

421.6
Д. 72 с. л.
11053

А. Д. ДУБАХ

**ОСУШЕНИЕ
ЛЕСНЫХ
ЗЕМЕЛЬ**

1984

ГОРЬКО-САХАРИСТ

6
790л.

59.3 МПТО
29/III

Р К О М Л Е С С О Ю З А С С С Р

А. Д. ДУБАХ

ПРОФ. ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ АКАДЕМИИ

ОСУШЕНИЕ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

ОСНОВАМИ ГИДРОТЕХНИКИ

С 173 РИСУНКАМИ В ТЕКСТЕ

*Допущено Редсоветом Наркомлеса
СССР в качестве учебника для
Лесотехнических ВТУЗ-ов*

Белорусской

Отд. 631.6.

Шифр Д.790 л.

Книг. № 11059

„ТЕХНИКА“

1257

КОГИЗ'а

1403.12

Переплет и форзац работы
художн. С. К. Пучкова

Отв. ред. А. Ф. Никифоров
Техред. А. Н. Пюлькьянен

ЛОГЛТИ № 0,60. Индекс Л—1—1. Стр. 360, рис. 173.
Сдано в набор 23/IV—34 г. Подписано к печати 27/VI—34 г.
Тираж 5.200 экз. Бумага № 2 Красногородской ф-ки II кв. 1934 г.
Формат 62×94 1/16. Объем: бум. л. 11 1/4, печ. л. 22 1/2, авт. л. 23,5
Ленгорлит № 11228. Тип. знаков на 1 бум. л. 82.880 Заказ № 1940.

2-я тип. Изд-ва Леноблисполкома и Совета. Ленинград, ул. 3-го Июля, 55

§ 1. СОДЕРЖАНИЕ ВОДНОЙ МЕЛИОРАЦИИ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ

Под земельной мелиорацией следует разуметь такие воздействия человека на землю, которые на продолжительное время и коренным образом изменяют к лучшему условия эксплуатации данной земельной площади, повышая ее производительность.

Среди лесоводов издавна имеет признание специальность лесных мелиораций, под которой при узком понимании понимаются работы по укреплению песков и оврагов посредством разведения на них леса. Расширяя понятие лесной мелиорации, включают сюда работы по укреплению посадкой леса горных склонов, по разведению ветрозащитных лесных полос в степях и, наконец, работы по посадкам снегозащитной древесной растительности вдоль железных дорог. Все эти работы характеризуются посадкой специальной для разной цели древесной растительности с последующим уходом за этими посадками. Раз произведенное облесение сыпучего песка или действующего оврага коренным образом и надолго, а иногда и навсегда, изменяет условия пользования не только данным земельным участком, но и прилегающими землями; поэтому этот тип работ вполне подходит под понятие земельной мелиорации, разумеющей коренное улучшение условия эксплуатации земельной площади. Приемы этой мелиорации — чисто лесоводственные, это есть мелиорация с помощью культуры леса, и потому занимаются ею исключительно лесоводы, называя эту дисциплину курсом лесных мелиораций.

Но параллельно с этой мелиорацией земель существует вторая ветвь мелиорации в лесном деле, именно мелиорация лесных земель помощью осушения или орошения их, т. е. помощью технических работ по отводу избытка влаги или по пополнению недостатка влаги с площадей, занятых лесом или предназначенных под лес. Следовательно, несмотря на однозвучную терминологию, „Лесная

мелиорация, и „Мелиорация лесных земель“—две специальности существенно различные: первая—мелиорация лесом, т. е. укрепление песков, оврагов, склонов лесными посадками, вторая—мелиорация лесной площади, в условиях СССР преимущественно осушение ее.

Мелиорация лесных земель, т. е. осушение и орошение, требует сочетания лесных и инженерных знаний; лесные знания необходимы потому, что мелиорация производится для улучшения роста леса; требования леса к воде и к почве и вся жизнь леса определяют задачи мелиорации лесной площади. Инженерные знания необходимы потому, что отвод воды с лесных земель в наших топографических условиях требует и некоторых гидравлических расчетов, иногда улучшения стока по рекам, т. е. требует регулирования рек. Реки, протекающие по лесным землям, должны регулироваться не только для целей водоотвода, но и для улучшения по ним условий сплава леса; последняя цель, именно улучшение условий сплава, в настоящее время имеет даже резко первенствующую роль.

Мелиорация лесных земель, состоящая преимущественно в осушении лесных земель с регулированием рек-водоприемников, требуя значительных средств для своего осуществления, развивается сравнительно медленным темпом; более быстрым темпом идет мелиорация рек, как путей лишь сплава леса; меньшие затраты на 1 км протяжения и значительная их народнохозяйственная эффективность содействуют развитию работ по улучшению лесосплавных путей, так как улучшение или создание пути сплава немедленно открывает сбыт древесины с таких площадей, с которых ранее сбыт был невозможен или экономически крайне затруднен.

§ 2. ОБЪЕКТЫ ОСУШЕНИЯ И ИХ ГЕНЕЗИС

Площади, занятые лесом, чрезвычайно разнородны по содержанию влаги в них, начиная от болот, почвы которых характеризуются насыщением влагой сверх полной влагоемкости, и кончая сухими борными песками. В этих широких пределах мелиоратора-осушителя должны интересоваться болота, заболоченные леса и влажные лесные площади, краткая характеристика которых дается ниже. По принятому в 1933 г. для целей проводимого в СССР кадастра вод определению под болотом в зонах избыточного увлажнения следует считать площадь земной поверхности, характеризующуюся постоянным или периодическим весьма продолжительным избыточным содержанием влаги сверх полной влагоемкости

почвы-грунта, следствием чего является преобладание водолюбивой растительности, ослабление распада органических остатков и накопление их в виде торфа.

Процесс торфообразования и накопления торфа в высоту, продолжаясь в течение столетий и тысячелетий, проходит ряд стадий, которые в связи с местными условиями дают болоту определенный тип.

Образование болот происходит по двум основным схемам—образование на водоемах и образование на суходолах.

Схема образования болот на водоемах

На первоначально минеральное дно всякого озера или вообще водоема, образовавшегося после таяния ледника, происходило оседание минеральных и органических частиц

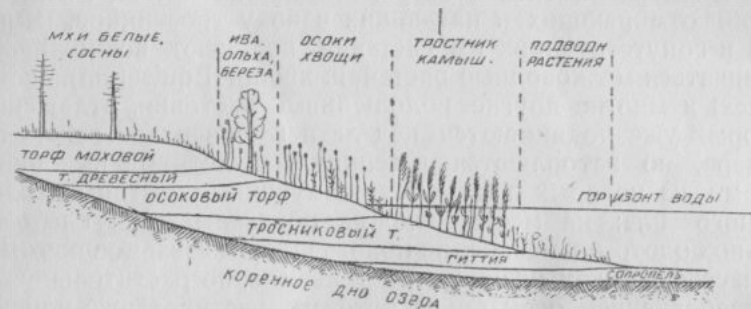


Рис. 1.

грунта, смытого с водосборной площади озера впадающими в него ручьями, или непосредственно отмываемого волнами от берегов озера; кроме того из стекающих в озеро вод происходит в некоторых случаях осаждение веществ, приносимых в растворе, преимущественно углекислого кальция—извести. Эти минеральные наносы и осадки, вместе с остатками микроскопических растений и животных (планктона), а также с выделениями и с остатками водных животных, образуют первый слой отложений на дне водоема—плотный минеральный, обычно мергелистый слой серого цвета.

В это же время со дна озера до некоторой определенной глубины (рис. 1) развиваются водные растения, показывающиеся на поверхности воды лишь во время цветения: подводные рдесты, водоперица, роголистник и др. Ежегодные остатки этих растений, неразлагающиеся в воде за недостатком кислорода, вместе с минеральными наносами, с отбро-

сами и трупами водных животных, образуют второй горизонт отложений—минерально-органический, так называемый печеночный торф (гиттия, мудда). С мелких берегов водоема надвигаются на середину высокие камыши (*Scirpus lacustris*) и тростники (*Phragmites communis*), а впереди них еще плавают: желтая кувшинка (*Nuphar luteum*) и белая лилия (*Nymphaea alba*).

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

По мере обмеления озера, вследствие ежегодных отложений отмирающих и падающих в воду тростников, камышей и сопутствующих им растений, получают возможность развиваться мелководные растения: хвощи (*Equisetum*), осоки (*Carex*) и многие другие водолубивые растения, отложения которых уже поднимаются над летней поверхностью воды в озере, но затопляются весенними и летними высокими водами, из которых выделяются взмученные частицы плодородного ила; на месте водоема образовывается следовательно болото низменное, по положению, называемое поэтому в классификациях низинным, и травяное, по растительности, с преобладанием осок, среди которых растут также манник водный (*Glyceria*), канареечник (*Phalaris*), вейник (*Calamagrostis*), хвощ (*Equisetum*) и многие другие. Кроме того образуется моховой покров из гипновых мхов (*Calliergon*, *Drepanocladus*) (рис. 2).

Продолжающиеся отложения травяной флоры поднимают поверхность торфяных отложений все выше и выше, она перестает затопляться весенней водою, следовательно на нее меньше оседает минеральной, удобряющей мути; поэтому осоки, требующие для построения своего тела много минеральных солей, начинают страдать; хорошие условия создаются для кустарников и древесной растительности; появляются кусты ивы (*Salix*) и ольхи (*Alnus*), при чем ольха достигает на таких болотах большого роста. В дальнейшем ива постепенно вымирает, уступая место черной ольхе, которая в свою очередь, по мере поднятия поверхности болота и обеднения его поэтому 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, чем первоначальные виды), вахта и многие другие травы.

Ежегодный прирост древесных пород на болоте невелик, и корни их, вследствие высокого стояния почвенной воды, стелются близ поверхности торфа, но все же при умеренной влажности могут развиваться и большие деревья; из перечисленных пород только ольха дает нормальную древесину. Береза же на болоте подвержена сердцевинной гнили и суховершинности, сосна принимает посте-



Рис. 2. Заболоченная речная пойма.

пенно 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, чем снова создаются условия благоприятные для роста растений, требующих большого количества воды.

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

Многочисленные виды сфагновых мхов обладают особыми полостями для задержания в себе запасов воды; вода хорошо удерживается также между тесно прилегающими друг

к другу стеблями мхов; поэтому мох переносит долгие периоды засухи, и процесс нарастания болота в высоту идет в этой стадии быстро. На ряду со сфагновыми мхами, появляются: болотная шейхцерия (*Scheuchzeria palustris*), образующая вместе с пушицей (*Eriophorum vaginatum*) иногда самостоятельные слои торфа, вахта трилистная (*Menyanthes trifoliata*), росянка (*Drosera rotundifolia*), клюква (*Oxycoccus palustris*), подбел (*Andromeda polyfolia*), багун (*Cassandra calyculata*), багульник (*Ledum palustre*), вереск (*Calluna vulgaris*), черника (*Vaccinium Myrtillus*), очеретник (*Rynchospora alba*), на севере — морошка (*Rubus chamaemorus*).

Отмеченное насекомоядное растение, росянка, интересно в том отношении, 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, а в следующем году на поверхности этого мха образуется новая розетка листьев. Таким образом расстояние между розетками равняется годовичному нарастанию мохового ковра.

Сфагнум покрывает в виде сплошного, пропитанного водою покрова пространства между соснами и березами и растет по ним, прекращая доступ воздуха к корням, отчего древесные стволы отмирают; продолжающееся нарастание мха и образование торфа поднимает поверхность мохового болота 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, захватывая обширные пространства и поднимаясь на склоны.

С увеличением площади сфагнового болота, первоначально ровная, несколько выпуклая к середине поверхность его претерпевает дифференциацию, расчленение, вызываемую влиянием и деятельностью избытка атмосферных осадков, ищущих стока с болота. В климатических условиях северной территории СССР выпадающая атмосферная влага больше, чем ее испарение с мохового болота, вследствие чего излишек воды ищет выхода с болота, образуя постепенно в поверхностных слоях торфа русла вторичных рек, дно и берега которых образованы торфом. Впоследствии дренирующее действие образовавшегося вторичного русла может оказаться столь заметным, что торф по берегам его уплотняется и на нем появляется вновь сосна удовлетворительного первоначально роста.

Таким образом на месте первоначального водоема образуются в течение неопределенно долгого времени сначала травяное болото, затем лесное и, наконец, моховое сфагновое болото (рис. 3).

Зарастание водоема может происходить не только со дна его, как изложено на предыдущих страницах, но иногда и нарастанием плавающего растительного ковра от крутых берегов глубокого водоема в защищен-



Рис. 3. Сфагновое болото с погибшей сосной.

ных от ветра местах; этот ковер образуется из сплетений: трифоли (*Menyanthes*), сабельника (*Soma gum*), 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 своих частях действием волн. Но затем он утолщается настолько, что образует, хотя и качающийся под ногами, но уже прочный ковер, по которому можно ходить; под этим ковром долгое время остается вода, а затем очень жидкий торф, хотя вся поверхность бывшего водоема может быть уже сплошь покрытой зеленым ковром; в некоторых местах могут оставаться слабо заросшие или совсем открытые „окна“. Осушение такого болота влечет за собою сильнейшую осадку его.

Образование болот на суходоле.

Значительные площади болот образовались не на местах бывших водоемов, а непосредственно на минеральном грунте; образование болота в этом случае может идти несколькими путями.

1. Заболачивание суходольного луга, вследствие выхода грунтовых вод у подножия склонов. Такое заболачивание идет обычно не широкой полосой и характерными растениями этого процесса являются: хвощ болотный (*Equisetum palustre*), осоки (*Carex filiformis*, *C. limosa*, *C. vesicaria*, *C. rostrata*), пушицы; из деревьев здесь встречаются кусты черной ольхи и березы.

В начале этой стадии мхи имеют слабое распространение; постепенное утолщение торфяного слоя вызывает обеднение растительности; заменяются постепенно мхами (*Sphagnum recurvum*) и шейхцерией (*Scheuchzeria palustris*). Далее процесс идет в описанном уже порядке развития моховых болот.

2. Заболачивание проявляется 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* и *Aira*), образующие плотную дернину, которая является препятствием для возобновления древесной растительности и способствует застаиванию влаги. На ряду 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.

3. Заболачивание луга может начаться по поверхности его, вследствие поднятия уровня воды в реке, после устройства плотины. В этом случае может произойти затопление луга с поверхности его или лишь поднятие уровня грунтовой воды в нем. В этих случаях 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.

4. 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 потому вызывает скопления ее у поверхности. Вечная мерзлота

и глина задерживают всю воду, а высокая температура вегетационного периода и влажный летний климат создают колоссальную травяную растительность, очень содействующую заболачиванию. Трава дает массу мертвого покрова, который задерживает оттаивание земли все лето, препятствует испарению и механически задерживает сток воды. Все это в результате дает торфяные скопления и образует кочки, высотой в 1 м, покрывающие пологие склоны и долины; такие кочкарники в Амурском крае носят название „мари“.

5. Наконец, имеется теория-схема образования болот акад. Вильямса, как естественный ход жизни всякого луга в зоне избыточного увлажнения, сущность которой в следующем: в северной половине СССР пожнивные остатки и корни луговых растений на минеральной почве, вследствие краткости 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 на глубине своего развития органический прослой, насыщающийся вследствие своей гигроскопичности влагой, задерживающий проникновение воздуха в глубь почвы и побуждающий разветвления корневищ подниматься все ближе к поверхности луга.

Вследствие этого органический прослой в почве становится все большей и большей толщины; обладая большой влагоемкостью и гигроскопичностью, он насыщается водой, затрудняя этим еще более аэрацию почвы. Результатом этого и является заболачивание первоначально минерального грунта луга, накопление в нем органического вещества, насыщающегося водою, и переход в болото.

§ 3. РОСТ БОЛОТ

Обычная глубина торфа на исследуемых болотах РСФСР, Украины и Белоруссии находится в пределах — 1—2 м; нередко глубины в 4 м, глубина в 8 м — уже очень большая глубина, встречающаяся у нас редко; наибольшая опубликованная глубина торфа у нас 10 м в Оршинской лесной даче Тверского округа. Наибольшая известная глубина торфа 24,6 м определена на моховом болоте в Пентлаке, недалеко от Норденбурга в Восточной Пруссии.

Нарастание моховых болот за последние несколько десятков лет определяется довольно точно по растущим на болоте соснам. Появляющаяся на моховом болоте молодая сосенка располагает свою корневую шейку близ поверхности мха; из года в год сосенка и моховой покров растут вверх,

Еще большее значение имеет разрастание сфагнового болота по периферии, влекущее за собой заболачивание новых земель. Ход разрастания болота в стороны можно определить по годичным отложениям древесины застигнутых болотом сосен; с момента окружения ствола взрослой сосны мхом прирост древесины уменьшается, что резко видно на срезах; подсчитав число n угнетенных слоев и разделив на них расстояние l сосны от нынешнего края болота получим среднее распространение болота вширь (рис. 5).

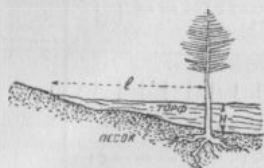


Рис. 5.

§ 4. ЗАБОЛОЧЕННЫЕ ЛЕСА

Сфагновый покров в лесу среди крупных деревьев, среди брусники, осоки, черники настолько распространен в районе северо-запада и севера, что признается здесь обычным ковром. Появившись сфагнум разрастается столь упорно, что даже частой сетью канав с трудом возможно остановить его развитие. Наблюдение как первых стадий заболачивания, так и строения уже развитых болот ясно говорит, что заболачивание лесов происходит часто вне связи с прилегающими болотами.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 (*Polytrichum commune*); появляясь в низинах он покрывает поверхность густым ярко-зеленым 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

Необходимым условием заболачивания леса является водонепроницаемость почвы и подпочвы.

Объяснение процесса заболачивания лесов дается В. Н. Сукачевым³ следующими выдержками:

„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

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

² Ануфриев, Г. И. Заболачивание северных лесов. 1923.

³ Сукачев, В. Н. Болота, их образование, развитие и свойства. 1926

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 большая часть влаги, впитанной мхами и торфом, не потребляется корнями древесных пород и поэтому не уносится из почвы“.

Еловые, сосновые или сосново-еловые леса чаще всего таким способом и заболачиваются, при чем может случиться, что прямо сфагнум поселяется на почве без стадии кукушкина льна. По крайней мере можно видеть в природе, как в сосновом или в еловом лесу начинает среди *Hurpium Schreberi* и *Hylocomium splendens* поселяться сфагнум и вытеснять постепенно их вовсе. Подобные случаи можно видеть хотя бы в пределах б. Охтенского лесничества под Ленинградом. Там во многих местах в сосновом или сосново-еловом лесу, где уже в значительной степени развит сфагновый ковер, делая разрез почвы, видим, что под слоем живого мха, в 7—10 см мощностью, следует торф, мощностью до 10—20 см; сверху торф еще мало разложился и стебли сфагнума хорошо сохранились, ниже торф темно-серого, коричневого цвета, уже значительно разложившийся. Далее непосредственно следует темно-серый гумусовый горизонт до 30 см мощностью, переходящий в подзолистый или глеево-подзолистый слой. Исследование разложившегося торфа, лежавшего на гумусовом горизонте, ясно свидетельствует, что он образован сфагнумом. Таким образом здесь заболачивание началось прямо с развития сфагнума.

При таком заболачивании мы часто видим, что лес, который первоначально состоял из смеси сосны и ели или даже с решительным преобладанием последней, уже при начале сфагнового заболачивания начинает постепенно переходить в чисто сосновый. Ель вскоре принимает очень жалкий вид и исчезает вовсе. Это заболачивание связано с обеднением почвенных вод кислородом. Обеднение кислородом заболачивающихся почв зависит между прочим и от способности накапливающихся торфянистых отложений жадно поглощать кислород. Вначале сосна еще мирится с заболачиванием, но по мере увеличения слоя торфа, ее рост делается хуже и хуже, приближаясь к обычному виду сосны по моховому болоту.

Таким путем сосновый или еловый лес может превратиться в моховое сфагновое болото. В общем можно сказать, что такое заболачивание повидимому чаще встречается в еловом лесу, чем в сосновом.

Причина, которая определяет, чем начинается заболачивание, кукушкиным ли льном или сфагнумом, лежит в свойствах почв. Сфагнум растет только при условии почти полного отсутствия извести в воде. Поэтому понятно, что в лесу прямо на минеральном грунте только тогда поселится сфагнум, когда почва в достаточной степени выщелочена. В противном случае сначала разовьется кукушкин лен, который отложит слой торфа, на котором затем уже может селиться сфагнум, будучи отделен от почвы этим слоем торфа.

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

Насколько часто заболачивание в СССР леса является следствием ортштейнообразования, имеется очень мало данных. 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. Так, 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».

Биологическая ценность местообитания леса, имеющая следствием однородность биологических свойств древостоев и травяного покрова в них и зависящая от рельефа, климата, почвы, грунта, уровня грунтовой воды, находит выражение в установлении типов древостоев, как функций условий местообитания; и, наоборот, определяя в натуре тип древостоя по установленной классификации, исследователь этим

самым определяет и его аргумент — условия местопроизрастания, почвенные и водные, что дает определенное упрощение в характеристике лесных древостоев по отношению их к мелиорации.

Типы еловых древостоев, нуждающиеся в осушении, характеризуются В. Н. Сукачевым¹ следующими признаками:

Тип: ельник-долгомошник (*Piceetum polytrichosum*) характеризуется первым ярусом из ели с примесью березы. Второй ярус отсутствует, подлесок слабо развит. Рост ели слабый, деревья часто увешаны лишайниками. Характерен мощный сплошной покров из кукушкина льна (*Polytrichum commune*), в котором вязнут ноги; травяной покров беден. Занимает ровные, пониженные положения с избыточно увлажненными суглинистыми и супесчаными сильно оподзоленными почвами. Очень распространен по всему северу.

Тип: ельник сфагновый (*Piceetum Sphagnosum*) характеризуется весьма угнетенным ростом ели, почти не дающей строительного материала. Примесь березы, иногда сосны.

Значительное участие в моховом ковре сфагнума, иногда до полного вытеснения всех остальных мхов; произрастает на очень сырых почвах, часто со значительным торфяным горизонтом. Этот тип представляет собой дальнейшую стадию заболачивания типа ельника-долгомошника.

При дальнейшем заболачивании ель вытесняется сосной. Разновидность — осоково-сфагновый ельник (*Piceetum sagioso-sphagnosum*) — заболоченные ельники с разнообразным травяным покровом, в большей части с преобладанием осок. Занимает низкие положения с кочковатой поверхностью, с ямами между кочками; распространен на севере, называется там согрой.

Разновидность — травяно-сфагновый ельник (*Piceetum sphagnoso-herbosum*) характеризуется плохим ростом ели, подлеском часто из серой ольхи, в травяном покрове — папоротники.

Типы сосновых древостоев, нуждающиеся в осушении, по своим свойствам во многом параллельны еловым и потому могут быть охарактеризованы еще короче.

Сосняк-долгомошник (*Pinetum-polytrichosum*) растет на местах со слабо развитым рельефом, почва заболачивающаяся, покрытая сплошным ковром из кукушкина льна; осушение останавливает заболачивание и улучшает рост существующего древостоя, особенно на песчаной почве.

Сосняк — сфагновый (*Pinetum sphagnosum*) занимает равнинный рельеф или дно котловины; почва сильно заболочена

¹ Сукачев, В. Н. Руководство к исследованию типов лесов. 1930.

и покрыта сплошным ковром из сфагнового мха; под мхом происходит накопление торфа. Рост сосны соответствует обычно четвертому бонитету. Тип очень распространен на севере и северо-западе. После осушения, особенно на песчаной почве, рост сосны резко улучшается и идет по второму бонитету.

Сфагновое болото с сосной (*Sphagnetum-pinosum*). Предшествующий тип — сосняк сфагновый — по мере нарастания мохового покрова переходит в болото с остановившейся в росте сосной, переходит следовательно из категории лесной площади в категорию, именуемую при лесоустроительных работах „неудобной землей“. Характерную растительностью здесь является кроме сфагнома еще клюква (*Oxycoccus palustris*), болиголов (*Ledum palustre*), подбел (*Andromeda polyfolia*), касандра (*Cassandra calyculaba*). Осушение мохового болота не создает из растущих на нем корявых сосен лесного древостоя; древостой образуется лишь из заново поселяющихся через несколько лет после осушения сосенок.

Кроме описанных типов сосновых лесов, в осушении иногда может нуждаться сосняк густотравный (*Pinetum herbosum*), характеризующийся значительной влажностью почвы и вместе с тем богатством ее; вследствие этого этот тип должен быть отзывчив на осушение.

К типам леса, не нуждающимся в осушении, относятся: сосновый бор с лишайниковым покровом (*Pinetum cladoniosum*), растущий на сухих, бедных почвах, бонитет третий и четвертый. Группа типов — сосновый и еловый бор-зелено-мошник (*Pinetum hylacomiosum*), растущий по равнинным и холмистым местам; почвы среднего плодородия и влажности, покров из „блестящих мхов“ (*Hylacomium*, *Pleurozium*, *Dicranum* и др.). Травяной покров обычно не сплошной. Сюда относятся типы: бор-брусничник (*Pinetum* и *Piceetum vaccinosum*) — один из наиболее обычных типов, занимающий более сухие и бедные почвы с травяным покровом из брусники; бор-кисличник (*Piceetum oxalidosum*), менее частый тип, богатые почвы; бор-черничник (*Panetum* и *Piceetum myrtillosum*), часто встречающийся тип, занимает более влажные почвы, с малопроточной водой, характеризующий начальную стадию заболачивания; из мхов здесь чаще встречается *Hylacomium*, реже *Pleurozium Schreberi*.

Наконец имеются еще кустарниковые сосновые боры, характеризующиеся богатой почвой, травяной растительностью и имеющие лиственный подлесок и иногда подрост, бонитет — высокий.

Таким образом, объектами осушения являются следующие распространенные основные типы леса: сосняк и ельник — черничники (также голубичники) как древостой в начальной стадии заболачивания.

Сосняк и ельник — долгомошники (*Polytrichosum*).

Сосняк и ельник сфагновые (*Sphagnosum*).

§ 5. ЗАБОЛАЧИВАНИЕ МЕСТ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РУБОК

Начавшееся ныне освоение крупных лесных массивов, внедрение механизации лесозаготовок, проведение рационализированных (конно-лежневые, ледяные) и механизированных (узко-колейки, авто-лежневые) путей транспорта леса требуют проведения лесозаготовки в форме концентрированных рубок.

Такая установка ставит вопрос о том, каким образом обеспечивается возобновление леса на сотнях гектаров рубки естественным процессом облесения и мерами лесокультурными. Этот вопрос стоит остро вследствие того, что издавна, на основе ряда наблюдений, лесоводы считают, что вырубка вызывает заболачивание площади, вышедшей из-под леса. Если это так, то внимание мелиоратора должно быть зорко обращено на лесные площади, вышедшие из-под леса и на лесные площади, предназначенные к вырубке.

Еще П. Танфильев, хронологически первый наш болотовед-лесовод, писал, что леса заболачиваются вследствие сплошных рубок и пожаров, при чем 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 были заложены изученные лесосеки, был разбит 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 *Hylacomium* и др., а также и чернику и бруснику. На лесосеках 3-летнего возраста к сплошному коврам 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 был близок к поверхности, то вырубка леса

¹ Изложено из книги Сукачева, В. Н.: „Болота, их образование, развитие и свойства.“ 1926.

создает условия для поднятия грунтовой воды, так как с вырубкой уничтожается дренирующее действие древесной растительности через испарение. Кроме того засорение лесосеки хламом, уменьшая испарение с поверхности, еще более содействует заболачиванию.

Болотовед В. С. Доктуровский¹ пишет: „Когда уничтожается лес, лесосеки покрываются злаками, среди которых находим чаще всего одновременно вейник и луговик, образующие плотные дернины. Плотность этих дернин настолько велика, что служит препятствием для развития древесной растительности и способствует застаиванию влаги, особенно при наличии тяжелых глинистых почв. Характерно появление на лесосеках, на ряду с вейниками, и кукушкина льна. Когда на почве отложен будет достаточной мощности слой из остатков этого мха, то или на нем, или вклиниваясь между живыми дернинами его, появляется сфагнум, т. е. заболачивание начинает идти более быстрым темпом“.

Проф. В. Н. Сукачев в книге „Болота, их образование, развитие и свойства“ пишет: „Подобные данные (ход заболачивания) имеются и из других мест, где отмечалось возникновение болот на месте вырубок. Однако сколько-нибудь детальных исследований в б. России, кроме приведенных выше исследований Танфильева, произведено не было. Но известны случаи, когда после вырубки леса на лесосеке, раньше сухой, возникло мелкое озеро, существовавшее несколько лет и постепенно превращавшееся в болото“.

Самый процесс заболачивания вышеприведенными авторами прослежен по смене растительности, являющейся функцией от увеличения влажности почвы; но в то же время конечно влажность почвы сама зависит в значительной мере от растительности. В этом круге зависимостей леса от воды и воды от леса лесоводы склонны придавать большее значение растительности, лесу, а мелиораторы — большее значение условиям грунтового и поверхностного стока воды.

Несомненно то, что с изменением одного из этих элементов, растительности или стока, происходит, как следствие, изменение и другого.

В последнее десятилетие, лесоводами детально изучался процесс заболачивания лесных почв, но изучение сосредоточивалось именно почти исключительно на смене растительности, смене типов, без одновременного прослеживания процесса увеличения влажности грунта, как причины или следствия смены типа.

¹ Доктуровский В. С. Торфяные болота. 1932.

Изучался процесс смены растительности, как явление эндодинамическое, т. е. вызываемое самой породой растительных группировок, и как явление экзодинамическое, вызванное в начальной своей стадии внешними причинами: пожарами и рубками.

Наиболее ярко эндодинамическая смена выражена в следующей фразе В. Н. Сукачева: „В самом характере елового леса мы имеем условия, способствующие заболачиванию“. Густота верхнего полога, отсутствие доступа света и ветра, уменьшая испарение с поверхности земли, вызывают появление кукушкина льна и сфагнума — показателей начавшегося заболачивания.

Нас интересует сейчас результат воздействия человека, т. е. экзодинамический процесс смены растительности, вызываемой рубкой леса.

Весьма кстати по этому вопросу вышла книга Архипова (1932 г.), в которой детально рассматривается процесс заболачивания после вырубки лесов в различных условиях Котласского ЛПХ-за.

По заключению указанного автора, 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 хвощем, 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 после вырубки их.

Но здесь заболачивание идет совершенно иначе совершая весь или часть цикла смены травяной растительности по схеме 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, проникающей вглубь почвы“.

Дерновая почва вместе с этим начинает приобретать все признаки полуболотной — затем болотной.

Аналогичное рубкам влияние на заболачивание лесных площадей оказывают пожары. Танфильев указывает, что на пожарищах прежде всего появляются печеночный мох (*MarCHANTIA* и *FUNARIA*), за ним появляется плотнокусто-

вый злак луговик, затем мох, кукушкин лен и, если процесс не останавливается, о чем будет сказано далее, то закономерно появляется и вытесняет все остальное сфагнум.

Все изложенное выше об антропогенном и акклиматическом заболачивании лесных площадей наводит естественно на вопрос, почему же тогда до сих пор существуют еще леса, а не болота на всей их площади?

§ 6. РАЗБОЛАЧИВАНИЕ ЛЕСОСЕК

Если заболачиваются леса высоких и низких бонитетов, то почему же за истекшие тысячелетия все леса не обратились в болота?

Очевидно есть иной процесс — разболачивание.

В этом отношении весьма ценный материал дали неопубликованные еще исследования аспиранта В. А. Буренкова, работавшего в 1932 г. под руководством профессора И. В. Тюрина, совместно с аспирантом Кашеевым в Лисинском учебном ЛПХ-зе. Для исследования выбирались лесосеки в возрасте 5—30 и даже 60 лет, которые были расположены рядом на ровном месте и в одинаковых условиях рельефа, и почвы с крупным лесом. Было исследовано несколько пар площадей лесосек и невырубленного леса, расположенных каждая пара рядом и в одинаковых условиях рельефа.

Первая серия — квартал 200, лесосека 16 лет, рядом лес 5 класса возраста; почва — средний суглинок, подзолистая, наблюдения 8 июля 1932 г.; приводим сопоставление характеристики:

	Лес 5 кл. возраста	Лесосека 16 лет
Состав древостоя	6 С, 3 Е	6 Е, 3 С, 1 Б
Растительный покров	Брусника	Мох, кукушкин лен, в пониженных местах сфагнум
Содержание влаги в г в 200 куб. см грунта	В слое	В слое
	2—12 см — 81 г	2—12 см — 96 г
	10—20 " — 87 "	12—22 " — 106 "
	22—32 " — 75 "	32—42 " — 78 "

Таблица показывает, что содержание влаги в почве в лесу меньше, чем в тех же условиях на 16-летней лесосеке, и кроме того покров, бывший брусничным в лесу, сменился на лесосеке в гипновой — из кукушкина льна; оба обстоятельства показывают, что здесь после вырубki леса произошло заболачивание.

С еще большей резкостью это обстоятельство заболачивания выяснилось при сопоставлении второй пары площадей леса и лесосеки, взятой на суглинистом грунте и исследованной 11 июля 1932 г.

	Лес 7 кл. возраста	Лесосека 10—12 лет, шириной 60—70 м
Состав древостоя	5 С, 4 Е, 1 Ос	Сосна, береза, осина
Растительный покров	Блестящие мхи, черника, брусника	Сплошь кукушкин лен и сфагнум
Содержание влаги в г в 200 куб. см грунта	В слое	В слое
	11—21 см — 66 г	10—20 см — 129 г
	27—33 " — 57 "	22—32 " — 82 "
	38—48 " — 76 "	34—44 " — 102 "

Увеличение влажности грунта на молодой лесосеке здесь выразилось очень ясно, смена растительного покрова выявилась также очень резко — вместо блестящих мхов появился сплошной покров кукушкина льна.

Приведенные две серии наблюдений вполне подтверждают все ранее приведенные выписки о заболачивании площади из-под леса и могут лишь подтвердить необходимость вопроса: почему же до сих пор вся лесная площадь еще не обратилась в болото?

Нижеприведенные еще два сопоставления из работы того же Буренкова разъясняют дело.

В 200 и соседнем 201 кв. Лисинского ЛПХ-за 14 июля 1931 г. были исследованы рядом и в одних условиях расположенный лес, лесосека 16 и лесосека 30 лет, на суглинистом грунте; результаты оказались следующие:

	Лес возраста 5 кл.	Лесосека 16 лет	Лесосека 30 лет
Состав древостоя	5 С, 2 Е, 1 Ос	2 С, 1 Е, 7 Б	4 С, 4 Е, 1 Б
	полнота 0,6	прекрасное возобновление, II бонитета, полнота 1,0	хорошее возобновление
Растительный покров	Черника и брусника, мхи блестящие	Вейник ланцетный, пушица одноголовая Из мхов преобладают сфагнумы	Вейник ланцетный, осоки, пушица, брусника, черника Кукушкин лен преобладает
Содержание влаги в г в 200 куб. см грунта	В слое	В слое	В слое
	2—12 см — 115 г	10—20 см — 124 г	5—15 см — 140 г
	14—24 " — 87 "	22—32 " — 102 "	17—27 " — 80 "
	27—37 " — 63 "	34—44 " — 94 "	29—39 " — 87 "

Таблица подтверждает то уже считаемое доказанным положение, что влажность грунта на лесосеке 16 лет значительно больше, чем влажность грунта в лесу. Но дальше мы видим, что влажность грунта лесосеки 30-летней велика только в поверхностном слое, на глубине же 20 см и 35 см она значительно ниже, 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 кв. леса и находящейся рядом в одинаковых условиях старой лесосеки вырубki 1875 г., т. е. возраста 55 лет, на суглинке; результаты оказались следующие:

	Лес 120 лет	Лесосека вырубki 1875 г.
Состав древостоя	Первый ярус 5 Е, 5 Ос	Первый ярус 5 Е, 3 Ос, 2 Б
Тип леса	Второй ярус — чистая ель Ельник-черничник	Второй ярус 10 Е Ельник-кисличник и черничник
Уровень гр. вод	125 см ниже поверхн.	125 см ниже поверхн.
Содержание влаги в г в 200 куб. см грунта	В слое 6—16 см—92 г 17—27 "—52 " 28—38 "—67 "	В слое 6—16 см—58 г 17—27 "—40 " 22—42 "—30 "

Здесь на лесосеке 1875 г. грунт оказался значительно суше, чем под лесом возраста 120 лет. Испарение молодого леса оказалось значительно большим, чем старого.

Итак исследования Буренкова, если только считать их достаточными, вскрыли очень важное обстоятельство: после вырубki леса влажность грунта резко повышается, но, по мере роста молодняка, испарение влаги начинает увеличиваться и в исследованных конкретных случаях на лесосеке 30 лет влажность приблизилась к влажности примыкающего участка, покрытого 100-летним лесом, а на лесосеке 56 лет влажность почвы оказалась меньшей, чем на соседнем участке 120-летнего леса. Происходящее сначала после вырубki леса заболачивание лесосеки постепенно, по мере роста молодняка, если поверхность не успела покрыться сфагнумом, прекращается и затем происходит разболачивание.

Поэтому леса, как правило, все-же и остаются лесами, а не обратились целиком в болота.

Автор приведенных исследований, В. А. Буренков, в заключительной части своей рукописи приходит к следующим выводам, применительно к лесосекам на ленточных глинах и валунных суглинках.

Места переходные от II-го к III-му бонитету и места III и IV бонитетов, характеризующиеся типами леса: ельник-черничник, ельник-брусничник и ельник-долгомошник, после вырубki леса в виде сплошных лесосек, в период первых 10—15 лет, подвергаются процессам заболачивания, хотя грунтовые воды в изученных случаях непосредственного влияния на заболачивание лесосек не оказывают, так как они залегают глубоко, около 1½—2 м.

„Продолжительность заболачивания лесосек зависит главным образом от характера возобновления их в первое пятилетие после вырубki леса“.

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

„Заболачивание лесосеки сопровождается образованием в почве минеральных закисных соединений железа, вероятно и марганца, и развития анаэробных процессов, которые неблагоприятно отражаются на развитии молодняка. Поэтому период заболачивания возобновляющихся лесосек отмечается угнетенным развитием молодняка“.

„Предостереечь лесосеки даже от временного характера заболачивания в указанных условиях можно очевидно путем проведения предварительно до вырубki леса дренажных канав. Там, где это экономически не представляется возможным, там от лесохозяйственника требуется обязательное обеспечение полного лесовозобновления на лесосеках в первое пятилетие после вырубki леса, в противном случае заболачивание может приобрести длительный и возможно прогрессивный характер“.

Однако все приведенные чрезвычайно важные, хотя может быть и недостаточно обоснованные в деталях, выводы относятся к лесосекам ленточным.

А как же будет идти процесс изменения влажности почвы на больших площадях концентрированных рубок?

Вследствие большой свободы ветру и солнцу на больших площадях рубок процесс заболачивания должен выявляться в меньшей мере. Но это при условии немедленного ле-

совозобновления, если же возобновления в течение пяти лет не имеется, то процесс заболачивания, идя прогрессивно, делает впоследствии уже невозможным здесь естественное лесовозобновление, площадь пройдет через стадию плотнокустовых злаков к сфагновому болоту.

Проф. В. Н. Сукачев так описывает отличие лесосеки от покрытой лесом площади:

„Сплошная вырубка по сравнению с лесом представляет то существенное отличие, что здесь лучи солнца, а также ветер получают возможность непосредственно действовать на почву. Это прежде всего отражается на растительности. Виды теневыносливые уступают место светолюбивым. В первый год после срубки леса на лесосеке еще сохраняются теневые представители лесной флоры и лишь со второго года и в последующие годы они вовсе уступают место светолюбивым. То обстоятельство, что удаление древесной растительности обнажает почву, казалось бы должно играть роль мешающую заболачиванию, так как оно повышает испарение влаги почвой. Однако в действительности сплошь и рядом наблюдается иное. Часто после вырубки лесосека начинает заболачиваться“.

Итак, говоря кратко и схематично, необходимо принять, что обеспеченность лесовозобновления на месте вырубки сосняка или ельника-долгомошника, или леса более влажного типа может быть достигнута лишь отводом избытка влаги.

§ 7. ПЛОЩАДИ ЛЕСНОГО ФОНДА В СССР И ЗАДАЧИ МЕЛИОРАЦИИ

При выявлении значения мелиоративно-осушительных работ в хозяйстве всего Советского Союза или отдельных частей его, обычно приводятся сведения о площадях и процентах неудобных земель и из этих величин выводится огромная потребность в мелиорации.

Такой подход имеет за собой основания в отношении осушения земель сельскохозяйственного значения, так как здесь работа выражалась преимущественно в осушении торфяных болот под естественные сенокосы, луговые и полевые культуры, увеличенный урожай с которых собирается в ближайшие годы после мелиорации.

В лесной статистике земли лесного фонда также разделяются на удобные и неудобные, но использование этих данных для целей мелиорации иное; осушение лесных неудобных земель, т. е. осушение болот под лес, не дает не-

посредственно со своей площади реализуемого урожая древесины ни на следующий год, ни через десятилетие, т. е. работа в продуктивном отношении оказывается как бы на многие годы бесплодной. Важна не только величина будущей продукции, но и скорое время получения ее. Поэтому внимание лесомелиоратора или лесного инженера-гидротехника должно быть обращено не на болота, а на самые леса; нужно улучшать условия роста уже существующих лесных древостоев, хорошо отзывающихся на мелиорацию увеличением прироста древесины в ближайшие годы. По отношению же ко огромным пространствам моховых болот, находящихся в пределах лесных земель, задачей лесомелиораторов является преимущественно остановка дальнейшего продвижения мохового покрова на существующие лесные древостои.

Таким образом, вся лесная площадь, удобная и неудобная, должна быть выявлена при суждении о значении мелиорации лесных земель, при чем удобная площадь должна быть охарактеризована по типам древостоев.

По данным учета на 1 октября 1928 г. лесная площадь Советского Союза распределяется по республикам и по категориям следующим образом (в млн. га):

Республики	Леса госуд. значения				Отпуск с га в куб. м		Леса мест. значения
	Общая площадь	Удобная площадь	Покр. лесом	Эксп. пок. лесом	Со всей покр. лесной площади	С эксп. лесной площади	
РСФСР	579	365,7	329,0	102,3	0,39	0,87	30,7
Украинск.	2,6	2,4	1,9	1,9	2,15	1,54	1,0
Белорусск.	3,2	2,8	2,3	2,2	3,59	3,11	0,5
Закавказск.	3,9	3,3	3,2	1,6	0,63	1,05	0,4
Ср.-Азиатск.	10,4	8,7	4,7	2,3	0,09	0,11	3,6
Всего	599,1	384,4	341,1	110,3	0,42	0,91	36,2

Простейший анализ цифр приведенной таблички приводит к следующим заключениям:

1. В РСФСР площадь лесного фонда на 37% занята неудобными землями, преимущественно болотами, и потому поле работ для обращения этих земель под лесное или сельскохозяйственное использование неограничено, не считая при этом потребности в мелиорации и тех земель, которые значатся лесными.

Наоборот, в Украине и Белоруссии величина общей площади лесов и величина удобной лесной площади в каждой из этих республик почти совпадают; это значит, что здесь внимание земельного мелиоратора должно быть обращено исключительно на улучшение условий роста уже существующих древостоев.

2. Сравнение граф „покрытая лесом“ и „эксплуатируемая покрытая лесом“ по РСФСР (329 и 102 млн. га) указывает на то, что большая часть лесной площади находится здесь вне эксплуатации; следовательно, первоочередной задачей здесь является создание путей сухопутного и водного транспорта леса для вовлечения в эксплуатацию новых лесных массивов.

Иное положение опять в Украине и в Белоруссии; здесь площадь покрытая лесом и площадь эксплуатируемая совпадают, здесь поэтому в отношении транспорта внимание должно быть обращено лишь на улучшение существующих путей водного и сухопутного транспорта леса для удешевления куба древесины. По данным Бюро Лесной статистики,¹ лесной фонд Союза по отдельным районам характеризуется нижеследующими цифрами в тысячах га (см. табл. на стр. 29).

Распределение лесов по типам. Как уже сказано, для суждения о значении мелиорации лесных земель сведения о площадях земель, именуемых „неудобными“ лесными землями, имеют не первенствующее значение. „Неудобная лесная площадь“ представляет собой обычно моховое сфагновое болото, с корявыми сосенками на нем.

В настоящее время внимание мелиорации лесных земель должно сосредоточиться на осушении площадей уже занятых лесом, т. е. площадей, считающихся „удобными лесными“, но недостаточной производительности, определяемой условиями роста V, IV, а иногда и III бонитетов, страдающими от избытка влаги.

От избытка влаги страдают сосновые и еловые леса, растущие и непосредственно на глинистых почвах, без слоя торфа.

Лиственными лесами, нуждающимися в осушении, являются березняки на мокрых торфяных почвах и ольховые топи.

Предметом заботы лесомелиоратора должны быть леса высших бонитетов, если исследование покажет, что рост их начал уменьшаться и что причиной этого является

¹ Пятилетний план народно-хозяйственного строительства СССР. Плановое хозяйство. 1929.

Лесной фонд Союза ССР по отдельным районам
(в тыс. га)

	Вся площадь лесного фонда	Лесная площадь	Сенокосы, пашни и пр. угодья	Болота	Прочее
Области РСФСР					
1. Ленинградская область . . .	16 725	11 848	262	3045	288
Боровичский окр.	835	648	24	157	5
Великолукский „	924	745	16	159	4
Ленинградский „	2475	1780	21	392	26
Лодейнопольский „	872	601	41	224	6
Мурманский „	4963	3487	—	1	134
Новгородский „	1302	845	30	420	7
Псковский „	522	381	16	124	2
Череповецкий „	2951	1919	35	975	22
По области	16 725	11 848	262	3045 ²	288
2. Центрально-Промышленный район	15 803	14 132	61	974	85
3. Западный район	2468	2194	125	129	20
4. Центрально-Черноз. район	1436	1326	72	21	18
5. Вятский район	7933	7031	93	782	27
6. Средне-Волжский район	3146	2870	179	14	844
7. Нижне-Волжский район	1443	1155	213	21	54
8. Северо-Кавказск. район	3093	2726	180	7	18
9. Уральская об.	74 235	35 070	1875	30 325 ³	1553
10. Северо-вост. район	33 209	23 247	58	6592	3312
11. Сибирский край	263 850	147 380	2436	22 346 ⁴	27 785
12. Дальне-Вост. край	118 996	90 130	1312	14 206 ⁵	7658
Всего по областям РСФСР т. га	588 093	373 961	7693	86 250 ⁶	50 509
Автономные республики					
Башкирская	5558	5054	259		243
Бурято-Монгольская	28 692	22 339	61		6291
Дагестанская	240	225	12		3
Казакская	19 647	9255	1227		9165
Карельская	14 073	9133	23		4916
Киргизская	2400	1178	664		558

¹ Тундры 1342 тыс. га.

² Плюс тундра 1342 тыс. га.

³ и 6312158 тундры.

⁴ и тундры 62 003 485.

⁵ и тундры 5 689 989.

⁶ и тундры 79 679 тыс. га.

Продолжение

	Вся площадь лесного фонда	Лесная площадь	Сенокосн. пашни и пр. угодья	Болота	Прочие
Крымская	241	218	4		19
Немцев Поволжья	97	85	8		5
Татарская	635	600	20		15
Чувашская	635	600	20		15
Якутская	25 000	18 000	—		7 000
Всего по автоном. респ. тыс. га	97 738	67 195	2309		28 230
Союзные республики					
Белорусская	3719	3139	128		452
Украинская	3689	3310	188		190
Закавказская СФСР	4114	3514	—		—
Туркменская	9088	280	—		6288
Узбекская	1296	1017	71		208
Таджикская	1447	1053	122		272
Всего по Союзн. респ. тыс. га	23 353	12 313	—		—
Всего по СССР	984 183	617 991	—		—

поднятие уровня грунтовой воды или задержание стока поверхностных вод.

Сводных сведений об удобных лесных площадях V, IV и высших бонитетов, нуждающихся в осушении, не имеется; лишь из лесоустроительных отчетов можно частично эти сведения извлекать. Вообще же выяснение площадей лесных эксплуатационных участков, нуждающихся в осушении, составляет одну из задач мелиоративных исследований.

Обследование лесов Ленинградской области¹ дало возможность ориентировочно установить площади основных типов их, выражающиеся следующими цифрами в га (см. табл. на стр. 31).

¹ Материалы по статистическому учету лесного фонда СССР, изд. 1929 г., и рукописи К. П. Красильникова.

Площади основных типов лесов Ленинградской области (в га)

Типы лесов	Сосновый лес	Еловый лес
Сосновые боры на вывешенных плато со свежей супесчаной почвой и песчаной подпочвой, подрост отсутствует. Бонитет I	56 000	—
Ельник-кисличник, на холмистых местах, хорошо дренированных, глинистых и суглинистых почвах. Бонитет I	—	104 440
Леса-зеленомошники на возвышенных рельефах, песчаные почвы и подпочвы в сосняках и суглинистые почвы с глинистой подпочвой в ельниках. Бонитет II	263 600	495 900
Сосняки вересковые и беломошники на возвышенных террасах и гривах среди заболоченных пространств на бедной, сухой, песчаной почве. Бонитет 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. Бонитет 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. Бонитет III	203 200	445 600
Осоковые сосняки, хвощево-сфагновые ельники на пониженных заболоченных местах с сырой почвой. Бонитет IV	192 000	306 800
Сфагновые сосняки и ельники на местах, покрытых сплошным слоем сфагнума, иногда с глубокой торфяной почвой. Бонитет V	215 214	112 425

Учитывая указанные в § 4 характеристики типов древостоев и указания приведенной таблицы, возможно подсчитать, что площадь лесов Ленинградской области, без Карелии и Мурманского края, с которой полезен отвод избытка влаги, равен (не считая болот):

Ельники-черничники	424 000 га
Сосняки и ельники-долгомошники	649 000 "
Сфагновые сосняки и ельники	328 000 "
Осоковые и хвощевые сосняки и ельники	498 000 "
	<hr/>
	1 899 000 га

§ 8. ЗНАЧЕНИЕ ВЛАГИ В ПОЧВЕ

Состав древостоя и ход роста его находятся в зависимости от климата, почвы, воды и деятельности человека. В свою очередь почва и водные условия находятся в большой зависимости от рельефа поверхности. В западине и рядом на возвышенности встречаем часто совершенно различные древостои. Непосредственной причиной этого является разная почва и разное стояние уровня грунтовой воды в западине и на возвышенности. Но различие в почве и в уровне грунтовой воды обычно вызвано исключительно рельефом местности.

Рельеф местности, вызывая перемену микроклимата и перераспределение влаги в грунте, есть главнейший фактор, обуславливающий разнообразие пород, условий роста и типов древостоев. Напр. в Зап.-Сибирском крае на одной параллели на протяжении пары сотен км мы находим сосну, пихту, лиственницу и кедр, образующие, каждая порода отдельно, лесные массивы по несколько сотен тысяч га; при чем это разнообразие вызвано исключительно рельефом местности—горными хребтами, речными долинами, обуславливающими температуру, водный режим и почвообразование во взаимной связи друг с другом.

Водный режим, поверхностный и грунтовой, находится вполне во власти человека и, воздействуя на этот режим, человек существеннейшим образом может влиять на состав и ход роста древостоев.

По требованию к содержанию воды в почве древесные породы различны между собой, но специфично то, что многие виды древесной и травяной растительности могут развиваться при весьма различных содержаниях влаги в почве и в весьма различных климатических условиях. Береза растет на сухой и мокрой почве; она входит в число древесных пород, употребляемых для закрепления летучих песков, для создания в черноземных степях ветрозащитных полос, где

уровень грунтовых вод не может быть замерен, и она же является главной породой на переходных торфяных болотах с мелким и с глубоким торфом, где грунтовые воды стоят на уровне поверхности земли.

Такой же приспособляемостью к климату, почве и влаге обладает и сосна; она растет на голых скалах и на тучном черноземе, на крайнем севере и на южном склоне Крымских гор, растет на торфяном болоте с уровнем грунтовой воды у поверхности мха и она же культивируется для укрепления сыпучих песков и горных склонов, где до уровня грунтовой воды надо доходить с помощью глубокого бурения.

Такова неразборчивость к условиям жизни наших наиболее распространенных пород: березы и сосны. Но, перенося всякие условия жизни, в частности перенося противоположные крайности содержания влаги в почве, сосна и береза все же чутко реагируют на водный режим почвы, усиливая или уменьшая свой годичный прирост, с улучшением или ухудшением этого режима.

Другие наши древесные породы вовсе отказываются расти в неподходящих для них условиях: то сухо, то мокро.

В лесоводственных руководствах указывается пять ступеней влажности почвы: 1) мокрые почвы—все промежутки почвы заполнены водою; при выемке куска грунта вода стекает с него без всякого давления; 2) сырые—при сжимании почвы из нее вытекает вода; 3) влажные почвы (свежие)—при сжимании кусок почвы становится сырым; 4) сухие—когда только корни растений могут извлекать воду из почвы и почва после сжатия не сохраняет связности частиц; 5) безводные, распадающиеся в порошок или образующие камни, не отдающие воды растениям.

Если проследить по учебнику Лесоводства¹ вопрос о требовании древесных пород к почвенной влажности, то материал оказывается весьма ограниченным.

„Влажность почвы“, говорится в этой книге, „при равенстве прочих свойств почвы повидимому имеет наиболее заметное влияние на рост леса, и потому при определении добротности лесных почв необходимым условием является указание степени влажности данной почвы“.

В главе лесоводственных свойств отдельных древесных пород имеются следующие указания о наилучших условиях влажности.

Почва, наиболее благоприятная росту дуба, должна быть плодородная, богатая органическими веществами, свежая. Благодаря глубоко идущей корневой системе, дуб

¹ Турский, М. Лесоводство. 1929.

хорошо переносит условия степи и служит главной породой при лесоразведении в степях.

Относительно бука сказано, что он излишка и недостатка влаги не переносит.

Береза относительно почвы очень неприхотлива, растет и на сухой и на мокрой почве, на тощем песке и на почве плодородной. Береза потребляет большое количество воды.

„Черная ольха растет на заливных местах, по низменным берегам рек, ручьев и даже на очень топких болотах, так называемых ольховых трясиных, лишь бы вода этих болот была проточная. На трясиных черная ольха часто образует чистые насаждения, размещаясь по кочкам дал ко друг от друга. Ольха черная может однако расти и на сухих местах, но только в том случае, если грунтовая вода не слишком далеко от поверхности. Вообще черная ольха встречается в тех местах по долинам и лощинам, где много ключей.

Кустарниковые ивы растут преимущественно по берегам рек и ручьев, в лощинах и низинах на лесных прогалинах.

Осина для вполне удовлетворительного роста требует почву среднюю по богатству и свежую; не растет на мокрых почвах.

Черный тополь, „осокорь“, почву требует рыхлую и значительно влажную, хорошо развивается на заливных лугах, на плавнях, островах, ежегодно затопляемых водой.

Серебристый тополь требует почву сырую. Ильмовые хорошо растут на рыхлой, богатой и свежей почве; они также растут удовлетворительно на заливных местах, иногда топких.

Ясень для успешного произрастания требует почвы плодородной, богатой перегноем и обеспеченной на все лето водой. Он растет успешно на заливных местах, иногда топких.

Сосна относительно почвы очень неприхотлива как в отношении плодородия, так и влажности ее; растет на сухом песке и на торфяных болотах. Но качество почвы влияет конечно на успешность развития сосны; на почвах плохих она растет медленнее, чем на хороших, так ствол столетней сосны вырастет на торфяном болоте не толще 4—9 см и годовые слои ее настолько мелки, что их трудно сосчитать без лупы. Лучшие сосновые леса растут на почвах глубоких, свежих, песчаных, с перегноем в верхнем слое.

Ель лучше всего развивается на почве свежей, связанной, если она растет в местности с влажным воздухом, то

она может успешно произрастать и на тощих почвах. Избыток воды в почве ель не переносит; на заливных лугах, на торфяных болотах не растет; на сырых местах развивается плохо, легко валится ветром.

Кедровые леса растут на почве глубокой и сырой.

Пихта к почве очень требовательна; лучше всего растет на почве глинистой, свежей, глубокой. Мокрая почва, чистый песок не благоприятствуют росту пихты.

Лиственница сибирская к почве повидимому нетребовательна; на сырых местах растет худо. В отличие от сибирской лиственницы, другой вид лиственницы на Дальнем Востоке *Larix daurica* растет на сырых местах, даже на тундровых марях, на топях, где другие деревья не растут, переносит длительные наводнения.

Орешник на мокрой почве совсем не растет.

Вышеприведенным исчерпываются сведения о требованиях деревьев к содержанию влаги в почве, приведенные в последнем по времени выпуске курса лесоводства.

Временное затопление поверхности. Почти ко всем древесным породам приложимо утверждение, что временное затопление, например весенними водами, деревья могут переносить без вреда, губительна лишь продолжительная мокрота почвы. Влияние временного, но длительного затопления автору удалось проследить в 1930 г. по реке Полоте Полоцкого округа в Белоруссии. Здесь в середине июня 1929 г. на реке была устроена запруда для производства работ по регулированию русла реки на участке ниже запруды. Поднявшейся водой на участке выше запруды был затоплен смешанный лес; вода поднялась выше поверхности земли и держалась в таком положении до октября на площади в несколько сот га, после какового времени вода была спущена.

Летом 1930 г. ясно было видно, что:

- 1) ольха, ель и береза погибли совершенно, если считать за гибель полное отсутствие зеленой листвы;
- 2) сосна погибла частично;
- 3) осина стояла вся в зеленом облиствении, т. е. сохранилась полностью.

§ 9. НЕОБХОДИМЫЙ УРОВЕНЬ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ

Содержание влаги в почве зависит в конечном счете от покрова почвы, от влагоемкости почвы, от капиллярности грунта и от уровня грунтовой воды, как источника поддержания влажности почвы.

Сельскохозяйственная наука уделила влиянию грунтовых вод на развитие травяной растительности и на рост сельскохозяйственных культур значительное внимание.

На всех болотных опытных станциях производятся специальные наблюдения по влиянию уровня грунтовых вод на урожай культур. Выработаны специальные травяные смеси для разных расстояний уровня грунтовых вод от поверхности земли, и в настоящее время считается установленным, что для травяных культур лучшим расстоянием грунтовой воды от поверхности земли является 30—50 см, а для полевых культур — около 75—100 см.

В лесном же деле аналогичных данных не имеется. Лесоводы интересовались не тем, как влияет уровень грунтовых вод на лес, а интересовались обратным вопросом, именно тем, как влияет лес на уровень грунтовых вод. Известные лесоводы Отоцкий, Высоцкий, Эбермайер и др. исследовали, как лес влияет на грунтовые воды и не говорят о том, как грунтовая вода влияет на лес.

Задача же водного мелиоратора как раз заключается в том, чтобы улучшить условия роста леса, изменив состояние грунтовых вод. Ни влагоемкости почвы, ни капиллярности почвы, ни рельефа, ни количества осадков мелиоратор изменить не может, и лишь уровень грунтовых вод находится в его руках, а через изменение уровня грунтовых вод возможно изменить влажность почвы, следовательно — и рост леса.

Поэтому лесомелиоратор должен бы искать в лесоводственной литературе конкретные указания о том, какое расстояние грунтовой воды от поверхности земли создает наилучшие условия роста распространенных древесных пород; это лучшее расстояние для разных почв и древесных пород повидимому различно, но указаний об этом в курсах лесоводства не имеется (а в книге „Лесоводство“ проф. Турского, издания 1929 г., слово „грунтовая вода“ даже вовсе не упоминается).

На опытных лесных станциях имеются постоянные пробные площади, детально протаксированные, с инвентаризацией каждого дерева, но наблюдений над уровнем грунтовой воды на этих площадях не велось.

По этому вопросу лишь проф. Кобранов¹ в статье „Влияние близости грунтовых вод на рост посадок березы“ указывает наблюдаемый им в б. Гродненском уезде резко различный рост посадок березы на участке из-под пашни.

¹ Лесной журнал, 1908.

Размеры 4-летних посадок березы и наблюдаемый уровень грунтовой воды оказались следующими:

Глубина залегания грунтов. вод в см	Толща окрашенного гумуса в см	Средний размер берез. посадок		Примечание
		Высота см	Диаметр см	
43—65	40—30	71	0,9	Почва—песок
65—82	30—22	78	1,1	
82—107	22—16	111	1,6	
107—137	16—12	172	2,5	
137—162	—	175	2,9	

Приведенная таблица указывает на огромное влияние уровня грунтовой воды на развитие березовых посадок; расстояние грунтовой воды в 150 см от поверхности оказалось для березок весьма благоприятным.

В немецкой литературе имеются также лишь очень краткие замечания: Bühler в его обширной книге *Der Waldbau* (1922 г.) пишет, что понижение грунтовой воды на 30 см, самое большое на 50 см, вполне достаточно. В опытном саду Grossholz при понижении воды на 30 см рост значительно увеличился; при понижении на 60 см 12-летние растения стали отставать в развитии.¹

С осени 1928 г. начаты были систематические наблюдения над уровнем грунтовых вод на восьми постоянных пробных таксационных площадях в Лисинском опытном ЛПХ. На каждой из площадок было высверлено тарелочным буром по 5—12 скважин глубиной в 0,9 м.

Стенки скважины ничем не обдывались; лишь на поверхности земли вокруг скважин сделаны были рамы из отрезков пластин; покрытия не имелось. Наблюдения велись через каждые пять дней, начиная с июня 1928 г.

Если расположить пробные площадки в порядке увеличения расстояния грунтовой воды от поверхности земли и сопоставить уровень воды с бонитетом хвойных насаждений, то получатся следующие соотношения (см. табл. на стр. 38).

Приведенная таблица дает неожиданный результат; оказывается, что в Лисинском ЛПХ при весьма близком уровне грунтовой воды от поверхности земли, всего на 20—30 см, глинистый грунт обнаруживает производительность I и II бонитетов для сосны, при возрасте ее около 100 лет.

¹ Ни почвы, ни рода растения в заметке не указано.

Квартал	Проба	Вода от поверхности		Бонитет	Сред. возр.	Типы и породы	Почва	Площади га	Числ. колод.
		в 1928 г. VI—XII	в 1929 г. VI—XII						
Парковый	2	16,7 см	18,2 см	I	76	Сосн.-кисличник	Торф 15 см ниже сугл.	0,55	6
119	7	19,5 „	22,4 „	II, III	160	7 С, 2 Е, 1 Б Ельн.-черничник 2 С, 6 Е, 1 Б, 1 Ос	Сугл. 60—70 см с гумус. ниже вал. глина	2,38	12
Парковый	13	19,8 „	24,6 „	II	30	1 С, 5 Е, 4 Б	Торф 10—20 см глина	6,8	14
129	6	20,0 „	21,0 „	III	69	Сосн.-сфагновый 7 С, 1 Е, 2 Б	Торф 1 м Сфагн осока клюква	0,55	9
Парковый	1	23,1 „	26,5 „	I	80	Сосн.-кисличник 7 С, 3 Е	Сугл. слабо оподз.	0,55	9
Парковый	4	26,0 „	29,2 „	II	134	Сосн.-брусничник 6 С, 4 Е,	Сугл. слабо оподз.	0,40	9
Парковый	3	26,9 „	28,8 „	I	113	Ельн.-кисличник 1 С, 7 Е, 2 Б	Сугл. слабо оподз.	0,36	5

Чтобы базироваться на двух годах наблюдений, необходимо сопоставить величины выпавших за эти два года атмосферных осадков со средней величиной осадков за продолжительный период.

Оказалось, что в 1929 г. выпавшие осадки близки к среднему многолетнему количеству, отличаюсь от них на 12 мм в сторону минус, а в 1928 г. осадков выпало на 107 мм больше среднего многолетнего, и уровень грунтовых вод в этом году стоял ближе к поверхности земли.

Регулярные наблюдения над уровнем грунтовых вод, в связи с ростом леса, начаты были также с осени 1926 г. на гидро-лесомелиоративной станции на площади б. Цельского лесничества в Белоруссии (аспирант Эркин), указывающие, что 50 см расстояния уровня воды от поверхности достаточно для получения первобонитетной производительности торфяного грунта под березой (см. табл. на стр. 39).

Стройный сосновый естественный древостой на той же станции растет на глубоком торфе по I и II бонитетам при

Участки	Среднее расстоян. ур. грун. воды от поверхности за июнь—август 1929 г. в см	Расстояние скважины от канавы в м	Глубина торфа в м	Характеристика насаждения
1	55	5	1,0	Березовый лес с примесью ели и осины I бонитета. Торф осоковотростниковый
2	66	20	1,35	
3	45	50	2,25	
4	52	80	5,0	
5	47	50	1,9	
6	33	20	1,9	
7	25	5	1,5	

уровнях грунтовой воды на 40 см ниже поверхности земли.

Участки	Расстояние ур. грун. воды июнь—август 1929 г. в см	Расстояние скважины от канавы в м	Возраст леса	Бонитет	Запас на га в куб. м	Глубина торфа в м	Грунт
9	48	5	77 л.	I	309	1,5	Торф - осоково-тростниковый с пушицей. На двух последних участках слой сфагна в 15—20 см
10	48	20	77 „	II	309	2,2	
11	41	50	77 „	II	238	1,6	
12	40	100	77 „	II	246	1,5	
13	27	150	77 „	II	178	1,8	
14	25	200	77 „	III	195	3,2	
15	21	250	77 „	IV	106	2,8	
16	24	300	77 „	IV—V	86	2,4	
17	28	350	77 „	V	60	0,9	

Выпало осадков за май—август 1929 г.—231 мм.

В те же месяцы в 1888—1912 гг. выпало в г. Минске 296 мм, т. е. за летние месяцы в год наблюдения уровня грунтовых вод осадков выпало меньше среднего многолетнего. Следовательно, наблюденный в 1929 г. уровень грунтовых вод стоял тоже ниже среднего многолетнего, но насколько ниже—неизвестно.

Две вышеприведенные таблицы указывают на отличный рост лиственного и хвойного леса при уровне воды на 30—50 см ниже поверхности; кроме того эти таблицы указывают, что и на глубоком торфе, при надлежащем осушении, создаются условия высших бонитетов.

