиняемые длительными дождями, ливнями и снеготаянием, 3) легко выветривающиеся горные породы: известковые, мергелистые, глинистые сланцы.

Для предупреждения селевых и просто паводковых потоков, а также освоения горных склонов необходимо сочетать гидротехнические и лесоводственные работы. Влияние гидротехнических работ сказывается немедленно, эффективность же лесоводственных работ выявляется с течением времени. Но в результате этих работ создается новая ценность — лес — на месте бесплодных склонов, и коренным образом изменяется их структура.

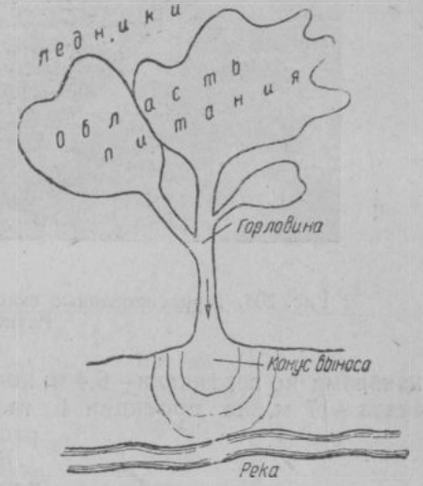


Рис. 207. Три зоны горного ручья

Гидротехнические мероприятия по борьбе с образованием горных паводков состоят в прорытии поперек склонов перехватывающих канав на месте формирования потоков. Канавы прорываются по горизонталям, течения воды в них не должно быть. Назначение канавы—вместить первоначально всю воду, стекающую по части склона после ливня или при снеготаянии, а затем передать эту воду инфильтрацией в грунт горного склона. В отдельных случаях вода может быть отведена из канав по укрепленному лотку вниз в долину реки.

Вынимаемый из канав грунт складывают на низовую сторону и образуют насыпную террасу; поэтому проведение канав поперек горного склона называют террасированием склона. Насыпная терраса увеличивает емкость канавы. Чтобы предупредить сток воды по склону из всей канавы в случае прорыва насыпной террасы, через каждые 20 м длины канавы оставляют поперечные перемычки, делящие всю канаву на обособленные участки.

Общий вид террасированных склонов бассейна р. Ак-Таш показан на рис. 208[1]. При уклоне ската в 22,5° расстояние между



Рис. 208. Террасированные склоны бассейна р. Ак-таш (фото Раунера)

канавами по вертикали—6,4 м, по горизонтали—15,4 м, по наклону ската—17 м, на проекции 1 га протяжение канав при таком расположении исчисляется в 650 м.

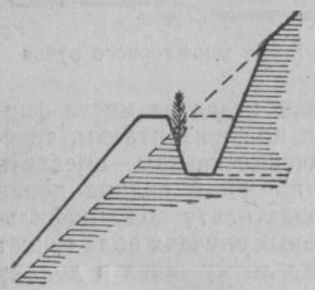


Рис. 209. Формы террас на Ак-таше

В откос насыпки или на верхнюю площадку вала высаживают древесную растительность. Дерево здесь развивается, так как канава задерживает снеговую и дождевую воду.

Поперечный профиль выемки и насыпи поперек горного склона делается трех типов:

а) выемка трапецоидального сечения — канава с валом вынутой земли, усиливающим размеры (емкость) канавы (работы на Ак-Таше и др.); наиболее частый тип приведен на рис. 209;

б) выемка треугольного сечения с покатостью внутрь склона; для задержания воды производится выемка и насыпка (рис. 210);

[1] Из книги Раунера, „Горные леса Туркестана и значение их для водного хозяйства края", 1901 г.

в) выемка горизонтальными площадками; вода задерживается только валом вынутой земли (рис. 211).

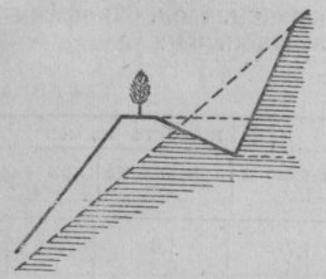


Рис. 210. Формы террас на Аман-Кутане

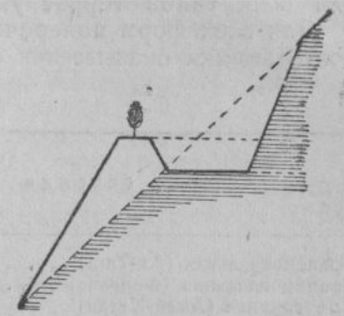


Рис. 211 Террасы в виде горизонтальных площадок

Размеры выемок и насыпей при различной крутизне склонов, принимавшиеся в производственной практике, приведены в табл. 62[1].

Таблица 62

Элементы профиля	Выемка трапецоидальной формы (Ак-Таш)			Выемка треугольной формы (Аман-Кутан)			Выемка горизонт. площадками (Кавказ)	Выемка трапецоидальной формы (Фергана)		
Крутизна склона	15°	30°	45°	15°	30°	45°	45°	15°	30°	45°
Ширина горизонтального дна (ВС) в см	60	45	30	—	—	—	140	30	30	30
Внутренний откос выемки (С) в градусах	70	70	70	70	70	70	70	65	65	65
Лесокультурный откос в градусах	40	50	70	20	20	26	60	30	30	30
Внешний откос в градусах . . .	40	45	50	45	45	55	60	50	55	60
Глубина канавы вместе с насыпным валом в см	75	75	75	40	40	40	50	55	45	35
Площадь поперечного сечения выемки в м²	0,58	0,70	0,66	0,21	0,41	1,0	1,65	1,33	0,43	0,54
Площадь поперечного сечения канавы в м²	0,90	0,69	0,43	0,25	0,25	0,25	0,81	0,49	0,35	0,24
Ширина вала по верху в см . .	35	35	35	40	40	40	50	35	30	25

[1] Ф. К. Кочерга, Горномелиоративные работы в Узбекской ССР, 1937 г.