Ряд наблюдений по связи между уровнем грунтовой воды и ростом леса поставлен с 1928 г. в Сиверском опытном ЛПХ-зе, в 60 км южнее Ленинграда.

На пробных полосах в 30-м квартале Онцевского участка вышеуказанного ЛПХ-за получены следующие соотношения среднего уровня грунтовой воды за май—октябрь 1928 и 1929 гг. и запасом древесины в переводе на га, в чисто сосновом древостое 50—60 лет, средней высоты 16 м, средн. диаметра 18 см, полноты 0,7:

Расстояние грунтовой воды от поверхности в см		Запас древесины на га куб м	Почва
За V—X 1928 г.	За V—IX 1929 г.		
4,1	33	90	Глина
5,0	35	103	
6,6	37	102	
6,5	39	93	
7,5	45	119	
7,5	50	106	
13,8	52	102	Супесь
24,9	55	125	

Метеорологическая станция в ЛПХ-зе начала работать лишь в середине 1928 г. Поэтому суждение о сравнительной величине выпавших в 1929 г. осадков можно произвести только по наблюдениям других станций: Обсерватория Лесотехнической Академии показывает, как уже ранее приведено, что в 1929 г. выпало осадков на 12 мм меньше, чем в среднем за 1890—1925 гг. Поэтому наблюденные в 1929 г. уровни грунтовой воды должны быть немного ниже среднего их стояния за 35 лет.

Количество выпавших осадков за 1928 г. на 107 мм выше среднего многолетнего, и уровень грунтовых вод, как это видно из вышеприведенной таблицы, за этот год оказался значительно выше, не характеризуя обычные условия роста леса на рассматриваемой площади.

По летнему уровню 1929 г. заметно, в общем, что чем ниже стоит грунтовая вода, в пределах 33—55 см, тем лучше растет лес на глинистой почве.

В том же Онцевском участке начаты были наблюдения и в нескольких других кварталах, показавших, при грубых пока подсчетах, что сосновый лес растет на глинистой почве в условиях III бонитета при расстоянии грунтовой воды от поверхности в 1929 г. на 50 см.

В Парголовском ЛПХ-зе под Ленинградом Н. Шингарева-Попова наблюдала нижеследующие соотношения

между уровнем грунтовой воды и условиями роста леса:¹

№ участков	Грунтовая вода от поверхности	Бонитет	Сред. возр. леса	Порода и тип	Запас древесины на га куб м	Почва
1	Более 300 см	IV	80	10 С. Вересковый бор	160—200	Подзол; ниже 60 см гравий, ниже 110 см песок
2	153 см	III	100	10 С. Брусничный бор	180—210	Подзол; ниже 70 см песок
3	110—120 см	II	80	9 С, 1 Е, Черничный бор	250	Подзол; ниже 50 см песок

Таблица наблюдений в Парголовском ЛПХ-зе показывает, что для роста леса уровень грунтовой воды на 110 см ниже поверхности земли лучше, чем 153 см и 300 см.

Приведенные материалы отрывочных наблюдений над уровнем грунтовой воды и ростом леса приводят к заключению, что на глине и на торфе создаются условия роста сосны и березы по III, II и I бонитетам при стоянии уровня грунтовой воды в течение вегетационного периода на 30—50 см ниже поверхности земли и что на песчаном грунте рост сосны улучшается с уменьшением расстояния грунтовой воды от поверхности в наблюдавшихся пределах с 300 см до 110 см.

Вывод этот является достаточно неожиданным, так как среди мелиораторов господствует мнение, что лес растет в лучших условиях при уровнях воды на глубине более 1,25 м от поверхности земли.

§ 10. МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ

Исследование уровня грунтовой воды в вышеприведенных случаях производилось в Лисинском и Сиверском ЛПХ-зах в смотровых колодцах, высверленных в грунте тарелочным буравом; стенки таких скважин в глинистом и торфяном грунте держались достаточно хорошо в течение года и скважины были обложены лишь деревянной рамой на поверхности земли. В Белоруссии наблюдения велись в колодцах, укрепленных на всей своей глубине вертикальными пластинами с просверленными в них отверстиями.

¹ Труды по лесному опытному делу, вып. VI, 1930.

Смотровые колодцы находились в разных условиях питания: целиком в глине, целиком в песке и целиком в торфе, а также в комбинациях: а) сверху торф, ниже — глина; б) сверху торф, внизу — песок.

Когда колодезь высверлен целиком в глине, то возникает вопрос, не является ли в этом случае смотровой колодезь как бы сосудом с труднопроницаемыми глиняными стенками и действительно ли вода в скважине находится в тесной связи с водой почвы-грунта. Может быть вода в грунте уже сильно опустилась, вследствие напр. испарения, а в скважине она еще держится высоко, как бы в сосуде. И наоборот, в грунте вода может быть поднялась от выпавших осадков, а в скважину эта вода не просачивается.

Такие сомнения как бы получили подтверждение при вырытии в 1929 г. почвенной ямы в парковом квартале Лисинского ЛПХ-за близ имевшейся скважины. В скважине вода стояла высоко, а в свежей яме при вырытии ее воды не оказалось.

Это обстоятельство побудило сделать специальные опытные наблюдения. Именно, рядом с первоначальными смотровыми скважинами 1928 г. были высверлены в августе 1929 г. свежие скважины и было произведено сопоставление уровня воды в 42 парах старых и новых скважин через сутки, через шесть суток и в некоторых скважинах через 12 суток после высверливания их.

Эти сравнительные наблюдения дали возможности прийти к следующим заключениям.

В песчаном грунте уровни воды, во вновь просверленных колодцах, при наблюдении через сутки после высверливания, оказались на одной высоте с уровнями в старых колодцах.

В торфяном грунте через сутки горизонты воды оказались также выровненными.

В колодцах в глинистом грунте результаты оказались разнородными, но в обобщении разница уровней воды в старых и новых колодцах выразилась величинами:

Через 6 дней после высверливания	12,4 см
Через 12 дней „ „	3,6 см

В тех случаях, когда в глинистом грунте в новом колодце не оказывалось воды, ее не было и в старом колодце.

Кроме того оказалось, что в глине уровень грунтовой воды падает достаточно быстро, в ряде случаев за сутки вода совершенно исчезала из колодца.

На основании приведенного следует прийти к общему выводу, что вода в смотровых скважинах, даже и в глинистом грунте, вплоть до ленточных глин Лисинского ЛПХ-за

находится в сообщении с водою почвы-грунта, а не изолирована от нее, как могло казаться.

Но так как все же смотровая скважина является сосудом с некоторым запасом воды в нем, который должен рассасываться при испарении воды из грунта и, наоборот, этот сосуд должен наполняться просачиванием воды из грунта при выпадении осадков, то для быстроты рассасывания и заполнения необходимо делать смотровые скважины возможно меньшего диаметра; емкость скважины должны быть наименьшей.

В тех же целях свободного сообщения скважины с грунтовыми водами почвы-грунта обделка скважины вертикальными пластинами, хотя бы и с большим числом отверстий, является повидимому вредной. Скважины продержались хорошо в течение целого года; устройство такой скважины стоит малой доли рабочего дня.

В условиях прохождения смотровых колодцев через торфяной грунт с окончанием в песчаном грунте, правильность показания уровня грунтовых вод была проверена на Волховском опорном пункте, близ Ладожского озера. Основные колодцы на Волховском опорном пункте опущены своим дном в минеральный песчаный грунт. В 1925 г. была заложена параллельная линия колодцев с дном, не доведенным до песка, а оставленным в торфяном грунте; расстояние между парными колодцами равно 1 м. В отчете станции сказано: „Как правило, во всех колодцах и за весь период времени, колодцы, заложенные в минеральном грунте, держат уровень грунтовой воды ниже колодцев, заложенных в торфу“, и далее: „Размер понижения варьирует с изменением уровня грунтовой воды. В паводок уровни совмещены; при низких стояниях уровня грунтовой воды разница показаний достигает 2—3 см в середине делянки и 15—20 см около канавы. Зимой разница показаний сказывается еще резче, достигая 8 см на середине делянки и 20—30 см у канавы. Увеличение разности показаний в колодцах, расположенных близ канавы, свидетельствует о том, что фильтрация грунтовой воды в канаву происходит не непосредственно по торфу, а через минеральный грунт“.

Приведенные данные указывают, что показания колодцев в торфяном и плотном глинистом грунте соответствуют все же какому-то определенному горизонту воды, и мы можем поэтому считать эти наблюдения имеющими существенное значение. При прохождении же колодцев через различные грунты, показания колодцев различны в зависимости от того, в каком грунте оканчивается колодезь и имеется ли напорная вода.

§ 11. СОДЕРЖАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Общие мелиоративные исследования имеют задачей выяснить значение и род мелиорации на какой-либо территории, определяемой или бассейном реки и ее притоками, или административными границами или экономическим районированием. Общие мелиоративные исследования сочетаются или вернее входят обычно в состав лесоэкономических, лесохозяйственных или колонизационных исследований и осуществляется эта работа организацией комплексных экспедиций.

Специальные исследования, называемые обычно изысканиями, имеют задачей последующее составление и обоснование технического проекта мелиорации на какой-либо территории, определяемой водосбором реки, границами лесопромышленного хозяйства и очертаниями заболоченного участка. Осуществляется эта работа посредством образования изыскательной партии. Результатом специальных изысканий является материал для технического проекта и составления сметы работ, а также и материал для обсуждения целесообразности производства работ на данной площади.

Специальные изыскания по осушению на какой-либо площади слагаются из последовательного ряда действий: подбора имеющихся материалов, характеризующих данную площадь, рекогносцировочного обследования, пикетажа, нивелировки, почвенного изучения, гидрологического изучения, исследования роста леса, нарастания мохового покрова.

Подготовка. Перед выездом на место изысканий необходимо приобрести те листы карт Топографического отдела Генерального Штаба, масштаба 3 версты и масштаба 10 верст в дюйме, на которых показана подлежащая мелиорации площадь. Карты масштаба 10 верст в дюйме имеются для всей Европейской части Союза. Продаются они в розницу по листам без особых разрешений в картографических магазинах. Трехверстка имеется в продаже лишь на меньшую территорию Европейской части Союза и отпускается по

указанию ряда (римская нумерация) и листа в ряде (арабская нумерация), пронумерованных на сборном листе.

По специальному разрешению возможно получить и карты масштаба одна верста в дюйме. Сибирь и Туркестан имеются в картах масштаба 40 верст в дюйме.

Вслед за географическими картами района необходимо достать план ЛПХ-за и лесоустроительные отчеты. Планы с показанием просек и ситуации очень полезны для ориентировки в лесу, а из материалов лесоустроительных работ выбирается таксационное описание древостоев и почвенное описание лесной площади. Все выделы с лесом пятого и четвертого бонитетов придется на месте осмотреть для выяснения причины плохого роста леса: вызвано ли это избытком влаги в почве или иными причинами.

Если имеются лесоустроительные отчеты повторные, то по ним возможно выбрать кварталы, в которых рост леса ухудшился, эстался без изменения и улучшился.

В соответствующем Областном Управлении гидрометеорологической службы следует получить сведения об имеющихся водомерных и дождемерных постах и метеорологических станциях в районе предстоящих работ и о состоянии обработки наблюдений на этих пунктах. Там же следует навести справки, не производились ли уже в прежнее время мелиоративные изыскания и работы в данном районе.

По приезде на место изысканий производится рекогносцировочный осмотр района работ. Специально при изысканиях на лесной площади рекогносцировка должна выяснить:

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

б) ход лесовозобновления на вырубках и состоянии 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, т. е. реки, в которую должна выпускаться вода с осушаемой площади;

д) причины высокого стояния воды в реке-водоприемнике и в ее притоках; причинами могут быть: наличие плотин, мелких преград в виде завалов русла хворостом, устройства язов для ловли рыбы, зарастания русла водными растениями, извилистость русла реки, малый уклон, поднятие dna мощением или шпунтовым рядом под ж.-д. и шоссейными мостами;

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

ж) состояние путей транспорта леса из данного массива;

з) распределение изыскательных работ по территории, т. е. направление основной оси нивелировки, место основного репера, число подпартий и т. п.

По некоторым из перечисленных вопросов решение выясняется не сразу, а лишь в процессе последующих детальных изысканий. Напр., причины плохого роста леса, отсутствие подроста и возобновления вырубок требуют последующего детального изучения. Состояние водоприемника, т. е. главным образом положение обычного уровня воды в нем относительно осушаемой поверхности, требует выяснения помощью нивелировки и наблюдений на водомерных постах, а не только глазомером. Вообще рекогносцировочные обследования лесной площади значительно труднее по сравнению с обследованием открытых низменностей. Рельеф местности в лесу не охватывается взором. Разбросанные места заболачивания выявляются только в процессе прокладки густой сети пикетажа или по плану лесоустройства.

§ 12. НИВЕЛИРОВКА

Выбор направлений и густоты ходов нивелировки определяется наличием квартальных просек, промежуточных визиров, расчлененностью рельефа, а также интенсивностью предполагаемых мелиоративных работ. В приложении к исследованию лесных массивов можно отметить три ступени подробности нивелирования.

Первая ступень—общая нивелировка площади только по существующим просекам, продольным и поперечным. Если просеки проведены в расстоянии 1—2 км друг от друга, то такая редкая нивелировочная сетка все же выясняет общий уклон поверхности площади и уклон пересекаемых нивелировкой речек (рис. 6). Это результат уже немаловажный; пересекая речку хотя бы и через 1 км по ее протяжению, все же получится представление об условиях регулирования ее; если уклон речки окажется большим, начиная с 0,001, то регулирование ее для приема воды с болот может предвидеться легким, а пользование такой речкой для сплава может предвидеться кратковременным, так как при большом уклоне речки вода спадает в ней быстро. И наоборот, выявившийся при такой нивелировке малый уклон

реки, напр. 0,0002, укажет на возможность приспособления ее под хороший сплавной путь. Но техническое проектирование регулирования речки и проектирование осушительной сети по данным квартальной нивелировки является невозможным.

Если указанную нивелировку дополнить промерами лентой длины рек и ручьев по всем извилинам их, то средний уклон рек и ручьев по течению воды вычисляется совершенно точно. Производимое при этом описание состояния русла дает возможность судить о характере требующейся мелиорации реки и прилегающих к ней земель.

Если указанную нивелировку по просеке и промер лентой длины рек и ручьев соединить с простейшей угломерной съемкой речек, с промером поперечных сечений русла их, то получается уже технический материал для проектирования простых работ по рекам в целях улучшения условий сплава по ним, т. е. для мелиорации реки, как пути сплава; можно вычислять и вероятную скорость течения воды и вероятную сплавпропускную способность речки.

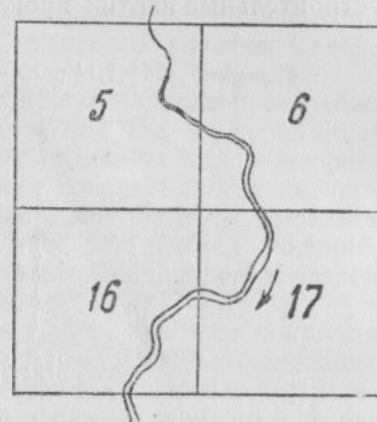


Рис. 6.

До некоторой меры выясняется этим и способность речки быть водоприемником для осушительной сети.

Для получения материала в целях составления проекта мелиорации лесной площади, т. е. осушения леса, нивелировка лишь по просекам, хотя бы и с промерами протяжений рек, ни в коем случае не может быть достаточной.

Для целей составления проекта осушения необходима такая нивелировка площади, чтобы по ее результатам можно было провести горизонтали поверхности.

Осушительные каналы роются конечно и без проектов и без всяких нивелировок, но это в случае осушения отдельных площадок с ясно выраженными условиями стока и за счет местных хозяйственных сумм.

Бюджетные же работы без составления проекта с пояснительной запиской производиться не могут, а для проекта нужен технический материал.

На устроенных лесных площадях сеть нивелировки располагается по продольным и по 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 через километр, хотя бы продольным и поперечным, изобразить лесную поверхность в горизонталях можно лишь в случае совершенной равнинности ее, чего обычно не бывает. Лесная площадь прорезана болотинами, сограми, гривами, сельгами, по ней разбросаны западины и всхолмления. В дополнение к квартальным просекам лесо-строительные партии прокладывают иногда „визеры“, про-

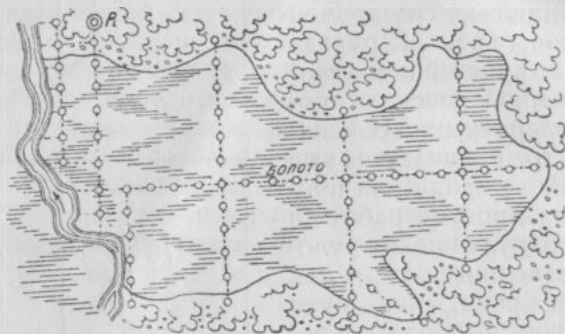


Рис. 7.

ходящие по середине кварталов, в некоторых же случаях визиров проводится по несколько между квартальными просеками. Визеры являются необходимыми дополнительными ходами нивелировки.

Какая же густота нивелировочной сети может считаться достаточной для точного изображения поверхности лесной площади и для проектирования расположения осушительной сети? На большом торфяном болоте, определяемом площадью в тысяча га, для этого иногда достаточно расстояния между нивелирными ходами в 1 км, а расстояние между пикетами в 200 м. На болотах в несколько сотен га, выравненных наторфованием, расстояние между ходами 500 м, между пикетами—200 м, для болотин в сотню га и менее расстояние между ходами 200 м, между пикетами—100 м. Ходовые линии должны в этих случаях прорубаться.

Во всех случаях нивелировки болот краевые пикеты каждого поперечного хода должны быть выставлены на суходоле, а предпоследние пикеты—на болоте у края (рис. 7).

При нивелировке для осушения лесной площади на минеральном грунте с тонким слоем наторфования или вовсе без торфа, ходовые линии приходится прокладывать чаще, чем по торфяному болоту, примерно вдвое, при расстоянии между пикетами в 100 м, или же приходится отказаться от намечания детальной осушительной сети по плану в горизонталях, а производя нивелировку по ходам через 500 м, детальную осушительную сеть прокладывать непосредственно ориентируясь на исследуемой площади.

Для иллюстрации того, как изображается одна и та же поверхность в горизонталях при разной густоте нивелировки приведем план 37-го квартала Онцевского участка, Сиверского опытного ЛПХ-за в 70 км к югу от Ленинграда.

Этот квартал подвергся в 1929 г. сплошной вырубке и был 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 имела задачей выразить микрорельеф квартала для комплекса опытных наблюдений, а также для сопоставления результатов нивелировки разной степени густоты.

Основная порода—глина моренная, местами покрытая мелким слоем торфа, не свыше 0,4 м. Квартал был занят сосновым лесом. Глазомерно поверхность квартала представляет равнину, без больших грив и без западин, но с выраженным микрорельефом; забивка пикетов, вровень с поверхностью земли, во многих случаях была не точна, так как нарастания мягкого мха разной мощности, вереска и багульника скрадывали поверхности.

Следовательно имелся частый случай заболачивания минеральной поверхности.

Если провести горизонтали поверхности вышеуказанного квартала, пользуясь отметками нивелировки лишь по окружающим квартал просекам, т. е. при расстоянии между ходами в 800 м и при расстоянии между пикетами в 100 м, то расположение горизонталей через 0,5 м по высоте в результате такой редкой сети нивелировки оказывается следующим (показано на рис. 8).

На следующем плане (рис. 9) показаны горизонтали, проведенные по отметкам дополнительных ходовых линий, проложенных через 200 м одна от другой и при пикетах 100 м, т. е. при подробной нивелировке.

На третьем плане (рис. 10) показаны горизонтали, проведенные по отметкам ходовых линий через 20 м при пикетах также через 20 м, т. е. при детальной нивелировке.

Из сравнения трех приведенных планов, а особенно из сравнения подлинных планов квартала, вычерченных в большом масштабе с горизонталями через 0,2 м, явствует, что очертания горизонталей значительно зависят от подробности

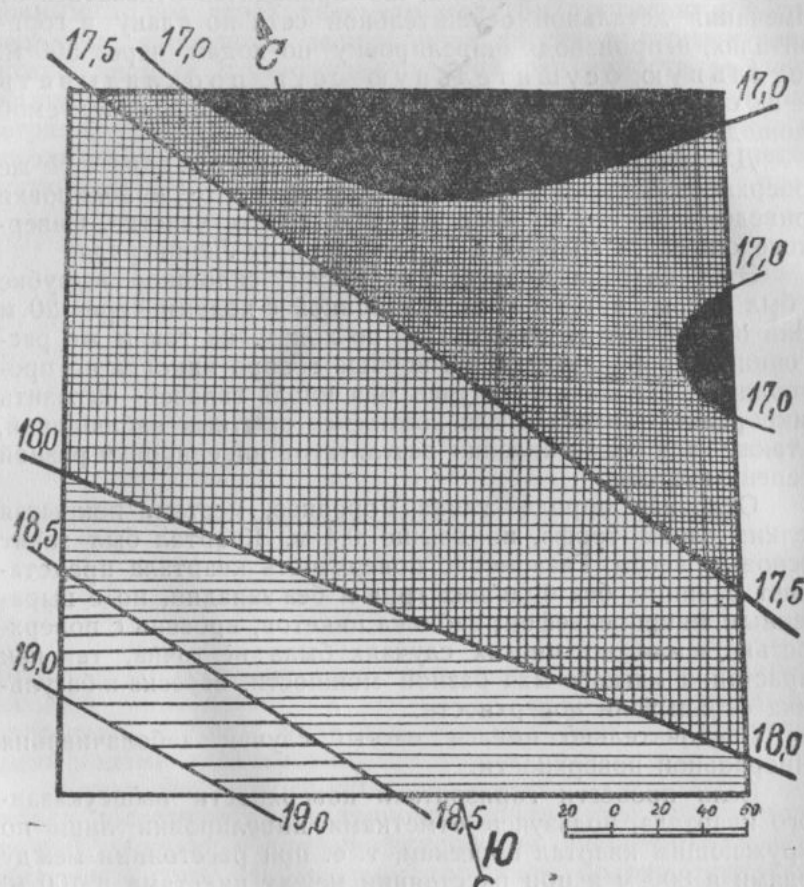


Рис. 8. Горизонталей на основе ходовых линий через 800 м с пикетами через 100 м.

нивелировки. При нивелировочных ходах через 800 м горизонтали проводятся плавными параллельными линиями, сразу указывающими общее направление уклона поверхности квартала.

При нивелировочных ходах через 20 м горизонтали проводятся сильно искривленными линиями, указывающими на сложный микрорельеф поверхности.

Сеть нивелировки лишь в редких случаях равномерно покрывает поверхность всей лесной площади; обычно нивелировка производится выборочно, сосредоточиваясь лишь на тех площадях, которые требуют осушения, т. е. на стра-

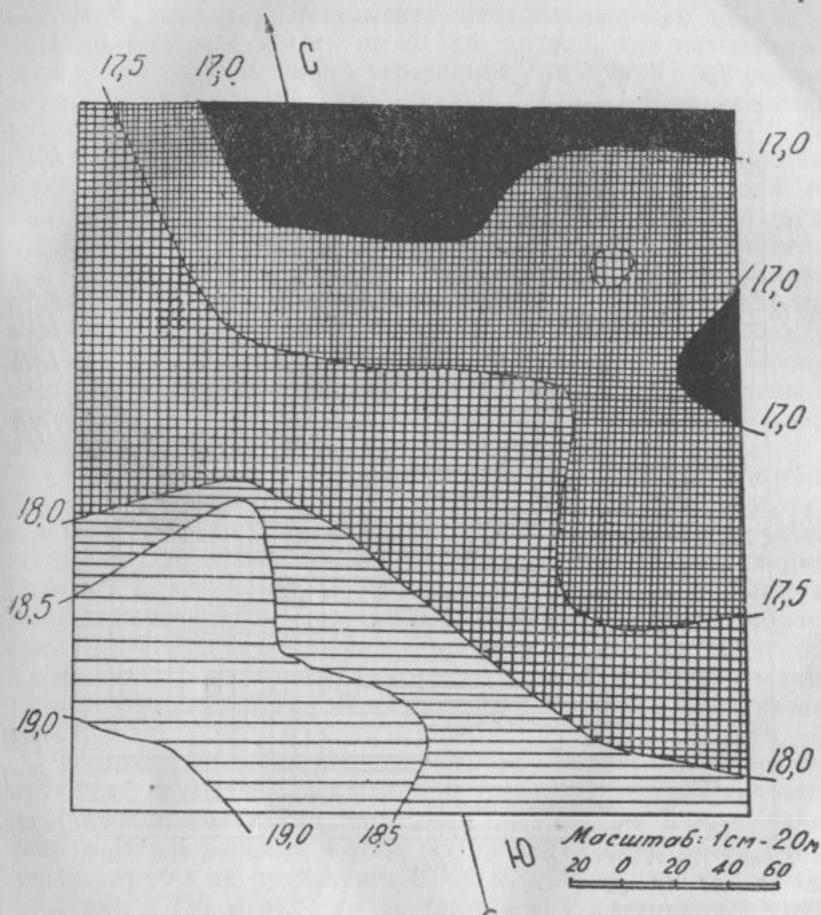


Рис. 9. Горизонталей на основе ходовых линий через 200 м с пикетами через 100 м.

дающих от избытка влаги V и IV бонитетах леса. Отдельные гнезда нивелировки дачи соединяются между собой линией связующей нивелировки.

На торфяном болоте на пикете забивается обычно один кол с горизонтальным уступом 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 устойчив, не колебаться при проходе мимо него человека; при наличии мягкого мохового покрова горизонтный уступ кола должен занять такое положение, чтобы, ступив на него одной половиной подошвы

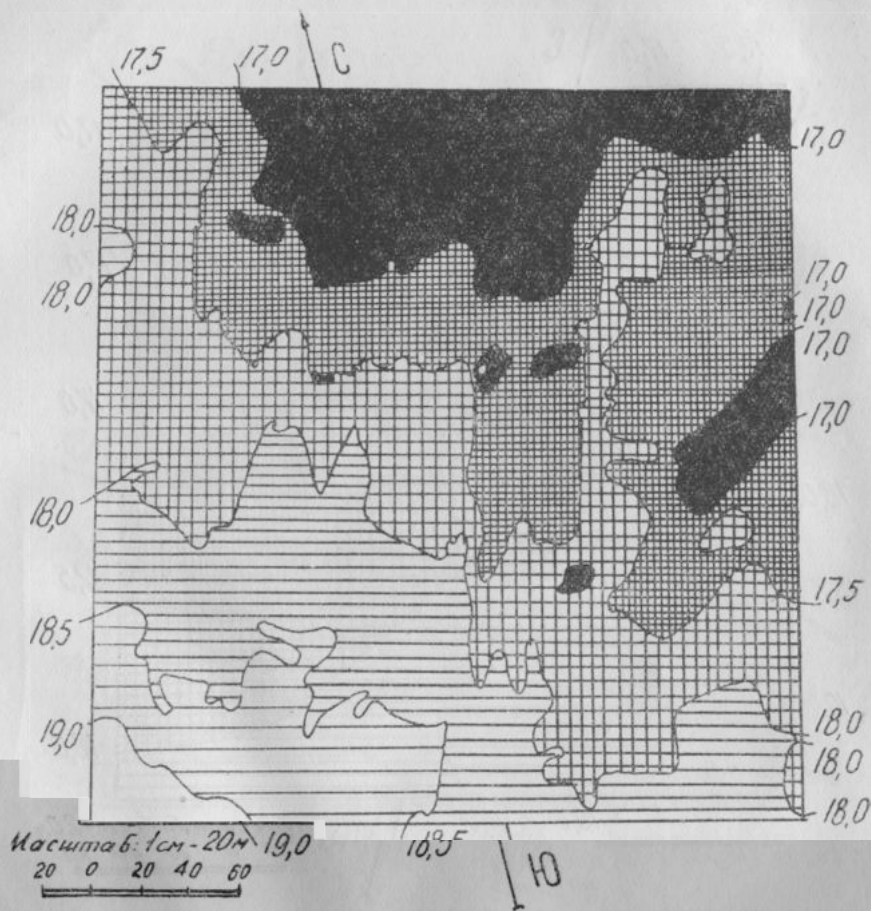


Рис. 10. Горизонталы на основе ходовых линий через 20 м с пикетами через 20 м.

сапога, другой половиной подошвы ощущать сопротивление придавленного мха; при таком условии уступ пикетного кола должен быть опущен несколько ниже поверхности свободного мохового покрова. Чтобы при покачивании рейки, устанавливаемой на уступе пикетного кола, эта рейка не

соскакивала с уступа, желательнее всего колу, при забивке его, давать немного наклонное назад положение.

При нивелировке по минеральному грунту на каждом пикете удобнее забивать два кола; один так называемый сторожек, который показывает местонахождение пикета и возвышается над землей на 30 см, другой, так называемый точка, с горизонтально срезанной головкой забивается в уровень с поверхностью земли и служит для постановки на нем рейки.

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 должен быть поставлен на краю болота.

При проходе нивелировки по линии дороги или канавы можно идти с нивелиром по самой дороге, но забивать пикеты необходимо в стороне ее, на нетронутой поверхности земли. Одновременно с этим производится занивелировка и самого полотна дороги, насыпи по канаве, дна канавы и горизонта воды в ней с забивкой для того отдельных пикетов.

Для работы употребляются наичаще нивелиры системы Эго с нерекладной трубой;¹ устройство их просто, проверки и поправки на месте изысканий доступны. Следующим типом по распространению являются нивелиры германской фирмы Цейса, отличающиеся своею компактностью, т. е. занимающие значительно меньший объем, возможностью более быстрой установки в горизонтальное положение; но исправление расстроившегося в дороге нивелира Цейса значительно сложнее и даже непосильно обычному производителю работ.

Нивелировка по твердому грунту ведется по обычным правилам геодезии с перекладкой трубы. Отсчеты считаются сделанными правильно, если при расстоянии между пикетами в 100 м разница в отсчетах на рейку до и после перекладки трубы не превышает 0,004 м, при расстоянии между пикетами в 200 м отсчеты считаются правильными при разнице между ними не более 0,008 м.

Допустимая невязка в замкнутом полигоне вычисляется по одной из четырех формул:

$$\Delta = 0,006 \cdot \sqrt{L} + 0,0006 \cdot L \dots \text{ для основных ходов,}$$

$$\Delta = 0,01 \cdot \sqrt{L} + 0,001 \cdot L \dots \text{ для всех прочих замкнутых ходов,}$$

¹ В СССР изготавливаются Трестом точной механики. Москва.

$\Delta = 0,004 \cdot \sqrt{2n}$ при расстоянии между пикетами в 100 м,

$\Delta = 0,008 \cdot \sqrt{2n}$ при расстоянии между пикетами в 200 м.

В этих формулах Δ —невязка в м,
 L —число пройденных км,
 n —число стоянок нивелира.

При переходе с инструментом со стоянки на стоянку нивелировщик должен трубу нивелира вынимать из лагерея и нести в руках, а штатив инструмента переносит рабочий; перед вынутием ножек из грунта необходимо ослабить винты, прижимающие ножки к крестовине. Реечники должны меняться положением, т. е. при перемене стоянки задний реечник переходит через пикет и делается передним.

На топких торфяных болотах нивелировка замедляется трудностью придания нивелиру устойчивого положения. В этом случае установка нивелира углублением в торф раздвинутых ножек, обычно длиной в 1,4 м, совершенно не дает устойчивости, такие ножки приходится упирать в кольца, предварительно забиваемые в топкий торф. Или же, обычные штативные ножки следует заменять специальными, изготовленными в мастерских ножками длиной в 1,8 м. Широко расставленные длинные ножки нивелира удаляют точки опоры инструмента от нивелировщика и сохраняют положение уровня нивелира на середине при отсчетах назад и вперед.

В худших условиях грунта уровень пузырька поддерживается во время отсчета на середине поворачиванием регулирующих винтов, стоящим при нивелире рабочим. Устойчивость инструмента увеличивается, если нивелировщик становится при отсчетах не на зыбком грунте, а на подстилаемые две жерди, специально перетаскиваемые со стоянки на стоянку.

§ 13. ПОЧВЕННЫЕ И БОТАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Лес страдает от избытка влаги на торфяной почве и на минеральной, обычно глинистой почве. Простейшим исследованием торфяного грунта является определение толщины торфяного слоя помощью специального инструмента—торфяного зонда. Обычно, мелиоратор пользуется простейшим торфяным зондом в виде заостренного железного наконечника, наворачивающегося на штангу; диаметр штанги около

2 см. При специальных исследованиях качества и происхождения торфа употребляется зонд системы Гиллера, которым с желаемой глубины могут браться образцы торфа для дальнейшего исследования.

Этот торфяной зонд описан в общих курсах болото-ведения.

Минеральный грунт исследуется вырытием ям с вертикальной стенкой и взятием проб для последующего анализа.

Весьма рекомендуется вырезать из торфяного и минерального грунта монолиты на глубину ниже дна будущих канав и с поперечным сечением около 10×15 см. Уложенные в соответствующей длины ящики монолиты доставляются в учреждения, где происходит последнее проектирование мелиоративных работ, или в музей. Почвовед может определить по структуре монолита условия аэрации почвы, водопроницаемости грунта, условия роста леса и т. д. Торфовед определит происхождение торфа. Но и мелиоратор должен сделать описание разреза грунта с возможной для него полнотой.

Высверливанием тарелочным буровом (рис. 11) специальных скважин по линии нивелировки или вырытием лопатой узких ям определяется уровень грунтовой воды на исследуемой площади; под уровнем грунтовой воды следует понимать уровень воды в скважине, который устанавливается в ней через сутки после высверливания или вырытия. В течение всего периода нивелировки следует наблюдения уровня воды в скважинах вести систематически через каждые пять дней.

Приведем образцовое описание монолита, вырезанного с избыточно увлажненного участка лесной площади.

Сиверский ЛПХ, Онцевский лесной участок, 10-й квартал.

Древостой: сосна 10, возраст 60 лет, полнота 0,4, бонитет V, средняя высота 14 м, диам. 8 см, возобновление очень редкое.

Травяной покров:

пушица—обильно (*Eriophorum vaginatum*),
 вереск болотный—рассеянно (*Calluna vulgaris*),
 подбел—рассеянно (*Andromeda polyfolia*),
 кассандра—рассеянно (*Cassandra calyculata*),
 брусника—рассеянно (*Vaccinium uliginosum*),
 клюква—обильно (*Oxycoccus palustris*),
 росляк—редко (*Drosera rotundifolia*).
 Моховой покров—сплошной, рыхлый:
Sphagnum medium—обильно,
Sphagnum fuscum—рассеянно,
Sphagnum acutifolium—рассеянно,
Sphagnum recurvum—рассеянно.

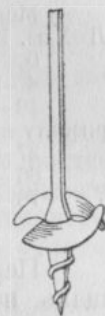


Рис. 11.

Грунт—мелкий торфяник.

0—5 см. Живой сфагновый покров.

5—37 см. Сфагново-пушицевый торф, малоразложившийся, образует горизонтальные слои, рук не пачкает, влага желтоватая, переход в следующий слой ясно выражен.

37—43 см. Угольная прослойка. Темнобурая почти черная масса, пачкает руки. Заметны стебли полукустарников; сверху сплошная прослойка пушицы.

43—66 см. Супесь, приближающаяся к песку. Цвет пепельный с белесоватым оттенком, есть буро-ржавые потеки; внизу коричневый оттенок; весь горизонт пронизан тонкими отмершими корнями трав.

66 см и ниже—переход к оглеению.

Менее обстоятельное, но обычное при мелиоративных изысканиях описание строения грунта дается в след. виде:

Монолит вырезан в 12 квартале Онцевского участка Сиверского ЛПХ-за. Древостой—сосна, Бонитет V.

0—4 см неразложившийся сфагновый покров (очес);

4—19 см торф сфагновый, слабо разложившийся, коричневый;

19—37 см торф разложившийся, темный, переход к следующему горизонту постепенный;

37—66 см суглинок оглеенный;

66—78 см песок светложелтый, вымытый;

78—87 см песок, горизонт вымывания;

87 см и глубже глина синяя.

Первый из описанных монолитов характеризует площадку не вполне благоприятную для осушения, так как имеется слой в 37 см неразложившегося мохового торфа. Второй монолит характеризует площадку, могущую значительно реагировать на осушение.

Исследование травяного покрова. Травяной покров

§ 14. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАРАСТАНИЯ МОХОВОГО ПОКРОВА

Типы леса не стационарны во времени, а переживают разные стадии зрелости и переходят один в другой. Из сухих типов наиболее склонным к заболачиванию является бор черничный, особенно после вырубki леса.

Тип — сосняк сфагновый, при разрастании мохового покрова, переходит в сфагновое болото. Сфагновое же болото, разрастаясь в ширину и в высоту, надвигается на все типы сосновых и еловых лесов.

Поэтому при мелиоративных изысканиях необходимо установить ход роста сфагновых мхов в высоту и разрастания мха вширь.

Высота нарастания мохового покрова на болотах может определяться четырьмя приемами.

Первый прием—по следам на стеблях ежегодно образующихся и отмирающих мутовок листьев болотного растения росянки; расстояние между мутовками на сохраняющемся во мху стебле соответствует годовичному 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; обнаруживающаяся разность высоты поверхности болот укажет на прирост. Этот прием требует стационарных пунктов и длительного времени и

стания мха и за малые и за продолжительные периоды времени.

Вследствие постепенного уплотнения моховой массы, под действием давления на нее вышенарастающего мха, содержащего в себе значительный вес воды, и вследствие происходящих процессов как бы консервирования мха, плотность моховой массы с течением времени и, следовательно, по мере углубления увеличивается; вследствие этого ясно, что средне-годовая величина нарастания мха оказывается тем меньше, чем за больший период времени она вычисляется.

Определение высоты мохового покрова над корневой шейкой может быть произведено в каждом отдельном случае лишь очень грубо, особенно если сосенка окружена моховой кочкой; также лишь грубо может быть определен возраст сосны по тончайшим годичным отложениям древесины.

Вследствие этого и величина годичного нарастания мха в отдельных случаях, как функция высоты слоя мха и возраста сосны, получается с заметной погрешностью; кроме того, нас интересует нарастание мха не в одной или десяти точках болота, а по всей поверхности исследуемого болота. Поэтому необходим по каждому болоту массовый материал, при котором скрадываются неточности единичных определений.

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 наростов вокруг них моховой кочки; при наличии кочки моховое тело ее придавливается, при чем в этом случае имеется значительный произвол работающего. Уровень мохового болота отмечается на сосне надрезом, после чего сосна вытаскивается с корнем и доставляется к месту обработки всех материалов. Здесь измеряется по вертикали расстояние от корневой шейки сосны до надреза, соответствовавшего поверхности мохового покрова на болоте. Измеряется и высота всей сосны.

Затем чуть выше корневой шейки ствол сосны перепиливается или перерубается и на срезе, при очистке его острым ножом, помощью лупы определяется число годичных слоев древесины; возраст сосны прикидывается и по муткам на стволе ее, но перечень мутков дает обычно меньший возраст и в дальнейших вычислениях во внимание не принимается. Результат пересчетов и измерений вписываются в первичную ведомость по каждому исследованному болоту, с графами: 1) № по порядку, 2) № пикета,

3) глубина торфа, 4) высота мохового покрова над корневой шейкой, 5) возраст сосны по годичным отложениям, 6) то же—по муткам, 7) годичное нарастание мха в мм, 8) высота сосны, 9) средний годичный прирост сосны в высоту, 10) диаметр сосны над корневой шейкой.

Все проанализированные сосенки группируются по возрасту, с периодами в пять или десять лет. После этого вычисляются средние высоты нарастания мха для каждой из возрастных групп сосен.

Ранее уже было указано, что наблюдения над нарастанием мха, проведенные в Белоруссии, показали, что за 20 лет нарастает около 20 см, за 50 лет—около 40 см и за 100 лет—около 50 см.

Чем больше число сосен какого-либо пятилетия, тем более надежна величина среднего годичного нарастания; где число сосен равно единице, там вычисленная величина годичного нарастания может считаться случайной.

Еще более важно выявление хода разрастания моховика на прилегающие суходолы. С того года, как ствол сосны, растущей на минеральном грунте, охватывается надвинувшимся с болота моховым покровом, годичные отложения древесины по диаметру резко уменьшаются.

По годовым кольцам на срезе сосны, растущей на моховике близ окраины его, легко определить, сколько лет назад началось на данном месте нарастание мха; измерив расстояние L —от исследуемой сосны до суходола—получают средне-годовую величину продвижения мха на суходол:

$$h = \frac{H}{L}$$

В действительных условиях оказывается очень трудным установить, где именно находится граница надвигающегося на суходол мха.

§ 15. ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА ЛЕСА

Характеристика лесных древостоев дается в отчетах лесоустроительных партий; план лесной площади сразу указывает места, куда должен направиться мелиоратор. Поквартальное таксационное описание древостоев дает общий материал для суждения об очередности и возможной рентабельности работ.

Мелиоративное исследование углубляет обще-таксационные материалы данными о ходе роста древостоев за последние годы. Задача часто упрощается тем, что ход роста древостоев заменяется ростом отдельных деревьев,

подходящих на-глаз под понятие модельных, так как обычно мелиоратор не располагает возможностью производить естественно-исторические и лесоводственные исследования по полным программам.

Изыскания при мелиорации лесных земель должны включать в себя, как важнейшую часть, выявление заболевающих древостоев и притом в первой стадии страдания от избытка влаги. Такие древостои могут быть и среди высших бонитетов. Задача отыскания начинающих страдать от избытка влаги участков леса пока трудная и практики в этом деле почти нет.

Условия жизни дерева, с точки зрения мелиоратора-водника, определяются уровнем грунтовых вод. Поэтому определение уровня грунтовых вод входит в обязательную программу мелиоративных изысканий. Для этого необходимо устройство временных смотровых колодцев.

При наблюдениях через каждые пять или десять дней за одно лето получается материал, дающий возможность сравнивать водные условия роста леса по всей исследуемой территории.

На лесоустроительном плане показаны выделы; условия жизни каждого выдела должны быть выяснены. Для этого необходимо из нескольких типичных деревьев взять буравом Пресслера пробы и посмотреть, как идет годовичное нарастание древесины. Если за последние годы, пять, десять, двадцать лет, прирост древесины уменьшился и никаких других причин этому обстоятельству не имеется, то значит ухудшились водные условия жизни насаждения.

Другими причинами падения прироста могут быть: а) периоды семенных годов, так как вызревание семян временно ослабляет прирост по диаметру, б) периоды значительного выпадения осадков, что возможно установить по метеорологическим данным, в) периоды засухи,—то же по метеорологическим данным, г) естественное уменьшение годового прироста древесины с приближением времени спелости дерева, д) проходные рубки.

Пробы буравом Пресслера должны быть вложены в стеклянные трубки и служить вещественным материалом изысканий (рис. 12).

Показания бурава Пресслера о ходе прироста по диаметру следует проверить спиливанием нескольких деревьев. Выпиленный кружок сосны даст возможность уяснить все периоды лучшего и худшего роста дерева за прошлое время.

Исследование роста отдельных деревьев по диаметру и типы древостоев дают возможность распределить лесные

площади по ходу роста на три очереди по степени потребности в мелиорации. В первую очередь должны быть отнесены древостои высоких бонитетов, но начавшие страдать от избытка влаги, что выражается начавшимся уменьшением годовичных отложений древесины.

Во вторую очередь должны быть отнесены древостои, страдающие от избытка влаги с начала роста их; это типы сосняков и ельников-долгомошников и сосняков сфагновых.

В последнюю очередь относятся моховые болота. Сенокосы должны быть отнесены в первую или вторую очередь, смотря по условиям потребления и сбыта сена.

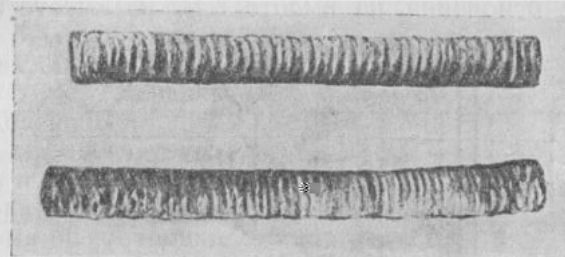


Рис. 12.

Верхний. Равномерный годовичный прирост ствола по диаметру.

Нижний. Постепенно затухавший прирост по диаметру и резко увеличившийся за последние два года после осушения.

Если на исследуемых лесных площадях производились частичные осушительные работы, то следует выявить влияние их на рост леса.

Для этого по возможности по обе стороны канавы выбираются места для закладки парных пробных площадок. Желательно выбирать не менее двух полос участков: одна полоса там, где влияние канав ясно выявилось, другая пара там, где влияние канавы незаметно.

Рельеф должен быть плоский. Длина полосы вдоль по канаве—100 м; полоса делится на площадки, протянутые по направлению канавы, первая площадка от канавы имеет ширину 5 м, она захватывает вал выброшенной земли, остальные пробные площадки делаются шириной по 20 м в таком числе, чтобы вся полоса простиралась далее действия канавы (рис. 13).

На каждой площадке производится таксация.

1) Производится обмер всех деревьев по двум перпендикулярным диаметрам на высоте груди (1,3 м) со ступенями толщины через 2 см; деревья, отстающие в росте, выделяются во второй ярус и пересчитываются отдельно.

2) Вычисляется сумма площадей сечений каждой породы господствующего яруса и делится на три, полагая разделение деревьев на три класса толщины вполне достаточным. Второго яруса на классы не делится.

3) Вычисляется средний диаметр модельного дерева для каждого класса и породы; выбирается по три модельных дерева каждого класса и спиливаются у поверхности земли.

4) Из сваленного модельного дерева выпиливаются кружки: у основания, на высоте 1 м, на высоте груди, на высоте 3 м, 5 м, 7 м и т. д. для последующего анализа.

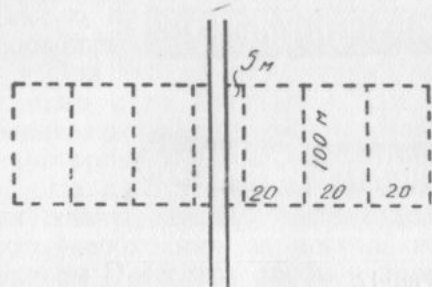


Рис. 13.

5) Производится пересчет слоев на кружках и вычисляется прирост дерева по пятилетиям, по диаметру, по высоте и по объему, вычисляется текущий прирост древесины за последние годы и запас древесины по расчету на га.

6) Вычисленные текущие приросты и запасы на каждой из пробных площадок сравниваются между собой, чем и выясняется влияние канализации на рост леса.

При большом числе полос модельные деревья возможно брать не на каждой из них, а через одну. При необходимости уменьшить работу возможно брать с площадки всего три средних модельных дерева, не разбивая древостой на три класса толщины.

В большинстве случаев запас древесины с удалением от канавы ясно падает, и по запасу возможно определить то расстояние, на которое простирается действие канавы. В некоторых же случаях действие канав выявляется лишь определением текущего прироста.

Иллюстрацией совершенно правильного влияния осушения на прирост древесины является один из исследованных в 1925 г. участков в Подборовской лесной даче в 10 км от города Пскова.¹

¹ Ефремов. Исследования в Подборовском лесничестве б. Псковской губ. Изд. Госуд. ин-та с.-х. мелиорации 1928.

Расстояние от канавы в м	Запас древесины на га в куб. м, сосна	Описание
0—25	184	Моховое болото Глубина торфа 1,5 м Подстилкается песком Осушение начато с 1900 г. Глубина канавы 1 м Ср. возраст сосны в год исследования—60 лет
25—50	166	
50—75	149	
75—100	116	
100—125	84	
125—150	73	
150—175	63	

Иллюстрацией ясного, но с перебоями в правильности влияния осушения на прирост древесины является один из исследованных в 1924 г. участков в Цельской лесной даче, в Белоруссии.

Расстояние от канавы в м	Запас древесины на га в куб. м, сосна	Описание
4—30	285	Торф сфагновый с пушицей На поверхности сфагнум Осушение в 1884—87 г. Глубина канавы 0,7 м Болото выходит к суходолу До осушения на площади росли корявые сосны в возрасте 20—70 лет
30—70	221	
70—120	222	
120—170	167	
170—220	169	
220—270	98	
270—320	76	
320—365	56	

По двум приведенным примерам мелиоратор должен считать, что действие канавы на рост леса распространилось в первом случае—ясно на 150 м, во втором случае—ясно на 220 м.

Примером как бы обратного действия канавы на рост леса является 30-й квартал Онцевского участка Сиверского опытного ЛПХ-за.

Расстояние от канавы в м	Запас древесины на га в куб. м, сосна	Описание
5—20	102	Исследование 1928 г. Почва суглинок Время осушения не выяснено Возраст сосны 50—60 лет Глубина канавы 0,8 м
20—40	106	
40—60	119	
60—80	125	

Нельзя ограничиться лишь констатированием такого распределения запаса—чем дальше от канавы—тем лучше рост леса.

Необходимо искать причину этой аномалии. Поставленные здесь наблюдения над уровнем грунтовой воды дали следующие результаты:

Расстояние смотровых колодцев от канавы в м	Среднее расстояние грунтовой воды от поверхности за июль-август	
	1928 г. в см	1929 г. в см
1	4,1	19,0
4	9,1	18,7
10	2,5	19,2
20	3,0	20,3
35	2,9	18,9
55	3,0	16,2
80	17,0	24,5
115	15,3	28,8

Оказывается, что уровень грунтовой воды в этом участке располагается также обратно обычному: дальше от канавы—уровень воды ниже от поверхности. Так как канава влияет на рост дерева через уровень грунтовой воды, то становится ясным, почему на рост дерева влияние канавы оказалось как бы обратным.

Но почему же уровень грунтовой воды стоит здесь ненормально? Ответ дает исследование грунта. На схематическом профиле видно, что возле канавы—глубокая глина, а дальше от канавы на глубине 1 м подходит песок; следовательно дальше от канавы имеется естественный дренаж грунта, что и влечет за собой понижение уровня воды.

Кроме увеличения прироста древесины, влияние осушительной канавы выявляется и в ходе лесовозобновления. В этом случае нужно произвести пересчет экземпляров молодняка.

Влияние канав на увеличение годичных отложений древесины обычно видно совершенно отчетливо и выявлено столь резко, что по ним можно определять год производства мелиорации.

При наличии старых заплывших канав выпиленный кружок указывает: сначала улучшение роста, вызванное прорытием канавы, а затем постепенное затухание роста, обусловленное зарастанием или засорением канавы.

Если замечено затухание роста, то ремонт канав необходим в скорейшем времени, работа должна быть поставлена в первую очередь.

§ 16. НАБЛЮДЕНИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД

Бонитет древостоя и тип древостоя—функции климата, рельефа поверхности, рода почвы и уровня грунтовых вод. Исследование уровня грунтовой воды осуществляется помощью смотровых колодцев, высверливаемых в грунте тарелочным буром.

Стенки такой скважины в глинистом и торфяном грунте держатся достаточно хорошо и потому никакой обделки не требуют; в случае порчи стенок,—рядом высверливается новая скважина. В скважину прочно вбивается кол с головкой на уровне земли; от головки кола и производится помощью линейки измерение расстояния грунтовой воды от поверхности земли. Чтобы колодезь не повреждался наверху, возле него кладется доска или деревянная рама. Укрепление стенок колодца пластинами является вероятно нежелательным для точности показаний, так как при наличии большого числа отверстий в пластинах все же приток в колодезь и отток из колодца воды затруднен. Глубина скважины делается в 1—1½ м.

По наблюдениям С. П. Кузнецова в Сиверском ЛПХ-зе колодцы, высверленные в торфяном и глинистом грунте на глубину 1—2 м уменьшились за год в глубине в среднем на 30%.

Необходимо стремиться делать смотровые скважины возможно меньшего диаметра, чтобы колодезь имел в себе возможно меньший запас воды для рассасывания при понижении уровня грунтовой воды и возможно меньший объем для заполнения при подъеме грунтовой воды в грунте. Колодцы располагаются по площадям и по линиям. Четыре колодца по углам и пятый колодезь в середине прямоугольника дают поверхность грунтовой воды под исследуемым древостоем, линия смотровых колодцев дает профиль грунтовой воды под исследуемой территорией. Наблюдения достаточно производить один раз в пять дней.

При обычных мелиоративных изысканиях расстояние грунтовой воды в колодце от поверхности земли измеряется линейкой с сантиметровыми делениями. При больших расстояниях воды от поверхности удобно применение рейки со стеклянной трубкой—манометром; внизу трубка оканчивается расширением, вверху коленом с пузырьком воды в нем; как только нижний конец трубки коснется уровня

воды, пузырек воды в колене дрогнет от толчка воздуха; такая рейка-измеритель связана с именами Савкина и Грамматина.

Положение горизонта воды в колодце колеблется с изменением атмосферного давления; поэтому, при необходимости иметь наблюдения возможно близкие к истинному положению уровня грунтовой воды, проф. Яковлев предлагает свой прибор для измерения колебаний уровня грунтовых вод, вне зависимости от температуры и давления наземного и грунтового воздуха, описанный им в трудах Ленинградского филиала Центральной лесной опытной станции, том I, 1929.

Наблюдения над уровнем воды в период мелиоративных изысканий, т. е. часто в течение лишь одного лета, дают все же существенный материал для сравнительного суждения о водных условиях жизни леса. Они дают возможность установить гидрологическую очередность осушительных работ: где вода выше, там гидрологическая потребность в осушении большая.

Если на лесной площадке уже имеются осушительные каналы, то следует наблюдать их действие на грунтовую воду устройством перпендикулярно к канаве смотровых колодцев. Первый колодезь должен быть на бровке канавы, второй—в расстоянии 1 м от бровки, третий—в 2—3 м от второго, а далее берется расстояние в 5 м, затем в 10, 20, 30 и т. д. метров до расстояния возможного влияния канавы.

ИЗЫСКАНИЯ ПО РЕКАМ—ВОДОПРИЕМНИКАМ

§ 17. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОПРИЕМНИКА

В полную схему мелиоративно-осушительных работ входит прорытие осушительной сети по непосредственно мелиорируемой территории и прорытие водоотводных каналов и регулирование рек—водоприемников как непосредственно по мелиорируемой территории, так и за пределами ее ниже по течению.

Поэтому и комплекс мелиоративных изысканий распадается на изыскания по земельной территории и на изыскания по рекам.

Быт различает три основные градации мощности водного потока, определяемые народными словами: ручей, речка и река. Эти градации в типовых свих формах выражены достаточно ясно: реку никто не спутает с ручьем, но сформулировать различие между рекой, речкой и ручьем является затруднительным.

Достаточно жизненная классификация речных потоков для равнинных условий может быть проведена в условиях лесного хозяйства по возможностям эксплуатации их.

Ручей—водный поток, по которому сплав невозможен никаким способом.

Речка—поток, по которому в естественном состоянии русла в большую воду возможен сплав только россыпью.

Река—поток, по которому возможен сплав в плотках. Большая река—сплав возможен с буксирной тягой.

Для достижения взаимного понимания следует при изысканиях придерживаться указанной эксплуатационной классификации водных потоков; чисто гидрологические классификации водных потоков по объему протекающей в них воды непригодны в обыденной мелиоративной практике. Объектами регулирования при земельной мелиорации являются все три категории водных потоков, кроме больших рек.

Изыскания по рекам имеют задачей дать цифровые величины всех элементов, характеризующих реку, с тем,

чтобы по ним можно было иметь суждение о свойствах данной реки, о необходимых размерах ее русла для достижения мелиорации, о необходимых технических мероприятиях для создания этих размеров и о стоимости необходимых мероприятий.

Элементы, характеризующие реку, могут быть собраны в следующие комплексы:

1. Водосборная площадь и бассейн реки.
2. Долина и русло реки.
3. Гидрологический режим реки.

Для обоснования программы мелиоративных исследований по реке необходимо установить содержание каждого из

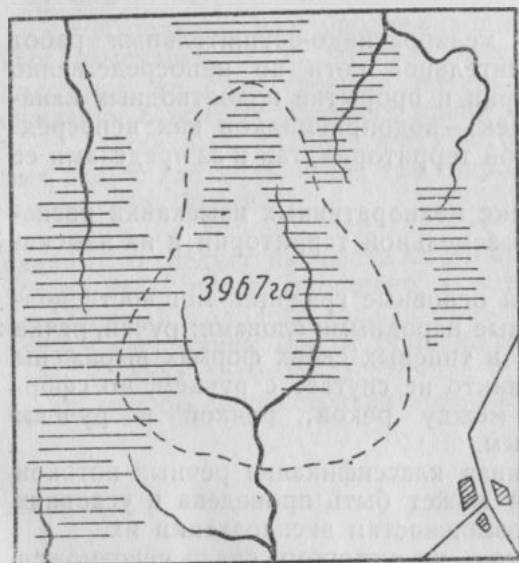


Рис. 14.

вышеперечисленных комплексов и значение его в последующем проектировании мелиоративной работы. Поэтому предварительно рассмотрим признаки и значение основных элементов, характеризующих реку, а затем уже выведем из этого содержание изысканий по реке.

Водосборная площадь и бассейн реки. Водосборной площадью реки (см. рис. 14) называется та поверхность суши и воды, с которой происходит сток воды в данную реку

к рассматриваемому пункту. Однако это определение является упрощенным, так как многие реки питаются водами, поступающими подземным стоком с площадей, находящихся за пределами водораздельной линии.

Водосборную площадь в приложении к запросам мелиорации характеризуют нижеследующие геометрические элементы.

Водораздельная линия, определяющая границы водосбора, является первым элементом, который необходимо установить при изучении реки. Положение водораздельной линии в натуре может быть определено часто глазом, когда местность представляет собой ясно выраженные хребты,

горы и склоны; в этом случае, осматривая местность и имея на руках подробную карту местности, можно провести на карте линию водораздела достаточно точно для всяких дальнейших вычислений. Часто и даже обычно, эта линия чертится на карте генерального штаба масштаба 2 или 3 версты в дюйме даже без осмотра места. При этом руководствуются, помимо ясных на карте признаков, еще расположением дорог, проходящих в низменных районах часто по водоразделам.

Рельеф равнины и особенно болот таков, что проведение точного водораздела между реками бывает часто невозможно. Это наблюдается как в истоках рек, так иногда и по другим местам течения.

Величина площади измеряется обычно планиметром по 3-верстной карте, после нанесения водораздельной линии. Величина площади существенно влияет на режим реки. Чем площадь водосбора больше, тем на большее время растягивается с нее сток выпадающих осадков, тем равномернее следовательно сток их. Особенно умеряется действие сильных ливней, так как они захватывают лишь части большой водосборной площади.

Конфигурация площади выражается коэффициентом удлиненности ее водораздельной линии; под коэффициентом удлиненности разумеется отношение длины водораздельной линии к длине окружности равновеликого круга. Если площадь водосбора равна F , то радиус равновеликого круга 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 равна S , то коэффициент удлиненности ее $k = \frac{S}{2\sqrt{\pi F}}$.

Этот коэффициент всегда больше единицы, так как периметр всякой площади всегда больше периметра равновеликого круга.

Значительное число сделанных измерений и вычислений указало, что величина k находится обычно в пределах 1,2—1,4, т. е. колебания коэффициента очень не велики.

Бассейн реки. Под бассейном реки следует разуметь как поверхность, так и недра земли, с которых поступает вода в данную реку; бассейн ограничен снизу тем водонепроницаемым пластом породы, который не допускает поступления воды в реку из нижележащих горизонтов.

Суммарное количество воды, протекающей по реке, зависит, главным образом, от величины площади водосбора,

так как она определяет количество осадков, поступающих из атмосферы на питание реки. Распределение же стока воды по реке во времени, т. е. равномерность его, зависит преимущественно от характера бассейна реки, как резервуара, отдающего быстро или медленно заключающуюся в нем воду, что определяется свойствами грунтов, слагающих бассейн, растительностью, покрывающей бассейн.

Таким образом имеются три разного порядка величины: водораздел—линейная величина, водосбор—квадратная величина (площадь) и бассейн—кубическая величина (объем), хотя и выражаемая обычно площадью водосбора.

§ 18. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ ПО ВОДОПРИЕМНИКАМ

Изыскания по рекам должны дать материал для цифровой характеристики всех перечисленных элементов самой реки, ее водосбора и ее бассейна. То, что на месте на-глаз представляется очевидным, должно быть подтверждено измерением, так как при рассмотрении проекта утверждение об „очевидности“ не может приниматься во внимание.

То, что нельзя измерить непосредственно, напр. степень зарастания русла водными растениями, может быть подтверждено косвенно—сопоставлением вычисленного уклона поверхности воды и измерений скорости течения.

Род грунта должен быть подтвержден взятием образцов и анализом их. Рост леса должен быть исследован взятием модельных деревьев или отдельных проб с возможностью демонстрации их при составлении проекта и т. д.

Соблюдение этого требует много времени и большой аккуратности в работе.

Программа работ по исследованию реки—водоприемника слагается из:

- 1) гидрометрических работ;
- 2) плановой съемки русла реки и ее долины;
- 3) нивелировки: а) берегов, б) уровня воды в реке,
- в) направлений возможных прокопов;
- 4) промеров поперечных сечений русла;
- 5) буровых и зондировочных работ;
- 6) определения величины и характера водосбора;
- 7) подготовки и разрешения юридических и финансовых вопросов, возникающих в связи с предположенными по реке мелиоративными работами.

Наиболее длительного времени для получения материалов, характеризующих реку, требуют работы гидромет-

рические, так как элементы расхода и уровня воды в реке подвержены значительным колебаниям; поэтому первой работой изыскательской партии должно являться устройство водомерных постов и организация наблюдений на них, если таких постов на реке еще не имеется.

Исследования реки производятся с различной подробностью, в зависимости от цели исследования и состояния реки.

Если уровень воды в реке стоит так высоко, что река в своем естественном состоянии не может принять воду из проектируемых осушительных канав и в то же время русло реки по своим размерам не может быть игнорируемо при проектировании водоотвода, то такая река должна быть исследована подробно на всем ее протяжении такого состояния. Это будет детальное и сплошное исследование.

Если состояние реки требует улучшения на отдельных участках ее в виде прорытия отдельных спрямлений русла или отдельных углублений дна, то производится детальное исследование лишь на этих отдельных участках и „облегченное“ исследование, в виде плановой съемки и связочной нивелировки без детальных промеров русла, по всему остальному протяжению.

Такое „выборочно-детальное“ исследование со связующим облегченным исследованием специфично для исследования рек, как путей сплава. Улучшение рек для лесосплава состоит обычно в работах лишь на отдельных участках реки по прокопке спрямлений, по удалению камней, по извлечению топляка, завалов и т. п.

Только на этих участках и производится в таких случаях детальное исследование.

Нижней ступенью исследования реки является рекогносцировочное обследование, состоящее в проезде по реке на лодке с выходами на берега или в проходе по берегам, в результате чего должно быть составлено описание состояния русла и берегов реки в отдельных местах, требующих каких-либо мелиоративных работ; при этом производятся промеры рулеткой и рейкой.

Между детальным, облегченным и рекогносцировочным обследованиями имеется ясное различие лишь в их типовых формах, в практике же они связаны постепенными переходами.

Подробно приемы изысканий по рекам излагаются в специальных руководствах по изысканиям сплавных и судоходных рек, в курсе же земельной мелиорации эти работы изложены лишь конспективно со специфическими замеча-

ниями применительно к лесным площадям. Плановая съемка русла и долины может производиться, смотря по надобности и по величине протяжения, приемами различной точности. Наиболее совершенной съемкой речных долин является триангуляционная тригонометрическая съемка, техника которой излагается в курсах геодезии. Сущность ее состоит в том, что по 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. 15), измеряют затем теодолитом углы всех намеченных треугольников.

Видимые с одной установки вершины углов должны быть обозначены вехами с флажками различного цвета и конфигурации. По одной измеренной стороне и по углам можно

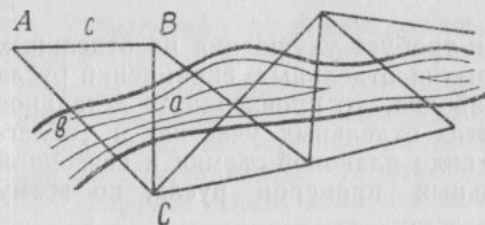


Рис. 15.

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. Ситуация внутри каждого из треугольников с очертаниями берегов реки снимают после того мензулой, ориентируя ее на вершины треугольников.

Таким образом триангуляционная съемка складывается из:

- 1) выбора удобных пунктов для вершин треугольников с установкой на них угловых вех;
- 2) измерения базиса основного и последующих;
- 3) измерения углов треугольников помощью теодолита;
- 4) вычисления сторон, увязки сети, вычисления координат вершин треугольников;
- 5) накладывания точек на мензульные планшеты;
- 6) мензульной съемки внутри каждого из треугольников.

Мензульные планшеты наклеиваются при таких точных съемках на алюминиевые листы.

Наиболее часто в мелиоративной практике съемка русла реки производится прокладкой теодолитом осевого хода

вдоль реки, по возможности близко от берега, но не следуя все же за всеми извилинами реки (рис. 16).

В этом случае в состав работы входит:

1. Установка вех полигона в таких точках, чтобы линия проходила близ берега реки и не требовала значительных прорубок.

2. Промер длин линий, производимый по вспомогательным вешкам, помощью 20-метровой ленты с установкой пикетов. Наибольшая линейная ошибка при промерах линий по неблагоприятной местности определяется в землемерных инструкциях формулой:

$$\Delta = 0,01 \cdot \sqrt{8l + 0,01 l^2},$$

где l —длина линии в м, Δ —допускаемая ошибка в м.

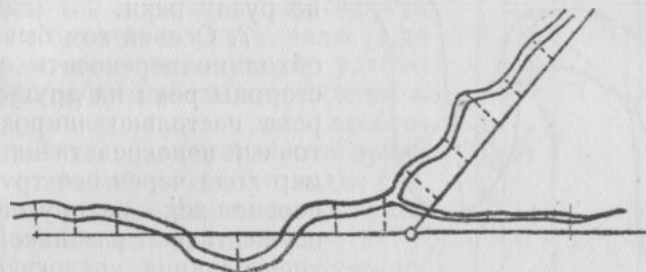


Рис. 16.

Например, при длине линии в 1000 м, наибольшая разница между двумя измерениями линии допускается—1,34 м. При однократном измерении линии хода, как это иногда делается, возможности проверки не имеется.

Пикеты забиваются по линии хода через 100 м. Если линия идет по суходолу, то 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.

3. Измерение углов производится теодолитом.

Предельная невязка в углах замкнутого полигона вычисляется по формуле:¹

$$\Delta = t \cdot \sqrt{2n}$$

n —число измеренных углов,

t —предельная ошибка измерения одного угла равная $30'$.

¹ Виноградов, Орлов, Смиренин, Шеляпин. Практика низшей геодезии. 1927.

При измерении углов всегда необходимо отсчитать для последующего контроля и румб линии.

4. Восстановление перпендикуляров от осевого хода до пересечения с извилинами русла и промеры длин этих перпендикуляров, т. е. заснятие берега реки. Другой берег получается при последующих промерах русла.

5. Съемка ситуации долины реки производится или по поперечным ходам, прокладываемым через 200—500 м для пикетажа, или мензульной съемкой на основе теодолитного осевого хода.

6. Некоторыми мелиораторами производится еще промер лентой непосредственно по берегу всей реки, чтобы получить точную величину длины существующего русла, что имеет значение для вычисления действительного уклона по руслу реки.

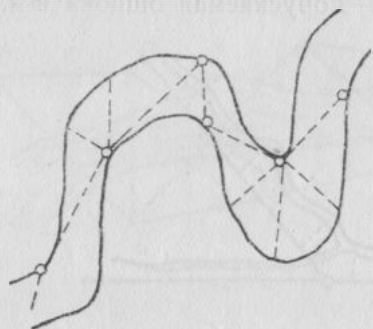


Рис. 17.

7. Осевой ход бывает необходимо переносить с одной стороны реки на другую; если река настолько широка, что точный непосредственный промер хода через нее труден, то перенос хода на другой берег осуществляют разбивкой здесь треугольника, аналогично триангуляции, замеряя базис АВ, углы А и В.

При весьма густых зарослях на обоих берегах реки съемка русла может производиться перекидкой (рис. 17) углов с берега на берег, с определением углов теодолитом, а длин линий дальномером, т. е. по двум крайним волоскам, имеющимся в трубе того же теодолита.

Точность такой съемки русла для целей мелиорации получается достаточная.

Все указанные приемы упрощаются при исследовании небольших речек; вместо теодолита употребляют гоноиметр.

Масштаб плана для изображения всех извилин и ширины реки для целей регулирования ее должен иметь в 1 см—50 м. Масштаб осевого хода и мензульной съемки по нему значительных площадей, подлежащих мелиорации, может иметь 1 см—250 м; при таком сравнительно малом масштабе достигается однако ряд преимуществ: 1) значительное удешевление мензульной съемки, 2) лучшая обзорность плана массива, 3) лучшая обзорность прохождения горизонталей

по болотам через 0,2 м по высоте, 4) лучшая ориентировка при намечении магистральных каналов.

При таком плане вполне возможно и проведение детальной осушительной сети с расстоянием между канавами в 150—250 м.

Нивелировка по реке. Осью нивелировки является обычно ходовая линия теодолитной или вообще угломерной съемки реки. Основные пикеты ставятся через 100 м.

Против каждого пикета осевого хода берется нивелиром также отметка одного берега, отметка уровня воды, отметка другого берега. При русле, значительно меняющем свою 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.

Для взятия уреза воды необходимо забивать для установки рейки кол с головкой на уровне воды; ставить рейку непосредственно на землю возле воды—недопустимо.

При наличии по берегу реки зарослей, указанный способ нивелирования берегов и уреза против пикета вызывает необходимость значительных вырубок (рис. 18а); нужно прочистить:

- 1) осевой ход нивелировки,
- 2) взгляд со стоянки на берег против пикета,
- 3) взгляд на урез воды,
- 4) взгляд на другой берег реки, т. е. пришлось бы с каждой стоянки инструмента прочистить четыре линии.

Чтобы избежать такой прочистки, занивелировываются берега и урез воды не против пикета осевого хода, а по линии—перпендикуляру против стоянки инструмента; тут приходится прочистить только две линии (рис. 18в):

- 1) осевой ход нивелировки,
- 2) перпендикуляр от стоянки инструмента к реке, иногда очень короткий.

При этом стоянку инструмента можно выбрать в таком месте, с которого вырубка по перпендикуляру к реке будет наименьшей. Расстояние стоянки инструмента от пикета осевого хода должно быть замерено.

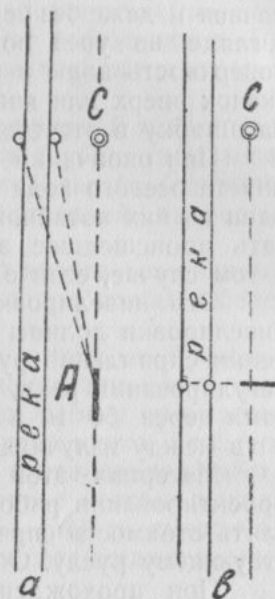


Рис. 18.

Если берега пологие, то может оказаться необходимость брать на берегу три точки, чтобы получить точный профиль его. Нивелировка по основной оси должна быть двойная или должна быть увязана полигоном нивелировки долины реки. Нивелировка с переменной горизонта инструмента не может заменить двойной или увязанной по полигону нивелировки.

Нивелировка берегов и урезов воды производится одиночная и 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.

При окончании работы дня следует против последнего пикета осевого хода забить два кола в уровень с водой, один из них потайной, чтобы утром следующего дня отсчитать происшедшее за ночь изменение горизонта воды и в том случае, если один из кольев выдернут.

Ось нивелировки по реке является обычно и осью нивелировки долины реки по поперечным ходам. В предвидении спрямлений русла при последующем за изысканиями регулировании реки, необходимо пронивелировать с пикетами через 50 м направления возможных прокопов между излучинами.

Материал этой нивелировки даст возможность при проектировании работ по регулированию рек точно сопоставлять стоимость спрямлений со стоимостью работ по существующему руслу. Обычно этого материала не имеется.

При прохождении реки под мостом совершенно необходимо выяснить, укреплено ли русло под мостом камнем, имеются ли поперечные и продольные шпунтовые ряды, каково расстояние между устоями моста и, наконец, взять нивелировкой высотное положение укрепленного или неукрепленного дна русла под мостом.

Эти данные необходимы для вычисления затем величины углубления дна русла под мостом и для суждения о том, как отразится это на устойчивости моста. Здесь же желательна привязка нивелировки к головке рельса или к подферменному камню.

При преграждении реки мельничной запрудой необходимо нивелиром взять положение всех специфических точек: верхнего горизонта воды, нижнего горизонта воды, порога водоспуска, высоты заставок, высотное положение вала водяного колеса, размеры колеса, положение частей турбины и проч. Вообще необходимо получить все данные для суждения о возможном понижении уровня воды перед плотиной, не уничтожая возможности работы мельницы.

Перед плотинами, а также и по всей реке следует занивелировать бывшие высшие уровни воды, замечаемые по следам на деревьях, сваях и откосах.

Одновременно с нивелировкой уровня воды в реке производятся рейкой промеры глубин русла.

Через русло протягивается рулетка, веревка или металлический тросс, в зависимости от ширины русла; по разметкам на троссе через 1—2 м спускается до дна реки нивелирная рейка и отсчитывается деление ее на уровне воды. По отметке уровня воды и по глубине воды вычисляются отметки дна русла.

Исследование озер на мелиорируемой территории слагается из плановой съемки, промеров глубин, гидрологических наблюдений, геологических исследований, ботанических и ихтиологических (рыбных) исследований, гидротехнических изысканий.

План озера получится в результате обхода его линиями нивелировки и проложения перпендикуляров от них к берегам озера.

Промеры глубин озера удобнее и надежнее производить зимой со льда. Толщина льда к концу зимы достигает значительной величины, поэтому следует работу произвести 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, смотря по величине и глубине озера, проводятся перпендикулярные ходы до краев его.

По осевому и по поперечным ходам промеры следует делать через 50—100 м. Береговая полоса, которая может после прорытия выводного из озера канала освободиться из-под воды, должна быть промерена подробнее, глубокие же места озера можно пройти с меньшей подробностью. Промеры глубин производятся помощью плоской гири (лота), подвешенной на тонкий шнур; одновременно с этим в мелких частях необходимо опускать на дно озера железную штангу, чтобы определить глубину до твердого дна. Для выяснения характера озерного ила следует извлечь образцы его помощью торфяного зонда Гиллера или Сукачева. Существуют и специальные приборы для изучения озерных отложений (лот Воронкова, стратометр Перфильева и др.).

Если промеры глубин необходимо произвести летом, то таковые 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.

Для определения больших глубин, когда простой лот в виде гири на шнуре теряет свою чувствительность, имеются специальные приборы, описываемые в курсах лимниграфии.

Гидрологическое исследование озера, применительно к нуждам мелиорации, заключается: 1) в количественном определении притока воды и истока воды из него, по правилам гидрометрии, в разное время года, 2) в наблюдении над колебанием уровня воды и 3) в наблюдении 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 понижение горизонта воды в нем на 0,5—1,0 м и как отразится на рыбах впуск в озеро воды с прилегающих торфяных болот.

Гидротехнические изыскания должны дать материал для выяснения: на сколько необходимо понизить уровень воды в озере для осушения прилегающих низменностей; на каком протяжении и каких размеров следует для этого прорыть выводной канал, новый или по речке; следует ли водоотводную магистраль с болота ввести в озеро или обойти ею озеро; каковы глубины торфа в районе озера; каковы юридические и экономические (участие населения) условия производства работ по впуску и выпуску воды из озера. Приемы гидротехнических изысканий те же, что на болотах и по рекам.

§ 19. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕКИ—ВОДОПРИЕМНИКА.

Конечной функцией количества выпадающих осадков, испарения их, формы и величины площади водосбора, рода бассейна и растительного покрова является величина расхода воды по рассматриваемой реке и колебания этого расхода во времени. От колебания расходов зависят колебания уровня воды в реке и скорости течения в ней. Расходы, горизонты и скорости воды суть основные элементы гидрологического режима реки. К этим элементам присоединяется еще время замерзания и вскрытия рек.

Расходы воды и аналогично уровни воды в реке характеризуются следующими графиками и соответствующими им таблицами:

1) графики месячных, десятидневных (декадных), пятидневных (пентадных) и ежедневных колебаний. По горизонтальной оси координат откладываются месяцы, декады или дни, а по вертикальной оси—соответствующие им расходы или уровни воды. На этих же графиках показываются и высоты выпадавших осадков. Этот график может быть годовой и осередненный за ряд лет.

2) Кривая повторяемости или частоты горизонтов и расходов воды (рис. 19). По вертикальной оси откладываются

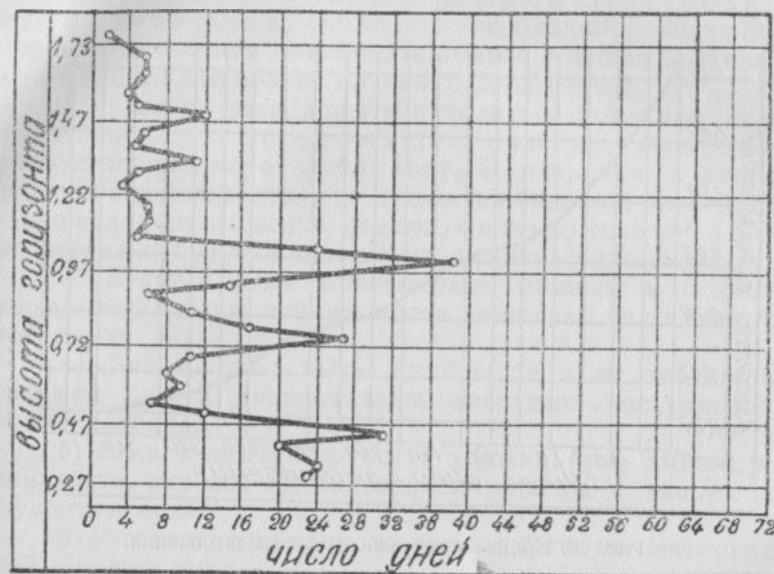


Рис. 19. Кривая частоты или повторяемости горизонтов.

высоты уровней воды, по горизонтальной оси—число дней в году стояния воды на соответствующем интервале высоты.

На рис. 19 видно, что наиболее часто повторяющийся уровень воды на канализованной речке Найдо-Белевке в Мозырском округе Белоруссии имел высоту 0,97 м над нулем рейки. Наиболее частый уровень воды в реке или канале в течение года или в течение вегетационного периода называют в мелиоративной практике иногда бытовым горизонтом.

Многие графики повторяемости горизонтов, в частности и по Найдо-Белевскому каналу, указывают, что реки имеют два и даже три наиболее часто повторяющихся горизонта.

3) Кривая продолжительности затопления. По вертикальной оси откладываются уровни воды, по горизонтальной оси—число дней, в течение которых уровень воды был равен или выше рассматриваемого (рис. 20).

Величина расхода воды по реке является основным исходным элементом при проектировании регулирования водоприемника, так как от расхода воды зависят размеры проектного русла. Поэтому определение расходов воды является обязательной составной частью мелиоративных исследований при необходимости регулирования водоприем-

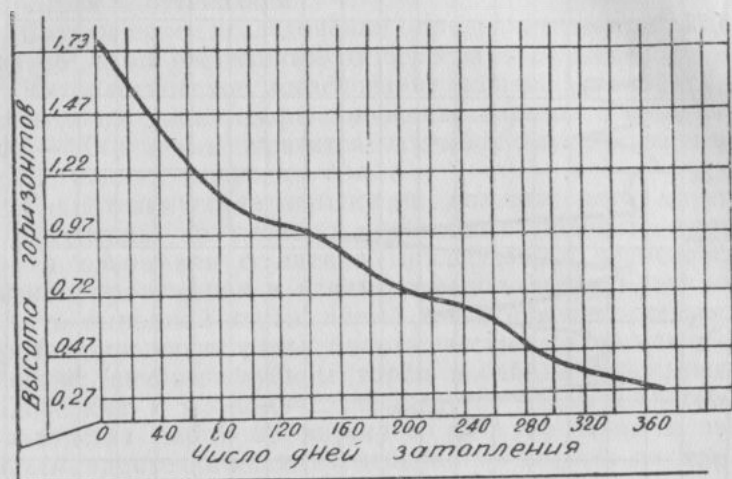


Рис. 20. Кривая продолжительности затопления.

ника. Вопрос о связи величины и характера водосбора с расходами воды по реке рассматривается в главе о расчете ширины проектного русла рек и каналов.

При мелиорации реки—водоприемника наибольшее значение имеют летние высокие горизонты воды и быстрый спад весенних горизонтов; при мелиорации реки, как сплавного пути, наибольшее значение имеет длительный спад весеннего горизонта. Сведения о горизонтах судоходных рек опубликованы быв. мин. пут. сообщения в особых выпусках, под наименованием: „Сведения об уровне воды на внутренних водных путях сообщения“.

Гидрологическое исследование водоприемника. Гидрологическое исследование начинается с устройства водомерного поста, так как наблюдения над уровнем воды и над расходом воды должны быть возможно длительными.

Обычно устраивается свайный водомерный пост. Место, выбираемое для устройства поста, должно удовлетворять следующим условиям:

1) Участок реки должен находиться вне влияния подпора от нижележащей плотины или от реки, в которую впадает исследуемая река. Последнее требование не всегда выполнимо в полной мере, так как весенние воды большой реки, принимающей в себя исследуемую реку, заходят иногда в приток на десятки километров, но требование, чтобы летний горизонт воды в реке был вне подпора от главной реки, соблюдать необходимо, иначе водомерный пост будет показывать только горизонты воды без возможности вычислять по ним расходы воды.

2) Участок реки должен находиться возможно дальше по течению от выше лежащих плотин, неравномерно пропускающих через себя воду. В мельничных плотинах вода то задерживается, то пускается большой массой; показания водомерного поста, лежащего вниз по течению и близко от плотины, будут в момент наблюдения случайными.

3) Участок реки должен быть прямым и с ровным дном, чтобы выше и ниже поста движение воды было равномерным.

4) Дно должно быть устойчивое и не зарастающее травами; берега должны быть высокими, доступными во время паводка.

5) Сваи водомерного поста должны быть забиты в таком месте, которое не подвержено ударам и напору движущегося льда.

6) Расстояние от притока должно быть не менее 5-кратной ширины реки.

На сваи употребляются отрезки диаметра около 20 см, забиваемые бабой на глубину ниже промерзания грунта и не менее как на 1,4 м.

После забивки свай, головки их спиливаются на высоте 10 см выше поверхности грунта; самая установка свай производится с таким расчетом, чтобы спиленные головки их отличались по высоте на 0,5 м или 0,3 м одна от другой. Нижняя свая забивается на уровне, ниже которого горизонт воды никогда не опускается. В голову сваи забивается гвоздь с широкой шляпкой, которая и является точкой сваи.

На незатопляемом берегу реки при водомерном посту устанавливается репер также в виде деревянного столба, врытого в землю с поперечиной вниз. Репера могут быть и в виде железной трубы, ввертываемой в землю и в виде чугунных отливок. Самым лучшим репером является прочно лежащий близ берега реки крупный камень-валун.

Обычно при самом же водомерном посту производятся и определения расходов воды. Точные определения скоростей течения воды помощью гидрометрических вертушек, батометра-тахиметра производятся специальными гидрометрами по особым инструкциям.¹

Обычная мелиоративно-изыскательская партия вертушкой не снабжается, так как инструмент этот дорог и требует тщательного обращения, и определение скорости течения воды производится в этом случае простейшим приемом — поплавками.

Предварительно необходимо промерить поперечные сечения реки по трем поперечным сечениям (створам). Одно сечение берется обычно против водомерного поста, второе — выше, третье — ниже поста. Расстояние между верхним и нижним сечениями принимается равным 2—3 ширинам реки (рис. 21).

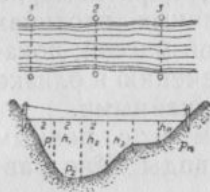


Рис. 21.

Промеры сечений реки производятся в мелиоративной практике следующим образом: через русло реки протягивается бечева, на которой размечают предварительно через 1 или через 2 м точки, над которыми будут производиться промеры, привязывая в этих точках шнурки с свободными концами. Для закрепления бечевы на обоих берегах реки вбиваются на 0,6 м выше горизонта воды кольца, наклонно от реки, по два рядом по линии створа. Концы бечевы закручиваются за кольца с таким натяжением, чтобы середина ее не касалась поверхности воды; при ширине реки до 30 м это легко выполнимо.

Самый промер глубин производится рейкой с лодки; в лодку садятся: на носовую часть рабочий, погружающий в воду рейку, или специальный „футшток“ — рейку с острыми гранями, рассекающими струю текущей воды; на корму — двое рабочих с шестами для управления лодкой; в середину техник, производящий отсчеты по рейке и записи их.

Лодка подводится к канату-бечеве с нижней стороны; двое рабочих, упираясь с обеих сторон лодки шестами в дно реки, подводят носовую часть ее к очередной точке; рабочий, производящий промеры, может при этом, держась одной рукой за натянутый через реку канат, помогать установке носа лодки против очередной точки промера, одновременно с этим он опускает рейку на дно, а техник произ-

¹ Напр., Сборник инструкций для производства гидрометрических работ и наблюдений. Изд. Наркомзема. Украина. Киев. 1925. Белова, Е. Инструкция по гидрометрическим исследованиям. 1930.

водит отсчет. При значительной глубине реки приходится устанавливать лодку только держась за канат.

По промеренным сечениям строятся поперечные профили потока по всем трем створам; вычисляется площадь каждого из сечений и находится средняя величина площади из всех трех. После этого производится определение поплавками скорости течения воды.

Наилучшим поплавком является бутылка, наполненная водой на столько, чтобы закупоренная и брошенная в реку, она погрузилась в воду до горла; такой поплавок показывает наибольшую скорость и хорошо противостоит действию ветра.

В гидрометрических инструкциях указывается, что поправки должны пускаться в разных расстояниях от берега по всей ширине реки, чтобы получить таким образом среднюю скорость течения по поверхности; умножая среднюю скорость воды на поверхности на 0,9, получают среднюю скорость по всему сечению потока.

Такой способ пускания поплавков кропотлив и не всегда дает среднюю поверхностную скорость, так как поправки не идут по заданным им направлениям.

Простейший способ нахождения средней скорости потока состоит в определении наибольшей поверхностной скорости реки пусканием поплавков-бутылок только по линии наибольшей скорости течения. Наибольшая скорость по стрежню реки определяется тремя удачными пусканиями поплавков; показания поплавков, отклонившихся в своем движении от линии наибольшей скорости течения, должны быть отброшены. Строго говоря, следует принять для дальнейших вычислений показания лишь одного из всех пусканий поплавков, именно того, который показал наибольшую скорость, если только имеется гарантия в отсутствии ошибки в отсчете времени.

Средняя скорость течения воды всего сечения потока вычисляется как:

$$V_{\text{ср.}} = K \cdot V_{\text{наиб.}}$$

Значения переходного коэффициента K для земляного русла приведены в нижеследующей таблице:

Гидравлич. радиус в м	K	Гидравлич. 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

Понятие о гидравлическом радиусе водного потока дано в главе „Движение воды по руслу“.

При водомерном посту или близ него должна быть устроена поперек долины линия колодцев для наблюдения над уровнем грунтовых вод, в связи с осадками и с уровнем воды в реке. Об устройстве смотровых колодцев изложено в разделе об изысканиях на площадях.

§ 20. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЛОВОПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ РЕКИ

Осушительная система на лесной площади должна обслуживать по возможности и нужды водного транспорта леса; тем более это относится к рекам—водоприемникам. Экономическое обоснование мелиорации лесной площади значительно усиливается улучшением условий сплава по реке—водоприемнику. Поэтому необходимо при изысканиях по рекам в целях осушения земель, устанавливать и сплвопропускную способность реки в ее естественном состоянии и после регулирования ее. При сплаве бревен и дров россыпью, или молью, пропускная способность реки за сутки вычисляется следующим образом: если ширина водного потока равна B м, а средняя скорость течения воды на поверхности равна V м в секунду, то при полном использовании всей поверхности воды для сплава в идеальных условиях через данное сечение реки прошло бы за час $B \cdot V \cdot 60 \cdot 60$ кв. м плывущего сплошной массой леса. Так как водный поток имеет ширину различную, и у берега имеет недостаточную для движения леса глубину, то сплавляемым лесом может быть использована лишь часть от средней ширины потока; обозначая долю использования ширины реки для сплава коэффициентом использования ширины α , принимают его равным от 0,6—0,75.

Но и используемая ширина водного потока не может быть покрыта плывущим лесом без зазоров между отдельными бревнами или поленьями. Поэтому вводится еще коэффициент заполнения используемой ширины водного потока— β , равный около 0,1.

Кроме того движение леса происходит медленнее, чем средняя скорость поверхности воды в реке; причиной этого являются задержки леса на поворотах, удары о берег, задержка в кустах и т. п.

Чем чище и правильнее русло реки, тем ближе скорость движения леса к скорости течения воды. Поэтому в формулу вводится еще коэффициент устроенности русла p , меняющийся в пределах 0,3—0,9.

Приняв во внимание перечисленные: коэффициент использования ширины потока α , коэффициент заполнения β и коэффициент устроенности русла p , получаем взамен первоначальной формулы идеального сплава, формулу более близкую к действительности:

$$F = \alpha \cdot \beta \cdot p \cdot B \cdot v \cdot 60 \cdot 60,$$

где F —площадь в кв. м леса, проходящего через рассматриваемое сечение русла. Если бревна или дрова, занимающие в уложенном друг к другу виде площадь F , сложить в кубы и вычислить объем плотной древесины, то на 1 куб. м древесины пойдет около 4—5 кв. м лежащих бревен или дров.

Следовательно объем в куб. м могущей пройти за сутки по данной реке древесины выражается формулой

$$W = \frac{0,75 \cdot 0,1 \cdot p \cdot B \cdot v \cdot 60 \cdot 60 \cdot n}{4}$$

B —средняя ширина зеркала воды в реке,
 v —средняя поверхностная скорость,
 p —коэффициент устроенности русла,
 n —число часов сплава в сутки.

Эта формула в несколько ином написании, была доложена Н. А. Пермьяковым на Совещании по водной лесомелиорации, состоявшемся в 1928 г. в Москве, при НКЗ.¹

Для коэффициента устроенности русла p в том же докладе указаны следующие значения:

Характеристика реки	Коэффициент p	
	без телефонной связи	с телефонной связью
1. Русло весьма извилисто, с большим количеством карчей, топляка, камней, островов, перекатов, хлама.	0,1—0,2	—
2. Русло извилисто, захламлено, с корчами, пнями, подмываемыми деревьями, кочками, мысами.	0,3	0,4
3. Русло улучшено выборочными работами на наиболее трудных для сплава местах	0,6	0,7
4. Русло улучшено на всем протяжении расчисткой от захламленности, с производством спрямлений, закрытием проносов, углублений перекатов	0,8	0,9
5. То же, что и в п. 4, но кроме того с поднятием горизонта воды в реке шлюзованием	0,9	1,0

¹ Напечатано в материалах Совещания, 1928 г. Там же приведены материалы, характеризующие численные значения элементов сплава.

Сплавпропускная способность реки за сезон определяется продолжительностью в днях сплавного периода, а эта продолжительность обуславливается временем сохранения в реке необходимой для движения леса глубины потока. Продолжительность сохранения требуемой глубины определяется опросом населения и гидрометрическими наблюдениями. По канавам она равна всего нескольким дням, а по некоторым рекам сплав может идти все лето. Необходимый донный запас, т. е. расстояние от нижнего очертания бревна до дна канала, считается в 0,20 м.

При сплаве леса в плотках, сплавпропускная способность реки определяется числом плиток, плотов, гонков, могущих пройти через рассматриваемое сечение реки за сутки, и объемом древесины в одном плоту, гонке и т. п.

Для характеристики действительного сплава укажем, что по рекам Казанского края плоты проходят за сутки в среднем 3—4 км и в лучшем случае 25 км. Средний же проход молевого сплава за сутки равен 2 км за рабочий день.¹

§ 21. ИССЛЕДОВАНИЕ ГРУНТА

По оси нивелировки производится обычное для торфяных болот определение глубины торфа помощью зондов, описанных в разделе исследования площадей. Но берега реки сложены из минеральных наносов и потому, если предвидается улучшение грунта, то необходимо установить состояние грунта берегов помощью бурения со взятием образцов или вырытием пробных шурфов, также с взятием образцов грунта и с зарисовкой отложений с природы.

Процесс бурения изложен в главе об устройстве колодцев. Образцы взятого грунта из нескольких наиболее типичных скважин подвергаются механическому анализу для определения крупности частиц.

Особенно необходимо исследование грунта вырытием ям или бурением со взятием образцов по линиям предполагаемых спрямлений реки. Если дно спрямления—прокопа врезывается в мелкий плавучий песок, то условия работы и крепления откоса будут трудные, если дно войдет в крупный песок, то особых трудностей в прорытии и в креплении нет; дно в плотной глине копать тяжело, как вручную, так и машиной; дно в торфу копается легче всего.

¹ Труфанов, А. Очерк сплавных рек и транспортирования древесины Казанского края. 1923.

Градациями крупности частиц, на которые разделяются образцы, при механическом анализе их по классификации Вильямса-Сабанина являются:

		диам. в мм
камни		более 10
хрящи (угловат. формы) галька (округл. формы)	крупн.	10—7
	средн.	7—5
	мелкая	5—3
песок	крупный	3—1
	средний	1—0,25
	мелкий	0,25—0,05
пыль	крупная	0,05—0,01
	средняя	0,01—0,005
	мелкая	0,005—0,001
ил мельче		0,001

Для характеристики грунта в полевой обстановке можно руководствоваться следующими признаками.¹

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	Песчаные частицы с примесью		Шнур не скатывается	Непрочные комки. С поверхности легко обтирается песок
Песок	Зерна песка	Жидкая текучая масса		Сыпуч
Хрящевой грунт	Песок или глина в избытке содержат хрящ от 3 до 10 мм разм.			

Экономическая и юридическая подготовка. Экономическая подготовка, состоящая в собирании материалов по обоснованию народнохозяйственной выгоды регулирования реки, соединяется с экономической частью исследования при изысканиях на лесной территории с существенным добавлением значения улучшения сплавпропускной способности реки, если таковая действительно улучшится в результате регулирования реки, как водоприемника.

¹ Извлечено из книги Д. Красюка „Почвы“, 1929 г.

Подготовка к разрешению вопросов, связанных с регулированием реки, в социалистическом государстве значительно упростилась; все трудные вопросы проведения работ по „чужим землям“ отпали; вопросы об упразднении мельниц в некоторых случаях быстро решаются постановлениями окружных или иных исполкомов, но в некоторых случаях все же встречаются большие затруднения; специального водного кодекса почти ни в одной из советских республик не имеется.

Значительное затруднение встречается при проведении водоотводной магистрали под железнодорожным мостом, так как при этом часто оказывается необходимым произвести здесь углубление дна, которое закреплено под мостом иногда мощением и шпунтовым рядом.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПО ПЛОЩАДИ

§ 22. ВОДООТВОДНЫЕ КАНАЛЫ

Полная схема осушительной сети включает в себя:

- 1) реку—водоприемник, не нуждающуюся в регулировании;
- 2) реку или речку—водоприемник, подлежащую регулированию;
- 3) главные водоотводные каналы, проводимые взамен русел речки и ручьев;
- 4) магистральные водоотводные каналы, проводимые иногда взамен русел ручьев, иногда же по целинному грунту;
- 5) собирательные каналы по целинному грунту, имеющие задачей непосредственный прием в себя поверхностной воды с осушаемой площади или воды из осушительных каналов;
- 6) осушительные каналы, имеющие основной задачей прием в себя грунтовой воды;
- 7) каналы особого назначения: нагорные, ловчие, защитные, оросительные;
- 8) озера проточные и глухие.

По терминологии проф. Костякова, каналы, служащие для непосредственного приема воды с поверхности или из грунта осушаемой площади, называются регулирующей частью осушительной системы, а все остальные каналы называются отводящей частью системы, так как их назначение—отводить воду, поступающую из регулирующих каналов. Непосредственное воздействие на уровень грунтовых вод оказывает регулирующая часть системы осушительных каналов; от их глубины и расстояния зависит степень осушения площади.

Перечисленные восемь элементов осушительной системы редко входят все в состав одной осушительно-мелиоративной работы; особенно при сравнительно экстенсивных видах осушения лесных земель.

Во многих случаях имеем упрощенную, ясно выраженную схему;

- 1) река—водоприемник без регулирования;
- 2) водоотводные, они же магистральные каналы;
- 3) собирательные, они же осушительные канавы.

Иногда вся осушительная мелиорация может быть сведена к одной работе:

- 1) регулирование протекающей речки.

Элементы регулирования рек—водоприемников рассмотрены в специальной главе. Распределение остальных элементов осушительной системы по мелиорируемой территории рассматривается отдельно для отводящих каналов (магистральных и главных) и для собирательных канав.

Водоотводные каналы (главные и магистральные) проектируются, сообразуясь:

- 1) с горизонталями поверхности;
- 2) с глубинами торфа;
- 3) с руслами существующих протоков;
- 4) с существующими и проектируемыми водными и сухопутными путями сообщения;
- 5) со специальными особенностями мелиорируемой площади.

Магистральные каналы должны проходить, вообще говоря, по низким местам осушаемой площади, к которым имеется естественный сток 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 намечение линии каналов на минеральных грунтах, или на мелком торфе, по планам с горизонталями обычных нивелировок может быть только ориентировочным; необходимо проследить линию предполагаемой магистрали на месте и занивелировать ее продольным ходом, увязываемым с общими ходовыми линиями нивелировки.

Проходя по пониженному месту, тальвегу, магистраль должна иметь повороты, соответственно направлениям тальвега, но с соблюдением указываемого во всех руководствах требования, чтобы внутренний угол поворота был не менее 120° , хотя достаточной мотивировки этому и не имеется.

Вместо угла, на повороте делается часто закругление, радиусом около 60 м.

При осушении торфяного болота положение магистральных каналов намечается сообразуясь не только с горизонталями поверхности земли, но и с глубинами

торфа, учитывая рельеф, который образуется после проведения осушения; после осушения торфяная толща претерпевает осадку и тем большую по абсолютной величине, чем глубже будут канавы.

Величина осадка торфа зависит от трех факторов:

- 1) глубины торфа;
- 2) глубины канав;
- 3) рода торфа.

Поэтому установление наперед величины осадки является делом трудным и часто невозможным. При первоначальной глубине канав в 1,1 м величина осадка для торфа может быть грубо принята равной в пределах 20% от глубины торфяника среднего разложения. Плавающий моховой покров или жидкий торф садится на значительно большую величину. Имеющиеся наблюдения не дают пока возможности сказать даже, моховой или травянистый торф дает большую осадку.



Рис. 22.

Нарастание мха на болоте, как указано в соответствующей главе, идет таким образом, что середина мохового болота становится выше, чем окраина; дно же торфяника, как дно озера, на середине лежит ниже дна окраин.

Если имеется в виду осушение самого моховика в целях обращения его под лес или под сельскохозяйственную культуру, магистраль, вообще говоря, проводится по месту наибольшей глубины торфа, так как здесь после последующей осадки поверхность окажется наиболее низкой (рис. 22).

Но иногда торфяник настолько высоко поднят, что и после осадки поверхность его посредине может остаться выше окраины.

При наличии среди торфяного массива мест с мелким торфом или с выступами минерального грунта наружу, следует такие места линией магистрального канала обходить (рис. 23).

Трудным является выбор трассы канала при выходе заболоченного массива в долину большой реки; по окраине долины тянутся песчаные холмы, между которыми имеются извилистые проходы 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 является возможность придать каналам больший уклон; но требуется предохранение кана-

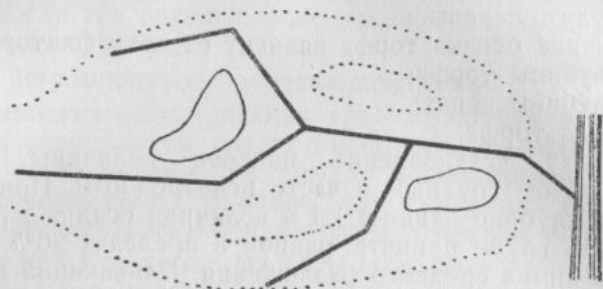


Рис. 23.

лов от задувания их мелким дюнным песком, от занесения наносимым водой песком и от обвалов в песчаном грунте.

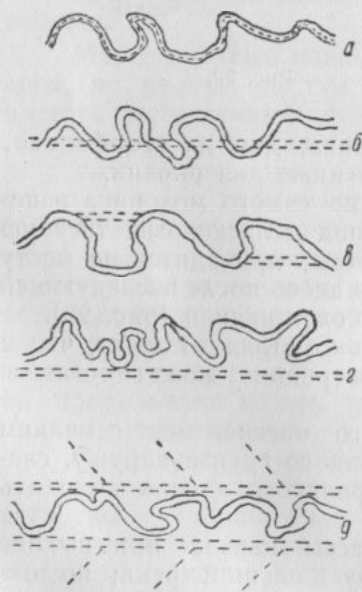


Рис. 24.

При наличии на мелиорируемой площади ручья или небольшой речки положение магистрального канала может иметь четыре варианта (рис. 24):

а) Следуя по всем извилинам русла; при таком положении работа будет заключаться в углублении и уширении существующего русла; это допустимо лишь в том случае, если русло речки хорошо выражено, не слишком извилисто, имеет большой уклон и объем земляных работ не велик по сравнению с объемом нового канала. Пограничное положение ручья также иногда является причиной проведения магистральной по существующему руслу. Все же результаты такой работы недолговечны, требуют ремонта значительно большего по сравнению с прямой магистралью.

б) Пересекая все извилины русла ручья прямой магистралью; при таком направлении в каждом месте пересече-

ния магистрали с существующим руслом приходится делать поперек этого русла защитные перемычки (см. далее), углублять дно в топком иле, получать сечение канала разной ширины; при частых пересечениях старого русла новый канал быстро зарастает и заливается.

в) Проведение канала по спрямлениям отдельных извилин существующего русла является наиболее обычным приемом; 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 новые прорезы по целинному грунту и подчищенные отрезки старого русла.

г) Если долина речки или болото по ней достаточно широки и поперечный уклон невелик, то следует магистральный канал провести весь в целинном грунте, отступая от существующего русла; получается канал правильного однородного сечения, с малым числом поворотов; размеры такого канала могут быть несколько меньшими, чем при проектировании по реке, выемка куба земли значительно дешевле, так как она будет производиться по новому месту и в сухих условиях; вся вода во время производства работ будет идти по существующему руслу. Ремонтные работы будут обходиться значительно дешевле по сравнению с предыдущими вариантами. Но между новым каналом и старым руслом окажется полоса земли, доступ на которую возможен только после устройства мостов, т. е. прибавляется расход на мосты и на ремонт их. Затем, при производстве дальнейшего осушения болота, при прорытии боковых канав, придется или пересекать ими старое русло протока или проводить для них с другой стороны старого русла вторую магистраль.



Рис. 25.

Большого внимания требует проведение магистрального канала, если по его направлению на болоте находится озеро (рис. 25). Проведение магистрали в этом случае через озеро, т. е. впуск ее в озеро с одной стороны и продолжение от озера с другой стороны его, не всегда целесообразно, хотя и дает экономию в земляных работах. Если берега озера ясно оформлены и идут круто ко дну, и дно озера значительно глубже предполагаемого дна канала, то проведение магистрали через озеро рационально.

Если же озеро мелко, дно его илисто, поросшее водными растениями, берега отлоги и топкие, то такое озеро следует обходить, как указано на рис. 25. При отлогих бе-

регах озера при впуске в него и выпуске из него канала пришлось бы прочищать дно озера на некотором протяжении от берегов внутрь его; если берега состоят из жидкой массы, то канава после прочистки вновь заплывает илом; во время копки канавы воды несут частицы земли, мелкие корни растений, траву и пр., которые, будучи вынесены в озеро, где течение воды незаметно, осаждаются на дно его или задерживаются между береговыми осоками и тростниками; часть материала осаждается и близ устья канала, вследствие чего затрудняется свободное прохождение воды через озеро.

Однако от этих основных положений часто приходится отступать. Поверхность воды в озере горизонтальна; берега озера с противоположных сторон часто одинаково низменны. Поэтому обходный канал не будет иметь на всем своем протяжении никакого естественного уклона; уклон можно создать лишь искусственно за счет и без того очень малого уклона поверхности болота выше и ниже озера.

Выгадывая при пропуске канала через озеро в уклоне, кроме того достигается еще уменьшение в объеме земляных работ. Обводный канал, имея весьма малый уклон, должен иметь большие размеры поперечного сечения, т. е. требует большой земляной выемки в трудных условиях; вследствие очень малого уклона, канал потребует расходов и на ремонт; все это отпадает, если канал пропустить через озеро при малейшей к тому возможности.

При расчете на сплав леса по магистральному каналу, обвод его мимо озера необходим; озеро позже освобождается от льда, а при весеннем сплаве по каналам и речкам дорог каждый день; кроме того и после очищения от льда продвижение лесного материала через озеро требует буксировки. Поэтому, при наличии сплава леса, и глубокое озеро необходимо обходить каналом; обход крупных озер делается в целях защиты судоходства от опасностей волнения: Белое, Онежское, Ладожское озера имеют обходные каналы.

Таким образом, при наличии озера 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, какова стоимость обводного канала и стоимость закрепления мест впуска и выпуска канала в озеро?

В некоторых случаях оказывается полезным проведение магистрального канала не по пониженной части, а по окраине долины, в повышенной части ее, для перехватывания всех вод, поступающих в долину реки по боковым притокам. Это тип так называемых нагорных каналов.

В речные долины Черноземного края впадают действующие овраги, из которых во время весеннего таяния снега и во время летних ливней выносятся значительное количество мелких и крупных частиц земли. Эти выносы отлагаются при выходе из оврага в долину реки, образуя так называемый конус выноса. Если русло реки проходит недалеко от места выхода оврага, то овражные выносы засыпают русло, вызывая разлив воды по лугу (рис. 26). Прочистка русла реки в таких местах бесполезна и является необходимостью провести магистральный канал на таком расстоянии от устья оврага, чтобы конус выноса не доходил до него. Если же долина не достаточно для этого широка, то к месту выхода балки следует подвести ловчую канаву с валом земли по низовой стороне ее и принять меры к закреплению размываемых частей оврага.

Устье магистральной канавы должно быть введено в реку или какой-либо другой приемник в том месте, где дно приемника не выше и не уже предполагаемого дна канала; в противном случае самый приемник намечается к расчистке. Выведение дна канала на поверхность земли („на нет“) с тем, чтобы вода шла далее по поверхности земли, допустимо только в узких ложбинах, дно которых и до устройства осушительной канавы представляло неиспользуемую площадь.

Повороты магистральных канав допускаются различные в зависимости от многоводности канавы и некоторых специальных условий, например сплава леса; чаще принимают, что внутренний угол на повороте не должен быть менее 120° или же угол заменяется закруглениями в виде дуг окружности; если канал должен служить для сплава леса, то радиус дуги закругления делается не менее 60 м; при этом 20-метровые сплавляемые бревна проходят по закруглениям, не задерживаясь в них.

Ввод водоотводных каналов в реки производится под углом в 60° или по закруглениям в 60 м. Если по реке — водоприемнику и по каналу имеется сплав леса, особенно

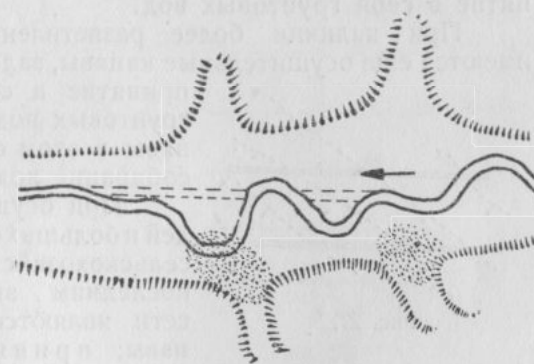


Рис. 26.

россыпью, то ввод канала в реку производится возможно плавно, чтобы в реке не получалось прибойной к противоположному берегу струи; это же правило соблюдается при введении магистральных каналов в главные.

При отсутствии сплава соединение потоков может производиться с более крутыми поворотами.

§ 23. СОБИРАТЕЛЬНЫЕ КАНАВЫ

Собирательные каналы имеют задачей непосредственное принятие в себя главным образом поверхностных вод с осушаемой площади и в меньшей мере непосредственное принятие в себя грунтовых вод.

При наличии более разветвленной детальной сети, имеются еще осушительные каналы, задачей которых является принятие в себя главным образом грунтовых вод; собирательные каналы в этом случае имеют задачей собирание воды из осушителей.

При осушении лесных площадей и больших болотных пространств сельскохозяйственного назначения последним звеном осушительной сети являются собирательные каналы; принимая в себя по-

верхностную воду, они тем самым косвенно, но существенно влияют и на уровень грунтовой воды, так как чем быстрее стекают поверхностные воды, тем раньше начинается испарение грунтовой воды.

Собирательные каналы, как последнее звено, должны непосредственно собирать в себя воду с поверхности осушения; этим определяется положение их на осушаемой площади; вода течет по поверхности земли по направлению наибольшего уклона, т. е. перпендикулярно горизонталям. Собирательная канава должна идти наперекрест направлению движения поверхностной воды, она должна эту воду перехватывать. В то же время, канава должна иметь некоторый естественный уклон, так как без этого вода в ней не будет иметь течения. Соблюдение обоих требований—приема поверхностной воды и отвода ее к магистрали—требуют направления собирательных канав под острым углом к горизонталям поверхности (рис. 27). Соблюдение этого основного требования приводит к двум основным схемам взаимного расположения собирательных и водоотводных каналов.

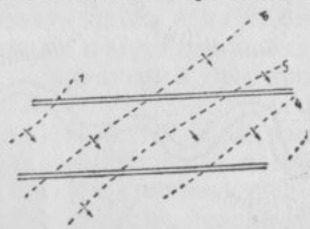


Рис. 27.

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. 28).

При этих условиях боковые каналы располагаются к магистрали под углом от 45° до 60° , образуя правильную сеть. Устья канав располагаются или попарно друг против друга или чередуясь, что не имеет значения.

Вторая схема. Поверхность, кроме продольного уклона, имеет заметный уклон с боков к середине; боковые,

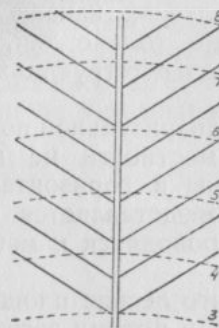


Рис. 28.

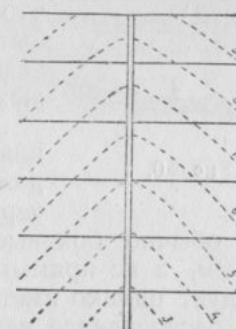


Рис. 29.

каналы должны быть расположены в этом случае иначе, именно, как указано на рис. 29.

Устройство закруглений при устьях необходимо лишь при предположении сплава леса и при большом количестве протекающей по канаве воды. При отсутствии этих условий возможно введение боковой канавы в магистраль под прямым углом; этот прямой угол является даже обязательным при осушении земель сельскохозяйственного назначения, связанном с обработкой земли и уборкой урожая машинами.

Третья схема. Осушаемая поверхность сравнительно с продольным уклоном имеет большой поперечный уклон, имеет следовательно характер долины. Собирательные каналы для этого вида рельефа целесообразно вести вдоль магистрали.

Во всех трех случаях указанное направление канав отнюдь не произвольно; верховая вода движется по ровной поверхности болота перпендикулярно горизонталям; если провести боковые каналы в том же направлении, то дей-

ствие их будет незначительно, так как вода будет двигаться по поверхности болот вдоль канав. Действие канав будет значительное при проведении их поперек направления движения верховой воды, т. е. параллельно горизонталям, но в этом случае они не будут иметь естественного уклона, искусственный же уклон дну канавы можно придавать только при незначительной длине ее; поэтому выбирают для боковых канав направление среднее, т. е. приводят их под острым углом к горизонталям местности.

Поднимаемый иногда вопрос о предпочтении расположения сети канав по рис. 28 или по рис. 29 отпадает, так как это расположение зависит только от рельефа местности; ясно, что в обоих случаях канавы должны быть проведены только так, как показано на соответствующих чертежах.



Рис. 30.

Если предварительной подробной нивелировки местности не производилось и плана в горизонталях вычернить не представляется возможным,

то обычно боковые канавы проводятся к магистрали под острым, а не прямым углом.

Следует однако иметь в виду, что лесная площадь значительно расчлененнее, чем открытая, и потому весьма часто осушительные канавы необходимо проводить применительно к местным неровностям, не выдерживая, следовательно, какой-либо правильной схемы.

Существенное влияние на проектирование положения канав имеет расположение кварталных просек, являющихся путями сообщения по лесу. Канавы желательно приурочивать к просекам и проводить их с той стороны просеки, с которой имеется приток воды; вынимаемая из канав земля разбрасывается по просеку для улучшения дороги.

Канавы особого назначения. Если заболачивание площади происходит вследствие выхода грунтовых вод, что часто наблюдается у основания скатов к речной долине, то вдоль линии выхода воды, ниже ее, проводится ловчая канав, которая должна перехватить 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, то проводится нагорная канав, принимающая эти воды до поступления их на мелиорируемую площадь (рис. 30).

К местам выхода на осушаемую территорию ложбин, приносящих воду, должны быть подведены встречные канавы, чтобы вода из ложбин не разливалась по площади.

Если целью мелиоративной работы является изолирование лесной и луговой площади от разрастающегося мохового болота, то по границе между болотом и суходолом проводится защитная канав; 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 канавы заполняются отложениями земляных наносов. Кроме того, всякие канавы по окраинам болот сильно вытаптываются скотом. Поэтому продольные уклоны этих канав должны по возможности приближаться к предельно большому из указываемых в главе об уклонах величин.

324^a. ВЫВОД ФОРМУЛЫ ШЕЗИ

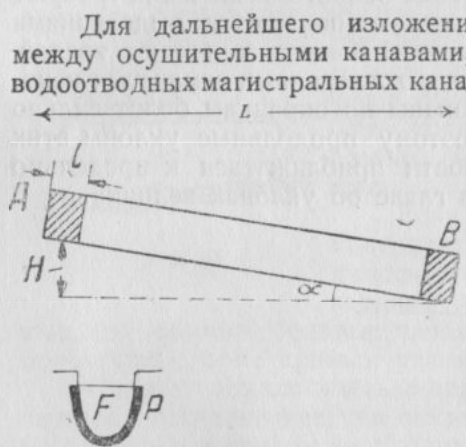


Рис. 31.

Положим, что имеется (рис. 31) отрезок прямолинейного канала AB , поперечное сечение которого на всем протяжении L одинаково, глубина воды и скорость течения также одинаковы по всему протяжению и остаются неизменными во времени. Неизменность поперечного сечения и скорости течения на всем рассматриваемом протяжении характеризуют равномерное движение, а неизменность скорости течения во времени характеризует установившееся движение.

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

необходимо предварительное усвоение одной из основных формул гидравлики, именно формулы Шези для вычисления скорости течения воды в открытом канале. Формула эта проходит по всем ответвлениям гидротехнической науки и практики, имея применение для случаев так называемого безнапорного движения жидкости.

Величина уклона выражается иногда в ‰, что для данного случая будет 0,5‰, или в промилях — для данного случая 5‰.

Уклоны рек выражаются очень малыми величинами, например:

Река Москва—между гор. Москвою и впадением ее в Оку	0,000097
Волга—между Тверью и границей б. Ярославской губ.	0,000134
Волга—в нижнем течении	0,000044
Дон—в нижнем течении	0,000052
Днепр—в нижнем течении	0,000086
Припять—в среднем течении	0,00007
Нева—в Ленинграде	0,000014
По—в Италии	0,000033
Миссисипи—в Северной Америке	0,00002
Уклоны поверхности заболоченных пространств	0,002—0,0002
Предельный уклон дороги для подъема лошади	0,1

Возвращаемся к рис. 31. Выделим мысленно в точке A призму воды длиной l при поперечном сечении F .

Объем призмы $F \cdot l$.

Вес воды в этом объеме $F \cdot l \cdot \delta$.

При перемещении выделенной призмы из положения A в положение B , центр тяжести призмы опустится на величину H , при чем поперечное сечение F и длина l призмы останутся без изменения, так как течение воды рассматривается равномерное и установившееся.

При снижении центра тяжести тела на вертикальное расстояние H , тело производит работу, выражаемую произведением веса тела на вертикальный путь; в данном случае работа выражается:

$$F \cdot l \cdot \delta \cdot H \dots \dots \dots (1)$$

Так как скорость течения в точках A и B одинакова, площади поперечного сечения потока, так называемые живые сечения, также одинаковы, то 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 при данном рассмотрении пренебрегаем).

Величина работы трения преодолеваемого выделенным объемом воды при перемещении его из положения A в положение B пропорциональна:

1) поверхности соприкосновения выделенного объема жидкости с руслом, равной Pl , где P — смоченный периметр, показанный на рис. 31 толстой линией;

2) длине пройденного пути, т. е. расстоянию от A до B выраженному точно через $L \cdot \cos \alpha$; так как α очень мал и

cos α очень близок к единице, то расстояние между А и В принимаем равным L;

3) скорости течения воды во второй степени, т. е. V², при чем зависимость во второй степени определена опытным путем.

Таким образом величина работы трения выражается:

$$P \cdot l \cdot L \cdot V^2 \cdot \alpha \dots \dots \dots (2)$$

где α коэффициент пропорциональности.

Так как работа падения рассматриваемого объема воды равна, как указано выше, работе трения, то, приравнявая уравнения 1 и 2, получаем

$$F \cdot l \cdot \delta \cdot H = \alpha \cdot P \cdot l \cdot L \cdot V^2$$

отсюда

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

$$V = \sqrt{\frac{\delta}{\alpha}} \cdot \sqrt{\frac{F}{P}} \cdot \sqrt{\frac{H}{L}} \dots \dots \dots (3)$$

$\sqrt{\frac{\delta}{\alpha}}$ — обозначается через коэффициент С.

$\frac{F}{P}$ — обозначается обычно через R и называется гидравлическим радиусом.

$\frac{H}{L}$ — есть уклон и обозначается через I.

При этих обозначениях формула (3) получает вид

$$V = C \sqrt{R} \cdot \sqrt{I} \dots \dots \dots (4)$$

Это и есть важнейшая формула движения воды в открытых руслах (каналах), называемая формулой Шези.

324^б. СКОРОСТНОЙ КОЭФИЦИЕНТ

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

Произведение F · V дает величину Q расхода воды в куб. м в секунду.

Коэффициент С в формуле Шези именуется скоростным коэффициентом. Величина его определяется в свою очередь сложными формулами разных авторов: Гангилье и Куттера, Базена, Маннинга, Павловского.

По Базену

(при метрическом исчислении) $C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \dots \dots \dots (5)$

R — гидравлический радиус живого сечения в м.
γ — коэффициент, зависящий от характера русла. Значения его берутся из нижеследующей таблицы.

Таблица коэффициентов С для формулы Базена

Классы	Х а р а к т е р р у с л а	γ
1	Канал из выструганного дерева или гладко-цементированный	0,06
2	Канал из обыкновенных досок, каменных плит или хорошо пригнанного кирпича	0,16
3	Канал из бутового камня	0,46
4	Канал в земле с каменными стенками или вымощенными откосами, тщательно содержимый, вода без взмученных частиц	0,85
5	Канавы и реки правильной формы и чистые	1,30
6	То же с каменистым или заросшим руслом	1,75

Для ускорения вычислений по формуле Базена в нижеследующей таблице непосредственно даются величины коэффициента С в зависимости от R и γ по формуле (5).

Таблица скоростных коэффициентов С по формуле Базена (5)

Гидр. рал. в м	Коэффициент шерохов. γ						Гидр. рал. в м	Коэффициент шерохов. γ					
	0,06	0,16	0,46	0,85	1,30	1,75		0,06	0,16	0,46	0,85	1,30	1,75
0,05	68,5	50,7	28,5	19,1	12,8	9,9	0,45	79,8	70,2	51,6	38,4	29,6	24,1
0,10	73,1	57,7	35,5	23,6	17,0	13,3	0,50	80,2	70,9	52,7	39,5	30,6	25,0
0,15	75,3	61,5	39,7	27,2	19,9	15,8	0,75	81,3	73,4	56,8	43,9	34,8	28,8
0,20	76,7	64,1	42,9	30,0	22,3	17,7	1,00	82,0	75,0	59,6	47,0	37,8	31,6
0,25	77,6	65,9	45,3	32,2	24,2	19,3	1,50	82,9	76,9	63,2	51,3	42,2	35,8
0,30	78,4	67,3	47,3	34,1	25,8	20,7	2,00	83,4	78,1	65,6	54,3	45,3	38,9
0,35	79,0	68,4	48,8	35,7	27,2	22,0	3,00	84,0	79,6	68,7	58,3	49,7	43,3
0,40	79,4	69,4	50,4	37,1	28,5	23,1	4,00	84,4	80,5	70,7	61,0	52,7	46,4

Менее употребительно определение коэффициента С по Маннингу:

$$C = \frac{1}{n} R^{0,166}$$

Здесь n коэффициент шероховатости русла равный¹ для водотоков в деревянной обделке 0,012

¹ Курсы гидравлики и статья Срибного в Изв. Гос. Гидр. ин-та № 50—51.

водотоков в каменной кладке	0,014
" в чистом правильном земляном русле	0,025
" в русле обычном земляном	0,030
" в заросшем русле	0,040
" с порожистым валунным руслом	0,067
" болотных заросших речек	0,135
Для воды, текущей по поверхности склонов в естественном их состоянии	0,25—1,0

324^B. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

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

Площадь живого сечения

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

Смоченный периметр

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

Гидравлический радиус

$$R = \frac{1,6}{3,42} = 0,47 \text{ м, } \sqrt{R} = 0,68 \text{ м,}$$

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

Скорость

$$V = C \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{I}$$

По формуле Базена, при $\gamma = 1,75$ непосредственно из таблицы находим

$$C = 24,5, V = C \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{I} = 24,5 \cdot 0,71 \cdot 0,045 = 0,78 \text{ м/сек.}$$

$$Q = 1,6 \cdot 0,78 = 1,25 \text{ куб. м/сек.}$$

По формуле Маннинга при $R = 0,47 \text{ м, } R^{0,166} = 0,88,$

$$C = 0,88 \cdot \frac{1}{0,030} = 29,$$

$$V = 29 \cdot 0,71 \cdot 0,045 = 0,926,$$

$$Q = 0,926 \cdot 1,6 = 1,48 \text{ куб. м/сек.}$$

При величине уклона I меньшем 0,001, на величину C оказывает заметное влияние и уклон, почему для получения точных результатов вычисление величины C ведется по полной формуле Гангиле и Куттера, которая здесь не приводится.

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

$$R = \frac{20 \cdot 0,5}{20 + 0,5 + 0,5} = \frac{10}{21} \approx 0,5 \text{ м, т. е. глубине потока.}$$

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 скорость течения воды, при прочих равных условиях, больше и именно — пропорционально корню квадратному из величины гидравлического радиуса.

Так как в природных условиях гидравлический радиус увеличивается с повышением горизонта воды в русле, то обычно, при отсутствии препятствий, поднятие воды в реке сопровождается увеличением скорости течения. Напр. при ширине прямоугольного русла в 3 м и глубине в 1 м гидравлический радиус

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

а при глубине в 2 м

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

при глубине в 3 м

$$R = \frac{3 \cdot 3}{3 + 3 + 3} = 1 \text{ м и т. д.}$$

Эти же основные формулы дают ключ к решению многочисленных и интересных практических задач в области гидротехнических работ.

При покрытии реки льдом общее трение при течении воды увеличивается, так как в этом случае 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. Эти обстоятельства имеют следствием то, что зимою при том же уровне расход воды в реке будет меньший.

§ 24. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

Поверхности, покрытые лесом, имеют вообще говоря более изрезанный, неровный рельеф, по сравнению с открытыми площадями. Сосняки сфагновые и сосняки-долгомошники растут часто на больших уклонах; в лесах на мокрых глинах реки обычно текут в хорошо выраженных долинах. Поэтому при осушении лесных земель, особенно с выбором для этого почв IV и V бонитетов, осушительная сеть часто проектируется не в виде правильной сетки, а в виде „диких“

деляется по данным наблюдаемых влияний каналов на рост леса, трав или сельскохозяйственных культур.

3. Экономический, когда сопоставляется расход на работы с ожидаемым результатом в виде продукции и принимается наивыгоднейшее расстояние.

4. Бытовой, когда расстояние принимается согласно установившемуся обычаю или в лучшем случае согласно жизненному опыту, комплексно учитывающему совокупность экономических и естественных условий.

Из приведенного видно, какую разнообразную по содержанию главу должен составлять рассматриваемый вопрос, а последующее изложение укажет, насколько осторожно приходится пользоваться всеми четырьмя подходами к решению вопроса.

§ 25. ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ

Расстояние между осушительными линиями гидрологическим подходом может определяться в свою очередь

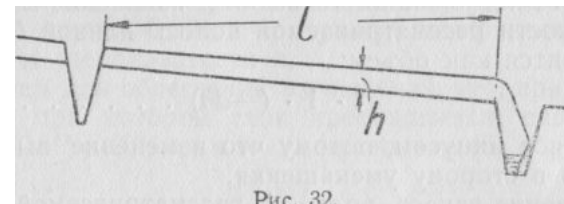


Рис. 32.

Скорость течения воды по поверхности земли выражаем формулой Шези $V = C \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{I}$.

Скоростный коэффициент C выражаем по Маннингу.

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{0,17},$$

где n есть коэффициент шероховатости (см. стр. 103).

R —гидравлический радиус, который в условиях стока воды по поверхности земли равен высоте h слоя воды (рис. 32).

Подставив значение C по Маннингу в уравнение скорости Шези и приняв $R = h$, получим:

$$v = \frac{1}{n} \cdot h^{0,17} \cdot \sqrt{h} \cdot \sqrt{I}$$

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 :

$$\begin{aligned} dq &= h \cdot v \cdot dt = h \cdot \frac{1}{n} \cdot h^{0,17} \cdot h^{0,5} \cdot \sqrt{I} \cdot dt = \\ &= \frac{1}{n} \cdot h^{1,67} \cdot \sqrt{I} \cdot dt \end{aligned} \quad (1)$$

За этот элемент времени высота h слоя воды на поверхности земли уменьшится на dh и изменение запаса воды на поверхности рассматриваемой полосы длиной l , шириной 1 м, выразится как объем:

$$l \cdot 1 \cdot (-dh) \quad (2)$$

dh ставится с минусом, потому что изменение высоты слоя произошло в сторону уменьшения.

Изменение запаса воды на рассматриваемой площади равно объему стекшей воды и потому приравняем (1) и (2):

$$-l \cdot 1 \cdot dh = \frac{1}{n} \cdot h^{1,67} \cdot \sqrt{I} \cdot dt \quad (3)$$

Выделяем время

$$dt = -\frac{l \cdot n}{\sqrt{I} \cdot h^{1,67}} \cdot dh$$

Из полученного уравнения интегрированием обеих частей его определяем время t , в течение которого первоначальная высота h слоя воды на рассматриваемой площади длиной l м уменьшится до некоторой высоты h_2 :

$$t = -\frac{l \cdot n}{\sqrt{I}} \int_h^{h_2} \frac{dh}{h^{1,67}}$$

Производя интегрирование, получаем:

$$t = \frac{l \cdot n}{\sqrt{I}} \cdot \frac{1}{0,67} \left[\frac{1}{h_2^{0,67}} - \frac{1}{h^{0,67}} \right]$$

Время полного стока определится, приняв $h_2 = 0$; тогда $t = \infty$, т. е. теоретически сток воды с поверхности никогда не прекратится, что, как известно из курса гидравлики, получается 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:

$$t = \frac{3 \cdot l \cdot n}{2 \cdot \sqrt{I}} \left[\frac{1}{0,001^{0,67}} - \frac{1}{h^{0,67}} \right] \quad (5)$$

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

$$l = \frac{2t \cdot \sqrt{I} \cdot 0,001^{0,67} \cdot h^{0,67}}{3n(h^{0,67} - 0,001^{0,67})} \quad (6)$$

В двух последних уравнениях:

l —длина в м полосы, с которой стечет поверхностная вода в t секунд, при первоначальной высоте слоя воды h м и конечной высоте 0,001 м при уклоне поверхности I и при коэффициенте шероховатости n .

Укажем для облегчения вычислений, что, принимая высоту слоя, при которой сток прекращается, равной 0,001, имеем $0,001^{0,67} = 0,01$ м и тогда уравнение (6) обращается в

$$l = \frac{2 \cdot t \cdot \sqrt{I} \cdot 0,01 \cdot h^{0,67}}{3 \cdot n(h^{0,67} - 0,01)} \quad (7)$$

Значение коэффициента шероховатости n при движении воды по поверхности склона находится в пределах 0,04—1,0.¹

Если желательно ввести в формулу значения просачивания воды в грунт и испарения, то вместо h следует подставить $\alpha \cdot h$ где α —коэффициент, огульно учитывающий оба фактора.

Полученная формула обладает общими для большей части мелиоративных формул недостатками; именно время стока t , коэффициент шероховатости n —величины менее известные, чем искомая величина l , но по выведенной формуле правильно получается, что чем больше выпавший слой h осадков, тем короче полоса, с которой успеют стечь вы-

¹ Статья Срибного в Изв. Гос. гидрологического ин-та, № 50—51.

павшие осадки за заданное время, т. е. тем менее расстояние между канавами должно быть.

Посмотрим теперь, какие получаются результаты вычисления по формулам 6—7 при предположении, 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.¹

Подставив в формулу (6) значения $t=86\,400$ сек., $\rho=0,40$ м, $I=0,001$, $h=0,01$, $h_2=0,001$ м, получим $l=58$ м.

Принятое значение коэффициента шероховатости n равное в 0,40 конечно мало обосновано, но вошло в обычай у мелиораторов при рассмотрении течения воды по поверхности земли.

Если в предыдущем примере ввести поправку на поглощение части выпавших осадков почвой и принять коэффициент поглощения равным 0,5, то стоку в канавы будет подлежать не весь слой выпавших осадков 0,010 м, а лишь половина его, т. е. $h=0,005$ м, при таком условии получится длина полосы, с которой стечет вода в 86 400 секунд равной:

$$l = 69 \text{ м.}$$

Расстояние между канавами при двустороннем стоке равно в этом случае 138 м.

Совершенно однако ясно, что вышеприведенные вычисления могут соответствовать действительности лишь на совершенно ровной, плоской поверхности, с которой поверхность земли, покрытая лесом, никакого сходства не имеет; пока же приведенной формулой можно пользоваться лишь ориентировочно в условиях паркового хозяйства с выровненными площадями.

Расстояние по стоку грунтовых вод должно определяться, исходя из скорости движения к канаве грунтовых вод. Но путь и скорости движения воды в канаве по торфяному и минеральному грунту еще настолько мало известны, особенно в торфяном грунте, что исходить из них для практического определения расстояния между канавами является невозможным. Ориентировочно скорости движения грунтовой воды принимаются в пределах 0,1—1,0 за сутки.

Наблюдаемые скорости движения грунтовой воды могут привести к заключению, что попытки осушения торфяных

¹ Основные элементы расчета осушительных систем 1926.

почв прорытием открытых канав являются бесполезными, так как при скорости движения в 1 м за сутки нужно 20 суток, чтобы воздействовать на полосу шириной в 20 м. Однако в действительности торфяные болота вполне поддаются осушению открытыми канавами и подземными дренами. Это обусловливается тремя причинами: во-первых, открытые канавы, отводя с болота поверхностную воду или даже затрудняя доступ ее на болото со стороны, ускоряют затем наступление начала испарения грунтовой воды в атмосферу: во-вторых, грунтовая вода идет к каналу, не столько просачиваясь через торф, сколько через подстилающий песчаный горизонт (рис. 33) в-третьих, движение воды

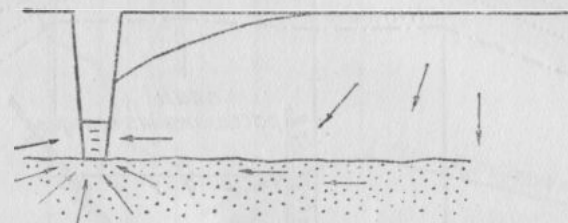


Рис. 33.