Из приведенных типов террас наибольшую емкость для задержания воды на единицу земляных работ имеет трапецоидальная выемка (Ак-Таш). Эта так называемая эффективность выемки для всех типов террас уменьшается с увеличением крутизны.

Для всех форм поперечного профиля (см. табл. 62) эффективность выемки оказывается следующая (табл. 63):

Таблица 63

Форма сечения	Эффективность выемки		
	при склоне 15°	при склоне 30°	при склоне 45°
Трапецоидальная (Ак-Таш)	1,7	1,0	0,65
Трапецоидальная (Фергана)	1,5	0,8	0,44
Треугольная (Аман-Кутан)	1,2	0,6	0,25
Горизонтальная площадка	—	—	0,50

Наиболее эффективным оказывается Ак-ташский профиль. Но выемка при нем имеет наибольшую глубину, поэтому такой профиль возможен лишь на склонах с глубокой почвой. Значительно менее глубоким и мало уступающим по эффективности является ферганский профиль, предложенный и осуществленный Ф. К. Кочергой. Преимущество ферганского типа еще в том, что ширина выемки по дну и крутизна откосов делаются одинаковыми при любой крутизне склона и всякой глубине выемки. Это облегчает ручную работу и открывает большие возможности для механизации.

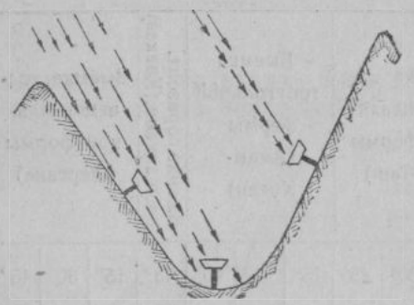


Рис. 212. Схема положения дождемера

Расстояние между террасовыми канавами вычисляется в зависимости от максимального модуля стока ливневой воды по склону, от крутизны склона и полезной емкости канавы. Основная влияющая величина—модуль максимального стока—зависит от интенсивности атмосферных осадков и доли инфильтрации воды в грунт. Инфильтрация весьма различна по величине на одном и том же склоне и мало изучена экспериментально на склонах гор; поэтому теоретические расчеты расстояний между террасовыми канавами в значительной мере условны.

Интенсивность ливня (миллиметров осадков за минуту), выпадающего на склон горы, отличается от попадающего в горизонтальное приемное отверстие дождемера (рис. 212).

При направлении падения дождя, близком к направлению склона, на поверхность попадает меньше воды, чем показывает дождемер при горизонтальном положении его приемного отверстия. На склоне, перпендикулярном к падению дождя, воды попадает больше, чем показывает дождемер, так же расположенный, и коэфициент стока со склона может оказаться больше единицы. Поэтому в горных районах желательно устанавливать приемную поверхность дождемера параллельно склону.

Принимая расчетное выпадение осадков за час в 60 мм, а коэфициент стока при уклоне 15°—в 0,8, при уклоне 30°—в 0,9 и при 45°—в 0,95, вычисляем расстояния между канавами типа трапеции, исходя из заполнения всей емкости канавы (табл. 64).

Таблица 64

Угол склона в °	Емкость трапецоид. канавы вместе с валом на 1 м протяжения в м³	Объем выпадающей воды за час на 1 м² в м³	Коэфициент стока	Объем стекающей в канаву воды с 1 м² площади в м³	Расстояние между канавами в м		
					гориз. проекция	вертикальн. проекция	по склону
15	0,90	0,06	0,80	0,048	19,0	5,1	19,6
30	0,69	0,06	0,90	0,054	13,0	7,2	14,9
45	0,43	0,06	0,95	0,057	7,3	7,3	10,3

Наибольшая величина осадков за час принимается с учетом данных по наблюденным суточным максимумам, приведенным в табл. 65.

Таблица 65

Место наблюдения	Пункты	Колич. осадков в мм/час	Источники сведений
Средняя Азия . . .	Ст. Фергана	67	Ф. К. Кочерга, Горно-мелиоративные работы в Узбекской ССР, 1937 г.
	Ак-Таш	95	
	Чимгай	83	
Крым . . .	Ай-Петри	161	Климатологический справочник по СССР, 1932
	Ялта	154	
	Алушта	89	
Северный Кавказ . .	Теберда	72	То же
	Мархотский перевал	77	
	Абинская	128	

Суточные максимумы немногим больше часовых, так как ливень продолжается обычно не более часа.

Размер приводит для американских условий следующие коэфициенты стока со склонов (табл. 66):

Таблица 66

Характер поверхности	Уклон в %	Коэфициент стока
Культивируемая площадь	5-10	0,60
" "	10-30	0,72
Пастбище	5-10	0,36
"	10-30	0,42
Лес	5-10	0,18
"	10-30	0,21

Расчет расстояния между канавами по методу заполнения их водой не является окончательным. Необходимо учесть последующее облесение склона; чем меньше расстояние между канавами, тем сомкнутее будет древесное насаждение; поэтому расстояние между канавами можно принять в зависимости от расстояния между рядами древостоя с учетом его смыкания. В этом случае поперечное сечение канав вычисляется по принятому расстоянию.

Наконец, расстояние между канавами следует также проверять на размыв почвы склона, так как имеется „критическая" ширина полосы, при которой возможен размыв склона стекающей водой. Проверка производится следующим методом.