в самом торфе облегчается наличием древесных корней, неразложившихся травяных стеблей и иногда наличием в торфах прослоек с большой водопроницаемостью.

§ 26. РЕШЕНИЕ ПО УРОВНЮ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ

Воздействие осушительной канавы на уровень грунтовой воды в почве проявляется двояко: непосредственно и косвенно. Непосредственное влияние канавы на грунтовую воду выражается в том, что грунтовая вода стекает в канаву, просачиваясь через поры почвы.

Косвенное действие осушительной канавы на уровень грунтовой воды выявляется 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 парализует испарение из почвы.

Суммарное действие осушительной канавы на грунтовую воду выявляется в виде некоторого уровня грунтовой воды, принимающего форму кривой поверхности, спадающей по мере приближения к канаве (рис 33). 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. То расстояние, на котором проявляется действие канавы на уровень

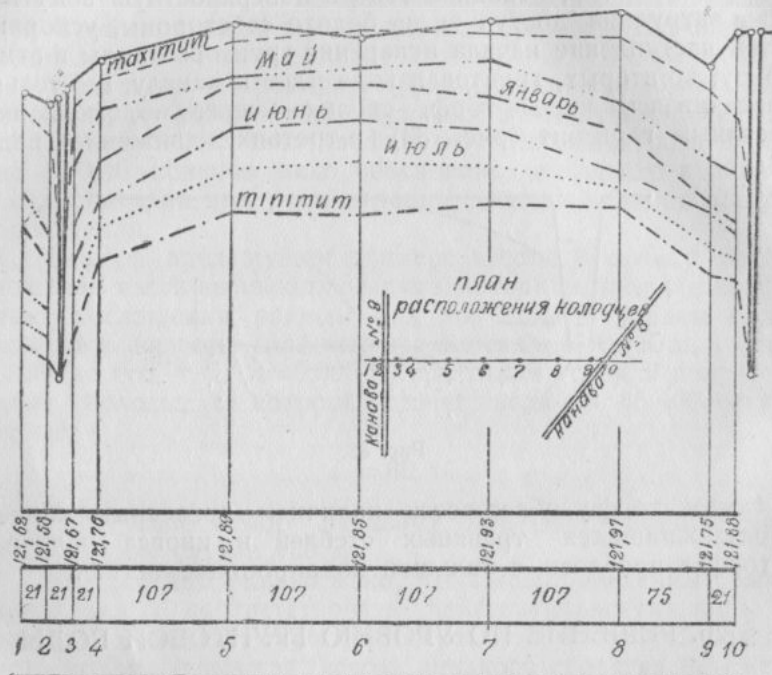


Рис. 34.

грунтовой воды, удобно назвать расстоянием действия канавы.

Следовательно принцип определения расстояния между осушительными канавами по уровню грунтовой воды состоит в том, чтобы расстояние действия одной канавы примыкало к расстоянию действия другой канавы.

Для проектирования по этому принципу необходимо знать, на какое же расстояние простирается действие осушительной канавы на уровень грунтовых вод, в разных условиях грунта, уклона поверхности и при разной глубине канавы. Необходимо следовательно массовый материал наблюдений уровней грунтовых вод на уже произведенных осушительных работах.

Приведем несколько типовых профилей.

На рис. 34 изображен уровень грунтовой воды в переходном торфянике Раменской лесной дачи б. Московской губ., показывающий значительную проницаемость этого

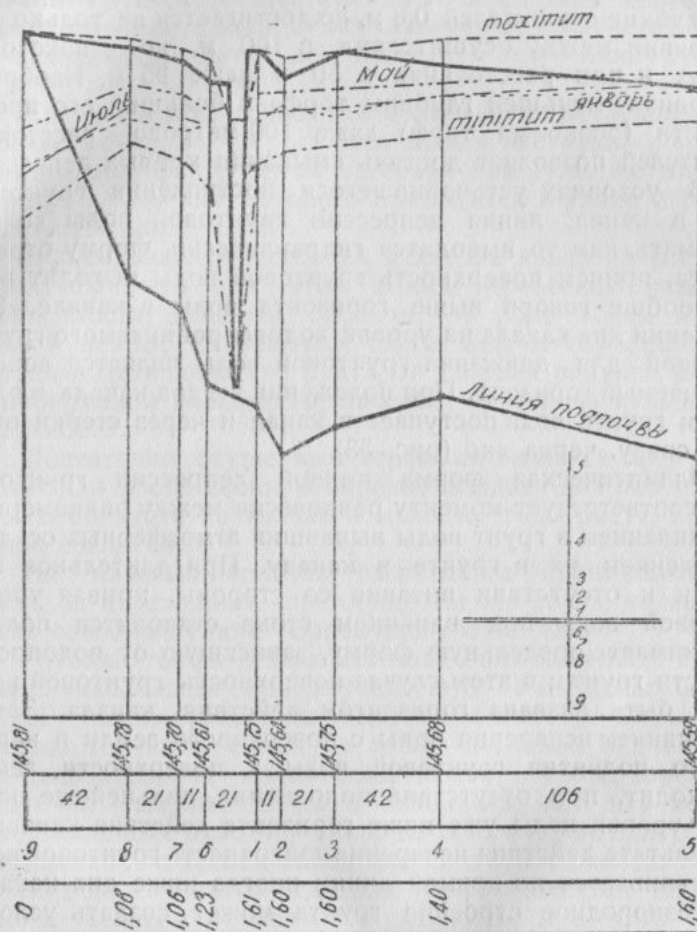


Рис. 35.

торфяника для воды, так как влияние канавы № 8 (правой) на уровень грунтовой воды здесь ясно распространилось на 213 м, а канавы № 9 (левой) на 245 м.

На рис. 35 изображен уровень грунтовой воды в моховом торфянике Оршинской лесной дачи, Калининского района, иллюстрирующий весьма малую проницаемость мохо-

вого торфа для воды, так как уровень ее круто поднимается у самой канавы; действие осушения распространяется всего на 20—30 м от канавы.

По наблюдениям на Приладожской мелиоративной станции в сфагновых торфах смыкание 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, в условиях меньшей глубины торфа и большей его проницаемости (осоковый торф) даже 100-метровое расстояние осушителей позволяет достичь смыкания кривых депрессий.

В условиях установившегося поступления грунтовой воды в канал, линия депрессии грунтовой воды должна принимать, как то выводится гидравлически, форму отрезка эллипса, причем поверхность грунтовой воды выходит в канал вообще говоря выше горизонта воды в канале. При положении дна канала на уровне водонепроницаемого грунта, подошвой для движения грунтовой воды является водонепроницаемый горизонт. При положении же дна канала в однородном грунте вода поступает в канал и через стенки откосов и снизу, через дно (рис. 33).

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 бездождии 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. Затем, под влиянием испарения воды с поверхности земли и капиллярного поднятия грунтовой воды к поверхности земли, происходит, при отсутствии пополнения, дальнейшее понижение уровня воды уже ниже горизонта действия канавы, и в результате действия испарения поверхность грунтовой воды устанавливается по прямой линии иногда ниже дна канавы.

Разнородное строение грунта может создать условие для полного искажения действия канавы, в результате которого грунтовая вода в расстоянии от канавы может стоять ниже, чем возле канавы.

§ 27. ФИТОЛОГИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ

Фитологическое, или растениеводственное, или лесоводственное решение вопроса о расстоянии между осушительными канавами основывается на наблюдениях расстояний

влияния осушения непосредственно на рост леса, а не на уровень грунтовых вод (рис. 36).

Дерево, после нескольких лет действия осушения, является более точным показателем расстояния действия, чем уровень грунтовых вод, который подвержен колебаниям; кроме того на лесе влияние осушения прослеживается обычно на несколько большее расстояние, чем по уровню грунтовой воды.

Как систематические, так и случайные исследования по влиянию осушения на рост леса дали к настоящему времени значительный фактический материал для суждения по этому вопросу, изложение которого приводится в главе о результатах осушения.

Наблюдаемые расстояния действия канав на рост леса и получающиеся при этом запасы древесины различны, в зависимости, главным образом, от рода торфа и минеральной почвы, на которых растет лес, от глубины торфа, от рода подстилающего грунта, от условий водного питания мелиорируемой площади и, наконец, от уклона и характера поверхности.

Достаточно осушенный торфяник является прекрасной почвой для роста сосны и березы, создавая для них условия первого бонитета не только в молодые годы роста, но и до полной спелости.

На низовых болотах развивается преимущественно береза, на переходных—преимущественно сосна, на моховых чистая сосна, на глине—преимущественно ель.

Глубина торфа решающего значения не имеет. Наблюдены случаи, когда при глубине в 3—4 м (Цельская дача в БССР) сосна растет по первому бонитету. Случаев же прекрасного роста сосны на торфе глубиной в 2 м приведено значительное количество, важно, чтобы торф был достаточно разложившийся и низинного или переходного типа. Расстояние действия канав на таком торфе при условии подстилания его песком определяется в 500 и даже до 1000 м.

Во всех случаях, когда под торфом залегает не песок, а глина, условия осушения ухудшаются, и в этом случае принимают, что условия таковы, как были бы при очень глубоком торфе. Слабо разложившийся сфагновый торф, является средой, в которой действие канав на рост леса ничтожно, не превышает в ряде случаев расстояния в 40 м.

Для уверенности в результате осушения необходимо иметь условие, чтобы рассматриваемый участок был изолирован от притока грунтовых и верховых вод; эта уверенность имеется обычно лишь в случаях прорытия сети канав, образующих замкнутые участки. Если же прорывается лишь

одна канава, по середине хотя бы и узкой долины, то результат ее действия будет большой, если в долине скопятся лишь верховые воды, и результат будет малый, если у склонов долины выклиниваются грунтовые воды. Кроме того действие мелиорации будет быстрое и надежное лишь при условии уже наличия на мелиорируемой площади ~~древостой~~ или лесовозобновляющейся вырубки.

Если же готового древостоя нет и обсеменения нет, то естественно, что хороших лесоводственных результатов или вовсе не получится или их придется долго ждать.

Учитывая весь опубликованный материал и материал, находящийся еще в рукописях, к данному моменту уже представляется предварительная возможность вывести схемы расстояния действия канав на рост леса в различных условиях (см. в конце главы).

§ 28. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОДХОД И БЫТОВОЕ РЕШЕНИЕ

Гидрологическое решение вопроса о расстоянии между канавами состоит в том, что определяется расстояние действия канавы на уровень грунтовых вод, фитологическое или лесоводственное решение состоит в том, что определяется расстояние действия канавы непосредственно на рост леса или травы (рис. 36).

Экономическое же решение заключается в том, что подбирается такое расстояние между канавами, при котором получается наибольший экономический результат.

Может оказаться, что, сблизив канавы между собой теснее, чем это требуется по гидрологическим и фитологическим признакам, мы добьемся настолько лучшего роста леса, что увеличенные затраты на осушение покроются с большим превышением. И надо уметь подобрать такое расстояние между канавами, которое будет может быть и более дорогим, но, вследствие увеличенного прироста древесины, даст наибольший экономический результат или удовлетворит иным требованиям, напр., санитарии в пригородных районах.

В районе бумажного комбината, нуждающегося в сырье, осушение леса, в целях увеличения прироста древесины, должно производиться с большей интенсивностью, по сравнению с районами, где лес не имеет столь резко выраженного целевого назначения. Таким образом, содержание экономического подхода к установлению расстояния между осушительными канавами совершенно ясно. Но конкретное решение вопроса требует специальной работы в этом направлении экономиста, могущего сопоставить вложение

труда в мелиорацию со значением получаемого увеличения древесины.

Бытовое решение. Бытовое решение вопроса о расстоянии между осушительными линиями должно основываться на данных производственной жизненной практики, учитывающей без математических формул совокупность естественно-исторических, технических и экономических условий. Вследствие невозможности выразить точно влияние всех факторов численными коэффициентами, бытовое решение

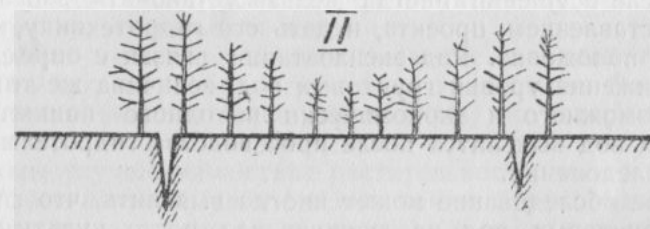
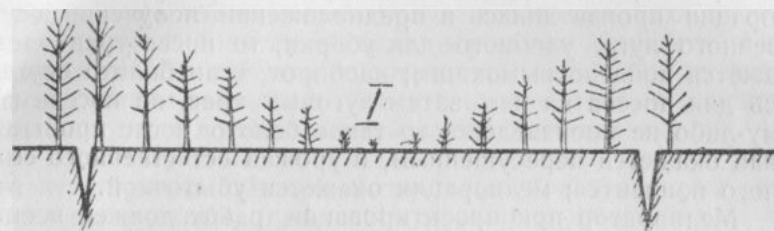


Рис. 36.

вопроса имеет пока за собой положительные стороны; опасно лишь то, что практика иногда переходит в привычку и в рутину.

Практика должна исходить прежде всего из цели осушения, затем учитывать почвенно-грунтовые условия, уклоны поверхности, климатический район работ и экономическую обстановку.

Осушение земельных пространств может производиться в следующих целях:

- 1) прекращение ежегодного увеличения площади заболачивания;
- 2) отвода верховой воды для получения доступного сенокоса;

3) понижения уровня грунтовых вод для улучшения условий произрастания луговых трав или полевых культур;

4) улучшения роста существующего леса; или предотвращения гибели его;

5) улучшение путей сообщения и создания путей для сплава леса;

6) облегчения выработки торфа;

7) улучшения санитарных условий района.

Цель осушения имеет главнейшее значение при проектировании осушения угодий. Если мелиорация производилась в предположении получения естественного луга, удобного для уборки, то посев трав здесь окажется понятно вымокшим; наоборот, если болото осушалось для посева на нем затем луговых трав, но посева почему-либо не произведено, то такое болото после прорытия канав окажется пересушенным, и урожай естественного сена с него понизится; мелиорация окажется убыточной.

Мелиоратор при проектировании работ должен всегда уяснить себе род предполагаемой эксплуатации угодья после мелиорации и в пояснительной части проекта указать ясно, для чего проектирована им сеть канав.

Однако необходимо отметить, что род эксплуатации болота после осушения иногда нельзя установить заранее, перед составлением проекта, и дать его гидротехнику, как основное положение. Род эксплуатации связан с определением понижения уровня грунтовых вод; величина же технически возможного и экономически выгодного понижения грунтовых вод выяснится после производства гидротехнического обследования.

Такое обследование может иногда выяснить, что понижение грунтовых вод на лучшую для роста культурных растений глубину вообще невозможно, вследствие высокого стояния воды в прилегающей реке, или что в весеннее время угодие покрывается разливом реки, грозящим размыть вспаханную дернину и т. п., поэтому степень осушения зависит от рода предполагаемой эксплуатации угодья, но и род эксплуатации зависит от возможной технической степени осушения. Более того, и на угодьях, осушение которых технически возможно для всякой культуры и для достижения любого бонитета, необходимо взвесить народно-хозяйственное значение всякой комбинации.

Поэтому ни агроном, ни лесовод, ни гидротехник не могут заранее давать друг другу категорических определенных заданий: работа их на мелиорируемом угодии переплетается, а иногда и сливается во времени, и лишь после подробного обследования площади и выяснения всех техни-

ческих возможностей те или иные задания при совместной работе могут быть установлены.

Большая часть значительных осушительных работ произведена на болотах, которые были трудно доступны и до толе часто совершенно не эксплуатировались; весенняя вода стояла на них до конца мая, после чего они были доступны только пешеходам; проезд и пастьба скота летом возможны были только по некоторым отдельным местам; осушение таких пространств имело целью превратить их в доступные сенокосы, что достигалось отводом только верховой воды, грунтовая же вода в сырое время стоит на таких сенокосных и лесных болотах и после осушения в уровень с поверхностью. Весной эти пространства часто по прежнему сплошь затоплены водою. Растительность таких осушенных болот остается в значительной части болотной же.

Для получения указанных результатов, т. е. обращения недоступных обширных торфяных болот в сырые естественные сенокосы, признается достаточным назначать боковые канавы на расстоянии 600—1000 м одна от другой при глубине 1—1,2 м. Примером образования значительных естественных луговых пространств после проведения на указанном расстоянии осушительных канав является ряд лесных дач Белоруссии довоенного времени: Василевичская, Слаунская, Колковская и др.

При желании получить на месте мокрого торфяного болота луг, на котором грунтовая вода стояла бы ниже поверхности земли в сырое время года, по которому можно было бы ездить и применять простейшие культурные приемы улучшения состава растительности, как-то: удаление мохового покрова, уничтожение кочек, боронование поверхности, посева мало требовательных травяных смесей, но без оборота пласта, — канавы первоначальной глубиной 1—1,2 м должны проводиться одна от другой на 200—400 м, чаще на глубоком болоте, реже на травяном и мелком болоте; более частое проведение таких глубоких канав на торфяном грунте грозит уже переосушением и такое болото, без дальнейшей культуры его, будет давать сена менее, чем при расстоянии канав в 600 м. Устройство шлюзов на канавах должно уничтожить опасность переосушения.

Интенсивные приемы эксплуатации мелиорированных площадей, связанные с вспашкой поверхности и посевом трав, хлебов и корнеплодов требует еще более частой осушительной сети, о чем будет сказано в главе сельскохозяйственной мелиорации.

По осушению лесных земель бытовое решение вопроса приводится в очерке работ Западной экспедиции по осу-

шению болот, в результате 25-летних ее работ¹ в следующем абзаце: „Многочисленные наблюдения над действием осушительных каналов на прилегающую к ним местность доказали, что район этого действия зависит от весьма многих обстоятельств: глубины канала, уклона местности, качества болота и его подпочвы, величины его осадков и пр.

Определять в каждом случае влияние этих факторов в районе не оказалось возможным в виду сложности задачи, поэтому пришлось остановиться на определенной для преобладающих в Полесье травянистых болот линии депрессии в 532 м² и величину эту принять для расчетов за средний район влияния осушительных каналов в каждую сторону“.

Следовательно, Западная экспедиция расстояния между канавами в торфяном грунте принимала в 1050 м.

Вторым свидетельством приведем мнение Д. Товсто-леса, высказанное им в пояснительной записке к проекту осушения минеральных почв в Охтенской лесной даче, расположенной под Ленинградом:³

„Проведенные старые магистральи и каналы последних лет произвели заметное улучшение количества влаги на поверхности в двух случаях: во-первых, если канава была проведена по середине узкого протока и, во-вторых, если она пересекала горизонталь под тупым углом, в последнем случае осушке подверглась нижележащая по направлению склона часть площади, а на вышележащей на расстоянии 10—15 саж. от канавы незаметно уже почти никакого действия ее, и вода может стоять на поверхности все лето“.

„Наблюдения над влажностью площадей с низовой стороны канавы показали, что значительный избыток влаги наблюдается уже на расстоянии 40—50 саж. от канавы на супесчаных почвах и в 30—40 саж. на суглинистых, при уклонах 0,002. Такие нормы и служили придержками при составлении проекта сети“.

Бытовое решение имеет своей основой в значительной мере зрительные наблюдения над влиянием канав на рост леса и травы с дополнительными к этому впечатлениями о влажности почвы, а также и реальную возможность получения денежных средств на работы.

Учитывая совокупность условий практика дает возможность установить нижеследующие обычные расстояния в м между осушительными канавами в зависимости от основных целей осушения.

¹ Очерк работ Западной экспедиции по осушению болот 1873—1898. 1899 г.

² В подлиннике 250 саж.

³ Известия Ленинградского Лесного института. 1910.

Цели осушения	Средн. расстоян.	Пределы	
		от	до
1) для создания доступных болотных сенокосов отводом поверхностной воды с затопленных торфяных болот	800	600	1000
2) для создания возможности роста леса на переходных торфяных болотах	600	400	800
3) для создания хороших условий роста леса на торфяном грунте, исключая неразложившиеся моховые болота	400	300	500
4) для создания удовлетворительных условий роста леса на глинистом грунте	300	200	400
5) для создания условий роста посадок сосны на моховом болоте	150	100	200
6) для осушения травяного болота с последующей вырубкой кустарника, срезкой кочек, боронованием поверхности и т. п. простейшими улучшениями	300	200	400
7) для создания на месте болота многолетнего культурного луга с оборотом пласта с внесением удобрения и посевом трав	60	40	80

В приведенной таблице указаны пределы расстояний. В этих пределах следует принимать большее или меньшее расстояние в зависимости от прочих факторов: уклона местности, климата, рода грунта, глубины канав, выхода грунтовых вод. Качественное значение каждого из этих факторов не требует пояснений, количественное же влияние приближенно учитывается указанными в таблице пределами.

Сводная таблица. Детализируя расстояния между осушительными канавами специально для осушения леса, в связи с родом грунта, глубиной канав и намечаемым результатом, возможно к настоящему времени дать для ориентировки нижеследующую таблицу расстояний в связи с заданным бонитетом.

Род грунта	Глубина торфа м	Глубина канав при открытии м	Расстояние между канавами м	Ожидаемая порода и бо-нитет
Травяной торф . . .	до 1,0	1,0	500	Береза с сосной I
	" 1,0	1,0	900	" II
	" 1,4	1,4	500	" I
	" 1,4	1,4	900	" II
	более 1,5	1,1	500	" II
	" 1,5	1,1	900	" III
Переходное болото с древесным и кустарниковым торфом .	до 1,0	1,0	400	Сосна и береза I
	" 1,0	1,0	800	" II
	" 1,4	1,4	400	" II
	" 1,4	1,4	800	" III
	более 1,5	1,1	400	" III
" 1,5	1,1	800	" IV	
Моховое (сфагновое) болото среднего раз-ложения	до 1,0	1,0	300	Сосна II
	" 1,0	1,0	700	" III
	" 1,4	1,4	300	" III
	" 1,4	1,4	700	" IV
	более 1,5	1,0	700	" V
	" 1,5	1,0	300	" IV
" 1,5	1,0	100	" III	
Глина, суглинок . . .	—	0,8	200	Ель и сосна I и II
	—	0,8	400	Ель и сосна II и III

В основу установления глубины каналов кладутся различные соображения, в зависимости от того, служит ли данный канал для непосредственного приема грунтовой воды с осушаемой площади, т. е. является осушительной канавой, или же рассчитываемый канал принимает поверхностную воду или воду из осушителей, т. е. является собирателем, или же, наконец, рассчитывается магистральный водоотводный канал. В практике часты случаи, когда все эти три категории каналов достаточно резко различны, особенно при интенсивном осушении земель под сельскохозяйственное использование, но также часты случаи, особенно в лесной практике, когда один канал совмещает в себе функции непосредственного осушения с функциями собирательного или даже водоотводного канала.

Естественно, что следует рассмотреть соображения о глубине каналов всех трех основных категорий, в предположении, что специфичные черты каждой категории достаточно резко выражены.

§ 30. ОСУШИТЕЛЬНЫЕ И СОБИРАТЕЛЬНЫЕ КАНАВЫ

Глубину осушительных канав возможно обосновывать, исходя из условий: 1) гидравлических, 2) лесоводственных (или вообще фитологических-растениеводственных), 3) почвенно-грунтовых.

Гидравлические требования. Глубина осушительной канавы должна быть достаточна для приема и отвода без переполнения всей поступающей в нее наибольшей поверхностной и грунтовой воды. Практические глубины осушительных канав вполне удовлетворяют этому требованию.

Для пробного расчета следует принять сток воды в канаву во время снеготаяния или во время летних ливней.

По данным Берга¹ летние ливни в отдельных редких случаях дают до 100 мм высоты осадков, но на крайние

¹ Берг. Наибольшие суточные максимумы осадков в Европ. России. 1914.

случаи рассчитать осушительную сеть нельзя, кратковременное затопление канав при исключительных ливнях допустимо и неизбежно.

Осадки высотой в 40 мм являются уже сильными ливнями; по вычислениям Гейнца такие ливни в бассейне реки Волги за 15 лет (1881—1895 гг.) были в среднем всего по три раза в каждом месте, в бассейне Днепра—по девять раз в каждом месте.

Поэтому положим в основу дальнейших рассуждений требование, чтобы осадки в 40 мм отводились по осушительной канаве в течение одних суток. Срок в одни сутки условен и не имеет прочных обоснований; для полевых культур этот срок должен быть снижен вероятно до 12 часов, для естественных лугов оставлен в 24 часа, для леса может быть принят более продолжительный.

Полагаем далее для надежности рассуждений, что сильный ливень в 40 мм высоты выпал на вполне насыщенную водой почву и потому целиком стекает в канаву. Если расстояние между канавами на осушаемой площади примем в 300 м, а длину канавы прием в 1 км, то принятый ливень даст на полосе шириною в 300 м и длиною в 1000 м объем воды в 12 000 куб. м; при условии стока этой воды за 24 часа получается секундный расход в устье осушительной канавы в 138 л. воды. Остается решить гидравлическую задачу о том, каковы должны быть размеры канавы, чтобы пропустить этот объем воды. Расход воды по каналу зависит не только от глубины канала, но и от ширины дна, заложения откосов, от уклона дна канала; все размерные элементы канала находятся в связи между собой.

Для примерного решения задачи о необходимой глубине осушительной канавы для вышеохарактеризованного отвода ливня примем размерные элементы канавы наименьшими: ширину по дну 0,2 м, заложение откоса— $1/2$, уклон—0,001, коэффициент шероховатости 1,3.

При этих условиях для пропуска 138 л воды в секунду осушительная канава должна иметь при расчете скорости течения по формуле Шези, глубину в устье равной 0,72 м.

В действительности едва ли возможен полный поверхностный сток выпавшего ливня; часть ливня задержится на кронах деревьев и на листьях трав и оттула испарится в атмосферу; часть ливня просочится в почву, часть задержится в неровностях почвы. Поэтому, если при полном стоке ливня достаточна глубина километровой осушительной канавы в 0,72 м, то при учете всех потерь окажется достаточной глубина канавы значительно меньшая.

На обычные же сильные дожди в 10 мм за сутки, повторяющиеся приблизительно через 30 дней, не требуется никакой расчетной проверки глубины каналов, так как стекающая за сутки вода таких дождей вполне вмещается в канавы очень малых глубин, выходящих за практические пределы. Произведенный подсчет показывает, что при ширине по дну в 0,2 м, половинном заложении откосов, уклоне 0,001, коэффициенте шероховатости 1,3 и при расстоянии между канавами в 300 м, получающийся при длине канавы в 1 км секундный расход воды в 35 л будет иметь глубину живого сечения в устье канавы равную 0,37 м.

Таяние снега даст за сутки меньшее количество воды, чем ливень в 40 мм при полном стоке. Запас воды в снеге к началу весеннего таяния равен около 100 мм высоты; таяние же продолжается в течение нескольких дней. Если бы за отдельный день весны таяние снега и дало бы более 40 мм воды, то в весеннее время сток воды может быть растянут без вреда для культур на двое суток.

Определение глубины осушительных канав по фитологическим условиям, т. е. растениеводственным и в частности лесоводственным требованиям, базируется на требовании растения к наилучшему для роста уровню грунтовой воды в почве.

Для установления глубины канав по фитологическому признаку, т. е. сообразно с требованием растения, нужно в цифрах знать, во-первых, каково наилучшее для роста дерева расстояние уровня грунтовой воды от поверхности и, во-вторых, какая глубина канавы, при данном грунте и расстоянии, создает такой наилучший уровень грунтовой воды.

По первому вопросу курсы лесоведения не дают ответа. Известно, что сосна растет хорошо на высоких буграх с далеким уровнем грунтовой воды и также хорошо растет на низинных торфах с уровнем воды близ поверхности.

В таких же разнородных водных условиях растет и береза. Ольха дает большие стволы, произрастая в самом болоте, лишь бы вода была проточная.

Травяную растительность можно видеть хорошо растущей при всяком уровне грунтовой воды; в самой воде буйно растут тростники, при уровне воды близ поверхности земли растут осоки, при понижении уровня развивается, в зависимости от почвы, сплющ, полевица или лучшие травы: мятлик, гребенник и др.

Луговое хозяйство выяснило довольно точно требования трав к уровню грунтовых вод; лучшие по качеству и по количеству урожая травяных смесей получают при стоянии грунтовой воды 40—50 см ниже поверхности земли.

Полеводство дает для зерновых культур лучший уровень грунтовой воды на 1,0—1,25 м ниже поверхности, для корнеплодов еще ниже. Для фруктовых деревьев имеются немногочисленные указания на 1,5 м.

Мелиоратору для сокращения денежных затрат необходимо выяснить наименьшее расстояние уровня грунтовой воды от поверхности земли, при котором может развиваться лес высокого качества; необходимо избегать излишних затрат на прорытие глубоких канав в тех случаях, когда мелкие канавы могут дать тот же результат.

Повидимому следует принять положение, что одна и та же древесная порода, например сосна, требует для своего, возможно лучшего произрастания различного уровня



Рис. 37.

грунтовой воды, из которого сделан вывод, что при расстоянии грунтовой воды в летние месяцы на 30—50 см от поверхности земли создается на глине и на разложившемся торфу условия роста леса по I и II бонитетам.

Исходя из этого уровня грунтовой воды, наименьшая глубина собирательной канавы по глинистому грунту складывается из рис. 37:

- | | |
|---|--------|
| 1. Расстояние уровня грунтовой воды от поверхности земли (норма осушения) | 0,30 м |
| 2. Спад уровня грунтовой воды к канаве | 0,20 " |
| 3. Глубина воды в канаве | 0,20 " |
| 4. Заиление и зарастание дна | 0,10 " |

Всего 0,80 м

В торфяном грунте необходимо прибавить еще 0,20 м на осадку торфа (рис. 37).

Глубина осушительных канав в зависимости от строения грунта. Связь между строением грунта и глубиной осушительных канав дает наиболее конкретные указания в деле мелиоративного проектирования. Канавы могут проходить по одному из трех основных грунтов: торфу, глине и песку и по различным сочетаниям их.

Мелиоративное проектирование должно вестись таким образом, чтобы осушительная сеть совмещала по возможности устойчивость формы и наибольшее осушительное действие. Устойчивость формы канавы нарушается обвалом откосов, осушительное действие нарушается засорением и зарастанием дна; выбором глубины канав возможно уменьшать вероятность того и другого явления; наиболее легко зарастает дно канав в торфе травяного происхождения, труднее в песке и в моховом торфе, и труднее всего зарастает в глине. Поэтому канава с дном, врезанным в глину, наилучше сопротивляется зарастанию, канава с дном в торфе травяного происхождения потребует наиболее частой очистки ее от травы.

На ряду с этим, осушительное действие канавы наиболее сильно проявляется при доведении дна канавы до песка и еще более, при внедрении дна в песок, так как в этом случае поступление грунтовой воды в канал через песчаное дно будет наиболее совершенным. Если же дно канавы останется в глине или в непроницаемом торфе, то поступление грунтовой воды будет весьма затруднительно.

Устойчивость откосов также следует предусматривать при назначении глубины канав. Если канава прорежет торф или глину и войдет своим дном в песчаный грунт, то откосы обвалятся или потребуют укрепления, если же при указанных условиях грунта глубину канавы сделать меньшей, не доводя дно до песка, то откосы удержатся.

Исходя из этих общих и противоречивых положений, оказывается целесообразным в отдельных частных случаях давать осушительным канавам следующие глубины.

В случае мощности травяного или разложившегося мохового торфа в 0,6 м и менее при залегании под ним песка—глубина канав должна быть всего 0,6 м, т. е. дно должно дойти до песка, не внедряясь в него; этим создается условие некоторой устойчивости без крепления откосов и условие удовлетворительного поступления воды. При увеличении толщи торфа свыше 0,6 м, глубина канав должна соответственно увеличиваться с доведением дна их до песка, имея этим в виду создание условий поступления грунтовой воды в канаву через дно ее.

Но должен быть предел глубины торфа, далее которого приходится отказаться от доведения дна канавы до песчаного грунта; этот предел определяется увеличением работы на выкидку земли. Согласно нормам расчета рабочей силы, потребность в рабочей силе значительно увеличивается при глубине выемки свыше 1,5 м, когда начинает требоваться двойная откидка земли.

Поэтому предельной глубиной для осушительных канав в торфу, подстилаемом водопроницаемым песком, является 1,4 м.

При большей, чем 1,4 м, глубине торфа, приходится вообще говорить, отказаться от доведения канавы до водопроницаемого песка и от создания этим свободного поступления грунтовой воды через дно ее. При наступлении такового момента трудности доведения дна канавы до песка, является уже ненужной и глубина в 1,4 м и в 1,2 м, так как поступление грунтовой воды в канаву при той и при другой глубине будет мало отличаться, если дно в обоих случаях не доходит до песка; отпадает основной стимул углубления канавы и потому при залегании песка на глине более 1,4 м глубину осушительных канав следует придавать нормальную в 1 м.¹

Следовательно сначала, по мере увеличения толщи торфа, увеличивается постепенно и целесообразная глубина канавы, но при переходе мощности торфа через 1,4 м, глубина канавы резко уменьшается с 1,4 м до 0,9—1,0 м с тем, чтобы после осадки глубина не стала менее 0,7 м.

Аналогичны условия определения глубины осушительных канав в глинистом грунте, подстилаемом песком. Здесь также следует доводить дно канавы до песка, не углубляясь в песок; также глубина канавы увеличивается до предела в 1,4 м, после чего уменьшается сразу до 0,8 м.

Особые требования предъявляет сфагновое болото; даже при малой мощности сфагнового торфа, в пределах до 0,5 м, и залегании его на насыщенном водой песчаном грунте, при наличии живого сфагнума, является неизбежным внедрение дна осушительной канавы в песок, с одновременной необходимостью укрепления откосов одним из указываемых в соответствующей главе приемов.

Внедрение дна в песок в этом случае необходимо для достижения решительного отвода воды, без чего сфагновый покров не остановит своего роста и тем парализует действие мелкой канавы. Глубина канавы в этих условиях для осушения лесной площади делается 0,7—0,8 м.

Перейдем к рассмотрению глубины осушительной канавы в торфяном грунте, подстилаемом глиной. Общее правило при таком сочетании грунтов—врезать дно осушительной канавы в глину, чтобы создать этим трудно зарастающее травой дно.

Поэтому, если слой торфа менее 0,7 м, то глубина канавы должна быть в этих случаях равной 0,8 м. При

¹ После осадки торфа останется глубина в 0,8 м.

глубине торфа свыше 0,7 м увеличивается и глубина канавы с таким расчетом, чтобы дно врезалось в подстилаемую глину на 0,1 м. Предельной глубиной осушительной канавы при рассматриваемом сочетании грунтов может считаться 1,2 м, т. е. здесь предельная глубина меньше, чем принимается при залегании под торфом песка; это правильно потому, что доведением дна до песка достигается сильное осушительное действие канавы, а внедрением дна в глину на 0,1 м достигается лишь некоторое уменьшение зарастания дна канавы, т. е. в первом случае имеется более сильный стимул для углубления канавы, чем во втором случае.

При толще торфа на глине свыше 1,2 м глубина осушительной канавы снижается до 0,9 м с таким расчетом, чтобы после осадки глубина оказалась около 0,8 м.

В чисто глинистом грунте глубина канав назначается в 0,6—0,7 м, так как в этом случае канава рассчитывается на прием лишь поверхностной воды.

Толща слоя торфа на песке или на глине по линии намеченной канавы не бывает одинакова; поэтому вышеприведенные соображения о глубине осушительных канав в зависимости от толщи и рода поверхностного и подстилающего грунта в приложении ко всей канаве значительно усложняются; так как глубина канавы не может устанавливаться на каждом пикете в отдельности, независимо от смежных, то проектное дно проводится таким образом, чтобы по возможности, в среднем, удовлетворить вышеприведенным соображениям; на одних пикетах дно окажется выше песчаного горизонта, на других пикетах окажется ниже его.

При проведении канав по слабому торфяному грунту, торф претерпевает значительную осадку, вследствие чего горизонтально стелющиеся корни деревьев оказываются снаружи (рис. 38). В предупреждение ущерба для деревьев рекомендуется в этих случаях в первый год прорывать канавы на 60% их проектной глубины, выждать после этого два года внедрения новых корней вглубь, а после этого довести канавы до полной проектной глубины.

Глубина собирательных канав. Глубина собирательных канав находится в зависимости от глубины осушителей; общим правилом является требование, чтобы дно собирателя было на 0,1—0,2 м ниже дна впадающего осушителя. При тщательных гидравлических проектированиях, что имеет место при интенсивно осушаемых сельскохозяйственных угодьях, глубина собирателей рассчитывается таким образом, чтобы горизонт бытовых вод в собирателе был на уровне дна впадающих осушителей (рис. 39).

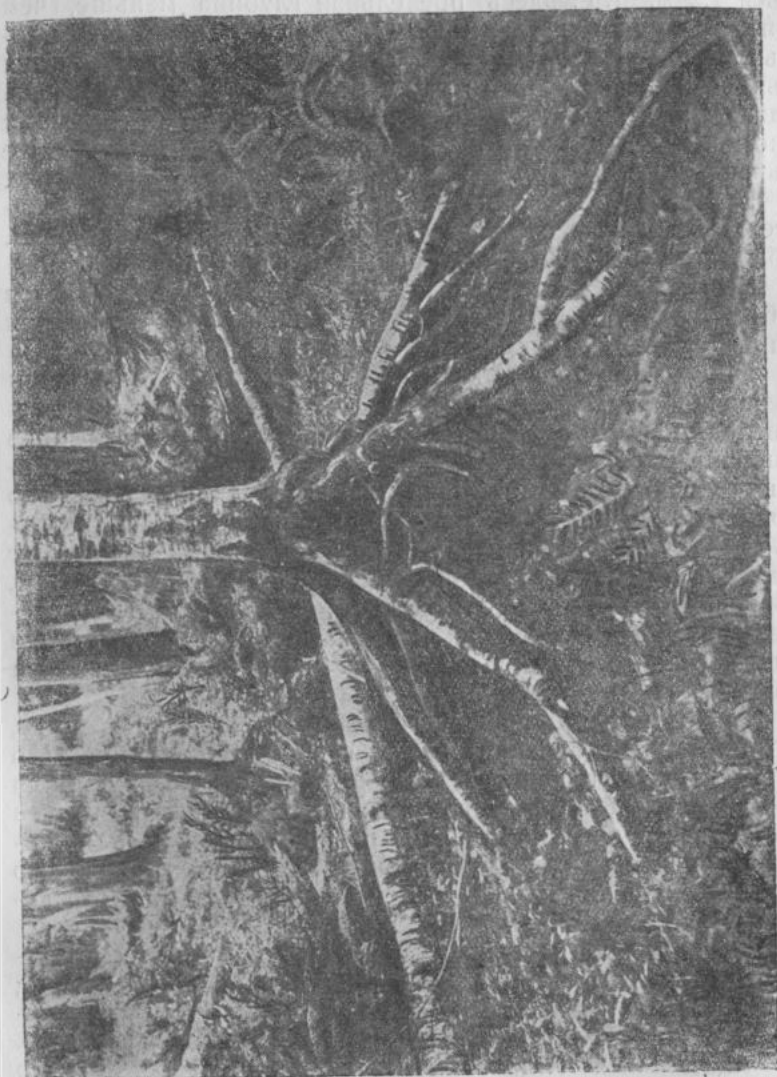
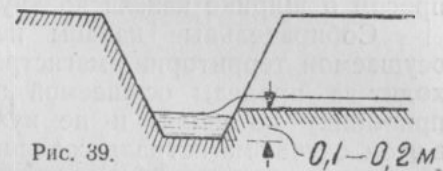


Рис. 38. Обнажение корней березы после осадки торфа.

Под бытовыми водами разумеют средние воды летнего времени, исключая из расчета дни летних паводков.

Если площадь водосбора собирателя мала и в летнее время движения воды по собирателю почти не имеется, то дно такого собирателя все же делается ниже дна падающих осушителей не менее как на 0,1 м. Если наоборот летом воды по собирателю идет много, то все же уступа между дном осушителя и собирателя свыше 0,2 м делать, вообще говоря, не следует; величину уступа следует компенсировать увеличением ширины дна собирателя.

Под словом уступ в 0,1—0,2 м не следует разумеать действительную вертикальную стенку; дно осушительной канавы при впадении в собиратель



скашивается на коротком расстоянии наклонно; вертикальный уступ будет смыт водой и засорит собиратель.

При пересечении каналом на торфяном болоте выступов минерального грунта, следует предусмотреть то обстоятельство, что дно канала в торфяном грунте, вследствие осадки торфа, опустится; дно же в минеральном грунте останется на первоначальной высоте, или даже поднимется



Рис. 40.

вследствие засорения с откосов. Поэтому продольный профиль дна канала примет неправильный вид и в местах осадки торфа, образуются застои воды. Чтобы этого не произошло, следует при пересечении минерального выступа придать каналу в этом месте первоначальную глубину на 0,1 м большую, чем в части, проходящей по торфяному грунту (рис. 40). Правило это относится к каналам всех категорий: осушительным, собирательным и главным.

§ 31. ГЛУБИНА МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Глубина магистрального канала определяется в зависимости от разнородных обстоятельств. Она зависит от условий внешних для канала, именно от глубины вводимых

в него собирателей и от уровня воды и дна в реке—водоприемнике, она зависит и от внутренних для канала условий, именно от грунта, по которому он проходит, от гидравлических и экономических соображений. Всего следовательно пять групп обстоятельств надо учесть при установлении глубины магистрали. Некоторые из них можно рассматривать независимо от других размерных элементов канала, некоторые же, как гидравлические и экономические соображения, могут рассматриваться лишь совокупно с вопросом о ширине канала по дну.

Собирательные канавы находятся всегда на самой осушаемой территории, магистральный же канал часто выходит за пределы осушаемой площади, идя к реке—водоприемнику по землям и 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 своем конце.

Положение дна магистрали в верхнем конце ее определяется положением дна собирательных канав; дно магистрали должно быть на 0,1—0,2 м ниже дна впадающих в нее собирательных канав. Здесь также возможно выставить соображение, чтобы уровень средне-летних вод в магистрали приходился бы на высоту дна впадающих собирателей; но это требование часто не выполняется и допускается, чтобы бытовой горизонт воды в магистрали был выше дна впадающих собирателей. По приведенной схеме получается как бы лестница уступов: если глубина осушительной канавы принята в 1,0 м, то глубина собирателя должна быть 1,1—1,2 м, глубина магистрали—1,2—1,4 м, глубина главного канала—1,3—1,6 м, варьируя, смотря по имеющимся запасам уклона.

Другой конец магистрали выходит на реку—водоприемник и положение дна магистрали зависит здесь от положения бытового уровня воды в реке. Могут быть три взаимных положения дна магистрали и уровня воды в реке. Первое положение — дно канала выше уровня воды — обычно является нецелесообразным, так как создается перепад, требующий укрепления; вместо перепада возможно устройство быстройтока, т. е. короткого участка с большим уклоном различно укрепленного от размывающего действия воды.

Второе положение дна канала—на уровне бытового горизонта воды в реке — часто применяется. Но и это положение встречает в условиях размываемого грунта серьезные возражения. После сильного дождя вода в канале сильно прибывает, а в реке остается еще на прежнем,

бытовом горизонте. Поэтому прибывшая в канале вода образует перед впадением в реку „кривую спада“ уровня воды в канале. На протяжении кривой спада образуется

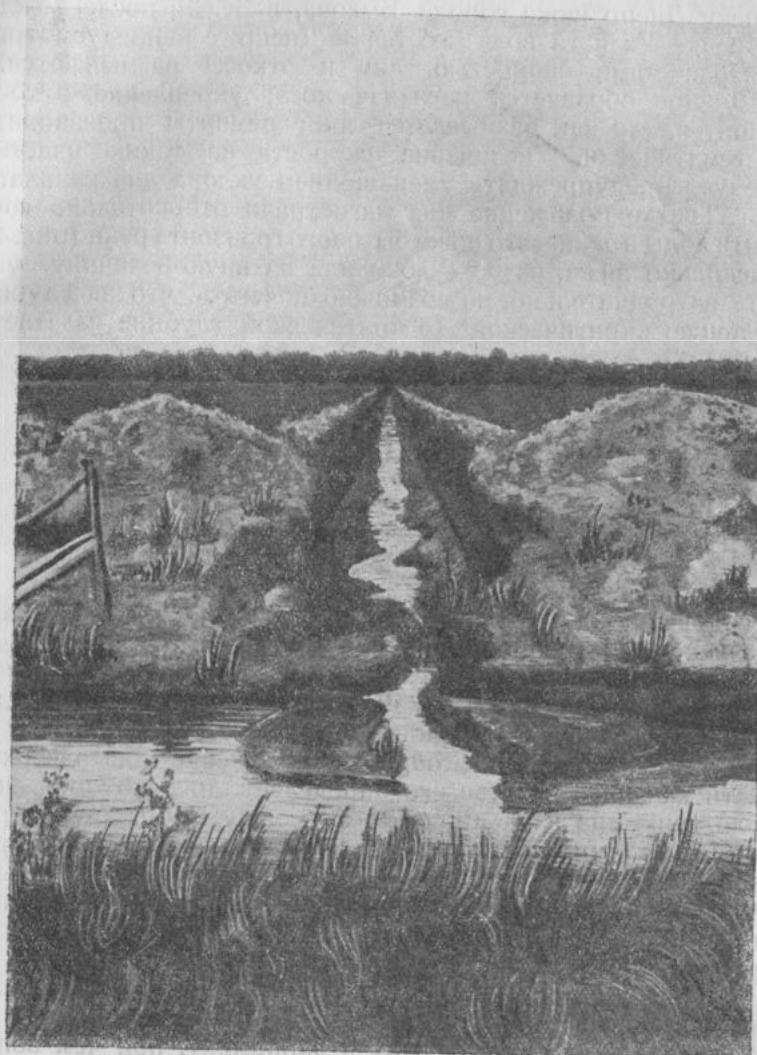


Рис. 41. Размыв устья канавы и отложения выносов в реке.

увеличенный уклон поверхности воды, вследствие чего развивается увеличенная скорость против расчетной скорости течения воды, и происходит размывание дна канала (рис. 41).

Вымывы со дна канала выносятся в реку, где и отлагаются в виде косы ниже устья канала. Примером таких процессов является спрямленная речка Ухлясть, впадающая в реку Днепр ниже города Быхова, в БССР; после дождей по речке Ухлясти вода несется в Днепр с непредусмотренной расчетами скоростью, дно и откосы размываются, а в Днепре образуется песчаная коса; укрепление откосов рушится, так как размывается дно; ремонты производятся систематически. Увеличение скорости на таких участках следует предупреждать уменьшением уклона дна канала.

Третье положение дна магистрали относительно горизонта воды в реке—это ниже бытового горизонта реки (рис. 42). Насколько ниже, на 0,2—0,5 м или на иную величину, указать затруднительно, но возможно полагать, что на глубину большую „критической“ (о критической глубине излагается

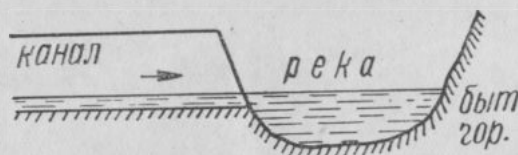


Рис. 42.

в гидравлике). При положении дна канала ниже бытового горизонта воды в реке, паводковые воды в канале не будут образовывать значительной „кривой спада“ и потому скорость течения воды в канале будет ближе к вычисленной в зависимости от уклона дна канала.

Намеченное таким образом положение дна в верхней части канала и в устье его определяет до некоторой меры положение дна и на протяжении между этими двумя крайними пунктами. Но известно, что в зависимости от характера поверхности по линии канала глубина канала вычисляется на каждом пикете различная и кроме того продольный профиль самого дна бывает необходимо иногда проектировать с перегибами.

При намечении дна магистрали на протяжении между рекой и сетью собирательных канав следует принять в соображение: грунт, гидравлику и экономику, при чем вопрос этот неразрывно переплетается с вопросом об уклоне и о ширине дна, и потому рассматривается совместно в отдельном параграфе о сочетании глубины и ширины каналов.

Дно магистрального канала нет надобности доводить до песчаного грунта, как то указывалось относительно осушительных канав; наоборот, дно магистрали желательно

провести в торфяном грунте, так как при этом положении дна не понадобится укрепления откосов канала.

При прохождении главного канала через озеро, требует разрешения специфичный 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 озере практически равна нулю, поэтому и уклон поверхности воды в озере практически может быть принят равным нулю; озеро дает, следовательно, на своем протяжении экономию в уклоне по линии главного канала. Но чтобы место вывода канала из озера не создавало подпора, необходимо, чтобы в самом же начале выводного канала создавалась скорость течения воды, при которой получался бы расчетный

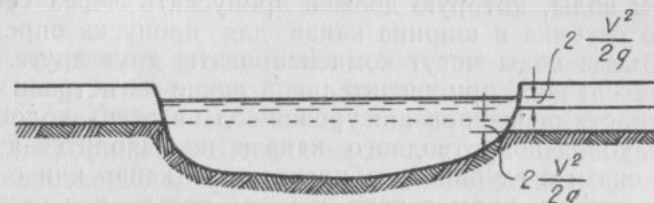


Рис. 43.

по каналу расход воды: т. е. скорость воды в самом же начале, в голове, выходного канала должна равняться

$$V = \frac{Q}{F}.$$

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 $\frac{v^2}{2g}$ м ниже расчетного уровня воды в озере (рис. 43).

В этот напор должна быть введена поправка на потери; потеря напора при входе воды в отверстия между мостовыми устоями принимается обычно в 10%; в условиях же входа воды из озера в канал при наличии водной растительности, возможности заиления, большой шероховатости, потерю в напоре следует принять для надежности расчетов в 100% и потому считать требуемый на создание в канале скорости v напор h удвоенным против теоретического.

Поэтому, если ширина вводного в озеро канала и ширина выводного канала одинаковы и если озеро не имеет

своего дополнительного притока воды, то дно выводного канала должно быть ниже дна вводного канала на величину $2\frac{v^2}{2g}$ м.

При этом условии и при расчетной скорости течения воды в канале в 0,5 м, разность положения дна вычисляется всего лишь в 0,026 м.

§ 32. СОЧЕТАНИЕ ГЛУБИНЫ И ШИРИНЫ КАНАЛОВ

Глубина магистральных каналов в первую очередь зависит от глубины впадающих в них собирательных канав и от положения горизонта воды в реке—водоприемнике. Ширина каналов по дну при заданной глубине определяется объемом воды, которую должен пропускать через себя канал. Но глубина и ширина канав для пропуска определенного объема воды могут компенсировать друг друга. В некоторых случаях, при значительной длине магистрали и при возможности регулирования уровня воды в реке—водоприемнике, глубина водоотводного канала не находится в такой тесной связи с глубиной собирательных канав или с положением уровня воды в реке, как это только что изложено, а может устанавливаться свободнее.

В этих случаях возможно и следует подбирать для водоотводных магистралей такое соотношение глубины и ширины их, чтобы достигнуть наилучшей для долговечности канала скорости течения воды и чтобы прорытие канала для пропуска данного объема воды потребовало наименьших денежных расходов.

Гидравлически выгоднейшее сечение канала. Если уклон по линии проектируемого канала настолько мал, что скорость течения воды подходит к низшим пределам, то следует ширину дна и глубину канала сочетать таким образом, чтобы создать наименьшую площадь живого сечения и наибольшую скорость, возможную при данном уклоне и при данном расходе воды. Это значит—следует подобрать гидравлически выгоднейшее сечение.

Соотношения глубины и ширины в гидравлически выгоднейших сечениях при различных заложениях откосов представляются следующими числами (см. табл. на стр. 137).

Заложение откоса предопределяется грунтом, по которому проходит канал. Перед подбором гидравлически выгоднейшего сечения, необходимо установить, во-первых, на какой расчетный расход воды следует подбирать это сечение и, во-вторых, каково должно быть расстояние горизонта расчетного расхода воды от поверхности земли. Расход

Угол откоса с горизонтом	Соответствующее залож. откоса	Гидравлически наивыгоднейшие			
		$b:h$	h (глубина)	R Гид. рвд.	
90°	0:1	2,00	$0,707 \cdot \sqrt{F}$	$0,3536 \cdot \sqrt{F}$	b —ширина по дну
63°20'	0,5:1	1,23	$0,759 \cdot \sqrt{F}$	$0,3795 \cdot \sqrt{F}$	
60°	0,58:1	1,15	$0,760 \cdot \sqrt{F}$	$0,380 \cdot \sqrt{F}$	F —площадь поперечного сечения
45°	1:1	0,83	$0,74 \cdot \sqrt{F}$	$0,370 \cdot \sqrt{F}$	
33°40'	1,5:1	0,61	$0,69 \cdot \sqrt{F}$	$0,3445 \cdot \sqrt{F}$	
26°30'	2:1	0,47	$0,636 \cdot \sqrt{F}$	$0,318 \cdot \sqrt{F}$	
18°20'	3:1	0,32	$0,548 \cdot \sqrt{F}$	$0,273 \cdot \sqrt{F}$	

следует принимать средний из наибольших месячных,¹ стремясь к тому, чтобы при этом расходе не было отложений наносов и не было по возможности зарастания травой.

Если в формуле Шези $V = C \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{I}$ для определения скоростного коэффициента C пользоваться формулой Маннинга $C = \frac{1}{n} \cdot R^{0,167}$, то гидравлически выгоднейшее сечение канала находится не подбором, а прямым алгебраическим вычислением.

Получаем:

$$V = \frac{1}{n} R^{0,167} \cdot \sqrt{I}$$

Гидравлически выгоднейшее трапециoidalное сечение при одиночном заложении откосов имеет, как указано в вышеприведенной таблице

$$R = 0,370 \cdot \sqrt{F},$$

поэтому:

$$V = \frac{1}{n} \left[0,37 \cdot \sqrt{F} \right]^{0,667} \cdot \sqrt{I} = \frac{1}{n} 0,515 \cdot F^{0,333} \cdot \sqrt{I}$$

и отсюда:

$$Q = F \cdot V = \frac{1}{n} \cdot 0,515 \cdot F^{1,333} \cdot \sqrt{I}; F = \frac{1,333}{0,515} \frac{Q \cdot n}{\sqrt{I}} \dots (1)$$

здесь n —коэффициент шероховатости русла.

Определив F из уравнения (1), вычисляем, согласно вышеприведенной табличке, величины h и b , глубину и ширину потока в канале.

¹ Объяснение в главе о ширине каналов.

Если например: $Q=1$ куб. м, $I=0,0002$, $n=0,030$, m (заложение откоса) $=1$, то гидравлически выгоднейшее сечение канала получается из уравнения

$$F^{1,333} = \frac{1 \cdot 0,30}{0,515 \cdot \sqrt{0,0002}} = 4,1,$$

$$1,333 \lg F = \lg 4,1,$$

$$F = 2,887 \text{ кв. м,}$$

$$h = 0,74 \quad \sqrt{F} = 1,250 \text{ м,}$$

$$b:h = 0,83; \quad b = 1,038 \text{ м,}$$

$$V = \frac{Q}{F} = 0,340 \text{ м.}$$

Это и будет наибольшая возможная скорость при заданных условиях. Так как полученная величина скорости $V=0,34$ м ниже или близка к рекомендуемым минимальным скоростям (0,4 м) в большую воду, то гидравлически выгоднейшее сечение потока в данном случае является наиболее подходящим из всех других сечений.

Если при заданном расходе $Q=1$ куб. м горизонт воды в канале должен стоять на 0,3 м ниже поверхности земли, то глубина канала с гидравлически выгоднейшим сечением должна быть $1,25 + 0,3 = 1,55$ м.

Рассмотрим случай противоположный, именно случай, когда уклон по линии канала велик и скорость течения воды подходит к верхним пределам допустимых скоростей, угрожающих размывом дна. В таких условиях следует подобрать гидравлически невыгодные соотношения между глубиной и шириной канала, чтобы гидравлический радиус получился меньший и этим уменьшалась бы и скорость течения воды.

Если в предыдущем примере принять уклон $I=0,004$, а остальные исходные величины оставить теми же, то гидравлически выгоднейшее сечение потока имело бы размеры:

$$F=0,94 \text{ кв. м, } b=0,59 \text{ м, } h=0,72 \text{ м, } v=1,07 \text{ м;}$$

при глубине потока в 0,72 м, глубина канала может быть равной или более 0,72 м, в зависимости от того, насколько уровень большой воды должен по заданию стоять ниже поверхности земли. Полученная скорость $v=1,07$ м выше безопасных скоростей, поэтому здесь гидравлически выгоднейшее сечение недопустимо. Необходимо скорость течения снизить. Чтобы снизить скорость течения при имеющемся уклоне берем меньшую глубину потока; пробуем взять $h=0,4$, тогда вычисляем остальные элементы канала:

$$F=1,16 \text{ кв. м, } b=2,5 \text{ м, } v=0,90 \text{ м;}$$

полученная скорость $v=0,90$ м ниже безопасной скорости в сфагновом торфе.

Таким подбором надлежащего сочетания между h и b скорость спроектирована допустимой по своей величине в сфагновом торфе.

Для глинистого же грунта, если принять безопасную скорость высокой летней воды в нем в 0,8 м, подобранное соотношение h и b оказывается не подходящим; следует еще так уменьшить h и подобрать b , чтобы скорость воды получилась не свыше 0,8 м при том же расходе в 1 куб. м.

Таким образом гидравлическим подбором для одного и того же расхода воды следует получать, придерживаясь допустимых скоростей, различные сочетания глубины и ширины в зависимости от грунта, по которому проходит канал. Но свободно варьировать между h и b можно лишь в пределах, допускаемых глубинами впадающих в магистраль-собирательных каналов, с одной стороны, и уровнем воды в реке, с другой стороны.

Экономически выгоднейшее сечение. Если уклоны по линии канала и расход воды таковы, что скорость течения воды при различных сочетаниях глубины и ширины магистрального канала остается в допустимых пределах, то соотношение между глубиной и шириной канала следует подобрать таким, чтобы стоимость работ по исполнению канала оказалась наименьшей. Гидравлически выгоднейшее сечение глубины и ширины в больших каналах таково, что глубина получается слишком большой, трудно исполнимой; это удорожает выемку 1 куб. м земли и следовательно удорожает всю работу. Например, при одиночных откосах и ширине по дну в 5 м гидравлически выгоднейшая глубина потока оказывается, согласно вышеприведенной таблице соотношений, равной 6 м. Ясно, что выемка с глубины 6 м потребует трудной работы, и потому следует подобрать такое сочетание h и b , при котором канал, пропуская тот же расход воды Q , потребовал бы для своего исполнения меньшей работы. Это сечение будет иметь иную форму и потребует для своего осуществления большей земляной выемки, чем сечение гидравлически выгоднейшее, но соотношение между глубиной и шириной сечения окажется таковым, что выемка земли потребует меньше килограммометров работы и обойдется дешевле.

Такое сечение канала, которое при пропуске заданного объема воды требует наименьшей работы для своего осуществления, следует назвать экономически выгоднейшим сечением.

§ 33. ПРОДОЛЬНЫЕ УКЛОНЫ ДНА КАНАВ

Все элементы осушительной сети должны быть спроектированы таким образом, чтобы обеспечивалось лучшее функционирование сети и устойчивость профиля канав.

Первое создается правильным распределением элементов сети в плане и установлением надлежащей глубины канав, второе—надлежащим выбором уклона дна, ширины дна и крутизны откосов канав. Одним из факторов разрушения откосов и дна канав является текущая вода.

Обладая энергией, движущаяся вода отрывает частицы грунта со дна и откосов канав, влечет их с собой вниз по течению и откладывает на участках с малыми скоростями. В результате действия воды, получают размывы каналов в местах большой скорости течения и отложения наносов на участках с малыми скоростями течения; и то и другое нарушает осушительное действие сети.

Каналы должны иметь поэтому такие уклоны, чтобы скорости течения воды в них оказывались в безопасных для данных грунтов пределах.

Эти пределы безопасности скоростей течения воды приводятся в следующей главе о проектировании водоприемников и там же изложен ход гидравлического расчета уклона и ширина канала и регулируемой реки—водоприемника.

По отношению же к собирательным и частично к магистральным каналам имеются выработанные практикой пределы, при соблюдении которых создаются обычные условия устойчивости профиля каналов.

В части продольных уклонов эти пределы выражаются следующими цифрами:

Для собирательных и осушительных канав допустимые уклоны находятся в пределах 0,0005—0,005, лучшие же уклоны—в пределах 0,001—0,003.

Для магистральных каналов допустимые уклоны находятся в пределах 0,0002—0,0020, лучшие—0,0005—0,0010.

Уклоны регулируемых рек с водосборами в сто и выше тысяч га, как будет выяснено далее, должны находиться в пределах 0,0002—0,0005.

При невозможности по условиям рельефа довести уклон каналов и рек до 0,0002, следует оговаривать в проекте необходимость регулярного ремонта их.

Наименьшим уклоном в мелиоративной осушительной практике является 0,00015.

Наилучший уклон дна канав при наличии слишком большого уклона 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

$$\frac{0,2}{0,005} = 40 \text{ м.}$$

Если же топография местности такова, что необходимо превысить предельный уклон, предельную скорость или предельную влекущую силу, напр. при спуске в речную долину, то в таких условиях рекомендуется устраивать перепады и быстротоки.

В условиях лесной мелиорации эти устройства должны быть возможно простыми, из местного материала, именно из кольев, хвороста и камней.

Устройство деревянных перепадов со шпунтовым рядом, с досчатыми полами и стенками в осушительной практике имеет редкое применение, вследствие дороговизны работы и необходимости последующего надзора за таким перепадом.

Вследствие отсутствия опыта в применении таких перепадов, размеры частей их указываются в руководствах достаточно произвольно, а иногда и вовсе не указываются.

Деревянный перепад устраивается следующим образом (рис. 44).

Высота перепада 1—1,2 м; у самого порога перепада забивается шпунтовый ряд из пластин толщиной 11 см, продолжаемый в оба берега канала на расстояние 2 м от бровки канала с каждой стороны, чтобы вода не могла обойти шпунтовый ряд. Забивка пластин производится ручной бабой, на глубину не менее 1 м в материк. На шпунтовый ряд насаживается красный брус из 18—22 см бревна, в котором вынимается четверть со стороны, обращенной вверх канала.

Выше и ниже порога забиваются половые и стенные сваи в расстоянии 2 м ряд от ряда; к ним прикрепляются

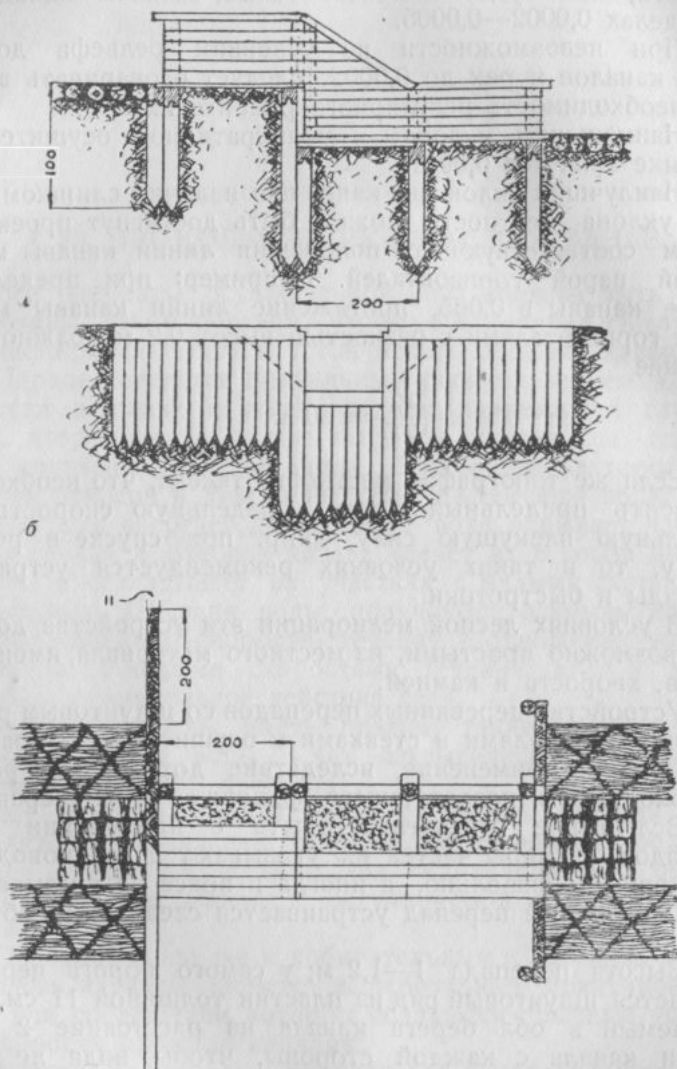


Рис. 44.

- а) Продольный разрез перепада;
 б) шпунтовая стенка перепада;
 в) план перепада.

насадки; к насадкам прибивается настил из пластин в закрой так, чтобы поверхность настила совпадала с дном канала; стенки перепада делаются вертикальными и обшиваются также пластинами. Пол верхней части перепада делается длиной не менее 2 м, нижней части—не менее 4 м.

Отверстие перепада должно быть рассчитано на расход весенней воды—около 1 л с га в 1 сек. с торфяного грунта.

Другим рекомендуемым типом укрепления является двурядный плетневый перепад (рис. 45), высотой в 1 м. Роль шпунтового ряда играют два плетня, поставленные у порога на расстоянии 0,7 м один от другого; колья диам. 6 см в этих плетнях должны быть забиты в грунт на глубину 0,8—1,0 м, а сами плетни опущены в грунт на глубину 0,5—0,6 м ниже дна нижней части канала, для чего здесь роется котлован, который затем тщательно засыпается. Промежуток между плетнями заполняется глиной или, за неимением ее, дерном с плотной утрамбовкой. Эти плетни тоже необходимо врезывать в берега канавы, как и шпунтовый ряд.

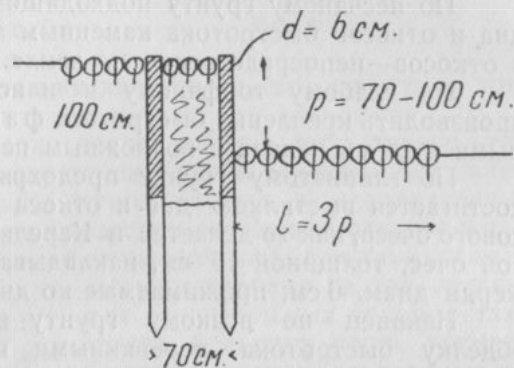


Рис. 45.

Эти плетни тоже необходимо врезывать в берега канавы, как и шпунтовый ряд.

Дно канавы перед перепадом укрепляется фашинами, которые укладываются поперек канавы в один ряд на протяжении 6 м, а ниже перепада сперва в 2 ряда на первых 2 м и затем на следующих 6 м в один ряд. Фашины прибиваются к дну крепкими спицами. Откосы выше и ниже перепада укрепляются указываемыми в соответствующей главе способами.

Приведенная высота перепада, а вместе с этим и все размеры его могут быть уменьшены до 0,5 м.

Взамен оплетения кольев прутьями, возможна закладка за колья пластин.

Из практики осушения болот по Мурманской жел.-дор. выявляется возможность значительного упрощения конструкции деревянного перепада даже на минеральном грунте, при небольших водосборах, около 100 га.

Наиболее простой тип перепада в торфяном грунте при колонизационных работах по Мурманской жел. дор.

делается из рядов кольев. Ряд кольев образует стенку перепада и два ряда кольев забиваются вдоль основания откосов в нижней части перепада.

Быстротоки. Взамен неустойчивых перепадов предпочтительнее выделять на канавах с большим уклоном короткие участки, называемые быстротоками, с уклоном в 0,1, закрепленные по дну и по откосам выше горизонта весенних вод камнем, деревом, фашинами, дерном, мхом; длина наклонной части быстротока принимается в 10 м, но укрепление должно быть продолжено на 1—2 м выше и ниже его.

По песчаному грунту подходящим является укрепление дна и откосов быстротока каменным мощением дна по мху, а откосов—непосредственно по земле.

По слабому торфяному и илистому грунту уместно производить крепление быстротока фашинами, укладываемыми вдоль канала с возможным погружением в ил.

По глинистому грунту предохранение от размывания достигается выстилкою дна и откоса быстротока слоем мохового очеса, как то делается в Карелии. На устланный моховой очес, толщиной 15 см, накладываются вдоль по канаве жерди диам. 6 см, прижимаемые ко дну и откосам нагелями.

Наконец по всякому грунту возможно произвести обделку быстротока деревянными пластинами с мелким шпунтовым рядом под ними в начале быстротока.

На крутых склонах рекомендуется выведение дна канавы „на-нет“, т. е. на поверхность земли, с тем, 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 получающиеся скорости воды.

§ 34. ОТКОСЫ КАНАЛОВ

Всякий рыхлый грунт, свободно насыпаемый в кучу, образует земляной конус (черт. 46). Прямая ab , соединяющая вершину конуса с основанием, называемая в геометрии образующей конуса, на поперечном профиле канала соответствует длине откоса (рис. 47). Перпендикуляр h , опущенный из вершины конуса на основание, называемый высотой конуса, 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 и соответствующий крутизне откоса, называется углом есте-

ственного 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 ($\frac{1}{2}:1$), одиночным ($1:1$), полуторным ($1\frac{1}{2}:1$), двойным ($2:1$) и т. д., вообще заложение откоса

$$m = \frac{l}{h}.$$

Угол естественно-го откоса грунта зависит от связности грунта и от величины трения частиц грунта друг о друга, которая значительно изменяется для одного и того же грунта в зависимости от степени его влажности.

Ясно, что заложение откоса должно быть таково, чтобы профиль канала был устойчив, чтобы откос не обрушался.

Значительное число предложенных в мелиоративных и общестроительных руководствах заложений откосов в различных грунтах для целей осушительной практики должно быть расчленено на две группы: для осушительных канав, остающихся большую часть времени без воды, и для водоотводных каналов с постоянным током воды.

Главным естественным разрушителем откосов является вода, насыщающая грунт, т. е. грунтовая вода и вода, движущаяся по дну канала.

Вода, насыщающая грунт, ослабляет связь между частицами его, особенно мелкими: чем больше в грунте воды, тем меньше угол его естественного откоса.

В нормах для проектирования гидротехнических сооружений, утвержденных техническими органами СССР¹ угол естественного откоса указывается:

	Угол	Заложение
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

¹ Экспертно-техническим Советом Госплана СССР в заседании 6/X 1928 г. и Всесоюзным Гидротехническим совещанием в мае 1929 г. и др.

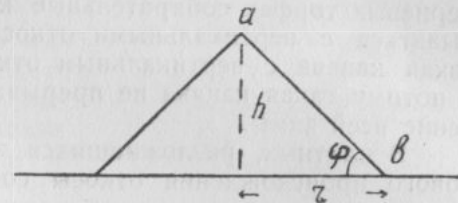


Рис. 46.



Рис. 47.

Приведенную справку необходимо дополнить данными по торфяным грунтам, совершенно не упоминаемыми в нормах Госплана.

В волокнистых, слабо разложившихся сфагновых и шейхцериевых торфах собирательные каналы вполне могут прорываться с вертикальными откосами (нулевое заложение); узкая канава с вертикальным откосом труднее промерзает и потому такая канава не прерывает своего действия в течение всей зимы.

В плотных, разложившихся торфах сфагнового и осокowego происхождения откосы собирательных канав могут делаться половинного заложения.

В торфах кустарниковых и илистых откосы собирательных канав должны делаться ординарными.

Магистральные каналы в торфяных грунтах делаются с ординарными и полуторными откосами, смотря по роду торфа.

Сводя все многие, не приводимые здесь данные к простейшему виду, можно принять к руководству следующую величину заложения откосов:

	Осушительные и собирательные каналы	Магистральные каналы, водоприемники
В песчаном грунте . . .	1,5	2,0
В глине	0,75—1,0	1,5
В торфе сфагновом . . .	0—0,25	1,0
В торфе травяном . . .	0,25—0,5	1,0
В торфе древесном . . .	0,75—1,0	1,5

Так как влажность грунта, вообще говоря, увеличивается книзу переходя в грунт, насыщенный водой, то и заложение откоса канала должно постепенно увеличиваться книзу, т. е. форма канала должна бы быть овальной, приближающая к параболе или эллипсу, как то наблюдается в руслах рек.

Прорытые в виде правильных трапеций каналы деформируются и принимают также овальную форму. Деформация усложняется еще тем, что каналы пересекают обычно разнородные грунты: вверху торф, внизу песок, или вверху торф, внизу глину, или глину и песок.

При разнородном грунте откосы должны быть различной крутизны не только в зависимости от различной влажности, но и от рода грунта; напр., канал, проходящий через моховой торф и песок, должен бы иметь сложный профиль, указанный на рис. 48.

Однако проектирование профиля с разным заложением откоса по глубине в практике не прививается.

Устойчивость откосов в глинистом, песчаном и торфяном грунтах была обследована в 1929 г. на новых и старых канавах в Лисинском учебно-опытном ЛПХ-зе в 60 км от Ленинграда. Осушенная поверхность покрыта лесом.

Ординарные откосы канав, прорытых в 1927—1928 гг. целиком в глинистом грунте, оказались на 30% протяжения поврежденными оползнями и подмывами.

Ординарные откосы канав в торфяно-сфагновом грунте оказались за то же время поврежденными лишь на 6% протяжения.

Ординарные откосы, проходящие в верхней половине в торфу, а в нижней половине в глине, оказались поврежденными на 50% протяжения.

В суглинке повреждений оказалось на 57%.

В супесчаном и песчаном грунте все откосы ординарного заложения оказались через два года после прорытия их в неудовлетворительном состоянии.

Самым легким природным повреждением нового откоса является образование трещин. Сильным повреждением является обвал откоса, вызываемый подмывом (рис. 49). Независимо от трещин и подмыва происходят выпучивания откосов, вызываемые выходом грунтовой воды в откос канавы (рис. 50) и оползни (рис. 51).

Состояние старых канав в том же Лисинском ЛПХ-зе, прорытых в большом числе до 1898 г., оказалось также в зависимости от грунта; в глинистом грунте до 50% протяжения откосов разрушилось, 10% заросло сфагнумом. В торфяном грунте—10% разрушилось и 20% канав совершенно заросло.

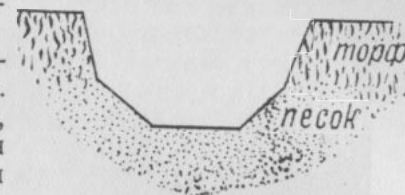


Рис. 48.



Рис. 49.



Рис. 50.

Не всякая канава с поврежденными откосами перестает работать. В зависимости от расхода воды, ширины по дну, рода грунта и т. п. прорытая канава, принимая неправиль-



Рис. 51. Оползни откосов.

ные формы, может приближаться по своему виду к ручью с устойчивыми, хотя и обрывистыми берегами; это является наилучшим случаем в эволюции искусственного водотока.¹

¹ Извлечено из рукописи сотрудницы по исследованиям Е. Селюк.

Такой эволюционный процесс искусственного поперечного профиля канавы до состояния естественного профиля ручья можно наблюдать на многих прорытых каналах в лесах, и он является процессом желательным, создающим длительность функционирования канав без ремонта.

Но чаще процесс идет иначе; канава мельчает, зарастает мхом и обращается—деградирует в мелкий лоток, со стоячей водой. Следовательно деформация поперечного сечения канав может идти в двух противоположных направлениях: эволюция до формы ручья и деградация до мелкого лотка.

Систематические наблюдения над состоянием откосов канав ведутся с 1929 г. в Сиверском ЛПХ-зе в 70 км от Ленинграда. Для этой цели, начиная с 1929 г., всем прорываемым здесь в производственных целях канavam придаются различные заложения откосов, от четвертных ($\frac{1}{4}$) до полуторных ($1\frac{1}{2}$), с последующими замерами профилей осенью и весной из года в год.¹ Материал еще не обработан в окончательном виде, но предварительное основное суждение по этим наблюдениям сводится к следующему для глинистых и песчаных грунтов:

1. При всяком, в пределах до полуторного, заложении откоса в мелкопесчаном грунте происходит подмывание основания его и последующий обвал.

2. Глинистый грунт настолько разнообразен (мореная глина, осадочная глина) и обманчив, что лишь очень пологий откос (1,5 и более) гарантирует устойчивость его; глина, которая с трудом поддается лопате, 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, имеют после первой весны безобразный внешний вид, создаваемый оползнями и обвалами.

4. На третьем году профиль канав сам собой выравнивается, получает округлые очертания формы параболы и не режет глаз; канава при этом мельчает, вследствие отложений на дне обваливающегося с откосов грунта.

¹ При участии сотрудников С. П. Кузнецова и Е. П. Богачева.

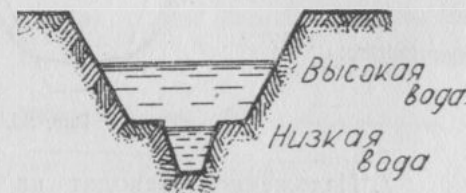


Рис. 52.

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. 52).

6. Наличие покрова из гипнумов и травяной растительности, пронизывая корнями почву, укрепляет верхний горизонт грунта, который удерживает от обрушения и нижележащий слой глины (рис. 53).

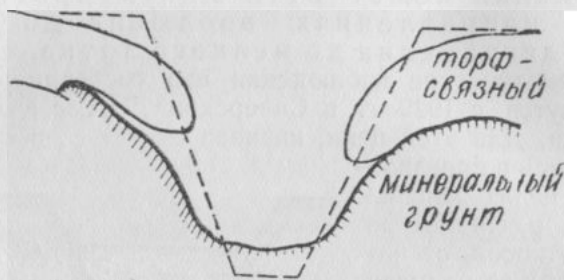


Рис. 53.

7. Изложенное наводит на предположение, что новые канавы возможно прорывать, в целях экономии земляных работ, с крутыми откосами, имея в виду почти неизбежность повреждения их и при более пологом заложении, но при этом следует иметь в виду полезность последующего углубления канавы узкой траншеей.

§ 35. КРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ

Неустойчивость откосов в песчаном грунте (рис. 49, 50, 51), особенно при постоянном течении воды по каналу, делает необходимым производство укрепления откосов в песке. При обычном отсутствии последующего надзора, неудовлетворительности исполнения самой работы и дороговизне ее, укрепления откосов следует, вообще говоря, избегать, стараясь обходить места с выходами песка и уменьшать в таких местах глубину канав. Если же проведение откосов канала в песке неизбежно, то укрепление их производится по одному из нижеописанных приемов:

1. Нижняя часть откоса, омываемая водой, может быть укреплена продольной фашиной, укладываемой по линии сопряжения дна и откоса канала (рис. 54).

Практического распространения в наших условиях этот способ еще не получил, но некоторыми мелиораторами, специально знакомившимися с состоянием произведенных

укреплений откосов, усиленно рекомендуется. В Германии закладка фашины по основанию откоса достаточно распространена. Фашины делают длиной 2,5—3,0 м, диаметра 25 см и каждая из них возможно плотно стягивается ивовыми прутьями. Материалом для фашин служат ветви или молодой жердняк лиственных и хвойных пород, пока они свежи и гибки; наибольший диаметр жердняка—4 см. Наичаще употребляется ивовый, березовый и ольховый материал. Вместо отдельных фашин могут изготавливаться из того же материала фашинные канаты произвольной длины, которые затем сразу скатываются по откосу канавы и укладываются в основании откоса. Укрепление фашины в канаве производится помощью деревянных кольев, диаметра 4—6 см, пробиваемых через тело фашины.

Если откос врезан в песок только нижней своей частью и летняя вода идет по канаве слоем малой толщины, то заложенная фашина является достаточной опорой для всего откоса, так как наблюдения показали, что откос обваливается главным образом вследствие подмываводой основания его.

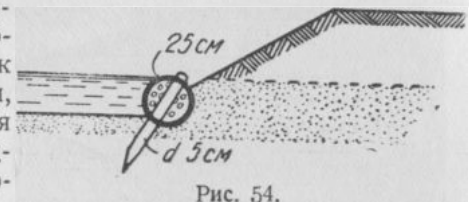


Рис. 54.

Если обычный горизонт воды в канале стоит выше толщины одной фашины и откос проходит по песку, то желательна укладка по откосу второй и третьей фашины с прибивкой кольями.

Для укрепления подводной части откоса распространены вертикальный плетень. Сосновые, ольховые или еловые колья, диаметра 5—7 см, забиваются у подошвы откоса в расстоянии 33 см друг от друга по протяжению канавы на глубину не менее 60 см или до отказа, если кол идет глубже (рис. 55).

Забивка кольев или сваек на достаточную глубину является первым необходимым условием устойчивости крепления; колья должны быть забиты до отказа; глубина забивки должна быть под обеспеченным контролем; сделанная работа требует особой бдительности.

Надземная часть кольев спиливается на высоте 0,4—0,5 м над дном канала; для возможностей контроля забивки кольев, они заготавливаются все одинаковой длины и спиливание расщепленных ударами легкой бабы головок кольев производится лишь после осмотра забитого ряда техником.

Вторая стадия работы—оплетение кольев прутьями—контролируется легко. Оплетение должно быть плотным,

прутья должны осаживаться вниз ногами, «бабами», колодками и т. п. Лучшим материалом для оплетения являются живые ивовые прутья; проросший ивовый плетень образует вечное крепление откоса. При отсутствии ивняка употребляются березовые и ольховые ветки, по возможности очищенные от листвы, так как густая листва временно маскирует прорехи плетения.

Третья операция устройства вертикального плетня— это засыпка за плетень грунта. Под руками лежит мелкий песок, вынутый здесь из канавы; но употреблять песок на засыпку за откосы нельзя, он будет вымыт водой (рис. 56), засыпку надо произвести неразмываемым грунтом: лучше

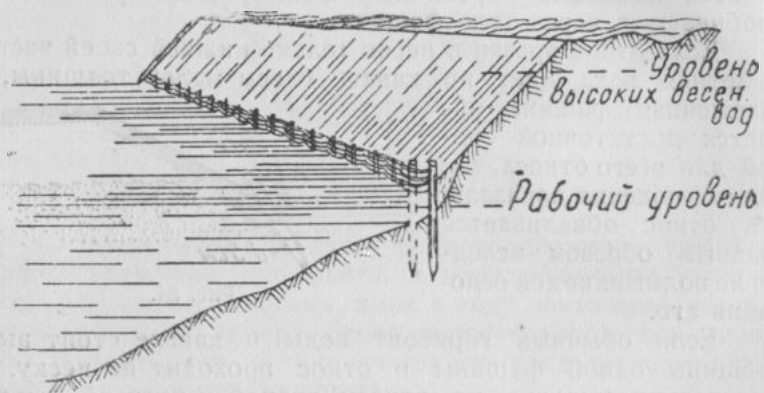


Рис. 55.

всего дерном, а за неимением его смесью глины и торфа или, наконец, просто торфом.

В песке-плывуне устойчивость откоса на опрокидывание следует увеличивать анкерными свайками, к которым проволокой или вицами притягиваются колья плетня через 1 м по длине плетня (рис. 56).

В узких и маловодных канавах опрокидывание плетня возможно предупреждать поперечными распорками или насадками на колья.

Разрастающийся ивняк крепления откосов уменьшает сечение канала, что не причиняет большого зла. Вырубка разрастающихся ветвей дает ценный свежий материал. Если же по каналу ведется сплав, то вертикальный, низкий плетень с разросшимся ивняком является значительным препятствием для движения россыпи.

3. Наклонный плетень. Наклонный плетень делается из того же материала, что и вертикальный, но укла-

дывается плотно по откосу. Сначала слабо забивается в дно канавы вертикальный или наклонный ряд кольев. Колья



Рис. 56. Разрушенное крепление откоса вертикальным плетнем.

оплетаются прутьями, земляной откос тщательно выравнивается. После того плетень прижимается к откосу и колья забиваются наискось в дно на возможную глубину, до от-

каза или не менее 0,6 м. Оплетение уплотняется ударами ноги. Колья через 1 м притягиваются к откосу проволокой, прикрепляемой к анкерным свайкам в откосе. Просветы между откосами и плетнем забиваются землей.

Высота крепления откоса—выше уровня высоких летних вод, если весь откос песчаный.

Невозможность плотной забивки зазоров между наклонным плетнем и земляным откосом канала может вызывать

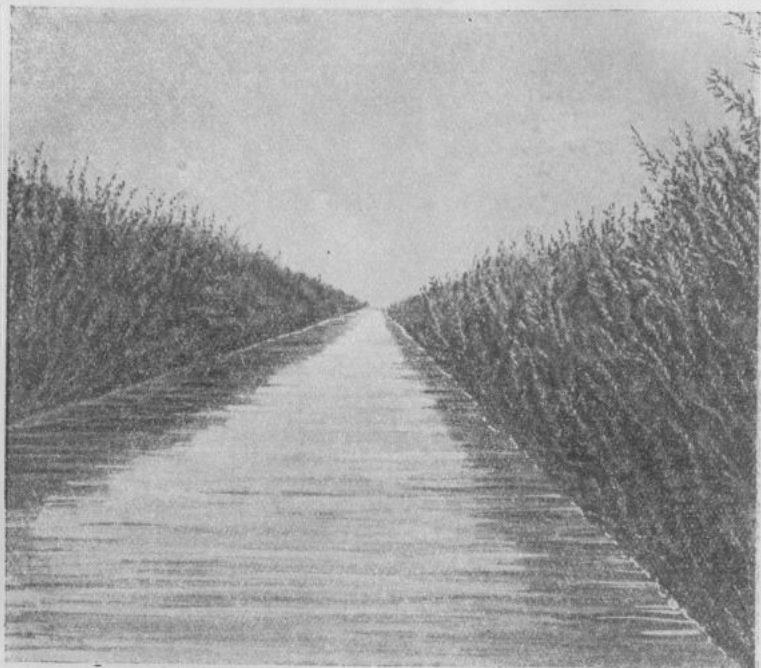


Рис. 57. Разросшая лоза крепления откосов.

опасение, что вода будет вымывать песок из-за плетня и откос разрушится.

Но имеется значительный опыт устройства такого плетня, осуществляемый с 1924 г. на каналах, осушающих болотный массив „Марьино“ в Бобруйском округе в Белоруссии. Ивняк хорошо прорастает и может идти на поделки, а откосы, не возбуждают сомнения в своей устойчивости (рис. 57). Если нет возможности употреблять живые прутья на весь плетень, то следует имеющиеся живые прутья заплести в среднюю по высоте часть плетня.

4. В небольших размерах осуществляется укрепление откосов на всю их высоту выстилкой хворостом, протянутым поперек течения воды, прижимаемым продольными жердями, которые прикрепляются к откосу кольями с развилиной.

Жерди диаметром 6—9 см, колья длиной по 0,6 м, диам. 3—5 см; материалом для хвороста должен служить прорастающий ивняк, для жердей—сосна, для кольев—любая порода.

Выстилка откоса хворостом может производиться и в ином направлении, именно хворост укладывается на откос вдоль по канаве, жерди же кладутся на хворост по откосу, с бровки канала ко дну и прикрепляются к откосу кольями с развилиной.

Укрепления откосов хворостяной настилкой не проверены в достаточной мере опытом, имеются случаи совершенного разрушения таких креплений после первой же весны.

5. Крепления омываемого водой откоса и дна камнем широко практикуется в дорожном и в прудовом строительстве.

В земельно-мелиоративной практике этот способ не имеет распространения, повидимому из-за дороговизны доставки камня. Прочность мощения откоса камнем на моховой подстилке или без подстилки не должна возбуждать сомнений.

6. Крепление откосов вертикальной стенкой из пластин осуществляется лишь в пригородных, дачных районах и на опытных болотных станциях. Указывается еще на крепление откосов сплошным рядом вертикально забиваемых кольев, опирающихся в верхней части на продольные по канаве лежни.

7. Верхнюю часть песчаного откоса или весь откос канав, свободных большую часть времени от воды, возможно укреплять дерном плашмя. Дернины должны укладываться на откос свежими, чтобы корни травы проросли в откосе. Присутствие на дерне мха служит признаком плохого его качества, присутствие злаков и клевера—хорошего.

Дерн должен иметь толщину в 7—10 см, вырезается он обыкновенно лопатой. При временном хранении дерн должен укладываться в штабели рядами, трава к траве и поливаться.

Выстилка откосов канав дерном производится сплошная, дернины прикрепляются к откосу спицами, длиной 30 см, толщиной 2 см.

При наличии дерна разного качества следует лучшие дернины укладывать на откос, освещаемый солнцем, так

как на этом откосе плохой дерн под действием солнца засохнет. Откос же, обращенный к северу, всегда влажнее, солнце его не сушит, и потому здесь дерн приживается лучше.

На прижившемся дерне развивается травяная растительность, иногда пышнее, чем на коренном лугу, откуда был взят дерн; объясняется это хорошим проветриванием откосов. Поэтому задерненный откос приобретает вполне устойчивую форму, если нет напора грунтовой воды.

8. Верхняя часть песчаного откоса может закрепляться посевом корневищных многолетних трав: клевером ползучим, полевицей, мятликом, овсяницей. Перед посевом откос разрыхляется граблями, после посева откос уплотняется лопатой. Посев можно производить осенью и весной.

9. Наконец, возможны сочетания различных типов крепления откоса. Например, омываемая летними водами часть песчаного откоса укрепляется плетнем, вышележащая часть — дернованием.

Для получения надежного крепления откосов могут быть сформулированы нижеследующие общие требования при устройстве их.

а) Укрепление должно быть на 0,25 м выше среднего летнего уровня воды.

б) Забивка кольев должна быть произведена на глубину не меньше 0,6 м или до отказа.

в) Оплетение хотя бы частично должно производиться живой лозой.

г) Оплетение кольев должно быть плотное.

д) Засыпка за плетень должна производиться растительным грунтом.

е) Песчаные откосы выше плетня полезно укреплять дерном.

ж) На поворотах каналов должно быть произведено укрепление и дна у вогнутого берега, где струя воды ударяет в основание откоса.

з) При больших уклонах и большой влекущей силе потока должно укрепляться и дно канала.

и) Откидка земли из каналов должна производиться на далекое расстояние.

к) Сплав леса должен допускаться лишь после прорастания крепления.

л) На крупных отводных каналах и на реках крепление должно рассчитываться на давление грунта, на сопротивление грунта дна канала давлению кольев и на изгиб кольев, по общим правилам строительной механики со специфичными для рассматриваемых устройств приемами.

§ 36. ШИРИНА ДНА СОБИРАТЕЛЬНЫХ КАНАВ

Ширина собирательных канав по дну определяется обычно минимальными возможными к исполнению размерами и таким минимумом является 0,2. Однако землекопы предпочитают делать за ту же плату 0,3 м по дну, при каковых размерах удобнее стоять на дне канавы и легче работать лопатой. Следует однако иметь при этом в виду, что если производится уширение дна с 0,2 и до 0,3 м, то соответственно этому должно быть произведено и уширение поверху; иначе создалось бы нежелательное увеличение крутизны откосов.

Минимальная ширина по дну в 0,2 м в песчаном грунте встречает еще то возражение, что всякий попавший при этом на дно канавы предмет, кусок торфа, обрубок дерева, вызывает сильное стеснение струи воды, заставляя тем струю подмывать откос, следствием чего является обвал и засорение канавы. Поэтому лишь в плотных и связных торфяных грунтах ширина по дну 0,2 м является вполне целесообразной; в песчаных же и глинистых грунтах надежнее для устойчивости поперечного профиля канав давать ширину по дну 0,3 м.

Следует при этом иметь в виду, что избыточная ширина канав по дну имеет следствием зарастание их водной растительностью.

Собирательным канavam, принимающим в себя ряд боковых осушителей, следует давать ширину по дну 0,4 м.

Ширина по дну водоотводимых магистралей должна назначаться в зависимости от площади водосбора, о чем излагается в следующей главе.

ШИРИНА МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ И
РЕК—ВОДОПРИЕМНИКОВ ПО ДНУ

§ 37. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

Заложение откосов, глубина, уклон дна канав назначаются в соображении, как ранее указано, с разнородными факторами и друг от друга мало зависимы. Последний же важный элемент размера канала—ширина по дну—назначается в тесном соображении с тремя вышеуказанными элементами: заложением откосов, глубиной и уклоном дна канав и в зависимости еще от четвертого фактора—количества воды, которое проектируемый магистральный канал должен пропускать в единицу времени.

Осушительные каналы на болоте можно приравнять к балкам, на которых держатся полы и потолки строения; от исправности состояния балок, правильно принятого расстояния между ними и пр. зависит надежность всего здания; от правильности распределения канав и исправности их функционирования—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 коренная, важнейшая разница, недостаточно ясно иногда представляемая. При расчете частей строения чем большая норма нагрузки или больший запас взят в основу расчета, тем обычно прочнее сооружение; может быть лишняя затрата на прочность будет и невыгодна, но ущерба от такой затраты для прочности не происходит.

Совсем не то при вычислении поперечного сечения водоотводного канала. Преуменьшение или преувеличение поперечного сечения осушительного канала против необходимого обязательно вредно для исправного состояния работы, при чем преувеличение размеров даже более нежелательно.

Это условие указывает, что правильное определение сечения водоотводного канала более трудно, чем расчет балки и принципиально от него отличается.

Ширина по дну магистральных каналов определяется гидравлическим расчетом после установления величины стока воды с водосборной площади в одну секунду времени. В мелиоративной практике условлено сток в л в секунду с 1 га называть модулем стока.

Установление расчетных модулей стока является еще насущной задачей времени, так как он считается еще нерешенным.

Принято в основание выяснения этих норм класть количество осадков в районе.

Сводные сведения об осадках по всей Европейской части Союза за 1888—1912 гг. имеются в труде С. Небольсина „Средние количества атмосферных осадков в Европейской России“ (Геофизический сборник Главной физической обсерватории, 1916, т. III), где приведены результаты наблюдений по 320 станциям.

Но по некоторым областям имеются и более детальные материалы. Так, по бассейну р. Днепра, выше г. Киева средние годовые и месячные количества осадков исчислены Е. Оппоковым в труде „Режим речного стока в бассейне верхнего Днепра“, изд. 1914 г. Для Московской губернии—В. Власовым в книге „Материалы по климатологии Московской губернии“, изд. 1914 г. Для Белоруссии составлен специальный очерк А. Кайгородовым и т. д.

Средне-годовое количество осадков в бассейне верхнего Днепра за 1876—1908 гг. (33 года) дает слой воды в 559 мм, с годовыми колебаниями по всему бассейну от 442 мм до 700 мм, а в бассейне р. Припяти от 416 мм до 736 мм; в Московской губ. за 1879—1911 гг. (33 года) среднее годовое количество осадков—536 мм, с колебаниями от 374 до 716 мм.

На громадной территории СССР осадки распределены весьма неравномерно; наибольшее годовое количество их выпадает в Батуме Грузинской ССР (2000 и более мм в год), наименьшее—на равнинах у Аральского моря (менее 100 мм в год). В средней полосе Европейской части РСФСР выпадает в год от 400 до 600 мм, в северной, у берегов Ледовитого океана значительно менее. Самым дождливым месяцем в северной части Союза является август, в средней—июль и в южной—июнь.

Однако знание величины осадков не дает еще возможности определения расчетной нормы стока для осушительного канала. Выпадающие на поверхность земли осадки разделяются на три части: одна часть испаряется снова в атмосферу, другая—просачивается вглубь грунта и третья стекает с поверхности в ложбины, канавы и реки.

Объем воды, стекающей с данной площади, называется стоком. Сток в литрах в секунду, соответствующий 1 га водосбора, называется нормой стока или модулем стока с данной площади.

Отношение стока к количеству выпавших в то же время осадков называется коэффициентом стока.

Норма стока зависит от разнообразных естественных факторов, которые можно разбить на топографические, почвенно-геологические, покровные и метеорологические. Качественное влияние каждого из них в отдельности ясно, но количественное значение неопределимо.

§ 38. МОДУЛИ СТОКА

Во всех случаях производства гидравлического расчета проектного сечения канала и регулируемой реки требуется предварительное установление трех исходных моментов:

- 1) на воды какой категории вести основной расчет и затем поверочный;
- 2) каков секундный расход воды, принятой для расчета категории;
- 3) каково положение расчетного горизонта воды в канале или в регулируемой реке относительно поверхности земли.

После установления этих исходных моментов расчета самый гидравлический расчет ширины русла производится вычислением, пользуясь формулой скорости течения воды, или с помощью таблиц и графиков.

В имеющихся мелиоративных руководствах предлагаются разнородные категории вод, на которые следует вести расчеты регулируемых рек и прорываемых каналов; при этом из-за несогласованности номенклатуры и разнородности построения формул происходят значительные расхождения в результатах вычислений.

Расход по каналу для земельно-мелиоративного проектирования может вычисляться по трем основным категориям вод:

- 1) на средние летние воды,
- 2) на высокие летние воды,
- 3) на весенние и летние паводки.

Средние летние воды. Под средними летними водами в буквальном понимании следует разуметь средние горизонты и расходы воды за июнь, июль и август. Это наиболее простое определение и в то же время наиболее точное, легко поддающееся вычислению. 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 понимаются или средние летние воды за исключением летних паводков, или же расходы воды, наиболее часто наблюдаемые за лето. Наконец употребляется еще термин „меженные воды“, тоже неясный по своему содержанию.

Категория „бытовые воды“ имеет положительную сторону в том, что здесь исключены случайные большие летние паводки, которые при расчете каналов не следует принимать во внимание, но грань между паводком и просто некоторым подъемом воды в реке провести невозможно; поэтому элемент некоторой произвольности здесь неизбежен.

Для всяких расчетов следует пользоваться, как исходным материалом, по возможности ясными, точно определенными величинами. Понятие „средние летние воды“ является наиболее ясным из всех вышеуказанных определений этой группы; оно не допускает никакого произвола. Поэтому мы и рекомендуем в осушительной практике пользоваться понятием „средние летние воды“ (горизонты и расходы), выражая их в л с 1 га в секунду.

В настоящее время мелиоратор может располагать уже большим материалом наблюдений над действительным летним расходом воды по мелиорируемым рекам и каналам.

Из имеющегося материала по летним расходам можно сделать следующий основной вывод.

Модуль стока средне-летних вод, т. е. сток в секунду по расчету с 1 га водосборной площади, не зависит от величины водосборной площади, а определяется преимущественно условиями климата и может быть принят в среднем:

Для западных районов Украины	0,02 л/сек.
„ Московского района	0,03 „
„ Белоруссии севернее Припяти	0,04 „
„ Ленинградского района	0,06 „

Следовательно летний сток со всей водосборной площади канала или реки просто 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 (сток с 1 га).

Влияние всех естественно-исторических факторов на летний сток: осадков, испарения, строения бассейна, уклона поверхности, растительного покрова, в цифрах пока учесть не удается и может быть выражено лишь общими соображениями о том, в какую сторону влияет каждый из перечисленных факторов.

Высокие летние воды. Высокие летние воды бывают различных категорий: во-первых, кратковременные паводки, вызываемые сильными ливнями; уже указывалось, что 40 мм осадков за сутки случаются в бассейне реки Днепра в среднем по 9 раз за 15 лет в каждом пункте; ясно, что на такие редкие ливни рассчитывать водоотводные каналы не следует.

Лишь при проектировании парковых защитных канав следует учитывать такие ливни, считая при этом, что около 50% выпавших осадков уходит в грунт и испаряется.

Осадки в 10 и более мм за сутки выпадают по исчислениям Брицке¹ со следующей частотой:

В Ленинграде	один раз за 39 дней
„ Москве	„ „ „ 25 „
„ Днепропетровске	„ „ „ 32 дня

Слой воды в 10 мм при условии отвода его полностью в течение 24 часов дал бы сток в секунду с 1 га = 1,16 л:

$$\frac{0,01 \cdot 100 \cdot 100}{86400} = 0,00116 \text{ куб. м} = 1,16 \text{ л.}$$

Понятно, что и на такой сток рассчитывать водоотводные каналы, вообще говоря, нет надобности; лишь для парковых земель этот модуль обязателен как минимальный. Кратковременное же затопление луга, естественного и культурного, может причинить ему ущерб лишь во время сенокоса или незадолго до него, когда загрязняется или сносится скошенный урожай. Для леса кратковременное затопление поверхности вреда не причиняет.

Мелиоратор должен защитить растение летом лишь от длительного воздействия избыточной воды, которое было бы явно вредно для растения. Но какова допустимая длительность затопления, мы сказать не можем и приходится достаточно произвольно исходить из предположения, что расте-

¹ Брицке. О повторяемости дней с осадками. Геофизический сборник 1915.

ние необходимо защитить от избыточной влажности, действующей в течение месячного периода.

Исходя из этого предположения, необходимо иметь данные о фактическом высокому месячному стоку по рекам и каналам. За каждый год наблюдений выбираем 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 исключаем. Вычислив за возможно большее число лет средний из наибольших месячных стоков в вегетационный период, получим тот сток, который следует положить в основу гидравлического расчета. Называем его средним из наибольших месячных стоков или средне-высоким летним стоком. Соответствующие этому стоку осадки назовем „средними из наибольших месячных“ осадками.

Для Белорусского Полесья эта величина осадков была дана А. И. Воейковым уже в очерке работ Западной экспедиции по осушению болот (1899 г.); именно за время 1879—1897 гг. наибольшие месячные осадки распределялись по наблюдениям на метеорологической станции в Васильевичах, в южной Белоруссии, следующим образом:

1879 г. август	86,6 мм	1889 г. октябрь	107,6 мм
1880 „ июль	95,3 „	1890 „ май	157,2 „
1881 „ август	72,3 „	1891 „ август	101,5 „
1882 „ июль	57,4 „	1892 „ июнь	100,3 „
1883 „ май	81,3 „	1893 „ июль	120,4 „
1884 „ май	60,5 „	1894 „ июнь	116,2 „
1885 „ август	195,6 „	1895 „ август	117,5 „
1886 „ ноябрь	89,3 „	1896 „ июль	125,9 „
1887 „ август	132,4 „	1897 „ „	122,8 „
1888 „ июль	70,9 „		

Средн. из наибольших месячн. 105,3 мм

Если предположить, что все количество выпадающих месячных осадков в 105 мм высоты должно быть отведено по каналу в течение месяца же, то секундн. 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 организации¹ средние из наибольших месячных осадков оказываются по б. Смоленской губ. равными 120 мм, по б. Брянской губ. около 100 мм.

Каков же действительный средний из наибольших месячных стоков, или средне-высокий летний сток, с больших площадей, остающейся после испарения и просачивания части выпавших осадков?

¹ Тарасов. Материалы к уточнению проектирования осушительных систем. 1929.

Величина среднего из наибольших месячных стока, или средне-высокий летний сток, достаточно верно получается по формуле:

$$q = \frac{3}{\sqrt[3]{F}} \cdot \sqrt{\frac{I}{0,0003}}$$

где q —модуль стока (литры с га в сек.),

F —площадь водосбора в га,

J —средний уклон по каналу или реке на всей длине выше рассчитываемого сечения.

В таком виде формула предложена нами в 1926 г.¹ для условий Белоруссии. Для Ленинградской области следует ввести поправочный коэффициент 1,1, для Московского района—0,87, соответственно балансу естественного прихода-расхода влаги по сравнению с условиями Белоруссии.

К группе высоких летних вод примыкают и несколько иные расходы. Сюда относятся „предпосевные воды“, наблюдаемые в период перед весенним посевом сельско-хозяйственных культур. Смысл учета этих вод в том, что к моменту посева горизонт воды в канавах должен быть ниже поверхности земли на некоторую условно устанавливаемую величину; при расчете интенсивных сельско-хозяйственных мелиораций это требование имеет свое основание, для мелиорации же лесных земель установление предпосевных вод имеет малое значение.

К группе высоких летних вод можно отнести еще „послепаводковые воды“, наблюдаемые непосредственно после спада весенней воды. Вследствие неопределенности моментов начала и окончания послепаводкового периода, установление расхода послепаводковых вод является работой неясной и потому введение в расчетные формулы вод такой номенклатуры вносит долю произвола в основу всего расчета.

Весенние паводки. Величины их подвержены самым большим колебаниям, особенно конечно величина однодневных паводков. Более подвержен учету и имеет значение для мелиорации и для сплава пятидневный весенний паводок, определяемый обычно величиной в пределах от 0,5 до 1,0 л с 1 га в секунду.

Материалами наблюдений расходов воды в реках является, как изложено выше, что модуль стока в летнее время не зависит от величины водосбора, а зависит от ха-

¹ Дубах, А. Д. О расчетной норме стока. Материалы Западной оп. мелиоративной организации 1924 г. Было также изложено в книге: Дубах и Спарро. „Осушение болот открытыми канавами.“

рактера бассейна реки, т. е. от свойства тех пород, через которые происходит питание реки грунтовыми водами и от характера растительного покрова по бассейну реки.

Модуль же стока средне-высоких летних вод показывает ясную зависимость от площади водосбора, но при значительных различиях в характере бассейна эта зависимость стока с 1 га от величины водосбора выражается различно.

Наконец, максимальные весенние воды показали в результате наблюдений модуль стока с 1 га независимо от величины водосбора.

На какую же категорию вод вести основной расчет размеров водоотводных каналов при проектировании осушения?

Средне-летние воды показывают весьма малый расход: летом вода в реках стоит низко, и даже при площади лесного водосбора в 1000 га речки нередко высыхают. Поэтому основной расчет размеров проектируемого русла по средне-летним водам отличается неясностью и содержит весьма большой произвол в установлении требуемого расстояния расчетного горизонта от поверхности земли.

Весенние воды совершенно не могут входить в основной расчет при проектировании размеров водоотводящего русла; нет возможности и нет надобности создавать такое русло водоприемника—реки, чтобы в нем вмещались весенние воды.

Остаются к рассмотрению средне-высокие летние воды; в этом случае размеры водоотводящего канала необходимы такие, чтобы почва и самая растительность в течение всего года, кроме двух недель весеннего паводка, были бы защищены от длительного избыточного увлажнения. Длительное затопление влечет заболачивание почвы, ухудшение аэрации, понижение температуры почвы, замирание процесса нитрификации. Рост травы и дерева замедляется. Длительным сроком избыточного увлажнения (не затопления) условно можно считать месяц; несомненно вредно, если каждое лето поверхность земли будет избыточно увлажнена в течение целого месяца.

Поэтому значение средне-высоких летних вод (не паводковых) продолжительностью в месяц является ясным и существенно важным; эти воды и должны быть положены в основу гидравлического расчета водоотводного канала и рек—водоприемников.

Водный режим реки в отдельные годы весьма различен, и мелиоратор при гидравлическом расчете русла дол-

жен принимать за основу не наблюдения отдельных лет, а средние из наибольших месячных расходов за много лет, т. е. должен рассчитывать русло на средне-высокие летние воды.

Месячная продолжительность—это срок почти произвольный и нет достаточных данных обоснованно утверждать, что именно месячная, а не трехнедельная продолжительность затопления существенно вредна. Месяц—удобный и ясный срок для подсчетов расходов воды и атмосферных осадков. Однако существо явления—вред месячного затопления—не может рассматриваться в формальных пределах календарных месяцев; следует находить наибольшие расходы воды не с 1 по 30 число месяца, а за любые 30 дней подряд. Но таких вычислений обычно нет и приходится пользоваться данными в пределах календарно-месячных сроков.

§ 39. ПОЛОЖЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ГОРИЗОНТА ВОДЫ

Если вести расчет на средний летний расход воды, то горизонт его в отводном канале должен быть на уровне дна вводимых в отводной канал боковых канав.

При ведении гидравлического расчета на средне-высокую летнюю воду следует принимать для лесных площадей расчетный горизонт воды на расстоянии 0,2 м от поверхности земли. Такое положение горизонта воды в реке продолжаясь летом максимум месяц, а вообще говоря, менее того, не причинит лесу ущерба; средний летний горизонт воды в русле, рассчитанном на заполнение средне-высокой летней водой, устанавливается значительно ниже берегов и вполне удовлетворяет требованию растения на уровень грунтовой воды на 0,5 м ниже поверхности земли.

При проектировании отвода с болотных пространств лишь поверхностной воды следует рассчитывать на заполнение русла средне-высокими летними водами до берегов, при осушении же земель под посевные кормовые травы этот горизонт следует снижать на 0,3 м ниже берега реки, а при осушении под зерновые культуры—на 0,5 м. Для целей лесосплава горизонт средне-высокой летней воды и близкой к ней послепагодковой воды также не должен выходить из берегов реки; лес должен идти в берегах, не расходясь по долине.

Для иллюстрации фактических величин стока приводим неопубликованные еще данные по четырехлетним (1928—1931 г.) наблюдениям модулей стока на двух водомерных

постах на лесной речке Онце, в Сиверском ЛПХ-зе, в 70 км южнее Ленинграда.

Весенний суточный наибольший от 0,50 л в 1929 г. до 1,58 л в 1931 г. Весенний пятидневный наибольший от 0,48 л в 1929 г. до 1,16 л в 1931 г. Летний суточный наибольший от 0,26 л в 1929 г. до 1,04 л в 1928 г. Летний пятидневный наибольший от 0,18 л в 1931 г. до 0,88 л в 1928 г. Летний месячный наибольший от 0,076 л в 1930 г. до 0,35 л в 1928 г. Летний средний (июнь—август) от 0,016 л в 1929 г. до 0,10 л в 1928 г.

Площадь водосбора верхнего поста 1230 га, нижнего поста 2580 га, уклон реки 0,0016, площадь болот 18%, в верховье речки находится среди сфагнового болота озеро площадью около 22 га. Площадь водосбора покрыта на 87,3% лесом, преимущественно сосновым.

В заключение следует указать, что наиболее простой расчет водоотводного канала с лесных площадей может вестись на модуль стока 0,50 л (с га в 1 сек.) при заполнении канала до бровки.

В полную схему мелиоративно-осушительной системы, кроме каналов, прорываемых по целинному грунту, входят ручьи, речки и реки, подлежащие регулированию как водоприемники.

В мелиоративных инструкциях и руководствах отражены в значительной мере требования по регулированию рек в целях улучшения условий судоходства по ним. Между тем, земельная мелиорация, с одной стороны, и судоходство со сплавом, с другой стороны, предъявляют к состоянию реки совершенно различные требования, в некоторой части противоположные. Судоходство и сплав требуют длительного высокого стояния уровня воды в реке и потому транспортники очень осторожно подходят к работам по спрямлению русла реки; в спрямленной реке вода быстро спадает, русло мелеет, а это для судоходства и для сплава нежелательно.

Транспортник с мелиорацией реки связывает обычно представление о подьеме воды в ней, а земельный мелиоратор понимает под мелиорацией реки обычно понижение уровня воды в ней.

Регулирование реки складывается из четырех операций, осуществляемых или в различных сочетаниях, или в применении на отдельных участках лишь одной из операций.

К основным операциям регулирования относятся: спрямление существующего русла, углубление дна, уширение русла и сужение русла. К подсобным операциям относятся удаление травяных зарослей, лесных завалов, камней, запруд и отдельных перемелов, вырубка кустарников и деревьев.

Регулирование реки, состоящее из работ на отдельных извилинах или вообще на участках реки, находящихся вне непосредственного влияния друг на друга, назовем *выборочным регулированием*.

Регулирование же реки, производимое на сплошном протяжении ее или на отдельных участках ее, но находящихся в сфере взаимного непосредственного влияния друг

на друга, назовем *сплошным регулированием* реки.

Выборочное регулирование в виде отдельных редких прокопов, вкрапленное в нетронутое на большом протяжении естественное русло реки характеризует обычную мелиорацию реки, как сплавногo пути; система более частых перекопов, находящихся в сфере взаимного влияния друг на друга, характеризует регулирование реки как водоприемника.

§ 40. СКОРОСТЬ И ВЛЕКУЩАЯ СИЛА ВОДЫ

Если где-либо частицы грунта пришли в движение, то где-либо ниже по течению эти частицы должны отложиться; размывание дна в одном месте неизбежно вызовет отложение наносов в другом месте, ниже по течению, в том же самом канале или в его приемнике—реке.

Проект регулирования реки и прорытия нового канала должен быть составлен таким образом, чтобы ни вымыва дна, ни отложения наносов в проектном русле по возможности не происходило.

Движущая сила текущей воды в проектируемом канале должна быть такова, чтобы вес и сцепления частиц грунта могли бы противостоять ей.

Несмотря на то, что размывание дна и перенесение частиц грунта может производиться лишь „силой“, т. е. величиной выраженной в кг, а не скоростью, выражаемой в м, все же в мелиоративной и вообще в гидротехнической литературе, инструкциях и в практике устанавливают предельные скорости течения воды, а не влекущей силы, при превышении которых начинается размывание грунта.

В справочной книге для инженеров и техников „Hütte“, издания 1916 г. сказано:

„Для того чтобы дно канала не разрушалось от действия воды нижеследующие скорости не должны быть превзойдены“:

Средняя скорость по всему поперечному профилю	
Илистый грунт и бурая горшечная глина	0,12 м/сек.
Мелкий песок	0,16 "
Жирная глина	0,25 "
Речной песок жирный	0,50 "

Экспертно-техническим советом Госплана СССР в заседании 6/Х 1928 г. установлены следующие допускаемые скорости течения, средние в живом сечении:

Илистый грунт	0,15 м/сек.
Мелкий песок	0,25 "

Крупный песок, лесс, одиночная дерновка	0,80	м/сек.
Суглинок, супесок	0,55—0,95	м/сек.
Гравий и мелкая галька (до 2,5 см)	1,25	м/сек.
Хрящевый грунт, галька крупная	1,50	"
Одиночная мостовая	2,50	"

Северо-западная опытно-мелиоративная организация, по наблюдениям над состоянием осушительных каналов, предлагает следующие безопасные скорости:

в пльвуне	0,20	м/сек.
„ мелком суглинке	0,50	"
„ крупном песке	0,70	"
„ плотной глине	0,80	"
„ ольшанниковом торфе	0,50	"
„ луговом торфе	0,80	"
„ сфагновом торфе	1,00	"
„ пушице-сфагновом торфе	2,25	"

Сопоставление приведенных из трех источников цифр допустимых скоростей указывает на значительную расходимость их, просмотр же указаний отдельных авторов дает еще более разнородные результаты. Объяснение этого может быть различно. Во-первых, разделение грунтов на плотные, жирные, суглинки, супеси и т. д. весьма произвольно; во-вторых, момент размыва грунта может определяться различно; в-третьих, разнообразие указаний о предельных скоростях может быть объяснено тем, что самый принцип выражения зависимости переноса частиц грунта от скорости течения—неправильен. Однако замена скорости течения влекущей силой не находит еще достаточного распространения и потому во все расчеты вводится обычно скорость течения.

§ 41. СПРЯМЛЕНИЕ РУСЛА

Первой по порядку проектирования стоит обычно операция по выяснению положения спрямлений русла реки—водоприемника, затем устанавливается проектная ширина реки, далее—места уширения и, наконец, места сужения русла.

Все размерные элементы проектного русла находятся во взаимной связи и должны проектироваться комплексно, но все же с какого то элемента приходится начинать и ставить от него в первоначальную зависимость остальные.

В лесных районах водоотводная магистраль и регулируемая речка обычно должны служить сплавными путями. Отсюда вытекает при проектировании работ ряд противоречий, устранение которых возможно лишь помощью искусственных сооружений. Основное противоречие заключается в том, что осушение земель требует быстрого спада весен-

ней воды в водоприемнике, а сплав леса требует продолжительной глубокой воды в реке.

Отсюда первое положение: если регулирование реки производится преимущественно в целях водоотвода, то спрямления должны быть более решительными, чем при регулировании лесосплава.

При преобладающем значении сплава спрямления назначаются с большей осторожностью; обычно лишь в двух случаях они считаются целесообразными: во-первых, тогда, когда русло реки, при недостаточной ширине, делает на столько крутой поворот, что в данном месте затруднен проход плотов и образуются заторы при молевом сплаве; не ускорение течения и не снижение горизонта воды здесь преследуется, а имеется цель улучшить русло реки как путь.

Во-вторых, спрямление сплавной реки необходимо в тех местах, где часть большой воды в период сплава выходит из русла и течет по кратчайшему пути, переливаясь через низменный перешеек, а сплавляемый лес вынужден идти медленным течением по извилине (рис. 59). В этих условиях часть воды, текущая через перешеек (пронос), обгоняет сплавляемый материал и является потерянной, как движущая сила.

При кратковременности сплавного периода такое положение требует улучшения; надо или заградить движение воды по кратчайшему пути через перешеек, или сделать здесь прокоп, по которому кратчайшим же путем пошел бы лес.

Следует иметь в виду, что спрямления русла значительно ускоряют сток воды; если например длина русла уменьшается с 60 км до 40 км, то в связи с этим уклон увеличивается в полтора раза, напр. с 0,0001 до 0,00015; скорость же течения увеличится пропорционально увеличению \sqrt{I} , т. е. в 1,24 раза. Положим скорость увеличилась с 0,4 м до $0,4 \cdot 1,24 = 0,5$ м; при этих условиях время прохождения частицей воды пути по всей реке до устройства спрямления равно:

$$t_1 = \frac{60000}{0,4} = 150000 \text{ секунд,}$$

а после спрямления:

$$t_2 = \frac{40000}{0,5} = 80000 \text{ секунд.}$$

„Экономия“ во времени получается двойная, не учитывая при этом изменения коэффициента шероховатости

русла; но так как коэффициент шероховатости m , русла при регулировании реки резко уменьшается, то время прохода воды по руслу регулируемой реки уменьшится в рассматриваемом примере более, чем в два раза (вообще же—явление сложнее, так как при увеличении уклона, уменьшается несколько глубина потока и гидравлический радиус его, что влечет в сторону некоторого снижения скорости).

Для лесосплава такое изменение режима реки благоприятно лишь при условии безукоризненной организации самого сплава. Если же в движении лесоматериала происходят заминки, то быстрый сток воды по реке является причиной обсыхания сплаваемого материала.

Сток воды по регулируемой реке происходит с большими колебаниями расходов, чем до регулирования. Вся масса ливневой воды будет проходить в короткое время, вызывая этим большой паводок в низовьях реки, если низовья остаются не подготовленными к изменившемуся режиму верхней части реки.

Чтобы в русле не отлагался ил, необходима, вообще говоря, скорость не менее 0,4 м. По различным авторам эта минимальная скорость различна.

В засушливое летнее время скорость воды в регулируемых реках приближается к нулю и потому нет возможности проектировать такое водоотводящее русло, в котором скорость воды всегда была более 0,4 м; потому 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.

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, является необходимым условием при проектировании. Если такая скорость может быть создана без спрямления русла реки, а лишь углублением или уширением русла, 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 не менее 0,4 м, то необходимо произвести решительные спрямления русла, чтобы добиться требуемой скорости.

Если идти по указанному правильному пути, то перед проектированием спрямлений русла, оказывается необходи-

мым наблюдению действительные скорости высоких летних вод или вычислить эти скорости, выяснив величину расхода и живое сечение этих вод. Если скорости окажутся меньше требуемых, то надо увеличить уклон. Положим, что:

Q —расход высоких летних вод по рассматриваемой реке, определенный в 1 куб. м.,

h —глубина потока в 1 м,

m —заложение откоса—ординарное,

v —скорость течения, не менее 0,4 м.

Исходя из этих данных, можно вычислить, что ширина регулирования реки по дну должна быть 1,5 м и уклон должен быть 0,0003. Если такого уклона нет, то наряду с углублением и уширением необходимо спрявление русла; если, например, при вышеприведенных данных существующий уклон по реке всего лишь 0,0002, то, чтобы создать уклон 0,0003, необходимо укорочение существующего русла на 33% от его длины в естественном состоянии.

Сопоставление требования о создании необходимого и однородного уклона с отмеченным ранее наличием на реке участков с различными уклонами делает очевидным, что на одной и той же реке из двух одинаковых извилин, одна, находящаяся на участке с малым уклоном, должна быть спрямлена, а другая, находящаяся на участке с большим уклоном, должна остаться без спрямления.

Учитывая необходимость создать скорость течения не меньше той, при которой не было бы отложения ила, следует также иметь в виду и верхний предел скорости, при которой не было бы размывания грунта. Если уклон русла настолько велик, что спрявление его создало бы недопустимо большие скорости и влекущие силы высоких вод, то спрямления должны избегаться и делаться в случае лесосплава 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 намечания спрямления следует сопоставлять стоимость работ по существующему руслу и стоимость работ по спрямлению; при этом стоимость выемки 1 куб. м земли по руслу расценивается при работе вручную в 1½—2 раза дороже, чем по целине, в 1,25—1,5 раза дороже при работе машиной.

Нельзя упускать из вида того, что спрявление иногда отрезывает участок земли от всей остальной площади эксплуатации.

Если стоимость работы по спрямлению ниже, или равна стоимости работы по самой извилине реки и если рассматри-

ваемая работа находится на участке реки с малым уклоном,—спрямление является вполне обоснованным. При необходимости решительных спрямлений русла, вызываемой малым уклоном естественного русла, спрямления являются обоснованными и при большой стоимости их по сравнению с работой по существующей извилине.

§ 42. ПЛАН И РАДИУС СПРЯМЛЕНИЙ

Спрямления извилин русла реки обычно делаются прямолинейными; естественное же русло реки имеет прямолинейное направление лишь на участках перехода от одной извилины к другой; если русло реки прямолинейно на большом протяжении, то этому надо искать особые причины: обычно в таких случаях русло реки прижато к краю долины и идет вдоль трудно размываемых коренных берегов долины.

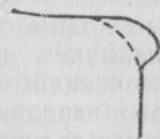


Рис. 58.

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 сложное очертание (рис. 58).

Поэтому укрепление откосов русла на повороте реки по окружности так же, как и укрепление по прямолинейному направлению, есть заключение водного потока в неестественное ложе.

Для создания естественно устойчивых закруглений речного русла следует собрать плановый материал по существующим закруглениям в различных грунтах и найти связь наблюдаемых форм закругления и радиусов их с живой силой потока, являющейся функцией уклона русла, массы воды и скорости течения.

Поэтому и отдельные перекопы, производимые для улучшения условий лесосплава и для увеличения местного уклона, должны гармонировать с закономерным планом русла, т. е. должны быть сделаны по кривым линиям, в виде естественных вставок (рис. 59).

Радиус кривизны обращен то в сторону к существующему руслу (прокоп AB), то в сторону долины (прокоп CD).

Лишь в тех местах, где новое русло можно рассматривать, как переходный прямолинейный участок между двумя извилинами, там перекоп должен быть сделан по прямой линии (линия EF), так как и в природе между двумя изви-

линами противоположного направления, как уже было указано, имеется обычно прямолинейный участок.

Но так как форма естественной кривизны речного русла не изучена, то обычно все короткие перекопы (прорези) делаются прямыми и откосы их принимают на себя размывающее действие водного потока, ненормально заключенного в прямолинейный жолоб.

При проектировании закруглений на речных прокопах и на магистральных каналах в целинном грунте необходимо

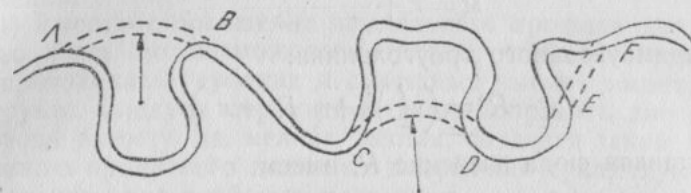


Рис. 59.

установить величину радиуса закругления. Радиус закругления должен быть по возможности такой величины, чтобы:

- 1) дно и откосы канала на закруглении не размывались водой,
- 2) сплавляемый лес проходил свободно по закруглению.

Величина радиуса закругления, удовлетворяющая требованию, чтобы на закруглении не происходило размывания грунта, может быть выражена достаточно сложными и в то же время условными формулами приводимыми в специальных трудах.

Второе требование к величине радиуса закругления, чтобы свободно проходил сплавляемый лес, — решается в связи с шириной потока и размерами сплавляемого материала.

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;

рис. 60 иллюстрирует положение;

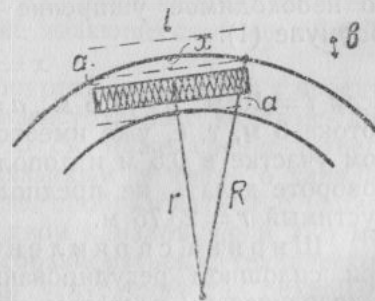


Рис. 60.

радиус оси закругления r ;
радиус внешнего берега закругления R .

Из рисунка 60 видно, что для прохода плота с сохранением зазоров a по закруглению необходимо сделать уширение русла на величину x м. Величина уширения x выводится следующим образом.¹

Радиус кривизны R внешнего берега равен радиусу r кривизны оси русла плюс половина ширины русла на закруглении (рис. 60):

$$R = r + \frac{b + a + a + x}{2}.$$

Из прямоугольного треугольника:

$$R^2 = \left(\frac{l}{2}\right)^2 + (R - x)^2$$

подставляя сюда значение R , имеем:

$$\left(r + \frac{b + 2a + x}{2}\right)^2 = \frac{l^2}{4} + \left(r + \frac{b + 2a + x}{2} - x\right)^2,$$

отсюда получается величина уширения:

$$x = \frac{l^2}{8r + 4(b + 2a)} \dots \dots \dots (1)$$

или величина радиуса закругления оси потока при имеющемся запасе x в ширине потока:

$$r = \frac{l^2 - 4(b + 2a) \cdot x}{8x} \dots \dots \dots (2)$$

Например, если $l = 10$ м, $b = 2$ м, $a = 0,5$ м, $r = 7,2$ м то необходимое уширение на повороте должно быть по формуле (1):

$$x = 1,45 \text{ м.}$$

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.

Ширина спрямлений на прямолинейных участках при сплошном регулировании речки определяется общим гидравлическим расчетом ширины реки по дну и по верху, так как спрямление в этом случае должно входить однородной составной частью в общее протяжение русла реки. Расчет проектной ширины реки—водоприемника рассмотрен в главе десятой.

¹ Геометрическая выкладка принадлежит бывшему сотруднику Научно-мелиорационного ин-та Арыкину, И. Г.

§ 43. ГЛУБИНА РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕКИ—ВОДОПРИЕМНИКА

При наличии продольного профиля реки, вычерченного по данным изысканий и по намеченным спрямлениям, с нанесением положения существующего дна и берегов, с указанием глубины отложений ила и песка на дне, намечают положение проектного дна, исходя из следующих соображений:

1) Высотное положение продольного профиля дна реки должно быть по возможности таково, чтобы не приходилось производить глубоких и сплошных выемок в минеральном грунте. Следует стремиться лишь исправить дно реки, производя выемку на мелких местах, создавая таким образом линию проектного дна выше положения существующего минерального дна глубоких мест реки.

Этого правила следует особенно придерживаться, когда дно образовано песчаным наносом, так как нарушение песчаного дна требует одновременного укрепления откосов выемки и потому связано с большим расходом.

Наоборот торфяное дно реки, заросшее тростниками и другими водными растениями с развитыми корнями и корневищами, желательнее углубить на всем заросшем протяжении и вынуть ниже горизонта прорастания корневищ.

Одна лишь 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 средне-летнего горизонта воды в реке по указанным в главе о каналах соображениям. Дно реки должно сообразоваться с рациональным для осушения земель дном каналов, но и дно магистральных каналов должно соразмеряться с технической и экономической возможностями углубления дна реки. Поэтому вопрос о глубине водоотводных каналов и о проектной глубине реки—водоприемника решается комплексно.

3) Положение проектного дна реки определяется необходимой глубиной и взаимно 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 куб. м при $l = 0,0004$,

заложеннии откоса ординарном и коэффициентном шероховатости русла $m = 0,030$ пройдет через сечения:

глубиной 1 м, шириной по дну 15,00 м	
2	4,37
3	1,20

Наилучшее соотношение между шириной и глубиной потока должно подбираться сообразуясь:

а) с условием, чтобы высокие летние воды реки—водоприемника при осушении лесных пространств и естественных сенокосов имели в канале свой горизонт на 0,2 м ниже поверхности земли;

б) чтобы средний летний горизонт был бы не ближе 0,5 м от поверхности русла;

в) чтобы средняя глубина была бы не менее 0,4 м для сплава, если таковой предвидится.

Наименьшая глубина потока для сплава определяется следующими величинами:¹

Род сплава	Глубина осадки	Донный запас	Вся глубина
Моль, россыпь	0,2—0,35 м	0,20 м	0,45 м
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 м	1,20

4) Для жизни дерева и луговых трав желательно возможно меньшая амплитуда колебания уровня воды в русле; это достигается увеличением ширины русла за счет глубины его, не переходя при этом крайних пределов глубин, указанных в предшествующих соображениях; чем шире и мельче русло, тем меньше амплитуда колебаний уровня воды.

Для сплава леса, наоборот, желательно увеличение глубины русла за счет ширины его, не переходя минимума ширины, необходимого для прохода плотов. При узком и глубоком русле водный поток более долгое время сохраняет глубину, достаточную для сплава. Приводимое соображение особенно важно в случае, когда сплав необходим и в летнее время. Сообщения на лодках требуют выполнения того же условия создания глубокого водного потока.

5) Уклон дна должен быть по возможности одинаков на больших протяжениях; это условие является основным признаком сплошного регулирования реки, создающего рав-

¹ Применительно к данным Пермькова—Мелиорация рек в целях улучшения лесосплава, 1924.

номерное движение воды в русле, устраняющее размывание дна на одних участках и отложения наносов на других участках реки.

Если одинаковый уклон на всем протяжении регулируемой реки выдержать нельзя, то изменение уклона должно идти в таком направлении, чтобы скорость воды не уменьшилась ниже по течению. Осуществление этого требования достигается различными сочетаниями уклона, глубины и ширины потока.

Глубины прокопов при выборочном регулировании реки. Глубина и ширина спрямлений, при сплошном регулировании реки определяется общим положением проектного дна всей реки и отметки дна спрямления вычисляются из общего проектного профиля реки.

При выборочном же регулировании, когда один прокоп гидравлически не связан с другим прокопом, вопрос о высотном положении дна не получает ясного решения.

Вообще говоря, глубина должна быть такова, чтобы прокоп служил бы новым руслом реки,

по которому проходила бы вся вода, так как исключенная извилина будет, вообще говоря, занесена наносами или сразу же изолирована перемычкой.

При регулировании реки для улучшения условий лесосплава были опыты устройства прокопов с дном выше дна реки, исходя из того соображения, что сплав производится в большую воду, когда создается и на перекопе достаточная глубина даже при приподнятом дне, или даже из того соображения, что приподнятое дно перекопа будет размыто весенней водой до полной глубины, т. е. работа будет доделана водой. Однако при этом промытое русло получает неправильную форму, а вымытый грунт, отлагаясь ниже по реке, может вызвать заносы.

Следует считать правилом, назначать положение дна и ширину дна такими, чтобы размыва их не происходило.

Связь между глубиной H воды в реке, глубиной h в прокопе, ширинами их B и b и прочими элементами русла теоретически выводится следующим образом (рис. 61).

Скорость течения в русле:

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

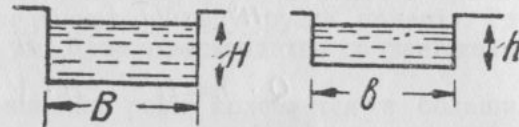


Рис. 61.