Скорость течения воды по склону, в зависимости от расхода воды, рассматривая процесс стока на ширине 1 м, равна:

$$v = C\sqrt{R}\cdot\sqrt{I}\cdot \qquad (1)$$

По Маннингу $C = \frac{1}{n}\cdot R^{0,17}$, поэтому

$$v = \frac{1}{n}\cdot R^{0,17}\cdot I^{0,5}. \qquad (2)$$

При широком русле и малой глубине $R = h$, а

$$v = \frac{1}{n}\cdot h^{0,67}\cdot I^{0,5} \qquad (3)$$

Выражая h через Q и v, а именно $h = \frac{Q}{v}$, получим:

$$v = \frac{1}{n}\cdot\frac{Q^{0,67}}{v^{0,67}}\cdot I^{0,5} \qquad (4)$$

При осадках, выпадающих на склон, слоем в h м/сек. на длине склона x м образуется сток:

$$Q = k\cdot x\cdot h, \qquad (5)$$

где k — коэфициент стока.

Поэтому:

$$v = \frac{1}{n}\cdot\frac{x^{0,67}\cdot h^{0,67}\cdot k^{0,67}}{v^{0,67}}\cdot I^{0,5} \qquad (6)$$

Отсюда расстояние между канавами

$$x = \frac{v^{2,5}\cdot n^{1,5}}{h\cdot I^{0,75}\cdot k} \qquad (7)$$

Здесь v — предельная допустимая скорость по склону, при которой начинается смыв частиц почвы. Эта скорость зависит от крутизны склона, рода грунта и состояния поверхности склона (задернелое, открытое, рыхлое, плотное), т. е. от весьма трудно выражаемых в цифрах характеристик. Поэтому предельная скорость — величина достаточно произвольная; для суглинка несвязного — около 0,14 м/сек., дернины — 1 м/сек.

Для определения коэфициента шероховатости склонов n имеются многочисленные опыты, относящиеся к луговым и полевым площадям сравнительно небольших уклонов. Принятая методика опыта состоит в том, что на поверхности склона выделяется установкой продольных досок полоса склона шириной меньше или больше 1 м и различной длины. На эту полосу из бака пускают равномерную струю воды. Если расход воды Q, уклон поверхности I, то скорость течения воды v определяется по движению пускаемого в воду химиката или краски. Имея Q, I и v, из уравнения (4) или иного вычисляют коэфициент шероховатости n.

Из опубликованных материалов наблюдений возле Москвы коэфициенты шероховатости лугового склона с невысокой довольно густой травой вычисляются по формуле (4) равными: $n = 0,15$ — 0,34 при уклоне луга 0,12.

По опубликованным наблюдениям возле Днепропетровска [1] на выгоне с низкой травой коэфициент шероховатости вычисляется: $n = 0,7$—$0,08$ при уклоне поверхности 0,26.

На луговых склонах Валдайской гидрологической станции коэфициент шероховатости при таянии снега вычисляется $n = 0,2$—0,4 при уклоне поверхности 0,70—0,15.

Приняв для примера в развитие произведенного выше расчета расстояния между канавами по их емкости, коэфициент шероховатости склона $n = 0,3$, допускаемую скорость движения воды по склону $v = 0,2$ м/сек., высоту ливня 60 мм/час, что дает 0,000017 м/сек., и принятые ранее коэфициенты стока, вычисляем по уравнению (7) критическое расстояние между канавами по склону горы:

$$x = \frac{0,2^{2,5}\cdot 0,3^{1,5}}{0,000017\cdot I^{0,75}\cdot k}$$

[1] Антоконенко и Ляховский, Скорость стекания ливневых вод по боковым склонам бассейна, 1939 г.

Для различных I и k получаем следующие величины, приведенные в табл. 67.

Таблица 67

Угол склона в °	Уклон в десятичной дроби	k	Критическое расстояние по склону в м
15	0,27	0,80	580
30	0,60	0,90	280
45	1,00	0,95	174

Сопоставление критических расстояний с расстояниями по емкости канав показывает, что склон размывается при больших расстояниях между террасами. Учитывая, что вода по склону стекает не равномерно распределенным слоем, а сбивается в струйки, следует расчетную высоту слоя h увеличивать соответственно концентрации струй, которая не исследована.

Поэтому проверочные расчеты расстояний между террасами на размыв склона оказываются недостаточно обоснованными. Условно можно принимать, что концентрация струй равна 5.

Устройство канав на горных склонах. Намеченное на проектном плане положение канав должно быть протрассировано на склоне горы. Если долина настолько узка, что инструментом, поставленным на одном склоне, можно произвести отсчет по рейке, поставленной на противоположном склоне, то разбивку трассы удобно производить с одного склона. При этом условии инструмент (нивелир, теодолит) с одной точки склона охватывает большое протяжение противоположного склона. Наметка трассируемой (пробиваемой) линии делается кетменем (род кирки в Средней Азии), так как доставка кольев на безлесные склоны затруднительна. Ручная и механизированная работа по прорытию канав начинается с верхних частей склона.

Ф. К. Кочерга[1] предлагает следующую организацию работы: „Работы вручную должны вестись бригадами. Специализация отдельных рабочих внутри бригады повышает качество работы и производительность труда. Так, при сооружении террас ферганского типа (Шахимарданский район) бригада в составе 10 человек, работавшая продолжительный срок, подняла производительность труда при высоком качестве работ почти вдвое. Внутри бригады были: один разметчик, ведущий террасу, затем два-три человека, снимавшие верхний слой, дальше двое рабочих, кирками или кетменями разрыхляющие почву, двое-трое доводящие профиль до расчетного. За бригадой обычно шел бригадир; на его обязанности лежала окончательная шлифовка террасы".