Приняв по Маннингу

$$C = \frac{1}{n} R^{0,17},$$

имеем

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

Вводим обычное упрощение, принимая, что в реке R (приблизительно) $= H$, тогда

$$v = \frac{H^{0,67} \cdot \sqrt{I}}{n},$$

но скорость алгебраически выражается еще так:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{B \cdot H}$$

откуда для русла реки:

$$\frac{H^{0,67} \cdot \sqrt{I}}{n} = \frac{Q}{B \cdot H}$$

$$Q \cdot n = H^{1,67} \cdot B \cdot \sqrt{I} \dots \dots \dots (1)$$

Аналогично в прокопе:

$$Q \cdot n = h^{1,67} \cdot b \cdot \sqrt{i} \dots \dots \dots (2)$$

Если Q и n в русле и на прокопе одинаковы, то из уравнения (1) и (2) получаем:

$$H^{1,67} \cdot B \cdot \sqrt{I} = h^{1,67} \cdot b \cdot \sqrt{i}.$$

Из этого равенства теоретически можно находить соотношение между любой парой входящих в него элементов. Например соотношение глубины воды h на прокопе и глубины воды H в русле получается в виде:

$$\left(\frac{h}{H}\right)^{1,67} = \frac{B \cdot \sqrt{I}}{b \cdot \sqrt{i}},$$

или

$$1,67 \ln \frac{h}{H} = \ln \frac{B \cdot \sqrt{I}}{b \cdot \sqrt{i}}.$$

Подсобные работы по регулированию водоприемников. Причинами высокого стояния уровня воды в реке являются иногда: густые заросли травы со дна реки, загатки в виде хвороста, кочек, сена, запруды плетневые для задержания хода рыбы, завалы леса, вызывающие отложения наносов, накопление на дне затонувших при сплаве бревен.

Проекта работ на удаление перечисленных препятствий обычно не составляется: стоимость этих работ определяется „по данным опыта“. Однако результат удаления из реки зарослей травы и посторонних предметов сказывается очень значительно на понижении уровня воды.

Но в следующем же году водная растительность вновь заполнит русло и горизонт воды поднимется. Но все же временное достигнутое понижение горизонта облегчит работу того же года 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“ результативна на более продолжительное время. То же и при удалении камней.

§ 44. СУЖЕНИЕ РУСЛА РЕКИ—ВОДОПРИЕМНИКА

Ширина по дну, глубина и заложение откосов проектного русла реки определяют ширину русла поверху. Где существующее русло уже, там производится соответствующее уширение его.

Существующая ширина реки колеблется в больших пределах, и на ряду с участками, требующими уширения, имеются плёсы значительно более широкие, чем проектная ширина водотока.

Законченное регулирование реки требует такого состояния русла, при котором движение воды устанавливается равномерным; для этого русло должно бы иметь одинаковую ширину и глубину, с увеличением их лишь по мере увеличения расхода воды.

Однако от создания одинаковой глубины русла реки мелиоратору приходится отказываться, так как засыпать глубокие плёсы, чтобы поднять дно их до проектного профиля по всей реке, не представляется возможным. Правильное положение дна реки по проектному профилю создается лишь в тех случаях, когда существующее дно реки мелкое и углубление производится на всем протяжении его. При наличии же глубоких плёсов в продольном профиле реки эти места остаются более глубокими и после регулировочных работ.

Если приходится отказываться от создания глубины реки строго по проектному профилю дна, то отпадает в некоторых случаях и необходимость строго выдерживать и проектную ширину русла.

Если широкий плёс имеет значительную глубину и незарастающее дно, то нет значительных соображений за то, чтобы в таких местах производить сужение русла.

Напротив, такие места, переходящие в озера, дают, во-первых, экономию в уклоне, во-вторых, смягчают паводки и, в-третьих, являются осадочными бассейнами, т. е. являются даже желательными для земельного мелиоратора.

Если например проектное русло реки имеет:

глубину	1,5 м
ширину дна	2,0
откосы	1:1
уклон	0,0004
шероховатость m	0,030

то оно пропускает воды 3,45 куб. м, при $v=0,66$ м.

Сечение же глубиной в 3 м и шириной по дну в 10 м пропустит тот же расход воды при уклоне всего лишь $=0,000027$ и при скорости $v=0,115$ м.

Если длина такого плёса равна 1000 м то экономия в уклоне даст на этом протяжении сбережение падения:

$$(0,0004 - 0,000027) \cdot 1000 = 0,397 \text{ м.}$$

Часть этой экономии пойдет на увеличение скорости потока при выходе из плёса в канал с 0,115 м до 0,66 м.

$$h = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} = \frac{0,66^2 - 0,115^2}{19,6} = 0,02 \text{ м.}$$

Приняв во внимание увеличение потери от шероховатости русла и пр., примем сумму потерь $=2h=0,04$ м.

Поэтому чистая экономия в падении (напоре) при проходе через плёс указанных выше размеров равна

$$0,397 - 0,04 = 0,357 \text{ м.}$$

Такая экономия в падении при очень малых падениях болотных рек имеет достаточное значение.

Смягчение паводков плёсами является обстоятельством, также имеющим значение; по правильно отрегулированному руслу волна ливневых вод получает значительную скорость и вызывает в нижнем течении реки, особенно где окончились регулировочные работы, большой паводок; плёсы же играют роль озер, являются запасными резервуарами и тем смягчают подъем воды в реке.

Значение глубоких плёсов как ило-осадочных бассейнов неясно; несомненно, что вследствие уменьшения скорости течения при входе воды в плёс, взмученные частицы земли должны оседать; но если бы это явление действительно было так просто, то все плёсы были бы уже занесены илом.

Между тем, такого естественного заиления плёсов по действующему руслу не происходит, плёсы сохраняют свою

ширину и глубину неопределенно продолжительное время; следовательно есть естественные условия для образования и сохранения их. Помимо неясных в этом деле причин, можно указать в отдельных случаях на работу весенних вод. В некоторых случаях можно заметить связь между шириной русла речки и шириной весеннего потока воды в долине; широкому и глубокому руслу реки, т. е. плёсу, соответствует узкое место речной долины и наоборот узкое, мелкое русло проходит по широкой части долины. Грубая схема этого соотношения показана на рис. 62. В широком месте ($a-a$) долины весенняя вода имеет умеренную скорость и не размывает летнего русла реки. В узком месте ($b-b$) долины весенняя вода развивает большую скорость и размывает летнее русло речки, образуя плёс.

Летом плёс постепенно заиляется, но каждую весну вновь подвергается размыву мощного потока.

Совершенно ясно, что в таких естественных условиях стараться придать всему руслу реки одинаковую ширину является ошибочной работой. Весенняя вода вновь размывает выравненное русло.

В том случае, если широкий плёс имеет малую глубину, илистое дно или, более того—дно, зарастающее водными растениями, сомнения относительно целесообразности искусственного сужения такого плёса реки до проектных размеров не имеется.

Создать незаиляющееся и незарастающее русло через мелкий широкий плёс возможно только устройством водостеснительных сооружений, которые направляли бы водный поток по руслу, в пределах проектной ширины; избыточная же часть ширины естественного русла должна быть засыпана грунтом, или обращена в илоотстойник, заносимый осаждающимся илом в течение нескольких лет.

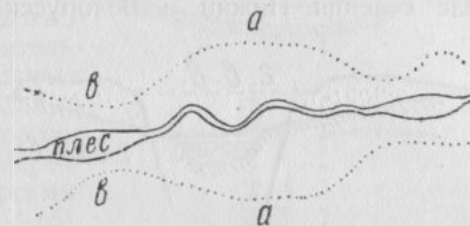


Рис. 62.

§ 45. ТИПЫ ВОДОСТЕСНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Плетни. Типы водостеснительных сооружений зависят от проектной и от существующей ширины и глубины речного русла. Существующее русло может быть по сравнению с проектным очень широким и одновременно мелким, или очень широким и одновременно глубоким; русло может быть

лишь немногим шире проектного и при этом мелким или глубоким.

Высокий продольный плетень. При русле первого рода, т. е. широко, но в то же время мелком, требующем поэтому по проектной трассе значительного сужения и в то же время углубления, целесообразно заключение проектного потока в высокие продольные дамбы, образуемые продольными плетневыми заборами с засыпкой за них вынимаемого при углублении дна грунта. Так как русла требуют углубления, то земли для засыпки достаточно.

Высоту дамб в этом случае целесообразно делать такой, чтобы и высокие летние воды вмещались между дамбами (рис. 63).

Такой тип дамб устроен в 1928 и 1929 г. на реке Орессе возле селения Нижин в Белоруссии. В пояснительной за-

г. **Е В**

писке к произведенному регулированию этот тип сооружения описывается следующим образом:

„Одиночный плетневый забор" с затяжкой проволокой к кольям в сторону берега, через каж-

дые 2 м и с засыпкой за плетень вынутаго землечерпалками грунта с плотной его утрамбовкой.

Плетень высотой 1,5 м состоит из ряда кольев, забитых на расстоянии 0,33 м один от другого, оплетенных упругой лозой, плотно сбиваемой чекухой. Диаметр кольев 6—8 см, глубина забивки 1,5—2 м. Оплетенная лоза дала уже молодые побеги и исполненный таким образом в прошлом 1928 г. искусственный берег держится, не имея ни одного изъяна".

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, для посадки картофеля и проч.

Такое сужение реки создает идеальные условия для сплава леса, так как весенние воды либо вовсе не затопляют насыпанных валов, либо покрывают их лишь на короткое время: река течет в искусственных высоких берегах.

При проходе через самое селение в теле этого искусственного берега сделаны просветы, с целью создания удоб-

ства для подъезда, остановки лодок и водопоя у самой улицы селения.

Низкий продольный плетень. При наличии широкого, требующего сужения, но почти не требующего углубления естественного русла, необходим иной тип выправительных сооружений. В этом случае производитель работ, не имея достаточной выемки со дна реки, не может создать высоких продольных дамб в виде искусственных берегов, а приходится ему ограничиться сужением потока лишь межженных вод, придав ему такую проектную ширину, при которой достигалась бы равномерная мальная скорость: высокие же летние воды, тем более весенние воды, не могут быть при таких условиях заключены в новое русло. Типом сужительных устройств в этом случае является низкий продольный плетень с каждой стороны

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 плетни.

Практическая стоимость 100 пог. м плетневого забора при исполнении его в воде, по данным опыта на 1930 г. складывается из следующих частей:

лозы на 100 пог. м плетня требуется 40 000 штук, стоимостью по 30 коп. за сотню, всего	120 руб.
кольев из расчета забивки 3 кола на 1 м длины плетня и употребления 1 кола на 2 м на натяжку, всего на 100 пог. м плетня 350 колеv по 5 коп.	17 руб. 50 коп.
доставка колеv к месту работ	3 руб. 50 коп.
проволоки для затяжек из расчета 5 кг на 100 м по 50 коп.	2 руб. 50 коп.
исполнение работ по 70 коп. за пог. м	70 руб.
Всего за 100 м плетня	213 руб. 50 коп.

На 1 км русла реки приходится:

продольных плетней 2000 м
поперечных плетней, траверс, через 50 м $25 \cdot 20 \cdot 2 = 1000$ м.
стоимость 1 м плетня 2 руб. 14 коп.
стоимость всех плетней на 1 км по руслу — 6420 рублей.

Устройство очень дорогое, но создающее вполне равномерное движение воды по проектной трассе.

Все же, несмотря на достижение этим типом сооружения идеального движения меженной воды, следует сопоставлять этот тип с нижеизлагаемыми несколькими типами полузапруд, применяющихся также в условиях русла с малым или нулевым объемом земляной выемки.

Наиболее трудным для решения вопросом при устройстве низких плетней является вопрос о том, на какую высоту поднимать их над средним летним уровнем воды. Обычными являются указания о положении головок колеv на 0,2—0,4 м выше средне-летнего горизонта воды; к этому добавляется, что горизонт ледохода должен быть выше голов, чтобы их не снесло льдом. Зимой плетни и свайки прочно охватываются льдом и при подъеме воды в реке все сооружение может быть вытаскано вместе с поднимающимся льдом.

Поэтому, чем ниже плетни, тем надежнее предохранены они от вытаскивания; нет ясных возражений против того, чтобы плетни были на одном уровне со средне-летними горизонтами воды или даже ниже его.

Полузапруды из однорядных плетней. От берега к середине реки устраиваются однорядные плетневые заборы. Конец плетня на берегу называется корнем полузапруды, конец в реке — головой полузапруды. Головы должны приходиться одна против другой. Расстояние между плетнями в курсах гидротехники рекомендуется принимать на малых реках равными ширине образуемого потока, или несколько более (рис. 66).

Плетневый забор состоит из ольховых колеv, диаметра в головной части полузапруды 10—12 см, в остальной части в 6—8 см. Колья забиваются через 0,33 м на глубину 1,5—2 м в дно реки. Оплетение производится ивовым хворостом, с плотной осадкой оплетения колотушками. Корень плетня врезывается на 1—2 м в берег. Высота плетня де-

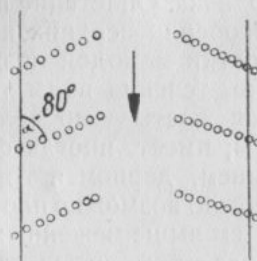


Рис. 66.

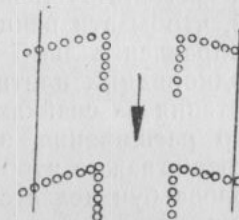


Рис. 67.

ляется на 0,2—0,4 м выше горизонта меженных вод, в то же время она должна быть ниже горизонта ледохода. В середине реки оставляется свободное пространство, равное расчетной ширине русла на соответствующем горизонте.

Линии плетней относительно оси речного потока рекомендуется обычно направлять вперед, с уклоном в 80° против течения воды. Гидротехники-исследователи полагают что при таком направлении заиливание пространств между плетнями идет наилучше. Но высказываются соображения и за направление плетней с наклоном по течению воды: в этом случае создается наилучшее движение воды по проектной трассе; как раз по оси потока создается наибольшая скорость, препятствующая отложению наносов; при малых уклонах рек последнее обстоятельство имеет серьезное значение.

Полузапруды из однорядных плетней со шпорами. Отличие от простой полузапруды в том, что от головы запруды должны быть устроены продольные по течению реки плетни — шпоры (рис. 67). Направление поперечных плетней и шпор может быть различным: и против течения и по

течению. При наличии шпор достигается, во-первых, возможность придания большего расстояния между полузапрудами и, во-вторых, предупреждается образование водоворотов позади головы полузапруды. Размеры материала те же что и при простых полузапрудках: стоимость исчисляется аналогично.

Полузапрудка из двурядных плетней (буны). Полузапрудка состоит из двух параллельных плетневых заборов, вертикальных или наклоненных внутрь русла.

при длине дамб на 1 пог. км по реке, как исчислено
выше 1756 м

объем земляной насыпки 5268 куб. м.

Принимаем, что треть объема будет насыпана при выемке земли из регулируемого русла и потому расхода не требует.

Остальные $\frac{2}{3}$, т. е. 3512 куб. м, должны быть специально вынуты, подвезены на тачках с расстояния 50 м и утрамбованы. Стоимость земляных работ на 1 км реки $3512 \cdot 1 = 3512$ руб. Общая стоимость всех работ на протяжении 1 км по реке $7515 + 3512 = 11027$ руб.



лову буны делать на подостланном хворостяном тюфяке; предохранением от подмыва служат также примыкание к голове буны шпоры вдоль по течению.

Сложные конструкции головной части бун, закладка прочных донных тюфяков не имеют, вообще говоря, приложения в практике регулирования рек для целей земельной мелиорации.

§ 46. ПЕРЕМЫЧКИ

К регулирующим сооружениям относятся также перемычки-плотины, устраиваемые в местах отхода спрямления от русла и в местах подхода спрямления к руслу и в местах пересечения русла реки спрямляющим каналом.

При спрямлении извилины принято считать необходимым, 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 нижней части извилины; где спрямляющий канал входит в существующее русло. Желательность вышеуказанных перемычек мотивируется необходимостью направить всю воду по каналу, чтобы создать равномерное движение по всей регулируемой реке.

К этому положению следует внести существенный корректив. При спрямлении и углублении реки—водоприемника обычно обнажается песчаное дно; приведенные лопатой в расстройство частицы песка и ила теряют и без того слабую между собой связь и при увеличении скорости течения увлекаются водой вниз по течению. Если регулируемая речка во всех местах отхода и подхода спрямленных извилин изолирована от этих извилин плетнями, то взмученный песок и ил несется водой до тех частей профиля реки, где уклон становится меньше и в этих частях отлагается, заполняя русло. Если же уклон речки выдержан на всем протяжении ее таким образом, что скорость течения не уменьшается, то весь взмученный песок и ил выносятся в русло той большой реки, в которую впадает регулируемая речка; в этом случае устье регулируемой речки и русло главной реки заполняются отложениями; отложения закупоривают устье речки и затрудняют движение по главной реке.

Значительность вреда от отложений наносов в русле главной реки зависит от величины русла, от развития сплава по реке и от прочих элементов, характеризующих главную реку.

Нет ли возможности заставить взмученный ил и песок отлагаться в таких местах, где скопления отложений не вызывают никакого ущерба? Оказывается, что такие места могут быть; ими могут быть именно те извилины русла речки, которые исключены спрямлениями из линии водотока, которые обречены на зарастание.

Если движущаяся по регулирующему руслу вода имеет возможность заходить в отсеченную спрямлениями петлю, ставшую староречьем, и по этому староречью медленно двигаться,—то староречье обращается в отстойный бассейн. Отложение наносов идет в отсеченном русле столь энергично, что за одну весну голова его, отходящая от спрямляющего канала, может оказаться забитой песком совершенно.

Это явление произошло например в полной мере на речке Бродне, притоке реки Березины, в Борисовском районе; за одну весну 1928 г. оказались забитыми песком все незаделанные осенью 1927 г. отходы естественного русла реки Бродни от спрямляющих каналов; следовательно, во-первых, отпал расход на устройство искусственных перемычек, и во-вторых, значительный объем песка задержался в отстойниках вместо того, чтобы быть вынесенным к устью речки Бродни и в самую Березину.

Необходимым условием заиления отсеченного русла является то, чтобы по отсеченным петлям естественного русла шла бы незначительная часть всего расхода воды, чтобы следовательно движение воды по петле не уменьшало заметно скорости течения в спрямляющем канале; если это условие не выдержано, то наносы отложатся и в самом спрямляющем канале, что конечно уже недопустимо. Чтобы предупредить значительное движение воды по отсеченной петле, следует поставить на ней перемычку из однорядного плотного плетня, без всякой присыпки земли. 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 по извилине будет идти медленно и извилина обращается в хороший отстойник. Еще нет достаточных наблюдений, чтобы считать такой тип плетневых перемычек типовым и всегда применимым.

Пересечения каналом существующего русла реки защищаются обычно плетнями с прорезами для стока воды из староречья в канал; плетни того же типа, что и при устройстве сужения русла в плёсах.

Заключительное соображение. После регулирования реки, скорость течения высоких вод увеличивается и бе-

дега реки. бывшие устойчивыми на нетронутых участках 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 его обрушения при усиленном подмыве берега.

§ 47. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА РАБОТ

Обработка материалов изысканий. Процесс составления проекта работ складывается из нижеследующих действий, в порядке их осуществления.

1. Нанесение на ватманскую бумагу плана внешних контуров и внутренней ситуации исследованной площади, реки, ручьев, существующих канав, нивелирных ходов, пикетов, реперов, дорог, квартальных просек, водомерных постов, мест бурения.

Масштаб плана: 100 м в 1 см.

При значительных площадях изысканий, охватывающих десятки тысяч га, масштаб уменьшается до 250 м в см.

Виды угодий ограничиваются первоначально без раскраски черным точечным пунктиром, с надписанием рода угодий карандашом.

Линии нивелировок показываются тонким фиолетом. Номерация ходовых линий, если таковая имеется, подписывается крупным фиолетом.

Положение пикетов—черными точками, номера пикетов—черными цифрами; при густой нивелировочной сетке, например, при ходах через 200 м, номера пикетов по ходовым линиям оставляются в карандаше, а затем, после проведения горизонталей, стираются. Номера пикетов по реке и по проектированным каналам обязательно подписываются тушью. Отметки поверхности земли надписываются тушью с точностью до сотых долей м.

Репера показываются двойными кружками тушью с закрашкой внутреннего кружка желтым, красным или синим, смотря по тому, дерево, камень или металл служит материалом для репера.

Номера основных реперов надписываются римскими цифрами, второстепенных—арабскими цифрами—красным.

Глубина торфа на каждом пикете надписывается сепией с точностью до десятых долей м.

Существующие каналы и протоки показываются синим.

Отметки воды в реках, канавах, озерах—синим с точностью до сотых долей м.

Дороги, мосты, постройки показываются принятыми в геодезии знаками.

Граница весеннего разлива воды по пойме показывается синим пунктиром.

2. Проведение изолиний. На плане могут быть проведены:

горизонтالي поверхности земли,
горизонтали минерального дна торфяника,
горизонтали поверхности грунтовой воды,
линии одинаковой глубины торфа,
горизонтали вероятной поверхности торфяника после осадки его, в результате осушения.

Обычно на проектном плане проводятся лишь горизонтали поверхности земли сепией через 0,2 м по высоте на торфяном грунте и до 0,5 м по минеральному грунту.

Концы горизонталей выводятся за контуры нивелировки и при них надписывается высотное значение горизонталей тушью.

Всякие другие изолинии, кроме горизонталей поверхности, на том же основном плане затемняют представление о характере поверхности.

Если желательно изобразить и дно торфяника на том же плане, то изолинии его проводятся зеленым, но лучше дно торфяника изобразить на отдельном плане и закрасить синим цветом замкнутые котловины — бывшие скопления воды.

3. Для дальнейшего проектирования необходимо установление цели осушительной мелиорации; целью осушения может являться:

1) предохранение леса, луга, поля от надвигающегося болота;

2) улучшение условий роста леса до I и II бонитетов

3) улучшение условий роста до III и IV бонитетов;

4) осушение леса, как побочная работа с преобладанием сплавного значения каналов;

5) осушение травяного болота под естественный луг, без каких-либо последующих приемов улучшения его;

6) осушение травяного болота под луг с поверхностными улучшениями его, как-то: удаление кочек, боронование, поверхностное удобрение;

7) осушение с последующей вспашкой, удобрением и посевом многолетних трав;

8) полевые культуры;

9) улучшение путей сообщения, санитарных условий, постройка усадеб.

Без установления цели осушения—проектирование работы невозможно. Но и цель осушения иногда невозможно установить в окончательном виде до составления вариантов осушения.

По выяснении цели осушения, продолжают работу проектирования.

4. Наносят на план линии проектируемых каналов, установив расстояние между ними, в зависимости от цели осушения.

Осушительные и собирательные каналы показываются простой красной линией.

Подземные дрены—красным пунктиром.

Магистральные и главные каналы—толстой или двойной красной линией.

Номера каналов и канав должны быть подписаны особенно отчетливо красным.

5. Устанавливается необходимая и возможная глубина собирательных магистральных и прочих каналов вплоть до впадения главных каналов в реку—водоприемник, подлежащий регулированию.

Как указывалось в соответствующей главе, глубина регулирования водоприемника определяется необходимой глубиной вводимых в него каналов, но и глубина каналов иногда корректируется возможностями регулирования водоприемника.

6. Вычерчивается на клетчатке продольный развернутый профиль реки—водоприемника, т. е. профиль реки по всем ее извилинам.

Масштаб горизонтальный 100 м в 1 см.

Масштаб вертикальный 1 м в 1 см.

Вычерчивание профиля начинают с низового конца реки, помещая этот конец в левой стороне профильного листа, хотя бы изыскания и вычисления отметок производились по ходу с верховья реки вниз по течению.

Правый берег и существующее дно реки проводятся тушью.

Левый берег—черным пунктиром. Если нивелировался один берег,—проводится тушью.

Горизонт воды во время изысканий—синей линией; иногда закрашивается слабой лазурью полоса от дна реки до поверхности воды.

Фиксированные наивысшие и наименьшие горизонты воды в реке показываются линейным синим пунктиром.

Тщательно показывается положение дна реки под мостами.

Проводится линия границы между торфом и глиной, торфом и песком, песком и глиной.

Под профилем подписывается:
номера пикетов—тушью;
расстояние между пикетами—тушью;
отметки берега с точностью до сотых долей м—тушью;
отметки наблюденного уровня воды—до тысячных долей—синим; глубины торфа надписываются черным.

На профиле реки намечается карандашом предварительное положение проектного дна регулирования.

7. Устанавливается необходимость решительных спрямлений существующего русла реки или возможность ограничиться спрямлениями лишь отдельных резковыраженных извилин.

Для этого: а) вычисляется средний из наибольших месячных расходов воды (высокий летний расход) по реке по формуле, приводимой в главе о ширине водоприемников;

б) принимается минимальная скорость для высокой летней воды в 0,4—0,6 м;

в) принимается из профиля необходимая глубина регулируемого русла реки, отступ расчетного горизонта воды от поверхности земли и следовательно расчетная глубина потока;

г) принимается величина заложения откосов;

д) по принятым расходу, скорости, глубине, откосу и коэффициенту шероховатости вычисляется необходимый при этих элементах продольный уклон реки—водоприемника (см. глава о спрямлениях русла) и сравнивается с существующим уклоном реки по всем извилинам ее; из сравнения устанавливается необходимость спрямления реки.

8. Намечаются на плане реки спрямления русла. Если река уже имеет необходимый для создания минимальной скорости воды уклон, то спрямления проектируются лишь на крутых извилинах, где расчистка существующего русла обойдется дороже прорытия спрямления, или где существующее русло препятствует сплаву. Если же существующий уклон по реке меньше уклона, необходимого для создания скорости воды 0,4, то необходимо решительными спрямлениями русла создать требующийся уклон, т. е. в этом случае проектировать спрямления и там, где производство их обойдется дороже, чем расчистка по существующему руслу.

9. Вычерчивается продольный профиль реки в спрямленном ее состоянии. Обозначения и надписи те же, что и на развернутом профиле.

На спрямленном профиле проводится красной линией окончательное положение проектного дна регулируемой реки; затем вычисляются и дополнительно надписываются:

- а) уклоны проектного дна—красным;
 - б) отметки проектного дна с точностью до тысячных долей—красным;
 - в) глубины проектной выемки на каждом покате.
- Внизу профиля наносится ситуация местности.

Над профилем надписываются номера кварталов, название урочищ, лесных участков, хозяйств, землепользований, пересечения дорог, положение реперов.

10. Вычерчиваются на клетчатке продольные профили всех проектируемых каналов и канав, в масштабе:

продольный 100 м в 1 см,
вертикальный 1 м в 1 см.

Накладка профиля начинается с низового конца канала и ведется слева направо (рис. 69).

Проектируется положение дна каждого канала, проектное дно проводится красной линией.

На профиле каждого канала должно быть показано положение дна водоприемника его и положение расчетного горизонта воды в водоприемнике.

Под профилем канав должны быть надписаны те же размерные элементы, что и под профилем реки, за исключением размеров, относящихся к существующему руслу.

11. Устанавливается ширина по дну всех канав, каналов и реки—водоприемника по данным, в соответствующих главах указаниям. Составляется ведомость гидравлического расчета.

12. Составляется ведомость объемов земляных работ по форме:

Ведомость размеров и объемов выемки по устройству боковой канавы № 3 к магистральям № 1 _____ на участке _____ Лесного промышленного хозяйства _____ района _____ области.

№ пикетов	Расстояние	Проектные разм.			Площади поперечн. сеч.		Объем выемки куб. м	Примечание
		Глубина по дну	Ширина по вер.		на пикете	средние		
0/5 ¹	100		0,95	0,30			2,20	1,188
1		1,05	.	2,40	1,418			

¹ 5—номер пикета на магистральном канале, в который впадает боковая, 0—номер пикета устья боковой канавы.

Если проектируемый канал проходит по линии существующей канавы, то вводятся дополнительные графы размеров и объема существующего канала и графа разницы объема проектного и существующего, т. е. графа новой выемки.

Приемы вычисления земляных работ изложены далее.

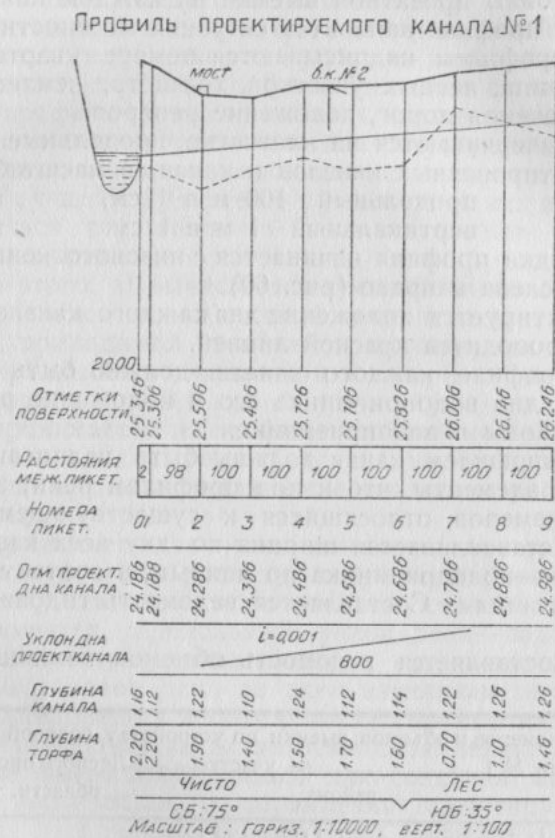


Рис. 69.

13. Составляется смета на земляные работы по нормам потребной рабочей силы на строительные работы, изданным Госпланом СССР „Всесоюзные нормы расхода материалов и рабочей силы на строительные работы. Отдел I. Земляные работы“. Выборки из норм приведены дальше.

14. Составляются проекты или принимаются выработанные типы на мосты и шлюзы: технические расчеты, чертежи, сметы.

15. Составляются технические расчеты, чертежи, сметы на укрепления откосов, на устройство перепадов.

16. То же—на устройство дорог.

17. Составляется сводная смета на весь комплекс работ.

18. Составляется ведомость реперов.

19. Прилагаются технические материалы наблюдений на водомерных постах, наблюдений над ростом леса и трав, описание грунтов при бурении и т. п.

20. Приводятся документы, оформляющие участие в работе затрагиваемых мелиорацией землепользователей и т. п.

21. Составляется пояснительная записка по проекту.

Пояснительная записка распадается на три основных части.

а) Естественная характеристика района и непосредственно мелиорируемой площади, содержащая в себе:

рельеф поверхности, уклон реки и ручья;

климат, преимущественно осадки;

гидрология, преимущественно гидрометрические материалы по рекам—водоприемникам, а также уровни грунтовых вод;

почвы и растительность;

предварительные сведения об эксплуатации исследованной территории.

При каждом из перечисленных разделов излагаются способы и размеры произведенных изысканий.

б) Описание проектируемой мелиорации и расчет элементов осушительной сети;

установление цели мелиорации;

обоснование расположения, густоты, глубины осушительной сети;

гидравлические расчеты;

строительные расчеты;

размеры работ и стоимость их;

способ производства работ;

очередность работ.

в) Народнохозяйственное обоснование мелиорации:

история возникновения работы;

хозяйственная характеристика района и условий эксплуатации мелиорируемой площади;

сведения о производившихся ранее работах и об их результатах;

проектируемое использование территории;

исчисление ожидаемой продукции, валового и чистого дохода, а также времени возврата произведенных затрат;

отражение мелиорации на эксплуатации прилегающих земель.

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 во взаимной связи, увеличивая тем свое значение. Например, данные о расходах воды по исследованной реке за один год получают значение лишь в связи с выпавшими за этот год осадками, а данные о выпавших за год исследований осадках имеют значение лишь при сопоставлении их со средними многолетними величинами по данному району или по ближайшему к нему.

При соблюдении таких сопоставлений, расходы воды, наблюдаемые всего за один год, могут вносить коррективы в формулы расчетного стока.

Почвенно-ботаническое описание мелиорируемой площади должно быть связано с уровнем грунтовых вод за год исследования, а уровень грунтовых вод должен быть связан с осадками за год, а выпавшие в год исследования осадки должны быть сопоставлены со средними многолетними.

Данные о ходе роста леса дают материал 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 нечитаемый балласт.

Обширные размеры пояснительных записок нежелательны, так как в них затемняется основное техническое ядро и основное задание мелиорации.

§ 48. ВЫЧИСЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ ОБЪЕМОВ

При проектировании канав по целинному грунту объем выемки вычисляется попикетно по простейшей формуле, коей присвоено имя Винклера:

$$W = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot l,$$

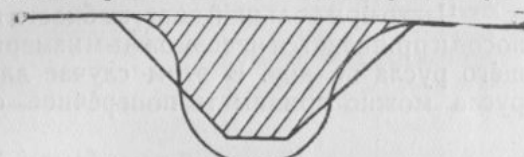
F_1 — площадь поперечного сечения на одном пикете,

F_2 — то же на другом пикете,

l — расстояние между пикетами.

При проведении проектируемого канала по линии существующей канавы необходимо учесть существующий объем и получать объем выемки, как разность между проектируемым размером канала и существующим размером его в пределах очертаний проектного канала.

Вычисление площади работы в поперечном сечении канав производится накладкой проектного сечения на существующее и вычитанием из проектной площади существующей площади в пределах проектной, а не всей (рис. 70); существующая площадь сечения, в пределах очертаний проектного сечения



определяется планиметром или перечетом клеточек, или арифметическим вычислением площади.

При вычислении земляных работ по регулированию русла реки, простая накладка проектного сечения на существующее русло дает неверные величины выемки, так как проектное сечение часто располагается несимметрично, относительно существующего

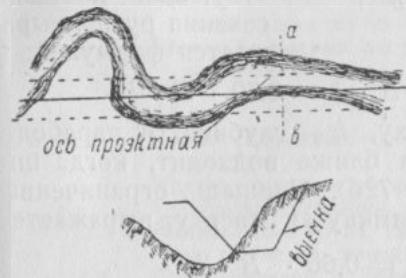


Рис. 71.

сечения русла, а сдвинуто к одному из берегов русла.

Вычисление ведется следующим порядком. Вычерчивается в крупном масштабе, например в 1 см—20 м, план, подробно заснятого, существующего русла реки (рис. 71).

На этом плане реки, руководствуясь требованиями гидротехники, проводится

геометрическая ось aa проектируемого русла и по обе стороны геометрической оси проводятся линии берегов проектируемого русла.

Затем на профильной бумаге по материалам измерений вычерчиваются тушью поперечные профили существующего русла, расположенные по высоте, согласно вычисленным отметкам нивелировки.

На этих поперечных профилях существующего русла (рис. 71) вычерчивается красным инком надлежаще, согласно плану, ориентированное поперечное сечение проектируемого русла, которое в сечении ab получается сдвинутым к правому берегу. При этом вычерчивании положения проектного сечения необходимо согласовать и высотное положение его относительно существующего русла.

Перечетом клеток или планиметром вычисляют величину заштрихованной площади сечения, подлежащей выемке. Объем выемки между смежными пикетами по реке полу-

чается грубо по обычной формуле полусуммы площадей, хотя в этом случае отклонения от действительного объема выемки могут оказаться большими.

Часто при большой воде, зыбкости грунта, отложениях наносов и пр. является невозможным измерить ширину существующего русла по дну. В этом случае для вычисления объема русла можно принимать поперечное сечение его подобным эллипсу или параболе.

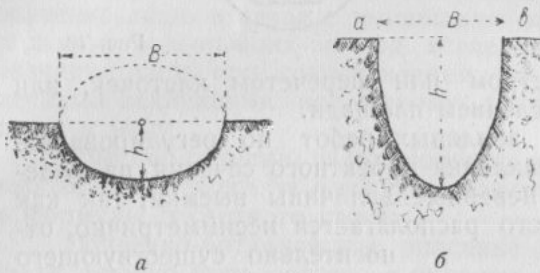


Рис. 72.

$$F_{эл.} = \frac{\pi}{2} \cdot ab = \frac{\pi}{4} \cdot B \cdot h = 0,79 \cdot B \cdot h,$$

где B —ширина русла поверху, h —глубина. К параболической кривой сечение русла ближе подходит, когда ширина его менее глубины (рис. 72б). Площадь, ограниченная двумя ветвями параболы и замкнутая сверху, выражается:

$$F_{пар.} = \frac{2}{3} B \cdot h = 0,66 \cdot B \cdot h.$$

§ 49. ИСЧИСЛЕНИЕ ПОТРЕБНОЙ РАБОЧЕЙ СИЛЫ

Прежде всего необходимо установить род грунта, в котором будет производиться выемка и отнести его к одной из следующих групп, установленных Сектором капитальных работ Госплана СССР. (Изд. 1932 г.).

Таблица классификации грунтов

Группы грунтов	№ грун. в групп.	Породы грунтов	Средний вес 1 куб. м грунта в плотн. теле в кг	Средний вес 1 куб. м грунтов одной группы в кг
I	1	Торф без корней	600	1350
	2	Рыхлый растительный грунт	1200	—
	3	Песок мелкий (при величине зерен до 0,5 мм), не требующий конопатки креплений	1400	—
	4	Песок средний (при величине зерен от 0,5 до 1,0 мм)	1500	—

Продолжение

Группы грунтов	№ грун. в групп.	Породы грунтов	Средний вес 1 куб. м грунта в плотн. теле в кг	Средний вес 1 куб. м грунтов одной группы в кг
II	1	Песок крупный (при величине зерен от 1,0 до 3,0 мм)	1600	1450
	2	Плотный растительный грунт — целина	1400	—
	3	Чернозем	850	—
III	1	Супесок (песок с примесью глины или растительного перегноя до 30%)	1600	1600
	2	Легкие суглинки (глина с примесью песка до 50—60%)	1600	—
	3	Влажный рыхлый лёсс, мягкий солончак	1600	—
IV	1	Песок смешанный со щебнем и щепой	1650	1650
	2	Мелкий песок, требующий конопатки креплений	1400	—
	3	Растительный грунт, смешанный со щебнем и щепой	1650	—
	4	Гравий мелкий и средний (при величине зерен от 3,0 до 15,0 мм)	1700	—
	5	Строительный мусор в рыхлом состоянии	1700	—
	6	Рыхлая мелкая шлаковая гарь	700	—
V	1	Уплотненный заезжанный растительный грунт	1500	1700
	2	Насыпной слежавшийся грунт с примесью строительного мусора, щебня, гальки	1650	—
	3	Торф и растительный грунт с корнями от кустарника	800—1400	—
	4	Легкий суглинок с супеском, смешанный со щебнем, галькой и строительным мусором	1700	—
	5	Лёсс с естественной влажностью, смешанный с гравием или галькой	1790	—
	6	Тяжелые суглинки (глина с примесью песка до 30—40%)	1750	—
	7	Жирные чистые глины нормальной влажности	1850	—

Продолжение

Группы грунтов	№ грун. в групп.	Породы грунтов	Средний вес 1 куб. м грунта в плотн. теле в кг	Средний вес 1 куб. м грунтов одной группы в кг
VI	1	Гравий крупный (при величине от 15 до 25 мм)	1750	1750
	2	Жирная чистая глина в сухом состоянии	1800	—
	3	Сильно пересохший, слежавшийся лёсс	1500—1700	—
	4	Галька (при величине зерен до 40 мм)	1750	—
VII	1	Слежавшийся строительный мусор	1850	1800
	2	Торф с корнями от деревьев	850	—
	3	Растительный грунт с корнями от деревьев	1400	—
	4	Спекшаяся гарь и шлак	1100	—
	5	Опоки	1900	—
	6	Отвердевший плотный и мергелистый лёсс и солончак	1800	—
	7	Крупная галька (при величине зерен свыше 40 мм)	1800	—
VIII	1	Сланцевая глина (непластичная, с примесью кварца)	2000	1950
	2	Тяжелая (ломовая) глина и глина древнейших пород (девонская глина)	2000	—
	3	Тяжелый суглинок с примесью щебня, гальки и стр. мусора	1900	—
	4	Жирная глина с примесью щебня, гальки, валунов и стр. мусора	1900	—
	5	Галька с примесью булыги	1950	—
	6	Цементированная галька в начальной стадии конгломерации	2000	—
	7	Мергели и трепел	1900	—
	8	Скальные породы, выветрившиеся до состояния щебня	2100	—

Просмотр приведенной таблицы указывает, что наиболее часто встречаемыми грунтами в осушительной практике является группа V — торф и растительный грунт с корнями от кустарника и тяжелые суглинки, группа VII — торф и растительный грунт с корнями от деревьев.

Выработка 1 куб. м грунта вручную требует по изданным к руководству нормам Госплана следующее количество чел./час.¹

Глубина слоя выемки м.	ГРУППЫ ГРУНТОВ								Замечание
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
0—1	0,37	0,43	0,51	0,68	0,76	0,95	1,29	1,54	} При ширине разработки более 1,5 м
1—2	0,52	0,61	0,75	0,93	1,03	1,27	1,58	1,82	
2—3	—	—	—	—	1,55	1,82	2,18	2,32	
0—1	0,42	0,50	0,59	0,78	0,87	1,09	1,49	1,77	} При ширине разработки 1,5 м и менее
1—2	0,60	0,70	0,86	1,07	1,19	1,47	1,83	2,10	
2—3	—	—	—	—	1,79	2,10	2,52	2,76	

В нормах имеются кроме того следующие добавочные указания. Нормы предусматривают грунты с природной влажностью, т. е. грунты, не находящиеся во время разработки под непосредственным действием грунтовых и проточных вод.

А. Для грунтов мокрых, сильно пристающих к инструменту (с содержанием влаги 50—60%) применять коэффициенты:

для групп грунтов I — IV $K=1,15$,
для групп грунтов V — VII $K=1,30$.

Б. При разработке грунтов, поросших камышом, применять коэффициенты:

при редких зарослях $K=1,10$,
при сплошных зарослях $K=1,30$.

В приведенные нормы входят следующие операции: а) разрыхление грунта по мере надобности, б) копанье с отбрасыванием, в) откидка грунта от бровки с оставлением бермы шириной не менее 0,5 м.

Выемка разжиженного грунта черпаками или ведрами требует на 1 куб. м грунта чел./час.:

Высота вычерпывания в м	1	2	3	4
Землекопов чел./час.	2,56	2,76	3,0	3,52

Высота вычерпывания берется от центра тяжести вычерпываемого слоя грунта до поверхности земли.

¹ Всесоюзные нормы расхода материалов и рабочей силы на строительные работы на 1932 г. Изд. Госплана. 1932.

Разравнивание грунта на месте свалки, например, при устройстве дороги, требует на 1 куб. м грунта обмеренного после разравнивания чел./час.:

Группы грунтов	I, II, III	IV, V,	VI	VII, VIII
Землекопов чел./час.				
без трамбования	0,34	0,41	0,59	0,68
с трамбованием	0,68	0,75	0,97	1,06

Планировка, т. е. выравнивание лопатой откосов вырытых канав со срезкой неровностей, требует на 1 кв. м откоса чел./час.:

Группы грунтов	I, II, III	IV, V, VI, VII, VIII
Рабочих чел./час.	0,07	0,13 0,21

В случаях отвозки грунта тачками, грабарками, механизации работ или иных усложнений в исчислении рабочей силы—следует обратиться непосредственно к изданию Гос. плановой комиссии.

§ 50. СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

При ручном способе работ прорытие осушительных канав является физически тяжелой и однообразной работой, а регулирование рек—водоприемников и прорытие магистральных каналов в воде является кроме того вредной работой, требующей выносливости и вызывающей заболевания. Именно такой тип работ, физически тяжелый, вредный и однообразный требует своей механизации в первую очередь. Помимо этой обще-социальной установки, необходимой в социалистическом государстве, машинная работа в применении к осушительной мелиорации имеет ряд технических и экономических преимуществ:

- 1) машина незаменима для расчисток рек с большой водой, в которой физически невозможна работа вручную;
- 2) машина заменяет недостаток рабочих рук и делает в то же время работу дешевле;
- 3) машина может работать до поздней осени и после замерзания воды, когда рабочие стоять в воде уже не могут; таким образом более раннее начало и более позднее окончание работ значительно удлиняет весь сезон работы.

Но необходимо иметь в виду и трудности применения машины в условиях работы в лесу и на болоте, именно: наличие в лесу, особенно в минеральном грунте, крупных пней, не поддающихся действию канавокопателей и вызывающих пока необходимость двойной работы—сначала удаления крупных пней взрывными работами и затем уже прохода канавокопателя.

Соображение это не относится к регулированию рек и прорытию крупных канав в грунте, свободном от свежих пней, для которых работ имеются безукоризненно работающие сухопутные и плавающие машины.

Возобновление трассы. Проектированные линии канав перед производством земляных работ восстанавливаются вешками, укрепляемыми по оси канав в местах, забитых при изысканиях пикетов; при этом отыскание мест пикетов

производится отмериванием указанных на плане работ расстояний. По поставленным вешкам проверяется правильность линий канав и в случае замеченной, не вызываемой условиями рельефа, кривизны линии выпрямляются. Затем в каждую сторону от пикетной вешки отмериваются лентой или деревянной 2-метровой по половине указанной в ведомости размеров канав ширины по верху на данном пикете. В этих боковых точках ставятся также прочные вешки, на которых надписываются карандашом номер пикета и проектная глубина канавы. Затем по линиям этих боковых пикетных вешек ставятся промежуточные кольца вдоль канавы на расстоянии 10 или менее м друг от друга. Таким образом очерчиваются ясно края или бровки канав. При приступе к рытью между этими кольями натягиваются шнуры, по которым лопатами обрезаются края канав.

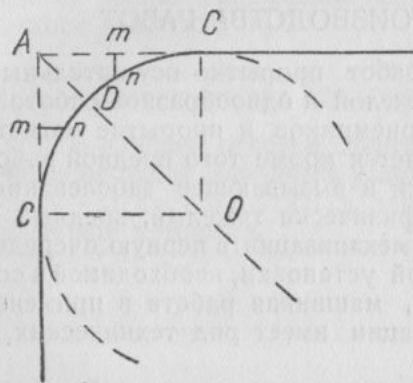


Рис. 73.

Затем производится „вынос“ пикетов: против занивелированного осевого пикетного кола; несколько отступая за край будущего канала, забивается на одной высоте с пикетным контрольный кол, от которого отмеривается глубина канала при производстве и проверке земляных работ. Забивание выносного контрольного пикета на уровне с осевым пикетом производится или по нивелиру или по уровню. От намеченных краев канала (бровки) отмеривается затем еще расстояние в 1 м, за которое должна быть отброшена вся вынутая из канала земля.

Так как на поворотах магистральные каналы проводятся по закруглениям, то в этих местах приходится произвести разбивку кривой по дуге окружности. В некоторых случаях это производится постановкой вешек на-глаз. Надежнее всего разбивку кривой перенести на место с чертежа (рис. 73); вычертив в масштабе 1 : 500 пересечение направления канала, делая геометрическим построением угол A между линиями канала пополам, находят затем движением прямоугольного треугольника ту точку O на линии AB , равноделяющей угол, расстояние от которой до линии канала равно требуемому радиусу OC , напр. 60 м; проводят радиус и вычерчивают циркулем дугу CDC —линию ка-

нала. Затем откладывают циркулем от вершины A в обе стороны одинаковое расстояние Am , напр. 30 м, измеряют по масштабу расстояния tn от точек t до вписанной дуги. После этого легко перенести точки C, n, D, n, C дуги с чертежа на местность.

Для разбивки кривых линий имеются специальные таблицы (например, табл. Кренке), в которых по радиусам закруглений и по величине угла A даются сразу величины tn . Но вышеописанное построение на бумаге и измерения циркулем яснее для всякого и лучше гарантируют от ошибок.

При восстановлении пикетажа по существующему руслу ручья или по канаве оказывается необходимым произвести вторичное измерение существующих глубин и ширин. По этим окончательным измерениям составляется ведомость существующих размеров, удостоверяемая подписями созываемой для того комиссии или уполномоченными лицами; эта подписанная ведомость существовавших до производства работ размеров русла или канавы вместе с засвидетельствованной таким же образом ведомостью размеров после производства земляных работ являются формальными документами, необходимыми для обоснования объема произведенных работ.

Деревья на полосе под каналом должны быть удалены с корнями, т. е. выкорчеваны, а на полосе под берму и под кавальеры должны быть спилены в уровень с поверхностью земли. На торфяном болотном грунте деревья держатся слабо, и корчевание их производится повалом: тянут закинутый на дерево канат и, производя одновременно подрубку корней, выворачивают дерево вместе с корнями.

Полный комплекс работ ручным способом по осушению земельной площади слагается из: 1) очистки низовой части русла существующей реки—водоприемника, 2) регулирования русла реки путем углубления, уширения или спрямления его, 3) прорытия магистральных каналов по целинному грунту, 4) прорытия боковых осушительных канав.

§ 51. РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕК—ВОДОПРИЕМНИКОВ

Очистка русла. Работа по очистке существующего русла состоит в извлечении растущих со дна его водных растений, в удалении посторонних предметов: камней, пней, затонувших бревен, кольев, хвороста, сена, кочек, а также в удалении земли с отдельных перемелов и в оправлении местами подмытых берегов. Водная растительность удаляется подкашиванием ее у дна обыкновенной косой

с лодки или стоя в воде; при наличии донных растительных кочек, производится выдергивание их помощью „кошки“—загнутыми под прямым углом прочными вилами, насаженными на длинную рукоять-шест; двое-трое рабочих с берега закидывают кошку в реку, удерживая конец шеста на берегу; кошка вонзается в заросшее дно и при вытягивании рабочими тащит с собой пук водных растений вместе с корнями, камень, сено.

Затонувшие бревна извлекаются канатами и цепями, подводимыми под бревно руками или вилкой. В курсах водных путей сообщения рекомендуется еще ввертывание в затонувшее бревно железного стержня с винтовой нарезкой на одном конце и с проушиной в другом конце. Посредством рычага, заложенного в проушину, стержень ввинчивается в корчу, и таким образом подъемная цепь, прикрепленная к стержню, соединяется с затонувшим бревном.

Этими работами заметно понижается уровень воды в низовой части реки.

Растущие на самом краю берега деревья должны быть удалены; также необходимо поступить с нависшими берегами, могущими обвалиться в воду.

Извлечение мелких камней со дна реки производится граблями и кошками—согнутыми вилами. Крупные камни, торчащие из воды, могут быть удалены вручную лишь после раздробления их. Простейший прием раздробления камней состоит в следующем. Помощью молотка и железного долота (чекана) со стальным наконечником в камне пробивается круглая скважина глубиной до 30 см, диам. 2—2½ см. Долотом служит круглый стержень 22 мм толщины с наваренным стальным наконечником, изготовляемый кузнецом; пробивка скважины производится одним рабочим ударом молотка по стержню (чекану) с постепенным поворачиванием его. Накапливающаяся в скважине каменная мука выносятся из нее водой, которая все время наливается и выплескивается при ударах. В готовую скважину плотно закладывается пороховой патрон в виде самодельного картонного цилиндра, наполненного 80—100 г обыкновенного охотничьего пороха; в порох вставляется нижний конец тонкой трубочки, свернутой из бумаги и заполненной также порохом; верхний конец этой пороховой трубочки выходит на поверхность камня. После того скважина над порохом забивается толченым кирпичом с возможным уплотнением помощью железного стержня; охотничий порох от удара не взрывается; чем сильнее уплотнена кирпичная засыпка, тем сильнее будет сила взрыва. Верх пороховой трубочки обкладывается жгутом пакли; конец жгута поджигается и, пока

он горит, имеется достаточно времени, чтобы отойти на нужное расстояние. На камень идет три патрона. Иногда горение пакли идет так медленно, что может показаться, что огонь погас; неосторожное приближение к камню в таком случае поведет к несчастью. После разрыва камня стоит еще большого труда удалить из русла реки отдельные, иногда большие куски его.

Складывать извлеченные предметы следует возможно дальше от русла, за кустарниками и деревьями; в противном случае эти предметы большой водой снесутся обратно. Вообще успешность очистки русла реки зависит от опытности землекопов и рабочих; желательно достигнуть, чтобы движение воды в расчищенном русле было заметно на-глаз и по возможности равномерно по всему протяжению.

Углубление русла. Работы по руслу реки при ручном труде требуют предварительного задержания воды в нем выше места производства работы помощью устройства поперечных перемычек (загаток).

При прохождении русла в плотном торфе или в минеральном грунте с устойчивыми берегами обычным типом перемычки является земляная стенка между двумя рядами кольев (рис. 74). Поперек русла забиваются два сплошных ряда кольев в расстоянии 1,0—1,5 м ряд от ряда; между кольями набивается с плотной утрамбовкой торф или иной грунт. Чтобы ряды кольев при набивке грунта между ними не расходились, к ним с внешней стороны прижимаются положенные поперек русла два бревна-лежня (*a, a*), хорошо закрепленные в концах свайками. Если русло реки широко и длина поперечного бревна недостаточна для перекидки с берега на берег, то бревна подпираются подкосинами со дна реки. Устройство такой солидной перемычки уместно в тех случаях, когда она может оставаться на месте в продолжение нескольких дней. Спуск воды во время перерывов в работе производится прорытием обводной канавы, быстро засыпаемой перед началом работ. Следует впрочем стараться находить такие места для перемычки, чтобы накапливающаяся в русле вода шла в обход места производства земляных работ не по проложенной канавке, а по естественной ложбине.

Описанный тип прочной перемычки может быть различно варьирован. Колья могут забиваться не сплошным рядом, а с промежутками между собой и оплетаться хворостом,—получаются два плетня вместо двух сплошных стенок кольев. При наличии досок за забитые с промежутками колья могут закладываться доски.

На глубоком торфу, на речках с илистым жидким дном вышеописанная перемычка на кольях будет пропускать много

воды, просачивающейся между кольями под перемычкой, а при сильном напоре вода может образовать под перемычкой промоины и забить струями. Поэтому при таких условиях оказывается необходимым устраивать перемычку из вертикально забиваемых в грунт пластин, образующих сплошную глубоко входящую в грунт досчатую стенку

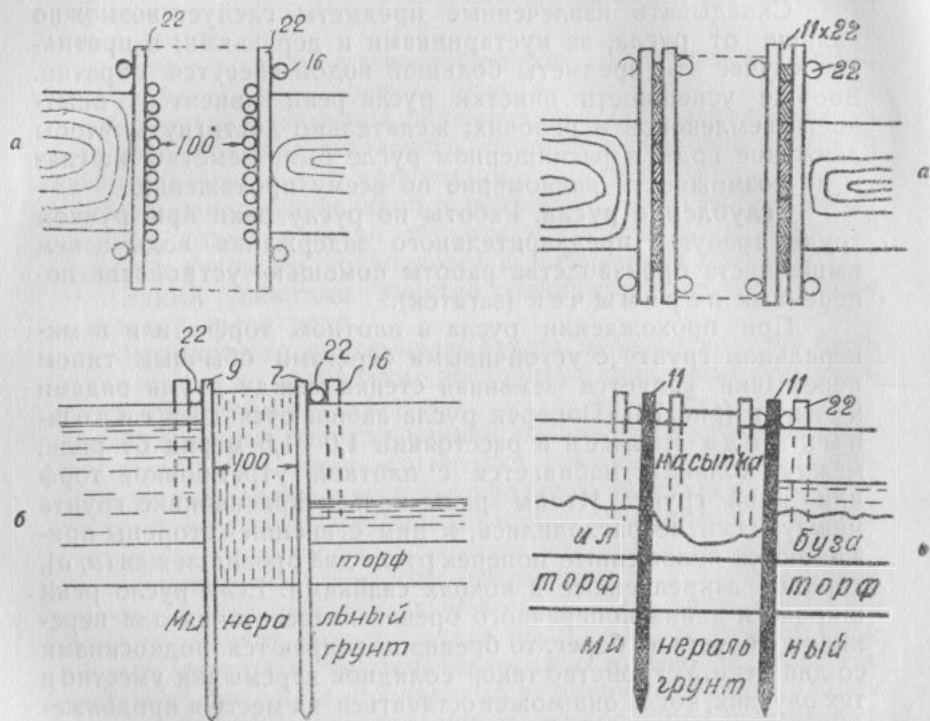


Рис. 74. а) план; б) продольный разрез.

Рис. 75. а) план; б) продольный разрез.

(рис. 75). Верхний конец стенки защемляется между двумя закрепленными поперек русла бревнами. Две таких стенки с забивкой земли между ними создают прочную и трудно разбираемую перемычку.

Лучшей перемычкой является перемычка брезентовая (рис. 76).

Для устройства брезентовой перемычки через канаву перекидывается лежень—бревно 18—22 см толщиной, по обе стороны канавы вбиваются с низовой стороны перекладины по одному столбику для удержания перекладины от сдвига напором воды.

Затем с верхней стороны к перекладине приставляются наклонно кольца во всю ширину канавы с промежутками между собой до 9 см, нижние концы колец слегка вбиваются в дно и откосы канавы, верхние концы возвышаются на 0,3 м над перекладиной. На кольца накладывается брезент, нижний край которого затаптывают к концам колец в дно канавы; если же дно твердое, то нижний конец брезента закладывается землей. Верхний край брезента поднимается несколько выше перекладины помощью каната, продетого через кольца брезента; канат прикрепляется к столбикам, удерживающим перекладину от сдвига. Такая перемычка имеет большое преимущество перед земляною тем,

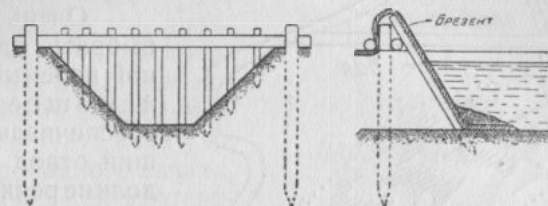


Рис. 76.

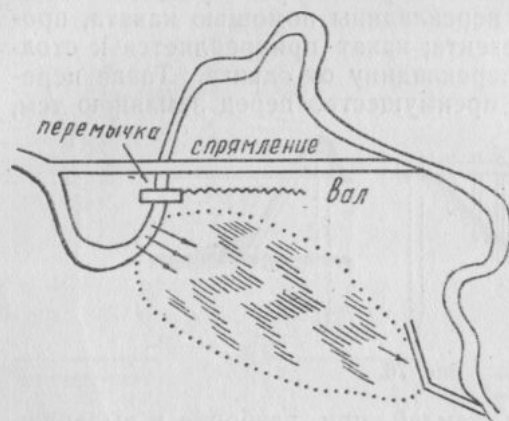
что не засоряет канавы землей при разборке и выдерживает значительный напор воды.

Установленная на речке перемычка вровень с берегами задерживает течение воды и этим дает возможность производить углубление русла речки ниже по течению. Но лишь в редких случаях описанные перемычки могут задерживать воду в течение суток; обычно же переполнение реки происходит ранее, а потому необходим спуск накопившейся воды по обводной канаве, вызывающий перерыв в производстве земляных работ.

Кроме основной перемычки одного из вышеописанных типов, устраиваемой на много дней в расстоянии 1—3 км от места земляных работ, по регулируемой реке ниже основных устраиваются облегченные вспомогательные перемычки, задерживающие воду, набирающуюся в русле реки, и перемещающиеся изо дня в день по мере хода земляных работ по руслу реки.

При подходе земляных работ к основной перемычке приходится спустить всю накопленную воду за одну ночь, чтобы утром не произошло задержки в работах. Как раз к этому же времени необходимо устроить выше по реке новую основную перемычку; ее следует делать выше подпорной воды существующей перемычки; практика указывает, что пересыпка русла реки в глубокой воде, в сфере

подпора ниже находящейся перемычке, не надежна; при разборке ниже лежащей перемычки и спуска подпорной воды насыпанная в воде новая перемычка легко сносится напором скопившейся воды. При насыпке земли, особенно торфа, в воду невозможно уплотнение ее и потому, при образовании разности горизонтов воды ниже и выше новой перемычки вода прорывает ходы в насыпной разжиженной



сР. и 77.

части и сносит всю насыпку.¹ Проходящая по руслу вода очень затрудняет работу. Очень важно выбрать для основной перемычки надлежащее место, обеспечивающее лучший отвод воды. В долине реки имеются понижения, идущие иногда на большом протяжении вдоль реки близ одного из берегов долины; очень удобно основную перемычку расположить так, чтобы воду из реки направить по вспомогательной канаве в такую пониженную часть долины, в которой вода могла бы скопиться очень продолжительное время. Еще конечно лучше, если вода может стекать по пониженной части долины или по староречью вновь в русло регулируемой реки ниже места работ (рис. 77).

При наличии такого стока создаются наилучшие условия для земляных работ по углублению реки. Если такие естественные условия, т. е. понижения долины и наличие старых русел, слабо выражены, то иногда возможно бывает все же направить воду из реки по луку, устроив продольную вдоль русла реки перемычку в виде земляного вала. Этот вал может насыпаться из земли, отрезаемой с откосов подлежащей уширению реки, или из специально прорываемой для того продольной канавы.

Пуск воды в другую реку. В некоторых случаях воду из регулируемой реки возможно направить временно в другую реку; это возможно на водораздельных болотах, когда

¹ О перемычках многие практические сведения сообщены нам производителями работ в Оршанском округе БССР А. Санковским и Б. Лищиким.

из одного болотного массива вытекают в разные стороны две речки, или когда две речки в своем параллельном течении не имеют резко выраженного водораздела; первый случай очень хорошо был выражен и использован в 1925 г. при работах по р. Усвиж-Бугу Оршанского округа (рис. 78); примером второго случая служат работы по Найдо-Белевскому каналу в Мозырском округе, во время которых вода из канала направлялась в Припять по речке Утвохе.

Самая работа по углублению освобожденного от воды русла реки производится, вообще говоря, теми же приемами, что и прорытие новых каналов. Если существующее русло реки уже проектированного канала, то 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 (рис. 79), то возникают затруднения с отброской земли.

Приходится перемещать вынимаемую землю на тачках по катальным доскам за пределы существующего широкого русла или же в русле устраивать плетень и за него забрасывать землю; иногда вынимаемый грунт просто бросают на лишнюю часть существующего русла, заравнивая неровности его или образуя искусственный, насыпной откос канала в пределах более широкого русла; этот последний прием следует считать неправильным, так как илистый, торфяной и особенно песчаные грунты легко сползают вниз и снова заполняют собой произведенное углубление на реке.

На реке в узкой долине с большим расходом воды и на реке с топким дном устройство надежных перемычек бывает иногда невозможно; вода быстро начинает идти через перемычку или, обходя ее, сразу поступает опять в свое русло или промывает себе ход под перемычкой.



Рис. 78.

В таких трудных случаях приходится вести углубление русла реки в воде способом „повторных действий“. Первоначально снизу, идя по дну глубоко в воде или держась на лодках, очищают русло от травы, корчей и отдельных наносов; такой первый проход по реке несколько понизит уровень воды в ней. Затем работу нечинают снова снизу, 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.

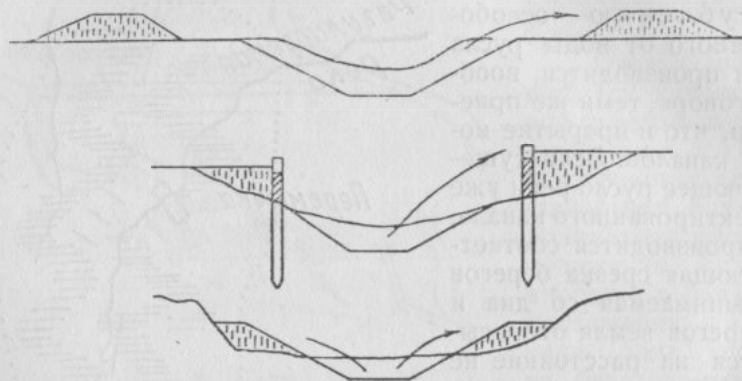


Рис. 79.

Спрямление рек. Копку спрямления начинают от нижнего конца его, отступая метров на пять от русла реки, чтобы иметь естественную перемычку от воды снизу, ведут работу вверх, оставив и там естественную перемычку от верхней воды. Выемка в сухом минеральном грунте ведется при таких условиях без затруднений обычными приемами земляных работ—в выкидку со вторичной перекидкой или с отвозкой земли тачками.

На некоторой глубине выемки появляется вода, которая начинает мешать работе; воду удаляют из выемки чаще всего обыкновенным ведром, привязывая его к веревке.

Производительность одного человека при вычерпывании воды ведром на веревке зависит от высоты подъема; Нормами Госплана¹ она определяется следующими цифрами (см. табл. на стр. 217).

¹ Временный справочник для составления производственных смет на земляные работы. 1927.

Иногда для выкачивания воды из выемки устанавливаются диафрагмовые насосы. Диафрагмовый насос требует

Высота подъема в м	На один куб. м воды требуется чел./час.
1	0,41
2	0,55
3	0,73
4	0,89
5	1,04

на подъем 1 куб. м воды следующее количество чел./час. (по тем же данным Госплана):

Высота подъема в м	Диаметр 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	

Две вышеприведенные таблицы указывают, что работа человека на диафрагмовом насосе в два раза производительнее, чем простое вычерпывание ведром. Но если учесть стоимость приобретения, доставки, установок и передвижек насоса по болоту, то более практичным на мелиоративных работах обычно оказывается простое ведро.

Работу по спрямлению в торфяном низменном месте при большом притоке грунтовой воды производят в два приема. Сначала роют без затруднений 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 является возможность произвести дальнейшее углубление спрямляющего канала.

При регулировании реки приходится обычно производить не только спрямление отдельных дуг существующего русла, но и пересекать существующее русло новым более глубоким каналом (рис. 77).

В этих случаях необходимо в местах пересечения делать перемычки, а вдоль прорываемого канала образовывать вал для задержания наступления воды к выемке.

Вынимаемая из канала земля складывается по обе стороны в валы, называемые кавальерами, основание которых должно быть от края выемки на расстоянии не менее 1 м или лучше на расстоянии, равном глубине прорезываемого спрямления; вал насыпанной земли в обращенной к каналу стороне должен иметь откос не круче ординарного.

Получающаяся между краем выемки и кавальером очищенная от земли полоса называется бермой. Берма необходима для уменьшения давления вынудой земли на стенки канала, что увеличивает устойчивость откоса канала; затем необходимость ее очевидна и для того, чтобы вынутая из канала земля не смывалась бы и не сваливалась бы обратно в выемку. При интенсивных осушениях производят разбрасывание кавальера.

Для свободного стока воды с поверхности луга в спрямляющий канал в кавальерах через каждые 20 м при выброске земли из выемки оставляются промежутки, или же в набросанных сначала сплошных кавальерах производится затем разбрасывание земли. На очищенном от земли между валами промежутке прорывается для облегчения стока воды в реку сточная канавка — воронка. Воронки имеют протяжение от бровки канавы до задней границы земляного вала, глубину 0,6 м у канавы и 0,1 м у заднего края земляного вала; ширину по дну 0,3 м, откос ординарный. По сторонам воронки должна быть своя берма.