[1] Горно-мелиоративные работы в Узбекской ССР, 1937 г.

Сечение канавы проверяют шаблоном; насыпаемый вал послойно трамбуется, камни выбрасываются. Растительный слой почвы с полосы канавы нужно помещать на поверхность насыпанного вала; этот слой плодороден и больше противостоит смыву, чем глубинные слои почвы.

Механизированное прорытие террасных канав по склонам гор пока широко не применяется. В опытах пользовались оборотным плугом с конной и воловьей тягой. После 3—4-кратной проходки оборотным плугом, разрыхлявшим поверхность, канава и вал доделывались вручную.

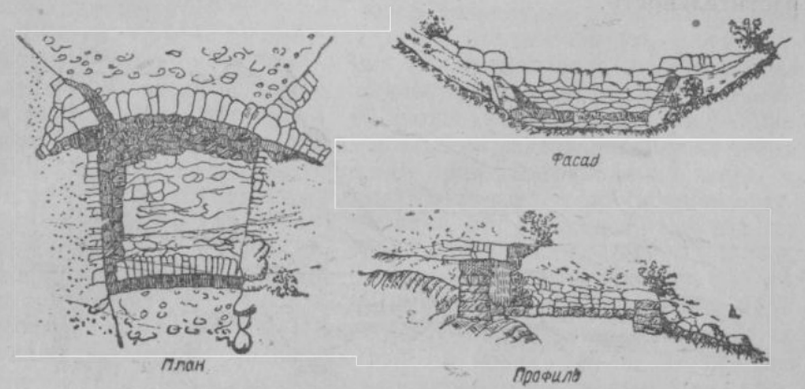


Рис. 213. Запруда из местного камня

Склоны ущелья могут быть статически устойчивы, если: 1) уровень дна ущелья будет постоянен, 2) основания склонов не будут подвержены боковому подмыву и 3) самые склоны террасированы.

По указанию Крейтера[1], частая ошибка в работах заключается в том, что устраиваются сразу солидные сооружения с большими затратами, требующие в дальнейшем расходов на ремонт; эти сооружения все же не могут иногда оказывать противодействия разрушающей силе воды.

Предохранение дна горного ущелья от дальнейшего углубления, а также предупреждение сдвига накапливающихся продуктов выветривания достигается устройством невысоких запруд из местного камня в форме обращенного вверх по течению свода (рис. 213). Камни укладывают сводом, не связывая их раствором („насухо"); лишь верхний слой камней рекомендуется скреплять раствором. Основание запруды очищается от наносов до скального грунта; высота запруды 1 м. Каменная запруда создает уступ; падающая с уступа вода попадает на водяной

[1] Kreuter, Der Flussbau.

тюфяк, создаваемый второй низкой стенкой из камней, влекущая сила воды этим погашается.

При более широком дне устойчивость каменной запруды усиливается подкосами из каменной же кладки. Каменные запруды устраиваются обычно в узком месте ущелья, на скалистых берегах долины, скалистом дне или если дно покрыто щебнем среднего размера.

По мере отложения перед запрудой наносов высоту запруды рекомендуется постепенно увеличивать.

По верхним бьефам запруд рекомендуется посадка древесной растительности.

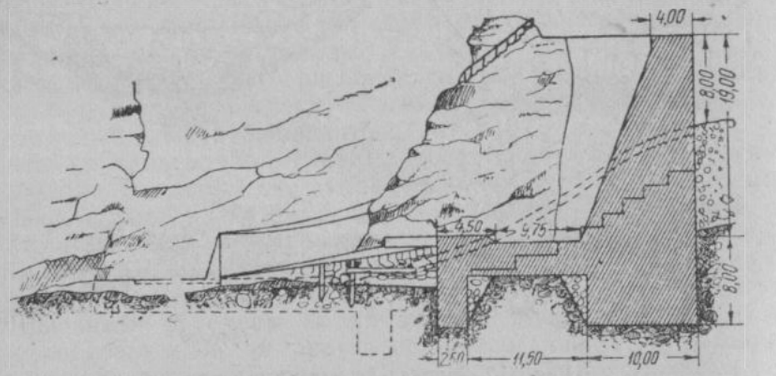


Рис. 214. Плотина в горном ущелье

При больших расходах воды, влекущей ил, щебень и камни в ущелье ручья, для предупреждения выносов в долину реки рекомендуется устройство более прочных и высоких плотин из плотной цементированной кладки (рис. 214), заглубленной в каменное дно ущелья. Такие плотины должны рассчитываться на сдвиг и опрокидывание.

Подмыв текущей водой основания склона ущелья предупреждается устройством защитных дамб вдоль основания склона и отражательных дамб-полузапруд под углом к линии склона; в обоих случаях кладка камней производится „насухо".

Подтачивание скалистого основания крутого склона производится не собственно водой, а движимыми водой песком и щебнем, которые перетирают камень. Поэтому для защиты склонов от подтачивания достаточно укладывать крупные камни вдоль основания склона и очищать воду от влекомых наносов.

Для защиты города от селевых потоков необходимы следующие устройства и мероприятия:

1) каменные валики и плетни на склонах для предупреждения снеговых лавин;

2) террасирование горных склонов горизонтальными канавами;
3) облесение траншейных (канавных) террас;
4) нагорные канавы со спуском воды из них в долины по укрепленным лоткам;
5) запруды и перепады для закрепления дна ручьев;
6) продольные насыпки камня у подножья крутых склонов;
7) обвалование русла реки в пределах города;
8) посев трав на осыпях;
9) сплошное облесение покатых склонов.