§ 52. ПРОРЫТИЕ МАГИСТРАЛЕЙ

Возобновление трассы канала и разбивка закруглений производятся таким же образом, как и при работе по спрямлению рек. После того на травяном болоте скашивается трава на полосе под канал и кавальеры, а в лесных зарослях производится удаление леса.

Прорытие от расчищенного водоприемника новых каналов по целинному торфяному болоту легко в сухое время и требует особых приемов в мокрое время. После выкорчевки леса на полосе под канал и вырубке леса на полосах под берму и кавальеры земляная работа начинается с рытья по оси канала узкой канавки (рис. 80), называемой траншеей или осевым кюветом, для стока верхней воды; глубина и ширина кювета делаются в зависимости от количества воды; обычно первоначальная ширина кювета в очень топких местах делается в две лопаты, глубина — в один

„штык“ (35-45 см) или более; желательно вести работу так, чтобы кювет заготавлился вперед за один-два или более дней. За это время стечет верхняя вода, осядет торф в забучих местах.

После этого можно расставить землекопов сразу на всем протяжении кювета по обеим его сторонам, т. е. произвольное количество их, если кювета достаточно заготовлено, и глубина его доходит до половины глубины канавы. При этом каждым двум или четырем землекопам отводится определенный участок канавы с известным объемом выемки, посильным к исполнению за 1—2 дня. Работа производится уступами от оси канала к бровкам, наблюдая, чтобы не было перебора на местах откосов.

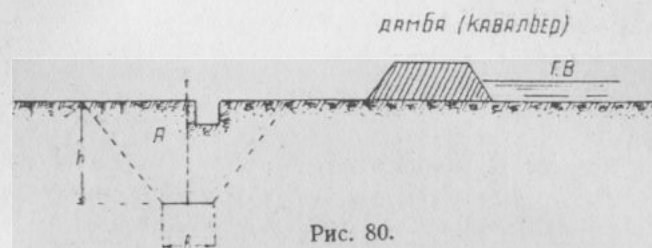


Рис. 80.

При большом числе рабочих работа ведется таким образом, что в то время как нижняя партия доводит канал уже до полной глубины его, средняя партия доходит только до половинной глубины его, а верхняя партия продолжает кювет.

Земля выбрасывается по обе стороны канавы на расстояние не менее 1 м, при этом окончательную откидку земли на указанное расстояние производят после прорытия канавы, вместе с рытьем воронок (бурчаков) для стока воды и с отдельной канавы начисто (рис. 81).

При узком канале, а также при ожидаемом с одной из сторон канала притоке поверхностной или грунтовой воды в канал, траншея роется не по середине канала, а отступя к тому из берегов его, откуда происходит поступление воды с болот.

В случае наступления летнего паводка, выхода воды в реку из берегов и затопления поверхности болота работа затрудняется, и если возможно землекопов временно распустить, то лучше работу прекратить. Если же партия землекопов не может оставаться без работы, то при неглубоком затоплении поверхности болота работу можно вести, ограждая место выемки земляными стенками — валиками и отливая воду за стенки по мере углубления выемки.

В долине реки Тясьмин, в Шевченковском округе, в условиях затопления торфяника водой, торф под водой разрезался продольной пилой на куски, которые при помощи вил вынимались из воды; работа давала удовлетворительные результаты.

Особенно трудна работа в плавучих грунтах: торфяном или в песке-пльвуне. Жидкий торфяной ил не держится в откосах, сплывает на дно. При широком же



Рис. 81. Исполненный магистральный канал.

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; песок-пльвун вместе с водой заполняет производимую выемку.

Облегчить работу в таких условиях иногда невозможно. Общей для всех случаев мерой является обязательная откидка вынимаемого из канала грунта на дальнейшее расстояние, а не оставление его в валах на краю канала.

Такой же общей мерой является вырытие канала сначала на неполную глубину, насколько то возможно без оплыва откосов и выпучивания дна; через некоторое время торф и ил уплотняются, а песок после стока воды приобретает связность; выждав это время, становится воз-

можным углубить дно канавы до проектного положения, иногда без специальных креплений.

При значительном выпучивании грунта с широкого дна вновь прорываемого канала полезно рыть сначала возможно узкую канаву; при узком дне произойдет осадка торфа без выпучивания, и вся масса торфа хорошо уплотнится; после уплотнения прорытие дна до полной ширины уже не вызовет сильного выпучивания.

При рытье в жидком грунте землекопы подкладывают себе под ноги доски.

Прорытие канав в малосвязном жидком торфе успешно осуществлялось на осушительно-колониционных работах Мурманской жел. дор. помощью забивки наклонных кольев.

Вдоль проектной бровки канавы, отступая на 30 см в сторону от будущей канавы, кладется толстая опорная жердь. За этой

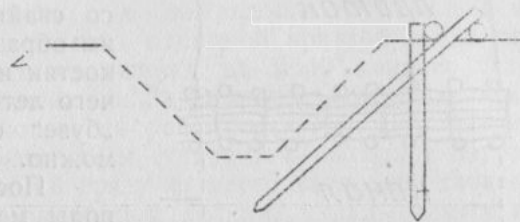


Рис. 82.

жердью забиваются в направлении к канаве сосновые колья, длиной до 2 м, диам. 5—7 см (рис. 82).

Эти колья, приблизительно параллельные будущему откосу канавы и забитые в расстоянии 10—30 см друг от друга, задерживают наплыв торфа с боков при прорытии канавы. Чтобы опорная жердь и колья не поддались напору торфяного грунта, забиваются удерживающие свайки и наклонные крючья. Реже приходится делать между свайками распорки. Укладывая вдоль канавы две жерди, землекопы получают опору для ног.

Канал по топкому илу. Особый случай представляется при пересечении каналом заплывшего илом глубокого и широкого староречья или губы озера. Производимая здесь выемка земли затягивается наплывом ила с боков; установка плетня здесь невозможна, так как произвести оплетение кольев ниже поверхности ила нельзя, опустить в ил заготовленный плетень также не удастся; забиваемые колья при большой глубине занесенного водоема, не имеют устойчивости и напором жидкого грунта будут сдвинуты.

Задача прохода каналом через такую глубокую и наполненную илом губу спущенного озера удовлетворительно разрешена при работах на Навлицких болотах Полоцкого района БССР.

Работа эта произведена следующим образом.¹

После спуска озера Рыбного от него осталась площадь в 10 га, покрытая илом. Через наполненное илом озеро на протяжении 123 м надо было провести канал, шириной по дну 3 м. В феврале со льда были забиты по краям проектного канала сосновые свайки, толщиной 12—17 см, длиной 9—11 м (рис. 83).

Забивка производилась легким копром; верхнюю часть сваек на 2—3 м очистили от коры. По правой и левой сторонам канала забивалось по два ряда сваек; внутренний ряд одна свайка от другой на 0,4—0,5 м, и внешний ряд—со свайками через 1 м. Таким образом, зимой был создан костяк искусственного канала, чего летом по глубокому илу „бузе“ сделать было невозможно.

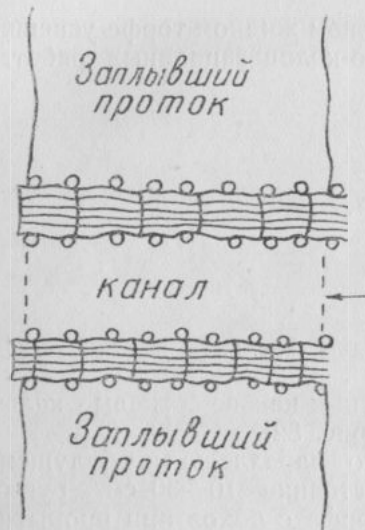


Рис. 83.

После схода весенней воды между рядами сваек с каждой стороны проектного канала стали закладывать фашины из березы, ольхи и лозы, толщиной до 0,5 м, фашины опускались в ил.

Несколько фашин, положенных между кольями одна на другую, местами до 10 штук, создали прочное очертание канала при последующей выемке

грунта из пространства между фашинами; через фашинную стену просачивался жидкий ил только в небольшом количестве.

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 возможно устраивать искусственное временное ограждение установкой на прорытой канаве деревянных щитов, хворостного плетня и т. п.

Вследствие большой осадки торфа глубина свежей канавы в течение месяца значительно уменьшается; умень-

¹ Т а р а й м о в и ч. Опыт устройства русла через озеро. Журн. Сельская и лесная газетарка. Кн. 4. 1928. Минск.

шается ширина по верху и по дну, так как торфяная масса вследствие нарушенного равновесия понемногу сползает в канаву.

По этим причинам при рытье необходимо глубину и ширину канавы в торфяном грунте брать на 15% более проектной. При соблюдении этого условия к моменту осветительствования работ, примерно через 1—2 месяца после окончания их, глубина канав окажется соответствующей проекту. В отдельных случаях происходит и большая осадка. Для сохранения канав от порчи надлежит сейчас же по прорытии их устраивать, где является необходимость, переходы из трех рядом положенных жердей и мосты в местах пересечения дорог.

Перемещение земли с места выемки из канала в кавальер производится обычно откидной лопатой в два приема: непосредственно из выемки на край канавы, затем вторичная откидка в кавальер. За один прием отброска земли производится землекопом на расстоянии 3 м. При ширине канала по верху свыше 10 м становится выгоднее перемещение грунта из выемки сразу на место кавальера тачками. Тачки движутся по катальным доскам, укладываемым поперек канала на деревянные козлы или на оставляемые поперек канала земляные стенки.

Выгоднее всего катальные доски класть горизонтально, однако очень часто их приходится располагать и по уклону. Подъем в $\frac{1}{24}$ мало ощутителен, а потому такой путь принимается за горизонтальный при расчете возки. С возрастанием подъема движение затрудняется; при подъеме свыше $\frac{1}{12}$ приходится ставить особых рабочих—крючников, которые помогали бы втаскивать тачки.

При таких условиях, если тачку приходится поднимать на некоторую высоту, то наиболее выгодным образом задача решится в том случае, если большую часть пути вести с уклоном в $\frac{1}{24}$, а затем сделать один подъем в $\frac{1}{12}$ или круче (до $\frac{1}{3}$, если подъем не длинен) и здесь поставить крючников.

§ 53. РАБОТА ПРИ ПОМОЩИ МАШИН

Для регулирования рек—водоприемников и прорытия крупных водоотводных каналов имеются и применяются у нас несколько типов машин, достаточно совершенно справляющихся со своей задачей, вплоть до извлечения пней и затонувших бревен.

Описание этих машин—экскаваторов и работа их излагается в специальных изданиях; здесь возможно привести лишь схемы их.

Каждая машина состоит из:

- 1) тары—в виде плавающего понтона или сухопутного гусеничного хода;
- 2) двигателя, обычно парового, как дающего мягкость хода;
- 3) передаточных механизмов в виде зубчатых сцеплений, фрикционных передач и доводочных устройств;

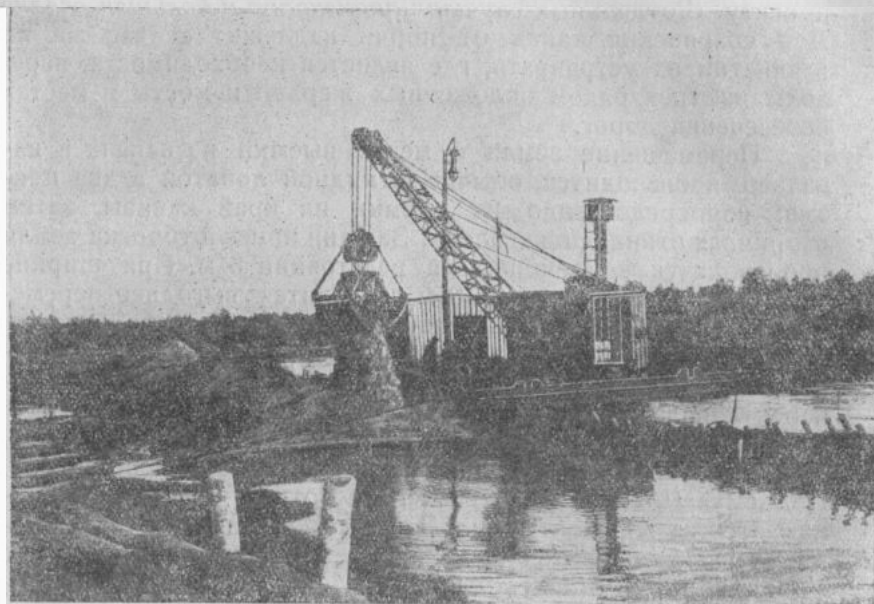


Рис. 84. Грейферная (щипцовая) землечерпательная машина.

4) рабочего снаряда, по типу коего обычно проводится классификация машин.

В мелиоративной практике СССР, по линии регулирования рек для осушения земель сельскохозяйственного назначения, применяются:

1. Машины на пловучем понтоне с храпом или щипцом на тросах и выносной стреле, тип „грейферной“ машины (рис. 84).

2. Машины на пловучем понтоне с рабочим аппаратом ковшом или лопатой на рукояти и выносной стреле — тип правой лапчатки американской фирмы „Марион“ (рис. 85).

3. Сухопутные машины на гусеничном ходу с ковшевым рабочим снарядом — скрепером на тросах и выносной стреле, тип дрегляйн (Dragline), для работы преимущественно в су-

хих выемках или в мокрых, но при наличии твердого берега.

Кроме того имеются машины:

4. С многочерпаковым рабочим аппаратом в виде элеватора, широко применяемые при дноуглубительных работах на судоходных реках.

5. Землесосы, работающие всасыванием песчаного или илистого грунта вместе с водой в трубы и перегонкой жидкой массы на берег.

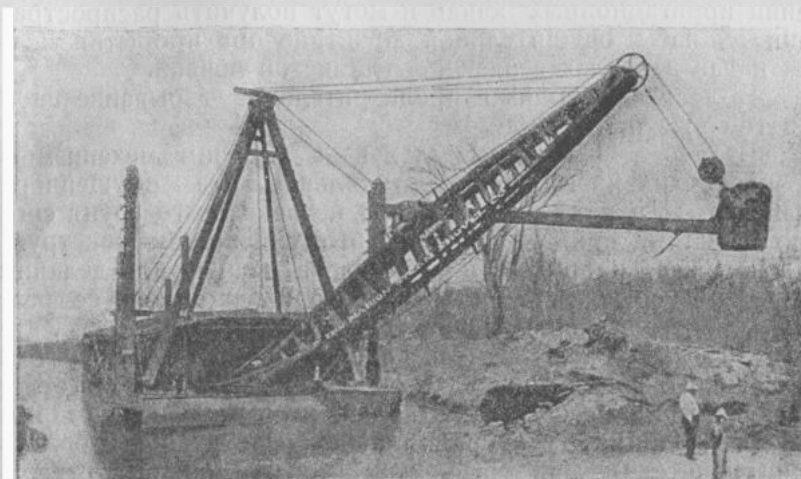


Рис. 85. Одноковшевая землечерпательная машина (паровая лопата).

Объемы черпательных снарядов применяющихся в СССР в мелиоративной практике машин от 0,5 до 0,8 куб. м, мощность паровой машины около 40 л. с., число черпаний в час при бесперебойной работе 60—100.

Производительность за час бесперебойной работы 40—50 куб. м. Коэффициент полезной работы составляет фактически 0,40—0,75 от бесперебойной работы.

Канавокопатели. Механизация прорытия осушительных канав в лесу, при наличии корней, еще никакого применения не получила, так как даже в полевых условиях и на чистых торфяных беспнистых болотах все канавы роются у нас до сих пор вручную; описываемые в книгах канавокопатели зарубежных фирм, обычно распространенные у себя на родине для ирригационных работ в безлесных районах, применяются и у нас лишь на ирригационных работах в средней Азии.

Группа таких канавокопателей работает как двухлопастной плуг, пропахивая глубокую борозду треугольного

сечения; впереди укреплен дисковый резец или нож для перерезывания корней кустарников и трав; к такому типу относится американский канавокопатель „Мартин“, весом 160—210 кг, движимый трактором, делающий канаву глубиной до 1,20 м, и так называемый „Суданский“ канавокопатель“, делающий канаву глубиной до 0,70 м, движимый трактором в 50 л. с.

Плуги—канавокопатели имеют применение при проведении ирригационных канав и могут получить распространение у нас в осушительной практике при прорытии мелких канав на полях с влажной глинистой почвой.

В лесу необходимо предварительное взрывание пней и затем уже проход плугом.

Второй тип канавокопателей—с рабочим механизмом в виде наклонного или вертикально вниз опущенного вращающегося винтового фрезера, извлекающего грунт своими лопастями при вращении. По этому принципу сконструирована у нас Типермасом и изготовлена машина для делания каналов в торфяном грунте; вращающийся фрезер ее разрушает и встречающиеся пни.

Торфяная масса, измельченная зубьями вращающегося спирального фрезера, попадает во внутреннюю полость между самой фрезой и кожухом ее, откуда винтовыми поверхностями спирали поднимается вверх, и на уровне поверхности болота выкидывается из фрезера по обе стороны канавы; отвалы машины отгребают выброшенную массу в сторону от края канавы. Средние размеры канавы получаются следующие: глубина 1 м, ширина по дну 0,3 м ширина по верху 1 м. Пни, диаметром до 150 мм, разрушаются фрезером без задержки; пень наибольшего диаметра в 550 мм при испытании в 1931 г. также был разрезан фрезером. Часовая чистая производительность оказалась в 45,5 куб. м выемки, часовая валовая производительность—28,2 куб. м. Фрезер соединен шарнирно с платформой на гусеничном ходу; на платформе установлено два двигателя внутреннего сгорания; один в 130 л. с. приводит во вращение фрезер, другой, меньшей силы, приводит в движение гусеницы. Расход бензина 0,6 кг на один куб. м выемки. Обслуживается снаряд двумя лицами.

Для ремонта и улучшения качества распределения в Германии канавоочиститель Геймана-Ритчера с рабочим аппаратом в виде наклонного винта, срезающего неровности откоса.

Третий тип канавокопателей—многоковшевые экскаваторы с черпаками на движущейся цепи, работающие по принципу речных экскаваторов; сюда относится машина Рута с черпа-

ковую цепью, движущейся поперек сечения канавы. Механизм установлен на гусеничных ходах; главный ход, идущий сбоку прорываемой канавы, выдерживает на себе двигатель внутреннего сгорания, второй ход на телескопически выдвинутой оси идет по другой стороне канавы, уравновешивая машину.

В США экскаватор Рута служит для прокопки и ремонта ирригационных каналов.

§ 54. РЕМОНТ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Причины порчи канав. При производстве изысканий с целью осушения земель постоянно замечаются старые заплывшие канавы, часто в виде только небольших прямолинейных углублений, проведенные много лет тому назад.

Канавы эти, в свое время хорошо исполнявшие свое назначение, постепенно, вследствие отсутствия надзора, отсутствия периодических ремонтов, заилились, быстро заросли водолюбивыми растениями, и местность около них в конце концов вновь заболачивается. В тех местах, где это явление происходило на лесных площадях, можно легко по приросту, в особенности у сосны и ели, проследить сначала влияние осушки, при которой замечается резкое увеличение прироста, а затем влияние постепенного заболачивания, которое обнаруживается постепенным уменьшением прироста.

Можно утверждать, что напрасными являются затраты на производство работ по осушению земель, если исполненные работы не будут постоянно поддерживаться в надлежащем виде; в большинстве случаев работы эти без дальнейших мероприятий по их постоянному ремонту являются предприятием коммерчески невыгодным.

В поперечном профиле всякого вновь устроенного на торфяном болоте осушительного канала тотчас же начинают изменяться первоначально приданные ему размеры и формы под влиянием причин как природных, так и искусственных, при чем—природные причины могут быть разделены еще на внутренние, обусловленные сущностью происходящих в болоте после его осушения физических процессов, и внешние, вызываемые воздействием внешних природных факторов.

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 бывает обычно пересыщено

водой настолько, что торф может рассматриваться в нем, как тело, погруженное в воду и теряющее в своем весе столько, сколько весит объем вытесняемой им воды. Неразложившийся мох легче воды, и потому на многих болотах верхний слой торфа и моховой покров оказываются во время избытка влаги плавающими, отчего получается зыбучее болото с волнующимся под тяжестью человека покровом. Торф болот травяных более богат минеральными соединениями, имеет более плотное строение и потому 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 остается богатым водою, но уже не является плавающим телом и потому обнаруживает давление на нижние слои торфа не только всем своим весом, но и весом той 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 изложенного 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. Поэтому наблюдается иногда, что на чистом дне вырытого по болоту канала появляется через некоторое время 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 и новых корчей.

Принимая в соображение данное выше объяснение причины осадки болота, становится ясным, что величина ее есть производная многих факторов, из коих главнейшие:

- 1) глубина канав, обуславливающая высоту торфяного слоя, оказывающего давление на нижние слои;
- 2) глубина торфяного слоя на болоте, так как таковой садится и в части лежащей ниже дна канав;
- 3) свойства торфа, именно: вес сухого вещества в единице объема мокрой залежи торфа и величина влагоемкости его. Поэтому нормы осадки болот, выраженные в % только от глубины канав или от глубины торфяного слоя, заведомо не могут быть правильными.

Вышеописанный процесс осадки болота должен вызвать:

- 1) уменьшение глубины канавы вследствие уплотнения торфяного слоя между поверхностью болота и дном канавы;

- 2) опускание дна канавы;
- 3) искажение дна канавы, выражающееся обычно в стремлении принять выпуклую форму (рис. 86); это явление выпирания дна складывается из двух явлений:

а) отставания; вся прилегающая к канаве толща торфяного болота под влиянием веса осушенного слоя опускается, самое же дно канавы, на которое тяжесть этого слоя не оказывает влияния, может опускаться только вследствие связности торфяной массы дна с массой всего болота; если связность велика, а дно достаточно широко, то оно принимает выпуклую форму; если же связность торфа мала, то на дне скопляется жидкая масса торфа, оторвавшаяся от своего первоначального горизонта, который опустился на некоторую глубину;

б) выпучивания водой; появление струи воды, выпирающей дно, объясняется также процессом осадки болота.

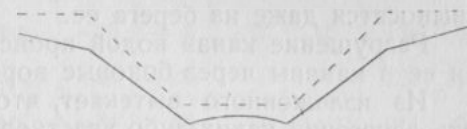


Рис. 86.

Из слоя торфа, лежащего выше дна канавы, вода преимущественно стекает в канаву; из слоев же, лежащих ниже дна канавы, вода под влиянием уплотнения торфа выдавливается в канаву через площадь дна ее и напором поднимает дно в связанном торфе.

Изложенные причины деформации профиля канавы действуют понятно в большей степени в первые 1—3 года после осушения болота, за которое время канавы на торфяном болоте, даже не подвергаясь повреждениям внешних факторов, теряют иногда до половины своей глубины и заполняются со дна илом; в связи с этим откос канавы становится значительно положе первоначально сделанного.

Торфяные откосы канав претерпевают повреждения, не говоря об обвалах их в случае несоответствия отлогости их со связанностью грунта, от действия мороза и воды. Поверхность откоса новой канавы, особенно в нижней части, где поступают в канаву грунтовые воды, портится при первом же морозе, так как 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 задержания откоса прекращается и его шелушение.

Движущаяся по канавам вода производит в них механическую работу, выражающуюся в отрывании и увлечении

частиц земли со дна и откосов. Особенно скоро поддается разрушению водой песчаный грунт; песчаные откосы канав подмываются 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 вниз, или при малой скорости течения остается на месте, вызывая застой воды в верхней части канавы. Ущерб от размывания причиняется не только на месте размыва дна и обвала откосов, но и ниже этих мест, выражаясь в отложении наносов в тех местах, где скорость воды оказывается недостаточной для влечения частиц земли, смытых с вышележащих участков канав. Иногда эти наносы заполняют канаву совершенно и выносятся даже на берега ее.

Разрушение канав водой происходит также при вливании ее в канавы через боковые воронки.

Из изложенного вытекает, что для того, чтобы избежать занесение каких-либо участков канавы землей, следует проектировать их с таким расчетом, чтобы скорость воды в них была или на всем протяжении одинакова, или увеличивалась по мере приближения к устью.

Не менее велик ущерб, приносимый канавам и слишком малой скоростью движения воды в них; такие канавы быстро зарастают водяными растениями, которые делают течение еще более медленным, и такая 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 осаждаются ила и тем дольше следовательно не требуется ремонта. Наиболее долговечным сечением осушительных канав являются узкое дно и пологий откос.

Искусственные причины засорения осушительных канав не требуют подробного рассмотрения, так как общеизвестны; 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 заградений из хворостяных плетней для ловли рыбы в канавах, заваливание канав бревнами и обрубками при мочке льна, разрушение откосов при переездах, при водопое и перегоне скота, при сплаве леса и т. п.

Действительные изменения размеров канав. В 1923—1925 гг. были произведены на значительном протяжении попикетные промеры осушительных канав, прорытых в доверенное время в нескольких лесных дачах; точные первоначаль-

ные размеры на каждом пикете и годы прорытия канав были известны по сохранившимся актам.

Результаты измерений сведены в следующую таблицу:

Место работ	Род грунта	Изменение в процентах			За сколько лет	Промерено	
		глубины	ширины по верху	площ. сечения		пикетов	саженей
Белоруссия							
Глинкинская лесная дача	Мох. торф.	-31	-9	-31	9	69	3286
Пышачская лесная дача	Мох. торф.	-28	-6	-27	11	135	6247
Долина р. Мокрянки	Перех. торф.	-26	+19	—	11	228	10290
Домбровская лесная дача	Луг. торф.	-34	+33	-23	14 и 15	211	9599
Пышачская лесная дача	Минер. гр.	-18	-1	-12	11	166	7522
						809	36944

Каждое отдельное измерение производилось грубо, так как берега и дно старых каналов ясных очертаний не имеют, но массовое измерение, именно в 809 точках, должно дать сглаженный результат.

Всматриваясь в эту таблицу—результат многих поездок и хождений, можно высказать следующие заключения о порче осушительных каналов с течением времени:

1) Глубина новых осушительных каналов в моховом торфянике за 10 лет, после прорытия их, уменьшилась на 29%, в луговом торфянике за 11—15 лет уменьшилась на 30%, в минеральном грунте уменьшилась за 11 лет на 18% от первоначальной. 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 пастбы скота, на минеральном грунте уменьшилась на 1%.

3) Площадь поперечного сечения каналов или объем их уменьшились 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, после прорытия их, уменьшается в боль-

шем проценте от первоначальной, чем показывают вышеприведенные числа. Предположительно и грубо в среднем можно принять, что через 10 лет, после прорытия осушительной канавы по торфяному болоту, моховому или травяному, полезная глубина ее уменьшится на 50%.

Аналогичные промеры канав были произведены в Карело-Мурманском крае через 1 и 2 года после прорытия их в пушице-сфагновом торфе; уменьшение первоначальной глубины канав выразилось следующими процентами:¹

Средняя проектная глубина канав в м	Изменение глубины в процентах от первоначальной	Число измеренных сечений
0,66	-11,8	56
0,87	-16,6	79
1,01	-17,4	246
1,20	-18,7	265

Таблица показывает, что с увеличением первоначальной глубины канав усадка их увеличивается не только по абсолютной величине, но и процентно.

Отсюда ясно, что открытые канавы требуют частого ремонта. Различают беглый и капитальный ремонт.

Капитальный ремонт имеет целью устранение результатов действия природных факторов: осадки торфяного болота, движения воды в канал и по каналу, морозы и пр., т. е. придание поперечному сечению каналов первоначальных размеров, уменьшившихся под влиянием указанных природных факторов. Поэтому капитальный ремонт должен состоять в сплошном углублении обмелевшего вследствие осадка торфа и наносов сверху канала или в укреплении размытых мест его.

Такой ремонт по причинам своим необходим первый раз через 5—8 лет после проведения нового канала, когда закончится и осадка болота. Следующий капитальный ремонт может быть произведен уже не ранее 15 лет после первого.

Беглый ремонт имеет целью устранение повреждений каналов от порчи при сплаве леса, ловле рыбы, переездов, перегонов, переходов и пр. и состоит преимущественно в удалении из канала посторонних предметов и местных обвалов. Такой ремонт, как указала практика, целесообразно производить через каждые четыре года.

Изложенное указывает, что ни капитальный, ни частый беглый ремонт заменить друг друга не могут и их необхо-

¹ Материалы Х. А. Писарькова.

димо производить на всех каналах примерно в следующем порядке:

через 4 года	после прорытия	беглый ремонт
8 лет	"	капитальный ремонт
12 "	"	беглый "
16 "	"	" "
20 "	"	" "
24 "	"	капитальный "
28 "	"	беглый "

и т. д., повторяя беглый ремонт через 4 года и капитальный через 16 лет.

Для поддержания в должном порядке осушительной сети необходимо также постоянно следить за состоянием водоприемника и принимать меры по очистке речек от наносов, засорений, а также не допускать устройства каких-либо заграждений, запруд и т. п., могущих вызвать подпор в осушительных канавах, а также и заболачивание прилегающей местности.

При производстве ремонтных работ необходимо, насколько возможно, освободить канавы от воды; для этого устраивается предварительно на канаве с проточной водой запруда (перемычка) на таком расстоянии выше от начала работы, чтобы за то время, когда работа будет доведена до запруды, она как раз наполнилась водой. Практически это рассчитать возможно только приблизительно и сводится к тому, что запруда устраивается метров на 500 выше начала работы; затем эта запруда при доведении до нее работы или при переполнении водой разбирается, выше ее устраивается следующая и т. д. В некоторых случаях бывает возможен отвод воды из канавы на сторону, в соседнюю канаву, старое русло и т. п. Перемычки устраиваются земляные, досчатые и брезентовые, и вообще работа ведется теми же приемами, что и прочистка и углубление рек.

При беглом ремонте находят значительное применение железные грабли с длинными зубьями для вырывания растений с корнями со дна канав и для извлечения хвороста, сена, камней и т. п. предметов.

Для вычерпывания ила и других наносов применяют совки и черпак.

При беглом ручном ремонте задернелые откосы канав вовсе не следует трогать. Не следует трогать задернелых откосов и при капитальном ремонте, ограничиваясь по возможности лишь углублением дна.

При капитальном ремонте значительных каналов должны получить распространение малого типа землечерпалки,

так как корни деревьев здесь обычно уже бывают извлечены при рытье канавы, приток воды для движения машин обеспечен, откосы канала могут оставаться без ремонта.

Относительно вырубки разрастающихся по откосам, бермам и кавальерам канав кустарников возможны противоположные суждения. Заращение краев канавы кустарником и затенение им откосов и дна уменьшают рост травы на откосах и дне, лучше предохраняют дно канав от промерзания, затрудняют доступ пасущемуся скоту,—все это содействует лучшей работе канав.

Но, с другой стороны, кустарник, скопляя в себе снег и затрудняя его таяние, уменьшает пропускную способность канав в весеннее время, когда на поверхности болота снег уже растаял, а канавы и особенно воронки заполнены снегом. Кроме того быстро растущий на бермах канав жердник ломается наносами снега и засоряет канаву.

При необходимости уширения по дну и поверху старых канав с установившимися и задернелыми откосами и с берегами, заросшими лесом, следует выяснить, не лучше ли будет 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 будет избегнута перекидка одного из старых кавальеров по берегу канала; при этом, помимо экономии в работе, не будет нарушена в минеральном грунте и устойчивость одного из откосов.

§ 55. ВСТУПЛЕНИЕ

Лесовод имеет большое преимущество перед агрономом при изучении влияния какого-либо фактора на рост леса; дерево на годичных отложениях своей древесины отражает изменения условий роста за все годы своей жизни.

На столетней сосне возможно определить прирост ее за каждый из прошедших годов ее жизни. Сельскохозяйственные же культуры могут быть учтены лишь за год исследования их; все предыдущие годы, если учета урожая не производилось своевременно, являются для исследователя потерянными.

Долго приходится лесоводу ожидать результатов закладываемых опытов—десятки лет. Поэтому чаще приходится заглядывать в прошлое, чем рассчитывать дожидаться результатов настоящего.

Так в частности и по 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 момента исследования; исследуются древостои, осушенные другими лицами.

Идя таким путем, в настоящее время накоплен уже значительный материал по изучению влияния осушения на рост леса, который и приводится далее.

За время после революции систематические исследования по влиянию осушения на рост леса в СССР велись: 1. Северо-западной опытно-мелиоративной организацией, органом Государственного института сельскохозяйственной мелиорации, в 1924—1926 гг.

2. Белорусским Научно-исследовательским институтом сельского и лесного хозяйств и Наркомземом БССР в 1925—1930 гг.

3. Ленинградским Научно-исследовательским институтом лесного хозяйства в 1928—1933 гг.

Кроме того исследования производились рядом лиц в порядке их личной инициативы.

В дореволюционное время значительные исследования были произведены Западной экспедицией по осушению болот.

Методика исследования за пятидесятилетнюю историю ее у нас прошла три этапа. Сначала брались „пробные“ деревья, которые по впечатлению исследователя наилучше характеризовали влияние мелиорации на рост леса на данной площади; это не были модельные деревья с пробных площадей, а были индивидуально выбираемые пробные деревья. Этот простейший метод дает возможность определять расстояние, на которое распространяется действие канавы и влияние осушения на рост отдельных деревьев.

Вторым этапом является определение влияния канав на рост леса на выбранных полосах; производится выбор пробных полос, деление их на площадки, пережет и обмер всех деревьев на каждой из площадок, взятие модельных деревьев, анализ их и вычисление хода роста леса на площадках в разных расстояниях от канав. Этот метод можно назвать ленточным методом определения влияния мелиорации.

Третьим этапом должен являться площадный способ выявления действия осушения на рост леса; его отличие состоит в том, что исследование захватывает не выбранные иногда субъективно полосы—ленты, а по возможности сплошную территорию действия осушения. Этот метод значительно исключающий субъективность исследования, требует большого числа пробных площадок и очень большого числа модельных деревьев, придавая камеральной обработке материала характер статистической работы; при этом методе влияние осушения на какую-либо отдельную площадку является только одним из многих слагаемых, из суммы которых выводится затем средняя величина для однородных условий. Массовый материал, полученный со всей площади сплошного исследования, должен дать возможность проведения на плане изолиний, соединяющих пункты одинакового численного значения влияния канав на абсолютные и процентные приросты по диаметру, высоте или объему дерева.

Такой метод, площадный, впервые применен ЦНИИЛХ-ом в 1933 г. в двух кварталах Сиверского ЛПХ-за, в 70 км южнее Ленинграда, при чем материал исследования обработан еще лишь частично.

При установлении влияния осушения на рост леса необходимо рассмотреть:

1) расстояние, на которое распространяется действие канав на рост леса, в различных условиях грунта;

2) количественное действие осушения на рост леса, выражаемое объемом древесины, которая дополнительно нарастает как результат осушения в различных расстояниях от канав и на различных грунтах;

3) время наступления и затухания действия осушения.

Перечисленные три элемента, характеризующие действие осушения, зависят в своем количественном выражении от рода грунта, на котором растет лес, от возраста леса, в момент осушения и конечно от глубины канав.

§ 56. РАССТОЯНИЯ ДЕЙСТВИЯ КАНАВ НА РОСТ ЛЕСА

Следует отметить, что определение расстояния влияния канав нельзя производить только по запасу древесины в разных расстояниях, а необходим анализ стволов. Канавы прорываются обычно

по местам бывшего наилучшего роста леса; дальше от канав запас древесины в момент осушения бывает большим. Под влиянием произведенного осушения прирост увеличивается в большей мере

возле канавы, затухая с удалением от нее; вследствие этого через некоторое время древесиной выравнивается и может иметь одинаковые запасы как близ канав, так и вдали, где он лучше рос до осушения (рис. 87). Таким образом определение лишь одного запаса никак не может указывать на расстояние действия канав; необходим анализ ствола, который действительно вскрыет расстояние, на котором произошло увеличение прироста по диаметру, высоте и объему после прорытия канав. Простая констатация запасов древесины, определенной на пробных площадках в разных расстояниях от канав может иметь значение лишь при совершенно однородных рельефных и грунтовых условиях произрастания леса.

Так как все исследования влияния осушения на рост леса задавались главной целью определения именно расстояния действия канав, а затем уже величин действия, то материал по расстоянию действия достаточно велик и конечно, вследствие разности условий, чрезвычайно разно-

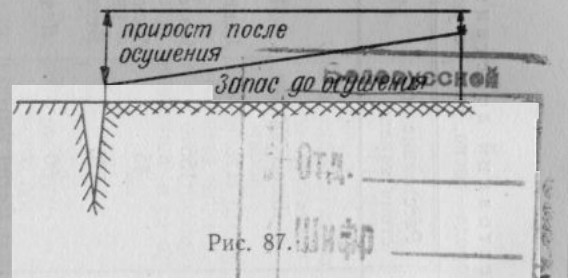


Рис. 87. Шифр

Таблица наблюденных расстояний действия осушений на рост леса
(Примечание: порода—сосна, если не указано другой).

Почва—грунт	Толща торфа м	Подстилающий грунт	Расстояние действия канавы м	Место наблюдения	Где опубликовано и кем наблюдено
Торф сфагнов.	1—2	Песок	Далее 350	Лифляндская губ. Олайский лес	Лесн. ж. 1878 Оствальд.
„ сфагн. слабо разложивш.	1,85	Суглинок	118	Ленингр. Обл. Шумское лесн.	Изв. Ин-та с.-х. мелиорации. 1898. Белобородов
„ сфагн. средне разложивш.	1,5	Песок	155	Возле Пскова, Подборовская дача.	Изв. Ин-та с.-х. мелиорации. 1898. Ефремов
„ сфагновый	1—1,4	[Суглинок	45	Московск. обл., Давидовское леснич.	Вестник торф. дела. 1916. Бибиков
„ сфагновый	1—2	Песок	120	Белоруссия, Туровский массив	Изд. НКЗ Белоруссии. 1925. Лейвиков
„ сфагновый	0,7—1,1	Суглинок	50	Ленингр. обл., Лисино	Изд. Ин-та с.-х. мелиорации. 1928. Фомичев
„ сфагновый	0,78	Супесь и глина	Сосна 240 Береза 300	Ленингр. район, Парголово. ЛПХ.	Вып. Лесотехн. академии. 1931. Воропанов
„ сфагновый	3	Глина	40	Ленингр. Обл. Лисино, Кузнец. бол.	Рукопись. Дубах
„ сфагновый	1,25—1,51	Песок	250	Белоруссия, Цельская дача	Иглысты леса на асушаным балоце. 1931. Эркин
„ сфагновый	0,77—1,24	Песок	190	Там же	То же
„ сфагновый	0,72—1,23	Песок	100	Там же	То же
„ сфагновый	1,31—2,47	Песок	31	Белоруссия, Петровицкая дача, Бобруйск. окр.	То же
„ сфагновый	0,58—1,59	Песок	70	Белоруссия, Горецкая дача	То же
„ сфагновый	0,33—0,49	Песок	122	Белоруссия Демеховское леснич.	То же
„ сфагновый	0,19—0,59	Глина	От 0 до 145 комплекс. иссл.	Ленингр. обл., Сиверский ЛПХ	Рукопись. Дубах и Елпатьевский
„ илистый	0,15—0,45	Песок	далее 300	Лифл. губ. Олайск. лес	Лесн. ж. 1878. Оствальд
„ переходный	1—3	Разные; комплекс исследов.	Одинаковое действие на 65 м, далее снижается 100—300	б. Московск., Рязанск., Владим. губ.	Лесн. ж. 1890. Мудра
„ переходный и сфагновый	1—3	Разные; комплексы наблюдений	530	б. Минская губ.	Лесн. ж. 1915. Шабак
„ переходный и сфагновый	Разные	Разные; комплексы исслед.	225	б. Центральные губернии	Очерк работ Западн. экспедиции. 1899
„ переходный	0,2—0,6	Песок	365	БССР, Цельская дача	Иглысты леса на асушаным балоце. 1931. Эркин
„ переходный	0,9—2,8	Песок	535	Там же	То же
„ переходный	2,38—4,15	Песок оглеен.	39	БССР, Петровицкая дача, Бобруйский окр.	То же
„ переходный	2,35—5,0	Песок оглеен.	130 сосн. и берез.	Там же	То же
„ переходный	4,3	Песок	321 и более берез. с прим. сосны	Там же	Уплы асушеньня на рост листового лесу на балоце. 1931. Санько
„ переходный	1,3	Песок	450 береза и ольха	БССР, Озеранская дача	То же
„ низинный	2,5	Песок	200 береза и ольха	БССР, Демеховская дача	То же
„ низинный	2,0	Песок	400 ольха	БССР, Лапичская дача	То же
„ низинный Торф	1,0	Песок	300—380	Там же	То же
Торф травяной	0,2—0,4	Глина	102	б. Владим. губ., Селищенская дача	Лесн. специалист. 1930 Голубович
Суглинок	—	—	До 85 м с низовой стороны и до 32 м с верх. стороны.	Ленингр. обл., Старорусс. район, Парфинский ЛПХ	Рукопись. Любимов
Супесь	—	—	До 107 м с низовой стороны	Ленинград, Охт. ЛПХ	Изв. Лен. Лесн. ин-та. 1910. Товстолес
Торф	0,7—5,0	Разный	Сосна канадская предел. 0—300 м; средн.: с верх. стор. 80 м., с низов. стор. 135 м где подпочва—песок, там дальше.	Там же	То же
				Штат Миннезота США	The Reaction of Swamp Forests to Drainage. 1929 Averell.

роден; при этом в ряде случаев исследуемая перпендикулярная к канаве ленточная полоса выходит на суходол ранее, чем прекратилось действие канавы.

Фактический материал наблюдений, обычно обобщенный по каждой серии наблюдений самими исследователями или обобщенный автором при составлении настоящей главы, представляется в таблице на стр. 238—239.

Обобщенные к данному времени выводы из материалов исследований даны в главе VII о расстояниях между осушительными канавами, при чем не следует упускать из вида, что принимаемое расстояние между канавами равно двойному расстоянию действия канав.

Приведенные в таблице материалы относятся в большинстве к сосновым древостоям, росшим на торфяных болотах, и лишь по Охтенской даче и Сиверскому ЛПХ-зу имеется материал по росту сосны на минеральном грунте;

С удалением 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.

Пример правильного падения запаса с удалением от канавы дают пробные площадки, исследованные в 1925 г.

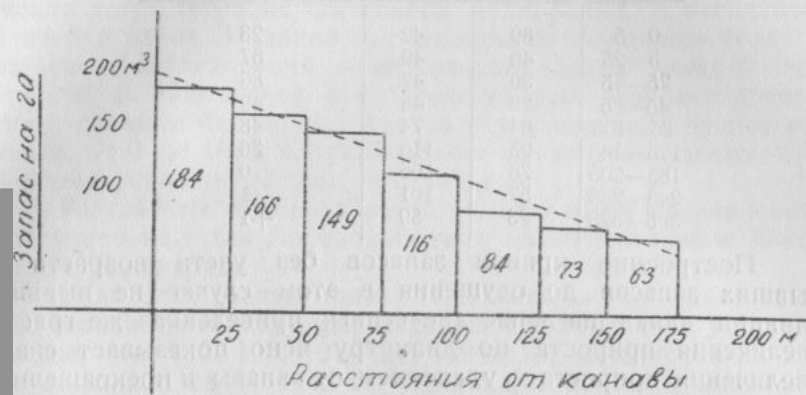


Рис. 88.

Массовое исследование 1933 г. в 18 квартале Сиверского ЛПХ-за дает следующие средние величины запаса древесины в разных расстояниях от канав, при осушении в 1912—14 гг.

Расст. от канавы м	Запас в 1933 г. на га куб. м	Средн. возраст	Увеличение прироста в диам. за 10 лет после осушения по сравн. с 10-летнем до осушения в %
0—5	89	42	28
5—25	40	49	87
25—45	30	47	86
45—65	29	45	49
85—105	64	74	48
125—145	93	116	36
185—205	76	106	0
245—265	57	101	-1
305—325	23	59	+1

Построение кривой запасов без учета возраста и бывших запасов до осушения в этом случае не выявит влияния канав на запас древесины; приведенная же графа увеличения прироста по диаметру ясно показывает спад увеличения прироста с удалением от канавы и прекращение влияния в расстоянии около 150 м.

Не приводя далее многочисленного цифрового материала, ограничиваемся здесь лишь основными выводами некоторых исследователей.

В хронологическом порядке первые обстоятельные заключения по влиянию осушения на рост леса сделал в 1896 г. лесовод Жудра, на основании произведенных им обследований в б. Московской, б. Рязанской и б. Владимирской губ. Заключения сводятся к следующему:

1. Прирост сосны в толщину на расстоянии 2—60 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 слабо разложившихся моховиках канализация вызывает, по мнению Жудры, засыхание росшего леса и на таких площадях рациональнее, вырубив существующие деревья, произвести выжигание мохового неразложившегося охеса, так как без этого не может произойти облесения.

4. Осушение должно быть постепенным, 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 торф более разложился.

В приведенных положениях выражен еще в 1896 г. ряд основных положений, подтверждавшихся и всеми последующими исследованиями с детализацией их.

Следующим в хронологическом порядке является освещение результатов осушительной мелиорации, приведенное в очерке работ Западной экспедиции по осушению болот¹ на основе исследований в нескольких лесных дачах б. Рязанской, б. Московской и б. Тверской губ. Прирост древесины, сосны и березы, на весьма различных расстояниях от канав, от 0 до 1000 м, увеличивался после канализации, отбрасывая крайние случаи, в 1,7—5 раз.

Результаты осушения резко осветил затем Кравчинский описанием их² для Лисинской дачи, расположенной в 70 км южнее Ленинграда.

„Наиболее резким примером должна служить местность под названием Сулландро, находящаяся вблизи от усадьбы Лисино (кв. 115, 120, 121, 128, 129 и 139 Лисинской дачи). По описанию 1841—1842 гг. Сулландро 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 уплотнен и осел; на значительной площади оказался густой еловый подрост. Осматривая эти участки, трудно поверить, что лес растет в торфяном слое, доходящем местами до 1½ арш. толщины (палка легко уходит в почву на эту глубину)“.

По последним сведениям лес на бывшем болоте „Сулландро“ перешел в первый бонитет.

Про осушенное в 1881 г. моховое болото в 13 квартале Ижорско-Тосненской дачи Лисинского лесничества Кравчинский пишет: „на втором болоте может быть прослежено с большой наглядностью влияние осушки на прирост молодых уже сосен (80—90 л.), выросших на нем до осушки. На этом болоте одна из осушительных канав заложена еще

¹ Жилинский. Очерк работ Западной экспедиции по осушению болот. 1899 г.

² Из области практического лесоводства. 1916. (Сборник статей Кравчинского).

в 1881 г. На расстоянии 5, 12, 18, 42, 45 и 75 м от этой канавы были взяты пять модельных сосен, выросших на болоте до осушки. Рядом с болотом взят образец сосны нормального роста. Прирост сосен повысился и притом весьма резко через 5—10 лет после осушки. Явление замечательное и объясняется оно изменением физических свойств и химического состава почвы, наступающим спустя лишь некоторое время после удаления излишней влажности. Поверхность всего бывшего болота в настоящее время покрыта сосновым молодняком хорошего роста. Что же касается корявых, низкорослых сосен, то их, несмотря на разительное увеличение прироста, заметное по охвоению и величине побегов последних лет, следовало бы удалить, так как они только мешают росту свежего соснового молодняка¹.

Совершенно иной результат получился, по мнению Кравчинского, при осушке глубоких моховых болот в том же Лисинском лесничестве: два болотных массива, Рамболовское и Кузнецовское, сохранили на большей своей части прежний вид бесплодного пространства, покрытого белыми мхами, низкорослой сосной и багульником. Только возле магистральных канав разрослись уже крупные березы и сосны.

Для той же Ижорско-Тосненской дачи в 13 квартале, но уже по исследованиям 1924 г., А. Фомичев¹ дает вывод, что при расстоянии между канавами в 100 м условия роста повышаются на один класс бонитета, а при расстоянии в 60 м—на два бонитета; вывод этот дает преуменьшенное, по сравнению с другими авторами, влияние осушения.

Фомичевым отмечены затем следующие явления:

1) с уменьшением влажности почвы, по мере приближения к канавам, увеличивается количество ели, вытесняющей сосну; причина этому, по объяснению исследователя,—наличие на глубине 30—50 см под слоем торфа тяжелого суглинка;

2) влияние осушения выявилось на некоторых пробах сразу же после осушения, а на некоторых—спустя 8—10 лет.

Деревья, растущие на осушенных участках, образовали верхушечные побеги поверх старой кроны, закруглившейся до осушки. „Со временем, при более сильном росте дерева вверх, первоначальная его крона отмирает и только группа мертвых сучьев и искривление в верхней части ствола указывает место нахождения прежней кроны“. К внешним признакам дерева, растущего на осушенном участке, относится частичное оголение корневой системы вследствие происходящего оседания почвы.

¹ Материалы по опытно-мелиоративному делу, 1928 г. Т. II.

Произведенными в 1925 г. исследованиями роста леса на осушенных площадях в Туровских лесах б. Мозырского округа Белоруссии М. Лейвигов констатировал, во-первых, чрезвычайную пестроту результатов осушения: местами очень большие результаты, местами почти никаких, несмотря на производившиеся ремонты канав, во-вторых, что существенно важно, опроверг существовавшее мнение многих специалистов о решающем влиянии на результаты осушения глубины торфа¹.

Исследованиями В. Белобородова в 1926 г. в Шумском лесничестве б. Ленинградской губ. установлены бонитеты условий роста, создавшиеся после осушения, и прослежено, как работа впервые произведенная, развитие соснового подроста под покровом материнского древостоя 60—80 лет. Оказалось, что на слабо разложившемся торфе, осушенном в 1894 г., количество соснового подроста было в полной зависимости от степени осушения:

Расстояние между канавами в м	100	150	200	300	400	500	
Среднее количество подроста сосны на га при средн. возрасте в 10 лет	13 000	9 000	7 000	4 700	3 700	3 000	I уч.
	19 500	13 500	10 500	7 500	—	—	II .

Кроме того и качество подроста, т. е. его высота и диаметр, снижались с удалением от канав. Предельное расстояние между канавами, при котором возобновление на моховом болоте идет удовлетворительно, исследователь принимает в 150 м; корневая система подроста осталась поверхностной, как и на неосушенной площади.

По отношению к бонитету древостоя В. Белобородов пришел к выводу, что бонитет лесной болотной почвы поднялся на два класса.

В 1925 г. А. Ефремов, произведя исследование роста сосны на осушенном в 1900 г. моховом болоте в 114 кв. Подборской дачи в 10—15 км от г. Пскова, пришел к выводу, что в данном случае, когда древостой до осушки в 1898 г. был малым по полноте (0,4) и довольно значительного возраста 55—65 лет в год осушения, гораздо целесообразнее было бы рассчитывать на создание нового поколения сосны, путем принятия мер по возобновлению, а не ожидать древесины от существовавшего древостоя, хотя

¹ М. Л. Лейвигов. Рост сосны на канализованном болоте. Сборник НКЗ Белоруссии. 1926.

производительность площади поднялась на 1—2 класса бонитета. В отчете приведен материал по лабораторным испытаниям древесины с осушенного болота на сжатие и на изгиб, показавший, что осушение дает древесину, не имеющую резких различий в коэффициентах сопротивлений по сравнению с древесиной неосушенных площадей с древостоями IV—V бонитетов.

Значительное уточнение в ряде вопросов было внесено Г. Эркиным в результате его исследований в 1927—1929 гг. роста сосны на осушенных болотах Цельской, Петровичской, Горецкой и Демеховской лесных дачах в Белоруссии и работы его на б. Гидро-лесомелиоративной станции близ ж.-д. станции Талька, южнее Минска. Общие результаты осушения выражены им следующими предварительными соображениями.¹

„Большинство участков имело общие и закономерные изменения в ходе роста насаждений пробных площадей. Общая сторона всех этих изменений, это—падение всех, за редким исключением, таксационных элементов насаждений по мере удаления от канавы, как-то: площадь сечения стволов, средний диаметр, средняя высота, запас, годичный прирост и, наконец, бонитет.

Распространение древесных пород имеет также отчетливо выраженную зависимость от степени удаления площади от канавы. Из исследованных трех древесных пород: сосны, березы и ели, первые две обычно росли на болотах до осушения, а ель появилась на болотах исключительно после осушения. В отношении числа стволов каждой древесной породы мы имеем следующие характерные для нее особенности.

Береза обычно сильно разрастается на первых от канавы площадках, каковому обстоятельству способствует близость канавы и, следовательно, лучшие водные и физико-химические свойства почвы, а также большее количество света. С удалением от канавы число стволов березы уменьшается, при чем, если это болото моховое, то береза обычно исчезает недалеко от канавы; если же это болото переходное, то береза произрастает и на далеких расстояниях от канавы, уменьшаясь лишь в отношении числа стволов.

Ель возникает главным образом на переходных болотах с питательным торфом. Ель весьма чувствительна к водному режиму почвы. С удалением от канавы и увеличением влажности почвы число стволов ели уменьшается и на известном расстоянии от канавы она исчезает.

¹ Эркин, Г. Иглысты лес на осушаным балоце. 1931.

Сосна, в противоположность березе и ели, показывает увеличение числа стволов по мере удаления от канавы. Такое явление объясняется, во-первых, интенсивным изреживанием стволов сосны, происходящим в результате более сильного роста в ближайших к канаве площадках. Во-вторых, в последних сосна встречает сильного конкурента по числу стволов в лице березы, способствующей усиленному отпаду стволов сосны. Наконец, в-третьих, с удалением от канавы, с увеличением влажности почвы и разрастанием сфагнового ковра, рост других древесных пород становится невозможным, и здесь может существовать лишь одна сосна, как известно, сравнительно легко переносящая присутствие сфагнового покрова“.

Из приводимой затем Г. Эркиным таблицы изменения продуктивности торфяных почв по отдельным площадкам видно, что, после осушения, на многих площадках бонитет повысился на 4 класса, что говорит за то, что осушение есть один из могучих факторов, способствующих повышению производительности лесов.

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 древостоев, принадлежащих к I классу 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 (рис. 89).

На моховых болотах ухудшение условий роста леса связано с мощностью верхнего сфагнового слоя торфа, отличающегося малым количеством питательных веществ и плохими физическими свойствами в сравнении с осоковым торфом переходных и низинных болот. Очень часто однако моховые болота Полесья 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 показали, что при глубине сфагнового слоя торфа в 1 м результаты осушения оказываются ничтожными.

Начиная с 50-ти лет возраст сосны заметно влияет на уменьшение действия осушения по высоте дерева и по диаметру; в насаждениях высших бонитетов увеличение возраста дает резкое снижение действия осушения по диаметру; в низших бонитетах пониженное влияние по диаметру наблюдается, начиная с возраста в 70 лет.

Специально по влиянию осушения на лиственные породы вел исследование в 1928—1929 гг. П. Санько в Липичской, Озеранской, Автютевичской и Петровичской дачах Белоруссии, приведшие к выводам:¹

1. Условия местопроизрастания на низинных болотах изменились под влиянием осушения с V на II—III и частично на I бонитеты.

2. Глубина торфа на низинном болоте в березовых древостоях имеет некоторое влияние на рост леса, именно: с повышением глубины торфа бонитет снижается.

3. Чем моложе возраст березового древостоя до осушения, тем большее увеличение массы его происходит после осушения, при чем однако береза реагирует в общем слабее, чем сосна.

4. Чем выше бонитет, тем позднее наступает максимум текущего прироста по диаметру и высоте после осушения.

5. Производившиеся в период империалистической войны затопление болот Полесья отозвалось отрицательно на сосне в большей степени, чем на березе, при чем на глубоком торфе отрицательное влияние затопления сказалось резче.

6. Специальные наблюдения по ольхам показали, что увеличение прироста по диаметру и по высоте после осушения на них мало заметно, но новые черно-ольховые древостои на осушенных болотах оказались лучше старых.

Цифровые материалы цитированных авторов, а также и ряда других авторов, приведены в их изданиях, перечисленных в списке литературы.

Пропуская ряд других исследований, подтверждающих уже полученные ранее выводы, остановимся еще на редком случае, когда обычная лесоустроительная партия при устройстве в 1928 г. Селищенской дачи б. Владимирской губернии, обратила значительное внимание на результат осушения 12 000 га, произведенного 35 лет тому назад. Автор отчета по этим исследованиям, Голубович,² указывает, что за 35 лет действия осушения первоначальный V бонитет пробных площадей перешел:

- а) во II— при возрасте леса в 1928 г. с 40—60 лет;
б) в III— " " " " 1928 " " 60—80 "

При этом действие канав на рост леса было еще достаточно велико на расстоянии 300—350 м от канавы. Глубина торфа на результат действия канав влияния не оказала.

¹ Санько, П. Уилу осушения на рост листового лесу на ба-лоце. 1931.

² Голубович. Лесомелиорация и лесозаконономика. Лесной специа-лист, 1930, № 2.

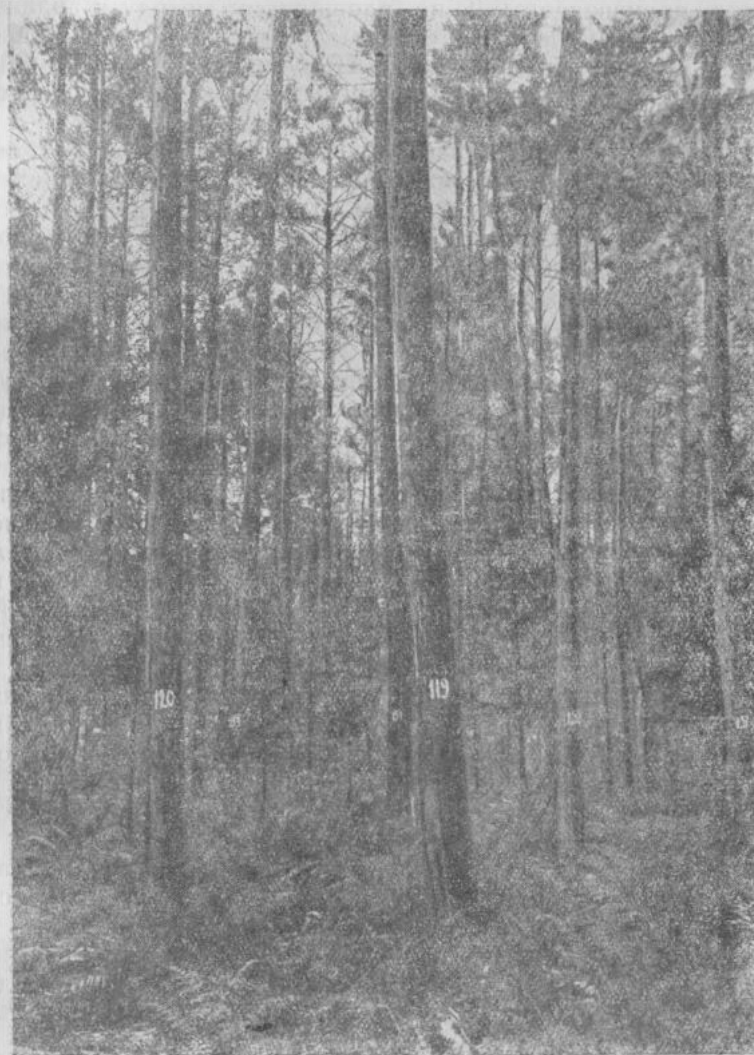


Рис. 89. До осени в 1887 году был лес V бонитета на торфе глубиною 3 метра. В 1892 году покрыто сосновым с примесью березы и ели лесом II бонитета. (Белоруссия, исследования Эркина).

Наконец приводим результаты исследований 1933 г. в Сиверском опытном ЛПХ-зе, в 60 км южнее Ленинграда, произведенных¹ по площадному методу с анализом 269 модельных деревьев сосны, взятых с 17,9 га пробных площадей, распределенных по 20-му кварталу.

Основные выводы по 20-му кварталу оказываются следующие:

1. Началом отчетливого влияния осушения на рост леса, как на торфяном, так и на минеральном грунте, определился первый и второй после осушения год, при чем деревья моложе 100 лет реагировали на второй год в 60% от своего количества, а деревья старше 100 лет—39%; не было ясной реакции в течение 20 лет у деревьев моложе 100 лет в 7% от их количества, а у деревьев старше 100 лет—в количестве 30%. В действительности же, если считать сохранение прироста по диаметру на одной величине также за результат мелиорации, что несомненно правильно, то процент деревьев, не реагировавших в 20-м квартале на осушение, снижается близко к нулю.

2. Абсолютно наибольшее объемное увеличение прироста, благодаря мелиорации, имели сосны возраста во время мелиорации 110—140 лет и древостои возраста 100—110 лет, при V бонитете условий роста их перед мелиорацией; при этом во втором десятилетии после мелиорации объемный прирост был почти в два раза большим, по сравнению с приростом первого десятилетия после мелиорации.

3. Величина добавочного, как результат мелиорации, прироста определилась за первые 10 лет после мелиорации в 7,10 куб. м древесины на га, а за 20 лет, после мелиорации,—19,43 куб. м, при чем необходимо подчеркнуть, что этот результат получился при полноте древостоя всего лишь равной 0,36.

4. Качественное влияние мелиорации на площадь, занятую лесом, выразилось в поднятии бонитета условий роста древостоя на два класса за первое десятилетие и на три класса за второе десятилетие, по сравнению с условиями до мелиорации, и ясно, что чем большей была бы полнота древостоя, тем пропорционально большим был бы и количественный результат мелиорации.

5. Для осушения следует выбирать древостои возраста 80—100 лет, на торфяном и минеральном грунте, находящихся в условиях роста V и IV бонитетов и имеющих наибольшую полноту. При соблюдении этих условий получается

¹ Бригада в составе А. Дубаха, М. Елпатьевского, Ф. Богачева, А. Хилковой.

в короткое время, начиная с 10 лет после осушения, такой объемный прирост, который покрывает с избытком произведенное на мелиорацию вложение труда, и кроме того это вложение труда подготавливает добавочно почву под лесовозобновление, предупреждает распространение низового пожара и облегчает транспорт леса.

6. Осушение площадей с нарастающим сфагновым покровом, особенно покрытых соснами возраста свыше 80-ти лет, корни которых находятся под слоем уже выросшего сфагнума, дает меньшие результаты, так как старые сосны в таких условиях слабо или вовсе не реагируют на осушение; при этом, несмотря на интенсивность осушения прорытием канав через 150—240 м, сфагнум продолжает расти в течение всех 20 лет со времени осушения, образуя сплошной слой оcesa, нарастающего вокруг деревьев.

7. Исследования показали разительную индивидуальность сосен, неясно чем обуславливаемую; одни сосны резко реагируют на осушение, другие, немногие, здесь же стоящие, остаются безучастными.

§ 58. МАТЕРИАЛЫ ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Очень слабо освещено действие осушения на рост леса в немецкой литературе. В Германии признано, что низменности идут под сельскохозяйственные культуры, а лес должен занимать преимущественно склоны гор и пески. В *Handbuch der Forstwirtschaft*¹ Н. Beck излагает следующие соображения: „Осушение следует по возможности ограничивать; вообще вредно производить осушение в весеннее время всякого мокрого места. Ошибка будет еще большей, если нет возможности провести воду в лес летом. Во многих случаях достаточна временная осушка для устранения избытка воды при заложении культур. Развившееся насаждение расходует всю влагу и не будет нуждаться в осушении. Не следует производить осушения на площади, покрытой старым лесом; осушка нарушит водный режим насаждения и вызовет уменьшение прироста и отмирание деревьев“.

Приведенные соображения, не подкрепленные никакими указаниями из наблюдений, идут в разрез с приведенными материалами наблюдений в СССР и приводимыми ниже наблюдениями в других странах. Особенно голословно утверждение об уменьшении прироста и отмирании старых деревьев; наоборот, имеется ряд наблюдений об отживчивости старых деревьев на осушение, а не о гибели их.

¹ Издание Weber'a. 1925. Стр. 226.

Очень далеко стоит от нашей действительности и Мауер,¹ который пишет: „Низменные болота должны обрабатываться под лес лишь в случае ненадобности лугов. На низменных болотах, после осушения, лучше всего растут осина, ольха, береза. Заселение высоких болот требует сначала осушения, затем, если глубина торфа свыше метра, выработки торфа. На освобожденную от торфа поверхность разбрасывают бывший верхний слой торфяника, отброшенный при выработке торфа, и высаживают сосну, ольху, березу. С посадкой лесных культур на выработанных низовых и верховых болотах ждут до покрытия болота легкой травяной растительностью“.

Во многих случаях нужно только временное осушение леса для устранения препятствий к лесовозобновлению. После происшедшего лесовозобновления, о дальнейшем дренаже лес заботится сам.

Отвлеченность рассуждений Майера особенно видна из нижеследующего (в вольном переводе).

„Если поверхность покрыта торфом, то производится осушение и выработка торфа; если здесь снова должно затем происходить торфообразование, то осушительная сеть уничтожается; если предусматривается образование леса, то сеть сохраняется“.

Немецкий автор солидного руководства полагает, что имеются случаи, когда надо уничтожить осушительную сеть для того, чтобы создать процесс торфообразования.

Отрицает осушение лесных земель и Берш в книге *Handbuch für Moorkultur*, говоря: ... „деревья имеют по большей части глубоко проникающие в почву корни, и если эти деревья вначале, в молодом возрасте и развиваются хорошо, все же позднее они гибнут, как только их корни проникли в слои с подпочвенной водой. Поэтому разведение леса возможно лишь на неглубоких, хорошо осушенных болотах, или по краям болот, отличающихся большей сухостью, с неглубоким слоем.“

Далее, невольно в разрез с вышеприведенным, Берш пишет: „На некоторых глубоких болотах, имеющих подчас 5—6 м глубины, встречаются иногда поразительно хорошие насаждения, как напр. в лесах княжества Шварценберг в окрестностях Витингау, в Богемии, где успешно развивается также болотная сосна (*Pinus uliginosus*), образуя сосновые насаждения. Но эти болота уже много десятилетий как превосходно осушены, чем и объясняется это исключительное явление“.

¹ Der Waldbau. 1925.