Первая крупная работа по террасированию склонов долины была проведена в бассейне р. Аман-Кутан, в 40 км от Самарканда. Здесь в 1880 г. начато было разведение леса сплошными площадями. С 1882 г. лесоразведение стали сочетать с террасированием склонов; в 1897 — 1898 гг. произведена посадка леса защитными полосами. Вся площадь посадок на защитных полосах в Аман-Кутане равна 865 га и охватывает территорию облесения в 1 385 га. Основными породами здесь являются белая акация, айлант, гледичия, грецкий орех, американский ясень.

Второй производственный опыт произведен по склонам бассейна р. Ак-Таш, в 70 км к востоку от Ташкента. Работы по террасированию бассейна р. Ак-Таш начаты были в 1898 г. К 1909 г. засажены 680 га, охватившие облесением территорию 1 090 га, что составляет 46% от площади бассейна Ак-Таша (рис. 215). Посадка производилась весной одно- двухлетними сеянцами на внутреннем откосе вала вынутой из канав земли. Посажены были грецкий орех и американский ясень как главные культуры; затем американский клен, белая акация, дуб черный и белый, карагач, вяз, миндаль, фисташка. Расстояние между деревцами — 0,7 м; высота культур над уровнем моря — 1 000—1 600 м.

Ф. К. Кочерга указывает, что культуры дали более 75% отпада. Несмотря на такой отпад, к 1939 г. долины ручьев и логов были заняты хорошим древостоем, дающим тень; большие же редины образовались на гребнях между логами последнего порядка. Белая акация образовала густые заросли в логах, удержалась на склонах и в разреженном состоянии — на гребнях; возобновление акации идет хорошо.

Американский ясень (38 лет) давал за первые 10 лет широкие годичные отложения, затем прирост его затухает. Дубы дали равномерный прирост по диаметру, развились на террасах хорошо. Белый тополь поражен гнилью, пирамидальный тополь в долине развивался очень хорошо и в возрасте 30 лет достиг в высоту 30 м. Террасовые канавы сильно заилены, но все же четко видны и сохраняют значение задерживателей поверхностного стока. Рубок леса не ведется.

На месте бывшей голой поверхности склонов Ак-Таша ныне среди разнородной древесной растительности устроен большой санаторий.

Облесительные работы по бассейну Ак-Таша были вызваны тем, что ручей Ак-Таш, выходя в долину Чирчика, заносил выносами крупный оросительный канал Искандер и канал Ханым.

В Кавказских горах с 1922 г. в окрестностях Тбилиси терраси-ровано и облесено 327 га горных склонов с посевом дуба, ясеня и др. В 1897 г. такие же работы производились на Кавказе по



Рис. 215. Терраса в бассейне р. Ак-таш

потоку Инджен-Су в Абас-Туманской даче и др. Еще ранее облесены горные склоны в районе Феодосии (Крым).

В Закавказье развертывается террасирование склонов для культур лимонов, мандаринов, чая и др. В 1935 г. организована опытная площадь в совхозе Мухаэстит, в районе г. Кобулеты Грузинской ССР.

Глава 19

СНЕЖНЫЕ ЛАВИНЫ

Накопляющийся на вершинах и склонах гор снег теряет равновесие и большими массами низвергается в виде снежной лавины. Борьба со снежными лавинами в Альпийских горах ведется издавна; там приходится защищать от лавин железные

дороги и селения. В СССР борьба со снежными обвалами ведется по горным дорогам Кавказа и в Хибинских горах. Изучение образования лавин и мер борьбы с ними планомерно начато в СССР в связи с проникновением промышленности и культуры во вновь осваиваемые горные районы. С 1936 г. начала работать горнолавинная станция на горе Юкспор — главнейшем очаге лавинообразования в Хибинских горах — на высоте 920 м над уровнем моря.

Структура выпавшего на поверхность земли снега изменяется. Свежевыпавший снег имеет звездчато-кристаллическую структуру, плотность его 0,10—0,15. Затем кристаллическая форма снежинок теряется, снег оседает до плотности 0,2—0,3; происходит это под действием ветра и веса снега.

Под влиянием дневных солнечных лучей в морозный день поверхность снега оттаивает, но образовавшаяся вода здесь же у поверхности замерзает, образуется корка — наст. Талая вода, просачиваясь в глубь снега и замерзая там, связывает снег в зерна; образуется фирновый снег зернистой структуры. В зонах вечного снега фирновый снег переходит в белый фирновый лед (плотность 0,85), а затем в глетчерный лед голубого цвета плотностью 0,88—0,91.

Выпадающий в горах снег под действием ветра и под влиянием рельефа перемещается, образуя скопления на подветренных склонах (сторона наветренная — на которую дует ветер; подветренная — защищенная от ветра). Типовым местным скоплением является снежный карниз (рис. 216). Из зоны вечных снегов накопляющийся снег, обратившийся в глетчерный лед, спускается по горным долинам в виде ледников.

Наряду с этим происходит и образование снежных обвалов лавин.

Если на поверхности старого наста на склоне в 30° и круче накапливается в морозное время рыхлый снег, то при обвале отдельного снежного карниза под действием ветра, при сотрясении воздуха звуком скопившийся на горных склонах рыхлый сухой снег приходит в движение — образуется сухая лавина. При движении сухой лавины получаются облака снеговой пыли, образуются воздушные вихри разрушительной силы. Действием ветра впереди и по сторонам движущейся лавины вырываются деревья, сносятся здания; бывали даже случаи разрушений зданий. При изменении по местным причинам направления движения лавины созданный ею воздушный вихрь сохраняет свое первоначальное направление и приносит разрушения далеко в стороне от пути продвижения лавины.

Имеется и другой тип лавины — мокрая. При весеннем таянии снег насыщается водой, становится связным. Связь же между снегом и поверхностью горного склона ослабевает; мокрый снег отрывается всей своей толщей, приходит в движение и скатывается, увеличиваясь по пути в объеме. На месте прохода мокрой

лавины остается обнаженный склон горы. Мокрая лавина действует непосредственным ударом, ветровых вихрей при ней не образуется.

Образование снежных лавин особенно отмечается в Хибинских горах (в районе г. Кировска). Систематическая регистрация здесь

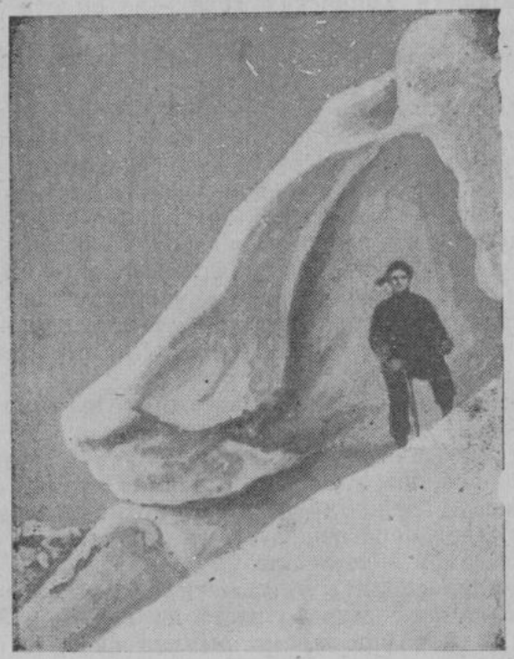


Рис. 216. Снежный карниз

лавин началась в 1933 г.; подавляющее число их относится к типу сухих.

Наибольшие снежные лавины в Хибинских горах зарегистрированы в следующие даты.

5 декабря 1935 г. с горы Юкспор сошли обвалы молодого снега; обрушился обвал на железнодорожное полотно, по которому в тот момент проходил груженный рудой поезд, сбил с пути паровоз серии „ЭМ", прошел вниз по склону еще 150 м, сломав на пути несколько крупных деревьев, разрушил одноэтажный жилой дом в поселке Кукисвомчорр и завалил снегом нижние части двух соседних домов[1].

[1] Снег и снежные обвалы в Хибинах, под редакцией Тихомирова, 1938 г.

Большой обвал с горы Айкуайвентчорр был 22 декабря 1936 г., затем 6 апреля 1937 г. Наиболее катастрофичным был обвал 16 февраля 1938 г. с горы Кукисвумчорр, на апатитовом руднике в Кировске, сопровождавшийся человеческими жертвами.

Для предупреждения образования снежных лавин рекомендуются следующие меры.

1. Разведение древесной растительности. Для условий Альп[1] оказываются пригодными сосна (Pinus montana, P. excelsa), лиственница (Larix europaea). Деревья высаживаются группами — по четыре дерева, каждое в отдельной лунке; каждая группа — на расстоянии 3 м по стороне треугольника (рис. 217).

Горная сосна (P. montana) не оказывает почти никакого сопротивления движению образовавшейся лавины, но эта порода,

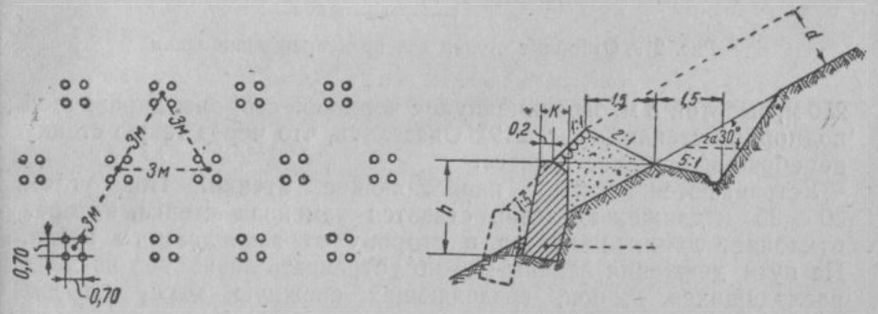


Рис. 217. Расположение древесных посадок для предупреждения лавин

Рис. 218. Каменные стенки для предупреждения лавин

распространяясь наиболее высоко в горах, препятствует образованию лавин. Высоко в горы идет также кедр (P. cembra), главная дровяная порода Альп.

Лиственница европейская (L. europaea) и сосна (P. excelsa) пригодны к разведению ниже зоны распространения горной сосны и кедра, по поверхности движения лавин. В 20—30-летнем возрасте они могут заменять искусственные сооружения по склонам гор для задержания лавин. Разведение леса полезно еще тем, что оно уменьшает потоки снеговой и дождевой воды.

2. Забивка рядов свай, задерживающих снег, а также установка заборов, вертикальных или наклоненных к склону. Столбами для закрепления заборов служат железнодорожные рельсы, заделываемые в скальный грунт.

3. Устройство земляных насыпей и выемок на склонах не круче 25 — 30°, аналогично террасированию горных склонов для защиты от образования горных потоков.

[1] Handbuch der Ingenieurwissenschafte, Der Wasserbau, 1921.

4. На склонах круче 30° делаются каменные стенки в сочетании с земляными засыпками (рис. 218). Вертикальное расстояние между стенками делается равным 12 — 18 высотам стенок.

Для защиты от образовавшихся лавин на пути движения их устраивают отбойные стенки, воспринимающие удар лавины и задерживающие снег. Отбойная стенка в поселке Юкспориок (Хибинские горы) расположена в 25 м от верхнего ряда домов поселка. Она представляет собой земляную дамбу длиной

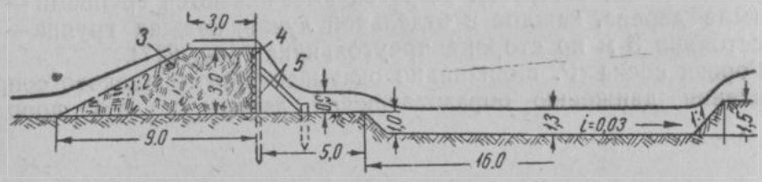


Рис. 219. Отбойные стенки для предупреждения лавин

250 м, высотой 3 м, ограниченную с верховой стороны деревянной подпорной стенкой (рис. 219). Оказалось, что через такую стенку перебрасывается часть снега.

Устраиваются также направляющие стенки. Под углом 30 — 35° к движению лавин ставится каменная стенка, которая отклоняет движение снега в сторону от защищаемого места. На пути движения лавины можно устраивать лавинорез из двух расходящихся стенок, разделяющих снежную массу на два потока.

Кроме того, возможно устройство снегозащитных перекрытий над дорогами. Например, дороги в горах в опасных местах защищаются прочными галлереями, по крышам которых снег скользит над дорогой.

ЛИТЕРАТУРА

Гидрология

Близняк Е. В. Производство исследований рек, озер и водоразделов, 1933.
Зайков и Белинков, Средний многолетний сток рек СССР, „Труды Государственного гидрологического института", 1937.
Зайков Б. Д. Карта среднего многолетнего стока Европы, „Труды Государственного гидрологического института" вып. 6, 1938.
Каминский и Рубинштейн, Климатологический справочник по СССР, изд. Главной геофизической обсерватории, 1932.
„Лесное хозяйство", журнал, статьи Дубаха, Эйтингена, Власова, Давыдова и др.
Огиевский А. В., Гидрология суши, 1936.
Павловский Н. Н., Гидравлический справочник.
Поляков Б. В., Методика исследований речных наносов и перекатов, 1940.
Руководство метеорологическим станциям 2 разряда, Главное управление гидрометеорологической службы, 1940.

Смарагдов Д. Г. (редактор), Водный режим в лесах, Главлесоохрана, 1930.
Соколовский Д. Л., Нормы максимального стока весенних паводков рек, 1937.
Справочник по мелиорации и гидротехнике, Сельхозгиз, 1934.
Чеботарев Н. П., Сток и гидрологические расчеты, 1939.

Осушение, заболачивание

Архипов, Заболачивание и типы лесов Котласского леспромхоза, 1932.
Брудастов А. Д., Осушение болот и регулирование водоприемников 1934.
Выпуски Научно-исследовательского института с.-х. мелиорации за 1928 г., исследования Белобородова, Ефремова, Фомичева.
Дубах и Спарро, Осушение болот открытыми канавами, 1930.
„За торфяную индустрию", журналы за 1939, 1940, 1941 гг. Статьи Резникова, Зудина, Чернухина и др.
Инструкция по нивелированию 3-го, 4-го и 5-го разряда, ГУГСК НКВД, 1937.
„Лесное хозяйство", журнал, статьи Елпатьевского, Левина, Зубец, Эркина и др.
Санько П. М., Уплыу усушеньня на рост листавога лесу на болоце, 1931.
Сукачев В. Н., Руководство к исследованию типов леса, 1930.
Ткаченко, Асосков, Синев, Общее лесоводство, 1940.
Шпетле, Осушение почвы подземным дренажем, 1926.
Эркин Г. Д., Влияние осушения на производительность лесов, 1934.

Пруды, плотины, колодцы

Анисимов, Плотины водоудержательные и напорные.
Дубах А. Д., Материалы по вопросам прудовой техники, 1928.
Кайков М., Бурение на воду и устройство трубчатых колодцев, 1932.
Синельников Н. П., Колодцы шахтные с деревянным креплением, 1924.
Черкасов А. А., Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение, 1939.

Орошение

Арканов, Орошение, 1926.
Кориев В. Г. Подпочвенное орошение, 1935.
Костяков А. Н. „Основы мелиораций" (несколько изданий).
„Лесное хозяйство" за 1939 и 1940 гг., статьи Крючкова, Дрозда и др.
Скорняков Е. Е. Орошение сада и огорода, 1924.
„Труды Узбекской лесокультурной и агролесомелиоративной опытной станции за 1936 и 1938 гг., статьи Караффа-Корбут, Троицкого и др.

Эрозия, овраги, оползни, горные склоны

Абрамов, Глазов, Романов, Трупак, Противооползневые сооружения, 1940.
Борткевич, Укрепление оврагов водосборными валами и канавами, сборник статей по песчано-овражным работам, 1915.
Брилинский, Горные потоки, их природа и меры борьбы с ними, 1936.
Гуссак В. Д. Опытное террасирование в совхозе Мухаэстате, сборник „Борьба с эрозией почв в СССР". 1938.
Керн Э., Овраги, их закрепление и облесение (несколько изданий).
Козменко А. С., Борьба с эрозией в земледельческих районах.
СССР, сборник „Борьба с эрозией почв в СССР". 1938.
Костяев А. (редактор), Сборник статей по песчано-овражным работам.
Кочерга Ф. К., Горномелиоративные работы в Узбекской ССР, 1937.

Панков А. М., Проблема почвенных эрозий в СССР, сборник „Борьба с эрозией почв в СССР", 1938, и другие его работы.
Польковский М. О., Типы укреплений берегов каналов, рек и озер, 1903.

Почвоведение

Раунер С. Ю. Горные леса Туркестана и их значение для водного хозяйства края, 1901.
Розов Н. А., Овраги Украины, 1927.
Сборники по песчано-овражным работам 1913 и 1915 гг. Статьи Аргамакова, Борткевича.
Тихомиров Е. И. (редактор), Снег и снежные обвалы в Хибинах, 1938.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел I. Гидрология

Глава 1. Введение 5
Сущность гидротехнических мелиораций 6
Значение и свойства воды в природе и жизни человека 7

Глава 2. Элементы гидравлики 10
Физические свойства воды 10
Статика 10
Движение воды (гидродинамика) 14

Глава 3. Основные сведения по гидрологии и гидрометрии 36
Круговорот воды в природе 36
Реки, их гидрологический и русловой режим 42
Исследование влияния лесной растительности на сток 58

Глава 4. Общие гидромелиоративные исследования 74

Раздел II. Осушение лесных земель

Глава 5. Объекты осушения, специальные исследования и изыскания . . 79
Объекты осушения и их генезис 79
Специальные исследования и изыскания для осушения лесных земель 93

Глава 6. Проектирование осушения 126
Содержание проектирования 126
Проектирование осушительной системы каналов 127
Проектирование регулирования водоприемников 172
Вычисление объема земляных работ 188
Составление сметы на работы 189
Пояснительная записка к проекту 191

Глава 7. Производство земляных работ 192
Подготовка и разметка работ 192
Работы вручную 193
Работы при помощи механизмов 201
Ремонт осушительных систем 205

Глава 8. Влияние осушения на рост леса 217
История и методы изучения результатов осушения 217
Предосторожности, необходимые при осушении 229
Глава 9. Подземный дренаж 231
Возникновение дренажа и его сущность 231
Виды дренажа 233
Гончарные трубы 233
Цементные дренажные трубы 235
Дощатые трубы, фашинный и жердевой дренажи 235
Каменный дренаж 237
Желобковые деревянные трубы 237
Кротовый дренаж 237
Размерные элементы дренажа 239
Глава 10. Особые способы осушения 242

Раздел III. Обводнение

Глава 11. Пруды и прудовые плотины 246
Копаные пруды 246
Плотинные пруды 249
Выбор места под пруд и плотину, и изыскания 252
Устройство земляных плотин 256
Водопропускные устройства 262
Вспомогательные работы при устройстве пруда 267
Расчет водопропускных отверстий в плотине 269
Проект устройства плотины 270
Условия надежности земляной плотины 273
Деревянные плотины 274
Каменные плотины 275
Принципы расчета тела плотины 276
Глава 12. Колодцы 277
Залегание воды в грунтах и ее качество 277
Шахтные колодцы 280
Срубовые колодцы 280
Бетонные колодцы 282
Буровые колодцы 286
Каптаж грунтовых вод 292
Кяризы 293
Снежники 294
Таран 295

Раздел IV. Орошение

Глава 13. Общая часть 297
Общие положения 297
Источники воды для орошения 298
Реки 298
Искусственные водохранилища 299
Грунтовые воды 300
Подача воды на орошаемую площадь 300
Подача воды самотеком 300
Механический подъем воды 302

Распределение воды по орошаемой территории 303
Водоприводящий канал 303
Распределительные каналы 306
Водосборная сеть 307
Способы орошения 307
Орошение затоплением 307
Лиманное орошение 308
Орошение напуском 309
Орошение по бороздам 311
Орошение инфильтрацией 312
Орошение дождеванием 312
Поливы 314
Глава 14. Способы орошения и нормы полива земель различного назначения 315
Орошение посевов в лесных питомниках 315
Орошение посадок в лесных питомниках (школы) 321
Орошение парков 322
Орошение плодовых садов 324
Общие правила полива 329
Засоление почвы при орошении 330

Раздел V. Борьба с разрушающей деятельностью воды

Глава 15. Поверхностная эрозия 333
Глава 16. Овраги и деформации берегов 338
Образование оврагов и их развитие 338
Изыскания на оврагах 340
Способы борьбы с оврагами 341
Глава 17. Деформации берегов рек и склонов 346
Глава 18. Горные селевые потоки 353
Глава 19. Снежные лавины 366

Ответственный редактор А. Э. Матиссен
Технический редактор Л. К. Кудрявцева

Л-60685 Сдано в производство 10/VII, 1944 г. Подписано к печ. 15/V, 1945 г. Бум. 60×92¹/₁₆
Печ. л. 23¹/₂. Изд. л. 27,5 Знак. в печ. л. 43420 Тираж 5000 Цена 26 руб. 50 к.
Москва, Гослестехиздат. Зак. № 4252

Типография № 2 Управления издательств и полиграфии Ленгорисполкома

Опечатки к книге „Гидротехнические мелиорации л

Стр.	Строка	Напечатано	
34	16 снизу	$\frac{v^2}{2g}$ — гидравлический напор	$\frac{v_1^2}{2g}$ — ги
		$\frac{v^2}{2g} = h$	$\frac{v_1^2}{2g} = h$
41	18 сверху	0,3	
136	12 сверху (в формуле)	$\frac{1}{n} \cdot 0{,}67 \cdot I^{0,5}$	$\frac{1}{n} \cdot h^0$
268	14 сверху	Компактное	К