В той же книге далее говорится:

„Такой опытный лесничий, как Крамер, обстоятельно занявшись вопросом об улучшении условий разведения леса на болотах, говорит об этом следующее: осушение может сделать все, но оно должно быть конечно приспособлено к условиям роста древесных пород. Корни по мере прироста леса проникают в почву все глубже и глубже, обеспечивая тем самым снабжение растений водой и питательными веществами, а также придавая стволам большую устойчивость.“

В виду этого необходимо при использовании болота на достаточную глубину, под лесные культуры или сразу осушать болота соответственно потребности леса в течение одного оборота рубки и позднее поддерживать лишь канавы в исправности, или же углублять канавы постепенно и своевременно по мере роста леса.

Puchner¹ полагает, что под хвойными деревьями на торфе образуется моховой покров, который медленно, но верно должен привести насаждение к гибели, ибо оно не в состоянии в течение долгого времени переносить быстрого разрастания мохового слоя.

В 1928 г. составителем курса были осмотрены участки посаженного леса на территории Сельскохозяйственной опытной станции в Бернау в Баварии. Лес посажен около 20 лет тому 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. Растет ель и сосна без всякого ухода, подвергаясь лишь повреждениям. Местами создалась непроходимая чаща, местами видны искривления стволов; культурного леса поэтому не выращено и хорошо заложенный опыт пропал.

Шведские данные. В Швеции осушение лесных земель производится уже давно. В отчете 1873 г. об осушке в королевском имении Бьюрфорс говорится о бывших уже до того времени осушках. Часть произведенных в Швеции работ оказалась неудачной. Часть же работ дала прекрасные результаты.

Lundh² 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 Westmanland, в Швеции.

¹ Puchner. Der Torf. 1920. Русский перевод издан в 1929 г.

² В журнале Svenska Skogsvårds föreningens Tidskrift, 1925., № 6—7 и № 11—12. Stockholm.

В разных условиях осушения на разных почвах и в насаждении различного возраста Лундом был исследован ход роста на 12 площадках, величиною по 1000 кв. м каждая. Производился пересчет и перемер всех деревьев, бралось значительное число пробных стволов. Участки были покрыты сосновыми и березовыми древостоями. Почва—сверху небольшая 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 с описанием покрова, с указанием числа деревьев, запаса по десятилетиям, иногда по годам и с выводом производительности 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, производительность лесной площади поднялась в Бьюрфорском лесу с годового прироста в 3,4 куб. м до 6 куб. м в нормальном древостое, а при фактической полноте 0,7 фактический прирост увеличился с 2,4 куб. м до 4,2 куб. м на 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 Лундберг¹ в конце своей книги приходит к весьма решительным выводам:

а) При осушении леса на торфяном болоте травно-осокового происхождения получается бонитет лесной почвы на 1—2 степени высший, чем на соседних лучших минеральных почвах.

б) При осушении чистых площадей осоковых болот получается бонитет, соответствующий лучшим соседним минеральным почвам.

в) На сфагновом торфе получается, после осушения, бонитет на 1 ступень ниже прилегающих минеральных почв.

Весьма категорические заключения по влиянию осушения на рост леса в США приведены в книге Аверелля,² в результате исследований, произведенных в штате Миннесота. В 1928 г. особая комиссия выяснила результаты прорытия 15 лет назад канав на торфяных болотах штата, при чем в графстве Aikin произведены детальные исследования в 5 местах, с осмотром 449 км канав, в графстве Beltrami—5 мест и 235 канав и т. д. Всего исследовано 26 мест, при 70 пробных площадях, с производством 11812 измерений

¹ Издание Handbok i Skogsdikning. 1926 Стр. 226.

² A verell. The Reaction of Swamp Forests to Drainage. 1929.

диаметров стволов и с осмотром 1156 км канав. Пробные участки брались по 200 кв. м. Комиссия состояла из представителей: департамента дренажа и вод штата Миннесота, департамента лесов, отдела лесоводства Университета, бюро общественных дорог департа. землед. США озерной и лесной опытной станции. В задачу комиссии входило выяснить, каков ежегодный прирост древесины под действием канав как далеко распространяется действие канав и пр.

Комиссия установила интересную зависимость растущей породы дерева от рода торфа: чистый древостой сосны канадской найден лишь на сфагновом торфе, независимо от глубины торфа; господство кедра выявлено только на древесном торфе; лиственные—на осоково-древесном торфе.

Далее комиссией выявлено, что зависимости между глубиной торфа и бонитетом заметны; 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 га увеличился в среднем: у сосны на 1,41 куб. м, у лиственницы—на 0,85 куб. м, у кедра—на 2 куб. м.

Осушение способствовало пожарам вдоль канав.

Обнаружено весьма интересное влияние бонитета древостоя на результат осушения сосны: низкий бонитет увеличил годичный прирост на 1,13 куб. м на га, средний бонитет—на 1,70 куб. м, хороший бонитет—на 2,94 куб. м, лучший увеличил годичный прирост на 0,96 куб. м. Оказалось, что с улучшением бонитета древостоя увеличивается отзывчивость его на осушение; лес хорошего бонитета оказался наиболее отзывчивым и лишь лучший бонитет показал меньшую отзывчивость, что и понятно, ибо лучшее насаждение растет в условиях, не нуждающихся в осушении.

Расстояние действия канав на торфяном грунте определено в среднем в 77 м с верховой стороны и в 135 м с низовой стороны, меняясь вообще в пределах от 0 до 286 м.

Действие осушения наступает через 1—8 лет, зависит от расстояния от канавы, 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 важным является заключение Аверелля, что нет такого расстояния между канавами, которое привело бы к переосушению почвы для роста леса; заключение это сделано на основе исследования 70 пробных площадей в 26 местах в графствах штата, на торфяной почве, при глубине канав 1,2 м.

К такому же выводу пришел Lukkala¹ в результате исследования роста леса на осушенных торфяниках в Финляндии в 4 лесных дачах, при глубине торфа до 4 м: „рост тем лучше, чем интенсивнее осушение, поэтому нечего бояться переосушения лесного болота“. Необходимая интенсивность осушения зависит от типа болота: чем болото беднее, тем чаще должны быть каналы. Напр., на осоковом болоте слабая осушка дает заметное улучшение леса; багульниковое же и пушицевое болото очень слабо отзывается на осушение, и прирост древесины увеличивается лишь у краев каналов.

§ 59. ВРЕМЯ НАСТУПЛЕНИЯ И ЗАТУХАНИЯ ДЕЙСТВИЯ ОСУШЕНИЯ

Существенно важно разрешить вопрос о том, через какое время проявляется действие осушения на увеличение прироста древесины; каждый год промедления является отрицательным фактором в деле экономического обоснования осушительной мелиорации. Априорные соображения приводят к предварительному заключению, что время наступления действия осушения зависит от возраста деревьев, от расстояния от каналов и от почвы—грунта, при чем качественное значение каждого из этих факторов ясно само по себе, количественное же значение проясняется из последующего изложения.

Упомянувшиеся уже исследования Г. Эркина в Белоруссии привели его относительно срока наступления действия осушения к следующему обобщенному выводу: „увеличение запасов и приростов, после проведения канавы, на тех болотах, где впоследствии образовались насаждения высших классов бонитета, происходит в сильной степени (до 10 раз) в первое же пятилетие. При этом, если насаждение до осушения имело небольшой возраст с незначительным запасом древесины, то в насаждениях высших бонитетов или в местах, ближайших к канаве, максимальный прирост древесины получался обычно в третьем после осушения десятилетии. Если же до осушения эти насаждения имели большой возраст и большой запас древесины, то кульминация прироста происходила во втором после осушения десятилетий. Однако такое положение не всегда было верно в отношении единичных пробных площадей, но отклонения эти происходили в пределах двух соседних десятилетий.“

На отдаленных от канавы площадях увеличение прироста хотя и происходило, но очень слабо, по абсолютному

¹ Lukkala. Untersuchungen über die Waldwirtschaftliche Entwertungsfähigkeit der Moore. 1930.

своему значению. Кульминация прироста за 40 лет действия канавы в этих местах еще не наступила на всех участках.

Изучение кривых прироста, после осушения, приводит к заключению о необходимости производства капитального ремонта канав для роста леса через 15 лет после проведения канав.

В Парголовском ЛПХ-зе под Ленинградом действие канав на 50-летние сосны выявилось в расстоянии 0—120 м „сразу“, а на 70-летние сосны—через 5 лет;¹ максимум влияния на рост сосны осушение дало через 10—15 лет, после своего осуществления; условия произрастания—сфагнум 18 см, торф сфагновый—60 см, супесь—40 см и ниже ленточные глины.

В Селищенской даче б. Владимирской губ. наибольший прирост под влиянием осушения наблюдается у сосны в 80—100-летнем и более возрасте, оставаясь на значительной высоте, вплоть до 190 лет.²

По исследованиям 1933 г. в Сиверском опытном ЛПХ-зе³ в 20 квартале, осушенном в 1913 г., влияние осушения проявилось на соснах в следующие сроки, в зависимости от возраста:

Зависимость срока наступления влияния осушения от возраста при осушении

	Реагировало на осушение		Не реагировало
	на 1—2 год	на 3—10 год	
Из 199 модельн. деревьев, моложе 100 лет	60%	33%	7%
Из 43 модельн. деревьев, возраста 101—120 лет	51%	37%	12%
Из 27 модельн. деревьев, возраста 121—140 лет	19%	30%	51%

Существенно важно то, что сосны старше ста лет оказались вполне отзывчивыми на осушение и, что особенно важно, более трети из них увеличили свой прирост по диаметру уже на второй год после осушения.

Условия роста в квартале разнородны: начиная с площадей, сплошь покрытых сфагновым покровом, при толще торфа свыше 1 м на глине, и кончая сухим сосновым бором на сухом песке.

По наблюдениям Аверелля в штате Миннесота действие осушения наступает через 1—8 лет и зависит от расстоя-

¹ Воропанов. Статья в Сборнике Природа и хозяйство учебных ЛПХ Лесотехнической академии, вып. II, 1931.

² Голубович. Лесомелиорация и лесозащита. Лесной специалист, 1930. № 1—2.

³ Бригада—Дубах, Елпатьевский, Богачев и Хилкова.

ния от канавы и разложения торфа, при чем кедр на два года отстает от сосны и лиственницы. Старые деревья реагируют на осушение хуже, но все же древостой 78—228 лет оказались отзывчивыми.

По наблюдениям Луккала в Финляндии действие осушения на увеличение размеров хвои проявляется на следующий год, на рост же по диаметру и по высоте через 2—9 лет после осушения, когда увеличатся иглы или листья деревьев; при этом многочисленные измерения показали, что и очень старые ели отзывчивы на осушение, но по истечении более продолжительного времени.

Мультамека¹ на ряде детальных анализов стволов сосен возраста 58, 71 и 80 лет перед осушением показал, что начало влияния осушения на них выявилось через 4—6 лет.

Американский же автор R. Zop² указывает следующее время, проходящее между осушением и началом влияния его на рост дерева для штата Висконсин, на торфах глубиной 1,5—3,6 м, при возрасте леса до 80 л:

в смешанном древостое	1 год
канадская сосна	2 года
лиственница	2 года
кедр	5 лет.

Прекрасная таблица результатов наблюдений Montelle, иллюстрирующая время наступления действия осушения в лесу Биегорден (Швеция), приведена в книге Лунда; из таблицы видно, что влияние осушения наступало и через год и через восемь лет, но во всех возрастах выражалось в конце концов в сильной мере:

Порода	Возраст при осушении	Через сколько лет появилось влияние		% прироста	
		на диам.	на высоту	при осушении	через 18 лет
Сосна	40	1	1	6,11	7,53
	58	3	3	—	—
	63	—	1	4,23	7,43
	80	1	1	2,76	6,24
	100	1	1	—	—
	100	5	5	1,20	3,70
Ель	132	8	1	1,53	3,36
	100	5	5	1,21	4,60
	111	3	4	1,81	8,59
Береза	41	1	—	6,46	7,10
	52	1	1	5,52	6,15
	63	8	1	3,09	6,43

¹ Журнал Acta Forestalia Fennica. 1924.

² Drainage of Swamps and Forest Growth. 1929.

§ 60. ОБОБЩЕННЫЕ ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО ВЛИЯНИЮ ОСУШЕНИЯ НА РОСТ ЛЕСА

1. Основной вывод состоит в том, что лесная площадь низкой продукции, обусловленной избыточным увлажнением почвы-грунта, повышается посредством осушения в своем качестве на 2—3 класса бонитета и может быть доведена на разложившемся торфяном грунте и на глинистом грунте до качества II и I бонитета целиком в зависимости от наличия в почве питательных веществ, находящихся обычно в этих грунтах в достаточном для дерева количестве.

2. Наличие сфагнового покрова на моховых болотах, продолжающего обычно нарастать и после проведения канав, а также бедность слабо разложившихся сфагновых торфяников задерживают развитие лесной растительности после осушения, но все же повышение бонитета на два класса достигается вполне и на этих площадях; однако при редком древостое на этих площадях объемный эффект в древесине получается незначительный.

3. Время наступления влияния осушения на увеличение прироста древесины определяется для молодых и средневозрастных древостоев, как правило, 1—2-ым годом после осушения; для столетних и выше на 3—5 год, но с большими отступлениями в меньшую и большую стороны.

4. Наибольшее влияние осушительной мелиорации на прирост древесины проявляется во второй и третьей пятилетке после осушения, оставаясь в полной мере и в последующее время при наличии ремонта канав.

5. Никакого ненормального ухудшения качества древесины, произрастающей на осушенной минеральной и торфяной почве, по сравнению с высокобонитетной на немелиорированной площади, лабораторными испытаниями не обнаружено.

6. В указанных выше результатах можно быть уверенным лишь на площади, заключенной между двумя параллельными канавами, создающими ясную изоляцию поступления воды со стороны; при наличии же одной канавы, прорытой среди избыточно увлажненной площади, приток воды поверхностной или грунтовой может иногда снизить нормальный результат осушения, но все же обычно и в этих условиях достигаются экономически выгодные результаты.

7. Надлежащий выбор площадей осушения имеет первостепенное значение; при выборе следует иметь в виду, что наибольший объемный эффект осушения дают средневозрастные древостой, повидимому, IV бонитета, наискорейшую же непосредственную реализацию вложенного труда дают

приспевающие древостои с подготовкой при этом попутно почвы для последующего лесовозобновления.

8. Соотношение между родом грунта, глубиной канав, расстоянием между канавами и ожидаемым бонитетом условий роста, на основе имеющихся материалов исследований, представлены в таблице, приведенной в главе о расстоянии между осушительными канавами.

§ 61. ДРЕНАЖ

Изложенное в предшествующих главах об осушении лесных земель в значительной степени приложимо и к землям сельскохозяйственного назначения; принцип расположения осушительной сети, установление глубины канав, уклоны, заложение откосов и расчет ширины сохраняют полностью свое значение и в сельском хозяйстве; некоторые особенности при этом уже отмечались в предшествующем изложении.

Существенной особенностью здесь является учет условий обработки осушаемой площади и уборки урожая; канавы должны образовывать участки прямоугольной вытянутой формы, чтобы не было огрехов на поворотах и чтобы самых поворотов было возможно меньше. Требование возможно длинных участков особенно важно при тракторной тяге и при тяжелых орудиях.

Кроме того отрицательной стороной открытых канав является то, что откосы канав, прорытых по полям, и окрайки вдоль канав являются очагами развития сорных трав и распространения их на самые поля.

Несмотря на это, все же осушение сельскохозяйственных земель производится у нас почти исключительно открытыми канавами, как самым дешевым и легко осуществляемым способом.

Однако неудобства при интенсивном сельскохозяйственном производстве, связанные с осушением земель открытыми канавами, уже давно вели к попыткам заменить канавы подземным отводом воды, посредством укладывания на дно вырытых канав водопропускающих материалов и засыпания их снова землей. Осушение сырых участков этим способом и называют в настоящее время подземным дренажем, или просто дренажем. Уже Колумелла (I век нашей эры) различает в своем труде *De re rustica* открытые и закрытые канавы, из которых закрытые изливаются в открытые. Затем он говорит там об укладывании в канавы,

глубиной в 90 см, мелких камней или хряща, а в случае недостатка их, свитых, как канат, покрытых шипами и листьями прутьев, которые вынутой из канавы земли снова засыпаются до поверхности почвы. Палладий (IV век нашей эры), также дает описание работ, которые производятся для осушения земли.

Применение дренажа было забыто в средние века, и только в середине XVII века встречаются впервые следы систематического дренажа в Англии, где этот способ осу-

хозяйствах была культура картофеля для винокуренных заводов, при наличии отзывчивых на дренаж глинистых почв.

На ряду с удобрением почвы, обработкой ее, селекцией семян и механизацией рабочих процессов, дренаж является пятым техническим фактором, на которых будет построен прогресс сельского хозяйства на глинистых и торфяных почвах зоны избыточного увлажнения (Ленинград, Минск, Смоленск, Москва).

Сущность дренажа заключается в том, что по осушае-

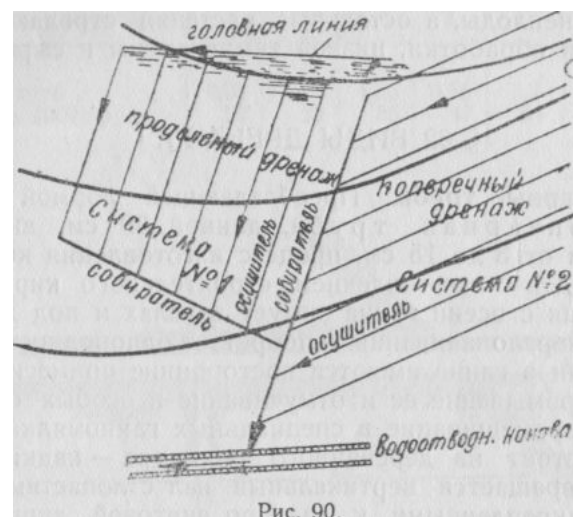


Рис. 90.

впадающими в него всасывателями образует дренажную систему (рис. 90).

При производстве дренажных работ делаются предварительные изыскания по указанным ранее для осушительных работ требованиям, но с большей детализацией их, и составляется проект; при этом особое внимание обращается на уровень грунтовой воды и на физическую структуру грунта; образцы грунта подвергаются механическому анализу.

В дренаже нуждаются глинистые и торфяные почвы во влажных условиях залегания; на таких влажных почвах не удаются самые урожайные сельскохозяйственные растения — корнеплоды, а остальные растения страдают на них от поздней обработки, низкой температуры и сырости.

§ 62 ВИДЫ ДРЕНАЖА

Гончарные трубы. Преобладающей формой дрен является гончарная труба, длиной 30 см, внутренним диаметром от 3 до 15 см, процесс изготовления которой 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 — производится промывание ее и отмучивание в особых бассейнах, а затем перемешивание 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 его, продвигается вниз и выдавливается из кадки через отверстие — мундштук.

Обработанная таким образом глина поступает в дренажный пресс, из отверстий которого она выдавливается поршнем в виде бесконечной глиняной трубы. Труба при выходе из отверстия поступает на ролики и здесь же проволочкой разрезается на куски — трубки по 30 см длиной. Эти трубки раскладываются на полках под навесом для сушки; в случае искривления, трубы прокатываются вокруг продетой через них скалки на столе с песком.

Высохшие глиняные трубы складываются в печь для обжига (та же печь, что и для обжига кирпича), откуда и получают в окончательном виде гончарные дренажные трубы. Из 1 куб. м глины выходит 1300 трубок диаметром

¹ Извлечено из книги: Дубах. Сельскохозяйственная мелиорация. 1931.

4 см. 10-часовая производительность ручного пресса одиночного действия 5000 труб диаметром 4 см. Стоимость его 500—800 марок.

Хорошая труба должна издавать чистый звук, положенная в воду она увеличивается в весе не более 15% и не шелушится.

Вес дренажных труб и довоенная стоимость их в Германии

Диаметр отверстия	4	5	6,5	8	10	16	см
Вес 1000 труб	0,95	1,25	1,75	3,35	3,2	7,0	т
Стоимость 1000 труб . . .	23	28	36	47	64	94	марки

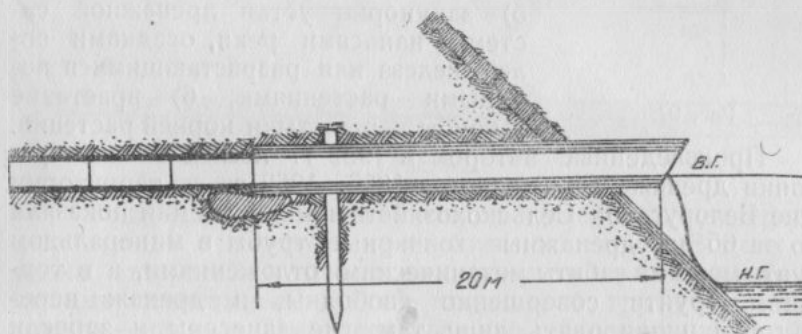


Рис. 91.

Дрены укладывают в прорытую канаву, приставляя и плотно прижимая их одну к другой. Для устойчивого положения труб необходимо твердое дно канавы; поэтому в песке пльвуне и в торфе гончарные дрены соединяют муфтами или же укладывают на подстилку из вереска. На глубоких торфах, взамен гончарных труб, рекомендуются иные виды дренажа: досчатый и фашинный.

Уклон всасывателей делается никак не менее 0,003; коллекторов больших — не менее 0,002, наибольший уклон может доходить для всасывателей до 0,1.

Коллектор оканчивается устьем в виде деревянной трубы (рис. 91), устье дренажной системы нельзя выводить непосредственно в берег реки или оврага: берег подвержен обвалам и занесению наносами; поэтому от реки роется метров на десять по направлению к коллектору

встречная канава, в которую и вводится устьева труба (рис. 92).

Устьева труба должна быть прочно укреплена каменной обделкой или вбитыми с обеих сторон кольями для защиты от повреждений.

Гончарные дренажные трубы вечны и дренаж может перестать функционировать не от разрушения их, а от: 1) сдвига труб, вызванного неаккуратной засыпкой, осадкой или подмывом грунта под отдельными трубами; 2) закупорки труб механическими отложениями частиц грунта, попадающими в трубу вместе с водою; 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) вращение в трубы через стыки корней растений.

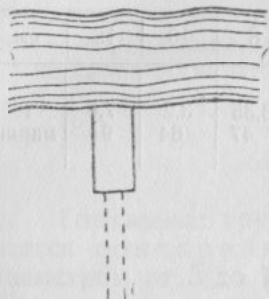


Рис. 92.

Произведенные автором в 1922 г. исследования и раскопки дренажа, заложенного в 1856—1962 гг. на территории ныне Белорусской Сельскохозяйственной академии показали что за 65 лет дренажные гончарные трубы в минеральном грунте местами забиты механическими отложениями, а в торфяном грунте совершенно свободны, и дренаж перестал функционировать лишь там, где занесены и заросли устья.

Замеченное накопление отложений в дренажных трубах можно пытаться удалить вымыванием; для этого следует закупорить коллектор в смотровом колодце или в самом устье или перепрудить встречную канаву и, дав грунтовой воде наполнить всю систему, удалить запруду: образующимся тогда сильным током воды можно вынести из труб часть отложений.

Цементные дренажные трубы привлекли к себе внимание из-за простоты выделки; смесь 1 части цемента и 5 частей песку сразу дает из-под пресса цементную трубу, не требующую кропотливого обжига. 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 „инертол“, погружением в которую создается обво-

лакивающая пленка, предохраняющая бетон от непосредственного действия почвенных кислот.

Досчатые трубы. Германскому инженеру Бутцу удалось дать свое имя дренажным трубам прямоугольного сечения сбиваемым из досок (рис. 93). Доски толщиной 1—2 см, шириной 5—20 см и длиной по 4 м на станке сбиваются в трубу таким образом, что стыки досок на каждой из четырех сторон трубы приходятся в разных местах по длине трубы; это дает возможность, наставляя постепенно доски в длину, сбивать трубу какой угодно длины и сразу целиком опустить ее в канаву. Такая сплошная труба может быть без опасности сдвига заложена в какой-угодно грунт (рекомендуется для глубокого торфа).

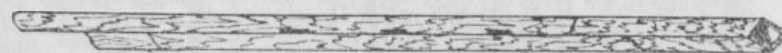
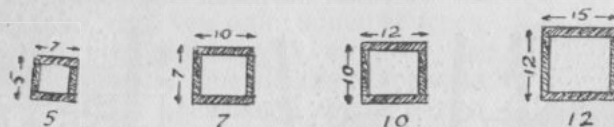


Рис. 93.

Вода поступает в нее через щелевидные отверстия, вырезанные в верхнем крае боковых стенок. Вместо вырезки отверстий лучше повидимому оставлять между боковыми стенками и верхней крышкой трубы сплошной прозор—щель в 2 мм, создаваемую тем, что в местах забивки гвоздей подкладываются под верхнюю крышку тонкие пластинки из дерева, асбеста и пр.

Досчатые дрены делаются и треугольного сечения разнородных конструкций (Шталшмидта, Цункера), но едва ли они имеют преимущество перед прямоугольными.

У нас прямоугольные досчатые дрены заложены впервые в 1912 г. на участке Минской болотной опытной станции и работают исправно до сего 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 закладываются на многих опытных участках и на землях мелиоративных товариществ.

Фашинный дренаж заслуживает сейчас большого внимания. Фашиной называется пук длинного хвороста, плотно перетянутого через метр ивовыми прутьями или проволокой; вяжутся или отдельные фашины, или же хворост на-

вязывается в канат произвольной длины диаметром 30 см, который сразу опускается по всей длине прорытой канавы. Сверху фашина покрывается слоем хвороста, мха или дерна и затем засыпается (рис. 94). Каждая фашинная линия выводится в открытую канаву самостоятельно, без посредства коллекторов, как в трубчатом дренаже. Длина фашинной линии до 100 м. В устье 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;

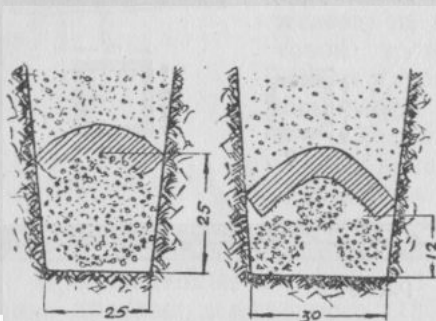


Рис. 94.

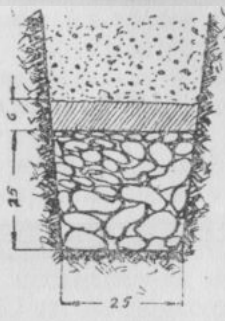


Рис. 95.

чем плотнее стянут хворост, тем меньше опасности занесения фашины отложениями. Фашинный дренаж не требует покупного материала, а вязка хвороста и укладка его в канаву доступны всякому. Поэтому именно фашинный дренаж следует рекомендовать для осушения низменных огородов и вообще 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.

Каменные дрены (рис. 95) делаются наброской в прорытую канаву камней, покрытием их хворостом и засыпкой этого материала землей. Они могут устраиваться лишь там, где камень разбросан по полям и при больших уклонах.

Жердевой или шведский дренаж, состоящий из укладываемых в канаву жердей в разных комбинациях, а также дренаж из поленьев и др. материалов применения у нас не имел.

В 1931 г. Г. Эркин заложил на территории Минской болотной станции дренажные трубы изготовленные из фанеры. Листы ольховой фанеры толщиной 3 мм нарезаются с помощью острого ножа на дощечки 32×50 см, которые, после 4—6-часового лежания в воде, изгибаются от руки в трубку таким образом, чтобы один из краев накладывался на другой полосой в 2 см; получаемая трубка скрепляется обойными гвоздями. В эту трубку вставляется другая трубка, свернутая из фанерной дощечки 26×50 см, без накладки, при чем один конец внутренней трубки выходит наружу на 4—5 см; на него надевается, при укладке дренажа, конец следующей дренажной трубы и т. д.

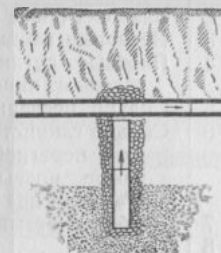


Рис. 96.

Размерные элементы дренажной сети определяются теми же общими соображениями, что и элементы сети открытых канав, главным образом целью работ и родом грунта, уклоном, осадками, промерзанием грунта и др.

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 например при разведении свеклы, хмеля, винограда и фруктовых деревьев глубина заложения должна быть увеличена до 1,5—2 м, чтобы предупредить вращение корней в трубы. При наличии напорных грунтовых вод желательно устройство местных углублений, так называемых восходящих колодцев (рис. 96); в коллектор вводятся снизу вертикально установленные трубы, по которым поступает снизу вверх напорающая грунтовая вода.

Расстояние между дренажными линиями за границей делается в узких пределах 10—20 м, варьируя в зависимости от известных уже нам факторов. Для получения культурного луга на торфяном грунте делается расстояние обычно в 20 м. О дренаже минерального грунта в заграничной литературе дано очень много указаний, так как от расстояния между дренами главным образом зависят стоимость дренажных работ и понижение уровня грунтовой воды.

При наличии результатов механического анализа почв Копецкий для Галиции рекомендует такие расстояния:

№ по пор.	Характер почвы	Содержание промывных частиц мельче 0,01 мм в %	Содержание глинистых частиц в %	Расстояние между дренами в м	Расстояние, выражен. в частях глубины заложения
1	Тяжелые глины и суглинки	Свыше 70	Свыше 50	8—9	В 7 раз больше глубины
2	Слабопесчаные глины	70—75	55—40	9—10	7,5
3	Песчаные глины	55—40	40—25	10—12	7,5—9
4	Плотные суглинки или песчаноглинистые слои	40—30	25—15	12—14	9—10,5
5	Сильно песчаные глины	30—20	15—7	14—16	10,5—12
6	Сильно глинистые пески или перегнойно-песчаные почвы свыше 5% перегноя	20—10	7—2	16—18	12—14
7	Слабглинистый песок	Ниже 10	Ниже 2	18—20	14—15,0
8	Песок	—	—	20—24	—

При осушении посевных луговых культур расстояния между дренами следует увеличивать на 30%.

В Белоруссии досчатые и фашинные дрены закладываются в торфяном грунте на расстоянии 20—30 м одна линия от другой.

Диаметр всасывающих дрен—наименьший 3 см, но рекомендуется не употреблять трубы меньше 4 см. Коллекторы получают размеры по гидравлическому расчету, в зависимости от водосборной площади и расчетной нормы стока; норма стока в Германии принимается от 0,35 до 2,1 л в сек. с га; меньшая—для очень плотных глинистых почв, большая—для песчаных. У нас наблюдения над дренажным стоком поставлены на нескольких станциях, 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 с га. В 1925 г. на Приладожской мелиоративной станции сток с га колебался в пределах 0,13—1,09 л/сек в среднем был 0,46 л/сек. Расчетный сток в 0,50 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—гидравлическим расчетом по

основной формуле Шези движения воды по каналам, при коэффициенте шероховатости для дерева $\gamma=0,16$ и для гончарных труб $\gamma=0,20$ в формуле для определения C по Базену.

Уклоны гончарных дрен должны быть не менее 0,003, досчатых—0,002, фашинных—не менее 0,005.

Предельный больший уклон указать затруднительно, так как опасности размывания самой дрены быть не может, а есть очень малая опасность размыва грунта под дренами; 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, так как затраты на 1 га дренажа гончарного очень велики: 150—300 руб. довоенного времени.



Рис. 97.



Рис. 98.

Потребность рабочей силы на закладку 1 пог. м гончарного дренажа исчисляется по следующей таблице (см. табл. на стр. 272).

Расположение дренажной сети 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; всасыватели—боковые каналы—должны иметь надлежащий уклон (0,003—0,05) и располагаться под острым углом к горизонталям поверхности, наискось к склону; но имеется резкое различие: коллектор нельзя закладывать по дну ложины, а необходимо несколько отступить в сторону к откосу (рис. 97), в противном случае идущая по дну ложины весенняя или дождевая вода размывает засыпанную канаву и дренаж.

Введение всасывателей в коллектор производится сверху или сбоку под прямым или острым углом (рис. 98). Пришлые грунтовые воды должны быть перехвачены нагорными дренажными линиями.

Укладка дрен в вырытую канаву производится с верхнего конца ее, чем предупреждается засорение дренажной линии при работе; если укладывать снизу, то в уложенные дрены пойдет мутная вода при укладке верхней части линии. Дрена к дрена прижимается вплотную, но вследствие

Грунт и глубина заложения	Рытье	Уклад-ка	За-сыпка	Под-сыпка	Всего	
	Рабочих дней					
Глинист. грунт; глубина заложения 1,25 м	0,1414	0,0035	0,0250	0,0085	0,18	Ширина по дну 30 см, поверху 36 см, 10 час. работы в день. Поперечное сечение 0,41 кв. м. Вынет в час 0,29 куб. м, в день 7,07 пог. м, уложит в час 100 дрендиам. 5—10 см на протяжении 30 м. Засыпка требует 1/6 времени копки.
1,50 м	0,2192	0,0035	0,0366	0,0085	0,268	По дну 0,30 м, поверху 0,47 м, сечение 0,57 кв. м, в час 0,26 куб. м.
2,00 м	0,41	0,0035	0,068	0,0085	0,49	По дну 0,30 м, поверху 0,55 м, сечение 0,86 кв. м, в час 0,21 куб. м
Песчан. грунт глубина заложения 1,25 м .	0,1075	0,0035	0,018	850,00	0,138	По дну 0,30 м, поверху 0,55 м, сечение 0,54 кв. м, в час 0,5 куб. м, в день 9,3 пог. м.
1,50 м	0,154	0,0035	0,027	0,0085	0,192	По дну 0,30 м, поверху 0,65 м, сечение 0,71 кв. м, в час выемка 0,46 куб. м, в день 6,5 пог. м.
2,00 м	0,280	0,0035	0,047	0,0085	0,319	По дну 0,30 м, поверху 0,75 м, сечение 1,05 кв. м, в час 0,42 куб. м.

неровности краев, остаются прозоры, через которые и просачивается вода из грунта в дренажную линию.

Детали дренажной сети состоят из устьев, смотровых колодцев, водопадных шахт, муфт, затворов, на чем здесь не останавливаемся.

Полная стоимость закладки 1 пог. м разного вида дрен в довоенное время в Германии исчислена в следующих цифрах:

Фашины	0,55	марки за 1 пог. м
Жерди	0,65	" " 1 " "
Деревянные трубы Бутца .	0,50	" " 1 " "
Гончарные трубы диам. 4 см	0,30	" " 1 " "
" " " 5 "	0,34	" " 1 " "

Полная стоимость устройства 1 пог. м фашинного дренажа в условиях Белоруссии составляет по данным практики последних лет 25 коп.

Что дает дренаж? В немецком журнале „Der Kulturtechniker“ дана следующая формулировка результатов дренажа: „Дренажированная почва весной может обрабатываться на 8—14 дней раньше по сравнению с недренажированной и этим самым следовательно удлиняется вегетационный период; вместе с этим ускоряется весеннее прогревание почвы, что дает условия для более быстрого укрепления корней посевов.“

Вследствие более быстрого просыхания почвы уменьшается опасность весенних заморозков и развития сорной растительности.

Отпадает необходимость прорытия многочисленных открытых канав, мешающих движению машины и распространяющих сорные травы“.

Дренаж вызывает повышение урожая:

зерновых культур на	35—40%
картофеля	50—70%
сахарной свеклы	60—90%

Вместе с этим необходимо вторично подчеркнуть, что дренаж почвы оправдывается лишь при последующей хорошей обработке и при введении интенсивных культур, особенно корнеплодов.

§ 63. ОСОБЫЕ СПОСОБЫ ОСУШЕНИЯ

Обвалование. Если низменность затопляется водами, выступающими из берегов реки, водами моря или озера, то обращение такой поверхности под культуру возможно лишь после ограждения ее от реки или моря земляными валами и дамбами. Скопляющаяся 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 берега их. Морские берега Голландии и устья рек ее окаймлены такими же дамбами, причем в Голландии ведется такими работами наступление на море. После окаймления дамбой приморского озера, из него выкачивается вода и плодородное дно озера обращается под культуру; таким образом, например, осушены Гаарлемское озеро и залив Зюдерзее. Работы по обвалованию и выкачиванию озер есть также в Италии и в Египте. Осу-

шенные таким образом пространства называются в Голландии польдерами. Особенно велики работы по обвалованию р. Миссисипи в Северной Америке.

В довоенной России были исполнены в б. Минской губернии, в той части ее, которая отошла к Польше, две незначительные работы по обвалованию низменных болот. На большом протяжении заключены в дамбы реки Терек и Кура на Кавказе. Производится обвалование Прикубанских низменностей на Сев. Кавказе и Колхидской низменности в Закавказье. Ожидают обвалование низменности по большим рекам Полесья и многочисленные острова нижнего течения реки Волги.

Обвалование может быть осуществлено высокими дамбами, в целях полной защиты низменности от наводнений, и низкими дамбами—в целях защиты долины от затопления только летними водами с тем, чтобы богатые плодородным илом весенние воды попрежнему покрывали речную долину своим разливом, создавая 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, то 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 постепенным повышением поверхности их отложениями наносов; естественный процесс повышения поверхности отложениями наносов, называемый кольматажем, происходит в устьях многих рек, особенно, например, рек 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 реки Риона произведен в 1930 г. на площади нескольких сот га возле г. Потти в Закавказье. В Узбекской ССР этим способом пользуются для заполнения галечных отложений. Как классический пример кольматажа, проводится кольматирование тосканских маремм (болот) в Италии, где за 100 лет поверхность поднята отложениями местами на 8 м.

Затопляемые небольшими водами места могут быть обращены под культуру, особенно огородную, устройством

высоких гряд, следовательно поверхность их поднимается грядованием за счет земли, вынимаемой между грядами.

Замкнутые котловины могут быть осушены или выкачиванием из них воды насосами вверх, или спуском воды вниз, в залегающий водопоглощающий горизонт, через прорываемые вертикальные колодцы; это так называемый голландский вертикальный дренаж (рис. 99). По этому же принципу спускаются в городах и дачных местах нечистоты в песчаный грунт.

Понижение грунтовых вод и оздоровление местности в некоторых случаях достигаются разведением сильно испаряющих воду растений. Удачные опыты в этом направлении были сделаны в Италии разведением эвкалипта. Из растений нашего климата особенно много испаряет воды подсолнух, и может быть плантация подсолнуха в сыром районе оказалась бы действительным средством понижения грунтовой воды.

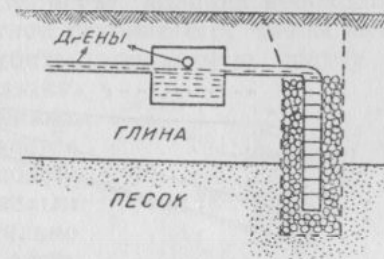


Рис. 99.

Наконец в Северной Америке для понижения грунтовой воды в сельскохозяйственных целях применен новый способ—выкачивание ее центробежными насосами из расставленных по территории буровых колодцев.

Подпор воды в реках плотинами. Реки часто перепружены мельничными плотинами и вода в них поднята настолько, что часть прилегающих к реке низменных сенокосов и лесов оказывается затопленной водой, а кроме того и далее расположенные земли страдают от подтопления, т. е. от 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, в которые входят основными величинами такие элементы, численный учет которых обычно можно установить лишь приближенно. Поэтому приближенным и иногда спорным получается и результат вычисления расстояния подпора; по расстоянию подпора вычисляется площадь земель, на которую распространяется затопление и подтопление от мельничной плотины, т. е. элемент чрезвычайно важный.

Положим, имеется река со свободным течением воды (рис. 100); *bb*—дно реки, *сс*—поверхность текущей воды, *а*—средняя глубина воды в свободной реке. С устройством

плотины вода у плотины поднимается на величину h ; это так называемая высота подпора у плотины. Обывательское представление о влиянии плотины на уровень воды в реке сводится к тому, что влияние плотины прекращается в точке K , лежащей на горизонте уровня воды у плотины: расстояние l точки K от плотины вычисляется: $l = \frac{h}{I}$, где I — уклон поверхности неподпруженной воды. Это представление для реки ошибочно. Поверхность воды горизонтальна лишь в том случае, когда нет течения воды; лишь в широкой и глубокой части пруда скорость течения воды практически равна нулю, и потому уклон поверхности воды в пруде практически также

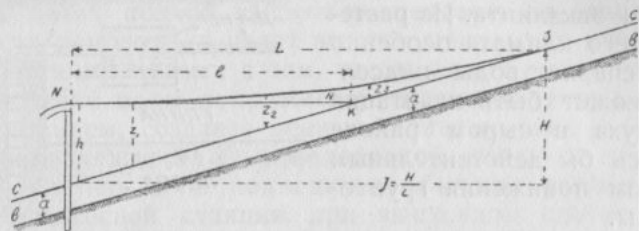


Рис. 100.

равен нулю, но вверху пруда, где вода реки идет в берегах и где 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 плотины. Сложные формулы гидравлики дают возможность вычертить эту параболу, вычислить положение точки S и вычислить высоту подпора Z на всяком 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 равны между собой, расстояние L подпора в реке равно $2l$, т. е. двойному расстоянию подпора в стоячей воде; если $\frac{h}{a}$ больше единицы, то расстояние подпора меньше $2l$.

§ 64. ИЗЫСКАНИЕ НА ПИТЬЕВУЮ ВОДУ

Перед приступом к устройству колодца необходимо иметь представление о вероятной глубине его. Чтобы иметь в колодце воду, надо углубить колодезную шахту на 1,0—1,5 м в водоносный горизонт, которым для срубовых, бетонных и мелких буровых колодцев является обычно песок, насыщенный водой, подстилаемый водонепроницаемым грунтом — глиной. Следовательно мы должны приблизительно знать положение этого водоносного горизонта.

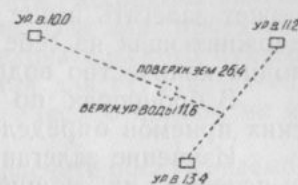


Рис. 101.

Если место для колодца находится в районе существующих колодцев, а поверхность земли плоская, то в этом простейшем случае вероятное расстояние водоносного горизонта от поверхности земли определяется по глубине соседних колодцев. Если поверхность земли волнистая, то необходимо помощью нивелира связать уровни воды в существующих колодцах и, выяснив таким образом, положение зеркала грунтовой воды и высотное положение места предполагаемого колодца, вычитанием определить вероятную глубину колодца. На рис. 101 указано: положение существующих трех колодцев с отметками уровня воды в них над условным горизонтом, положение проектируемого колодца с отметкой поверхности земли при нем и две линии нивелирных ходов; по данным чертежа можно вычислить вероятную отметку грунтовой воды на месте предполагаемого колодца в 11,6 м над условным горизонтом; поэтому вероятная глубина до воды будет $26,4 - 11,6 = 14,8$ м. При отсутствии существующих колодцев вероятную глубину проектируемого колодца можно пытаться определить по выклинивающимся в ложбинах грунтовым водам. Схемы показаны на рисунках и не требуют пояснений (рис. 102а, 102б).

Если имеются в районе предполагаемого колодца лишь сухие овраги, то по ним выяснить вероятную глубину колодца нельзя, но все же можно выяснить, что вода будет не ближе столько-то метров от поверхности, что видно по схеме (рис. 103).

Положение водоносного горизонта не бывает так просто, как изображено на схемах. Между двумя сухими оврагами



Рис. 102а.

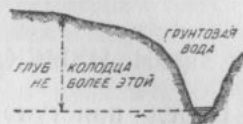


Рис. 102б.

может залегать выше дна их местная прослойка глины, задерживающая на себе иногда достаточное для простого колодца количество воды (рис. 104).

В брошюрах по колодцам указывается ряд эмпирических приемов определения вероятной глубины воды.

Изучение залегания горизонтов грунтовых вод страны, выяснение их мощности и условий образования входит



Рис. 103.



Рис. 104.

в задачу гидрогеологии. Но нужно очень интенсивное изучение района, чтобы получить возможность пользоваться данными гидрогеологии при устройстве отдельных колодцев. В каждой местности имеется несколько водоносных горизонтов: „верховодка“—ненадежный пересыхающий горизонт на первой от поверхности водонепроницаемой прослойке, иногда случайной и местного характера. В этой верховодке обычно кончаются простые колодцы, вода находится в сообщении с грязными поверхностными водами. Второй водоносный горизонт надежно питает глубокие бетонные 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 не-

которых районах, например почти во всей Центрально-Черноземной области, залегание этих вод изучено настолько, что вероятная глубина бурового колодца может быть специалистом обычно предсказана.

Наконец на больших глубинах, в 200 и более метров, часто залегает глубокий водоносный горизонт, в котором вода находится иногда под большим напором; доводимые до этого водоносного горизонта буровые колодцы иногда дают самоизливающуюся воду; это—так называемые артезианские колодцы, питаемые водами из древних геологических отложений (часто девонских известняков); вода в них совершенно обеззараженная, иногда сильно минерализована, имеет постоянную температуру.

Достоверный ответ о глубине залегания требующегося водоносного горизонта при отсутствии колодцев дает лишь изыскательное бурение до воды; сеть исследовательских буровых скважин—наиболее надежная база для проектирования сети колодцев. Процесс исследовательского бурения отличается лишь в деталях от бурения для устройства глубокого бурового колодца и потому здесь отдельно не излагается.¹

Потребность воды в сутки при расчете обслуживаемого населения следует считать по 40 л на всякие нужды одного человека, по 40 л на голову крупного скота и по 15 л на голову мелкого скота.

Анализ воды. Для характеристики качества питьевой воды требуется определение:

- 1) температуры—термометром, опускаемым в воду на бечеве с привязкой груза; шарик термометра обертывается ватой или паклей, чтобы положение ртути не успело измениться за время вытаскивания термометра из колодца;
- 2) вкуса—при температуре 15—20° Ц.
- 3) запаха—при нагревании в колбе до 50—60° Ц.
- 4) цвета—сравнением слоя воды в 10—20 см с равным слоем дистиллированной воды в цилиндрах, поставленных на белую бумагу;
- 5) мутности—отстаиванием в продолжение 12 часов 100 куб. см воды в градуированном цилиндре с определением занимаемого осевшими частицами объема;
- 6) химической реакции воды—лакмусовой бумагой в течение 5—10 мин.;
- 7) жесткости воды, зависящей от содержания солей кальция и магния; жесткость сырой воды называется общей жесткостью, а кипяченой—постоянной жесткостью.

¹ См. § 67. Буровые колодцы.

100 куб. см воды вливают в стеклянный цилиндр с притертой пробкой и прибавляют бюреткой сначала по 1 куб. см титрованного спиртового раствора марсельского мыла, а затем по каплям до тех пор, пока при взбалтывании будет оставаться в течение 5 минут пена. По объему потребного мыла по таблице находят число градусов жесткости. 1° жесткости соответствует содержанию в 100 куб. см воды 1 мг окиси кальция и магния. Один немецкий градус соответствует 1,79 французского и 1,25 английского градуса. Воду с жесткостью до 8 немецких градусов считают мягкой, свыше 20 градусов—жесткой; для питья пригодна и более жесткая вода, для варки пищи не свыше 20 градусов;

8) содержания железа, так как при содержании 1,5 мг на 1 л, вода имеет неприятный вкус; для городских водопроводов допускается не более 0,3 мг на 1 л;

9) содержания азотистой кислоты, которой вовсе не должно быть, а азотной кислоты—не свыше 20 мг в 1 л;

10) содержания аммиака—допускаются лишь следы его, так как присутствие его в воде неглубоких горизонтов указывает на происходящее в воде гниение органических веществ;

11) содержания сероводорода—как результата разложения органических веществ в питьевой воде, а из глубоких скважин, как результат разложения сернистых металлов. В открытых резервуарах сероводород улетучивается;

12) окисляемости—не свыше 10 мг марганцево-кислого калия на 1 л;

13) содержания серной кислоты—не свыше 100 мг ангидрида серной кислоты на 1 л воды;

14) содержания хлора—не более 150 мг на 1 л.

§ 65. СРУБОВЫЕ КОЛОДЦЫ

Имеются три типа колодцев: срубный колодезь, бетонный и буровой. Номенклатура эта не выдержана по какому-либо признаку и потому обывательского характера, но она наиболее употребительна. Если положить в основу классификации материал, из которого сделан колодезь, то следует различать колодцы: деревянные, каменные, железные, а по способу устройства следует различать: копанные, забивные и буровые колодцы.

Срубной колодезь делается всюду без какого-либо указания со стороны техника; имеются колодезники, которые опускают деревянные срубы на глубину до 25 м, а

в редких случаях и до 32 м. Материалом для сруба может служить дуб, хорошо сохраняющийся над водой и еще более твердеющий в воде; но дуб трудно обделывается и стволы его неправильны. Сосна имеет правильный ствол, легко обделывается и сохраняется в воде и над водой лет двадцать. Береза сохраняется под водой лет 10, над водой же начинает гнить через 5 лет.¹ Ольха долго держится в воде и слаба над водой. Материалом для сруба являются пластины, распиленные из бревен, толщиной 22 см (5 верш.), или цельные бревна толщиной 16 см (3—4 верш.), длиной по 1,6 м, очищенные от коры.

Из заготовленного таким образом материала рубится на поверхности земли сруб колодца с соединениями на

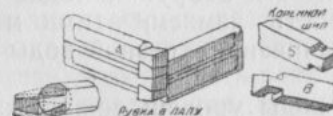


Рис. 105.

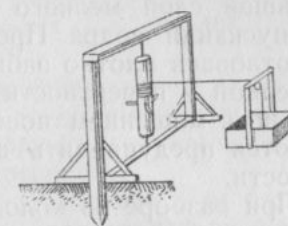


Рис. 106.

углах, как указано на рис. 105, в лапу, с потайным шипом. Каждые четыре пластины образуют венец; отдельные венцы соединяются между собой вставными шипами.

На месте колодца роется яма, поперечным размером несколько больше внешних размеров сруба, глубиной—на сколько то оказывается возможным без риска обвалов стенок грунта, но вообще говоря, не глубже 4 м. Со дна этой ямы, называемой технически шахтой, или котлованом, собирается по венцам приготовленный на поверхности сруб. Доведя сборку со дна до поверхности, спускают в сруб на веревке колодезника-землекопа. Этот колодезник продолжает углубление дна колодца; землю вытаскивают бадей 2—3 рабочих на канате, перекинутом через блок над колодцем и прикрепленным к вертикальному вороту в стороне от колодца (рис. 106). Детали этих устройств пропускаем. Место работ следует огородить.

Наращивание сруба производится двояко. Весь сруб по мере выемки земли со дна шахты опускается и наращивается венцами сверху; при этом нижнее звено должно быть несколько шире остальных, и еще лучше, если к нему

¹ Синельников. Колодцы. 1924.

прикреплена режущая полоса железа. Или делается иначе: установленный на дно вырытой шахты сруб закрепляется на месте, а, по мере подкопа и выемки земли, под него подводятся бревна снизу. При глубоких колодцах приходится применять этот последний способ. Чтобы во время работы звенья срубов не разошлись, они скрепляются прибиваемыми изнутри продольными досками-рейками, а чтобы весь сруб не осел при подконе, закладывают в некоторые венцы более длинные пластины с выступающими в стенки шахты концами.

Сруб опускается на 1—1,5 м ниже уровня воды, в зависимости от размеров ожидаемого потребления воды и от интенсивности притока; на дно колодца следует насыпать небольшой слой мелкого камня, чтобы вода не мутилась при опускании ведра. Пространство между срубом и стенкой котлована плотно забивается глиной (глиняный замок) с обделкой у поверхности конусом вокруг колодца и желательнее с мощением поверхности камнем; этими мерами стараются предупредить просачивание грязной воды с поверхности.

При разборе из колодца воды уровень ее понижается, вследствие чего колодезь притягивает к себе грунтовые воды прилегающих горизонтов. Если колодезь устроен близко от скотного двора, выгребной ямы и т. п., то до него доходит, просачиваясь через грунт, загрязненная вода. Поэтому колодезь следует рыть в расстоянии 20 м и более от помещений для животных и выгребных ям, стараясь притом поместить его на небольшом бугре, чтобы в него не попадала поверхностная вода.

При устройстве колодца может встретиться ряд затруднений: песок-пльвун, камень, удушливые газы; об устранении их говорится в главе о бетонных колодцах.

Величина притока грунтовой воды в колодезь почти не зависит от поперечного размера колодца, т. е. будет ли поперечное сечение сруба $1,5 \times 1,5$ м или 2×2 м, количество даваемой колодцем воды не изменится. Существенное значение для питания колодца имеет погружение сруба в водоносный горизонт: чем больше колодезь опущен в водоносный горизонт, тем конечно с большим напором будет пополняться выбираемая вода.

Однако от поперечного размера колодца зависит объем скопляющейся за ночь воды; если утром водоразбор велик, то большой запас воды в колодце полезен. Поэтому иногда нижнюю часть сруба, погруженную в воду, делают расширенной в виде колокола. 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 возможно устроить простой колодезь с питанием его водой из пруда. Для этого соединяют колодезь с прудом глубокой канавой, насыпают в канаву щебня и песка и засыпают с поверхности вновь землей. Грязная вода пруда несколько очищается, проходя через фильтр из камня и песка (рис. 107).

Подъем воды из колодцев в сельской обстановке производится веревкой или цепью, вытягиваемой просто руками, или перекидываемой через блок, или наматываемой на ворот, или на конец, привязываемой к „журавлю“.

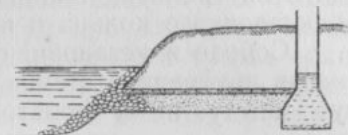


Рис. 107.

Санитарные соображения требуют, чтобы вода из колодца поднималась насосом или, в худшем случае, постоянно закрепленной на цепи бадьей общего пользования; сверху колодезь должен быть закрыт крышкой.

Чтобы устранить попку непосредственно из бадьи, необходимо верх бадьи защитить крестовиной из железных полос. Но все же, если в селении на одном из колодцев имеется прикрепленная бадья, то при этом колодце с бадьей больше грязи и заразы, так как здесь останавливаются все. Необходима еще крышка колодца, мощение вокруг него и тумба для бадьи.

§ 66. БЕТОННЫЕ КОЛОДЦЫ

Устройство бетонного колодца слагается из двух отдельных процессов:

- 1) изготовления бетонных колец,
- 2) установки колец на место.

Изготовление бетонных колец. Бетон есть затвердевшая смесь цемента, песка, щебня и воды. Объемное отношение этих составных частей колеблется в зависимости от свойств песка и щебня. Исходить можно из таких основных объемных соотношений: цемента—1 часть, песка 3 части, щебня (битый камень) 4 части; или цемента 1 часть, песка 3 части, щебня 3 части. Песок должен быть чистый, без глины, по возможности угловатый; щебень—из твердого камня, битого булыжника или гальки. Употребление битого кирпича недопустимо, так как пористый кирпич является слабой составной частью смеси.

Тщательно перемешанная на досчатом настиле сухая смесь цемента и песка постепенно добавляется водой при

дальнейшем перемешивании лопатами до однородной, слегка влажной массы. К этой массе добавляется требуемое количество смоченного водой щебня, и смесь вновь тщательно перемешивается лопатами. Получившаяся масса и есть бетон, набиваемый в формы.

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 из верхнего накладочного кольца.

Собрав и установив обе оболочки формы на подкладку, смазав внутренние стенки их и подкладку олеонафтом, кладут между ними лопатой слой приготовленной бетонной

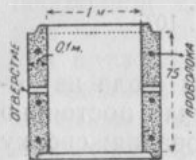


Рис. 108.

массы и уплотняют специальной трамбовкой; на первый слой кладут второй и т. д. до заполнения всего промежутка между оболочками до верха; после этого накладывают и прижимают верхнюю накладку. Через час снимают накладку, разбирают наружную и внутреннюю стенки и оставляют получившееся бетонное кольцо (рис. 108) стоять на нижней подкладке в течение

нескольких дней, пока быстро 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. Совершенно ошибочно, в целях ускорения затвердения колец, выставлять их на солнце, рассчитывая, что на солнце они скорее высохнут. Дело в том, что кольцо затвердевает не от высыхания, а от внутреннего в цементе процесса „схватывания“—соединения с водой; этот процесс идет хорошо во влажном состоянии. Выставленное же на солнце свежее, не созревшее кольцо высыхает и становится рыхлым.

Через 3—4 дня, по достаточном затвердении бетонного кольца, оно осторожно кладется на бок, и нижняя подкладка сбивается с него. Внутренний диаметр бетонного кольца обычно равен 1 м, толщина стенок 10 см, высота кольца 0,8 м, вес 550 кг. Так как в день форму можно набить раз 6—8 и 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 или, еще проще, устанавливают форму на утрамбованную землю с вырезанными по веревке круговым желобком. После снятия с подкладки, трубу полезно поливать еще в течение

нескольких дней; перевозить и употреблять в дело бетонную трубу можно через 20—25 дней после выделки.

Нижняя подкладка и верхняя накладка имеют изогнутую в поперечном сечении форму, таким образом, что они выдавливают на бетонном кольце по всей окружности его выступ (фальц, закрайка), что дает возможность при сборе колодца одно кольцо на другое не просто ставить, а насаживать на фальц. Для придания кольцам большей прочности, что очень важно при перевозке, следует при формировании колец закладывать в тело их три проволочных кольца: одно—близ основания, другое—в середине и третье—близ верха. Проволока прочно соединяется с бетоном и предохраняет от распада даже треснувшие кольца; проволока кольчатая дает еще более прочное сцепление с бетоном.

Нижнюю и верхнюю части бетонного кольца, восприимчивые удары и давление, желательно делать из бетона без примеси щебня (1 часть цемента, 3 части песка). Для удобства переворачивания и переноса бетонных колец желательно устраивать в них по диаметру пару отверстий, в которые можно было бы просовывать железный стержень (рис. 108). Отверстия эти получают закладкой в форму при набивке ее бетоном до половины двух деревянных пробок по линии диаметра; по разборке формы эти пробки выбиваются и на месте их остаются в бетонном кольце отверстия; устройство таких отверстий очень облегчает переворачивание и перенос бетонных колец.

Так как каждое кольцо высотой 0,80 м весит около 550 кг, т. е. требует особой подводы, содержа в себе лишь 1/3 кг чистого цемента, то обычно бывает целесообразным выработку колец производить в самом районе колодезных работ. Если этого сделать невозможно за отсутствием подводящего песка и щебня, то перевозка бетонных колец издалека делает устройство бетонного колодца непомерно дорогим.

Опускание бетонных колец. На месте предполагаемого колодца роется яма диаметром метра два и глубиной до 4 м, поскольку то является безопасным в данном грунте. На дно вырытой ямы устанавливается первое бетонное кольцо колодца тем концом его вниз, на котором закрайка идет снаружи; она должна быть в этом бетонном кольце особенно надежна. Иногда указывается на необходимость класть первое кольцо на деревянную подкладку с режущей железной полосой по периферии. Опускание кольца производится помощью блока, подвешиваемого на треногу над вырытой ямой; самое кольцо захватывается под низ тремя крюками; при наличии в кольце боковых отверстий по диаметру, будет удобнее вставлять крюки в эти отверстия.

На правильно установленное первое нижнее бетонное кольцо опускается и насаживается второе кольцо и т. д., поднимаясь на одно кольцо выше поверхности земли; за крайки смазываются свежим цементным раствором. Образованная таким образом бетонная труба должна стоять вертикально и не иметь выступов наружу.

После этого кругом устраивается прочный помост, а внутрь трубы опускается на том же блоке и канате землекоп-колодезник, который подрывает землю под стенкой нижнего кольца; земля поднимается бадьей кверху; по мере вынута земли вся труба опускается вниз; сверху наставляются следующие кольца. Поднятие бадьи с землей может производиться или блоком, или вертикальным воротом, устанавливаемым в стороне от колодца. Таким образом работа продолжается до воды и на 1—1½ м ниже ее. Убедившись вычерпыванием, что количество протекающей воды достаточно, заканчивают этим опускание колодца и производят чистовую отделку его.

Промежуток между бетонной трубой и стенками шахты засыпают сначала вынутым грунтом с осадком его шестом, а затем в верхней части колодца этот промежуток забивается глиной с возможным уплотнением ее, чтобы не протекала внутрь поверхностная грязная вода. Вокруг колодца земля обсыпается бугром, плотно трамбуется и вымачивается. Верхнее бетонное кольцо должно быть прочным, сделано только из цемента и песка без верхней закрайки или должно быть обделано деревом. На дно колодца следует насыпать небольшой слой гравия, гальки или камня, что предупреждает взмучивание воды при черпании ведрами.

Нормальная глубина бетонного колодца 10—20 м; глубина в 30 м уже большая, но в отдельных случаях опускались бетонные колодцы в сельской обстановке на 35—40 м. Вообще же говоря, при ожидаемой глубине колодца свыше 30 м переходят на буровой колодезь. При глубине колодца до 8 м бывает возможно вырыть яму до воды, установить в нее бетонные кольца и обсыпать их вынутой из ямы землей; тогда процессы опускания бетонной трубы подрывом земли под нижним кольцом отпадают.

Подъем воды производится, как и из деревянных колодцев: помощью блока, ворота или журавля. Конечно, гигиеничнее всего отверстие колодца заделывать крышкой и воду поднимать устанавливаемым на крышке насосом; но при этом необходимо иметь в виду порчи насоса и замерзание в них воды зимой.

Затруднения при опускании бетонных колодцев. Уже при глубине в 20 м вес бетонной трубы составляет 12 т и манипулировать с такой трубой трудно. Часто случается, что труба пойдет не по отвесу, а вкось; если перекосят, что сверху еще видно зеркало воды, а снизу колодца видно небо, то колодезь еще годен, хотя и неправильно сделан; если вода уже скрывается косою стенкой, то подъем воды из колодца неудобен (рис. 109). Запущенный перекосят трубы поправить трудно. Во время опускания колодца может произойти обвал вертикальных стенок грунта; обвалившийся грунт защемляет трубу и может задержать ее дальнейшее опускание, а если защемили

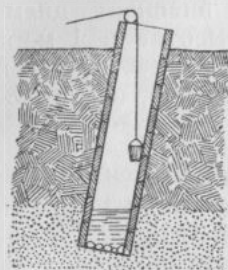


Рис. 109.



Рис. 110.

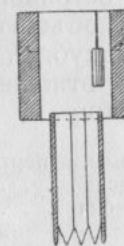


Рис. 111.

ние произойдет выше нижнего кольца трубы, то нижние свободные кольца могут, свободно опускаясь при подрыве грунта под ними, оторваться от защемленной верхней части,—произойдет разрыв трубы колодца. Песчаный грунт в этом отношении наиболее опасен.

По линии колодца при прохождении ледниковых наносов может встретиться крупный камень—валун, который, попав сбоку, легко влечет за собой искривление трубы (рис. 110). Камень можно разбить и извлечь по частям. При опускании трубы можно встретить мелкий мокрый песок-пльвун, который затягивает только что сделанную выемку и тем почти останавливает работу. Дойдя до пльвуна, необходимо, если желательно получить надежный колодезь, ниже всей внутренней окружности бетонного колодца сделать сплошную стенку из досок, забивая их в песок заостренным книзу концом (рис. 111). Забив на возможную глубину такое сплошное кольцо из досок, вычерпывают из него изолированный от остальной массы песок-пльвун, набрасывают на дно выемки камень и таким образом получают более или менее надежный резервуар воды. Работа в пльвуне требует специального опыта.

За время ночного перерыва в работе на дне шахты могут скопиться удушливые для человека газы, делающие невозможным спуск вниз колодезника. Если в колодце гаснет фонарь, то конечно спускать человека туда нельзя. Надо предварительно удалить скопившиеся газы. Сделать это можно накачиванием в шахту свежего воздуха пожарной трубой или спуская и подымая несколько раз пустую бадью.

Изложенное о бетонных колодцах показывает, что опускание их требует мастера и при глубине более 20 м связано с риском неудачи.

Стоимость бетонного колодца. При внутреннем диаметре бетонного кольца в 1,0 м и внешнем диаметре в 1,2 м объем бетонной массы трубы высотой в 1 м равен 0,34557 куб. м. Для приготовления 0,34557 куб. м бетонной массы с отношением цемента к песку и щебню, как 1 : 3 : 3, нужно:

цемента портландского	0,08294 куб. м	весом	104 кг
песка	0,24881	·	· 341 .
щебня	0,24881	·	· 398 .

Всего на изготовление
1 пог. м трубы материала 843 кг

Одно бетонное кольцо обычной высотой в 0,78 м весит в действительности около 550 кг; проволоки на одно бетонное кольцо расходится около 3,5 кг. Партия из 4 рабочих и 2 подростков вырабатывает в месяц, при 20 подкладках и одной форме, с битьем щебня и уходом за кольцами, 150—200 колец, высотой по 0,78 м. Денежная стоимость погонного метра готового бетонного кольца равнялась в 1926 г. 25 руб.

§ 67. БУРОВЫЕ КОЛОДЦЫ

Составными частями бурового колодца являются: обсадная труба, обычно из оцинкованного железа, фильтр из медной луженой сетки на нижнем конце этой трубы и насос. Насос состоит из всасывающей трубы, насосного цилиндра с поршнем и клапанами, нагнетательной трубы, насосных штанг, насосного привода или рычага (рис. 112). Глубина бурового колодца—от 30 м и выше, доходит часто до 200 м, а иногда и значительно больше.

Бурение глубоких колодцев—процесс медленный и самый кропотливый из всех гидротехнических работ. Буровой комплект (рис. 113) для этой цели состоит из:

1) рабочих наконечников 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 сверху и снизу; 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) штанг—железных цилиндрических труб длиной до 2 м с винтовыми нарезками на концах, которыми они ввертываются в соединительные муфты, образуя стержень любой длины; к штангам привертываются буровые наконечники;

3) обсадных труб для закрепления буровой скважины от обвала—железных труб, в которые должны свободно входить наконечники бурового инструмента; трубы с нарезками на концах, которыми они, подобно штангам, ввертываются в соединительные муфты;

4) фрезера, или коронки, или башмака с зубцами, привертываемого к нижнему концу нижней обсадной трубы для облегчения опускания обсадной трубы при вращении ее;

5) набора вспомогательных инструментов: клещей, ключей, хомутов, крюков, лопаточных метчиков и др.

Сущность процесса бурения сводится к следующему: привернув к штанге один из рабочих наконечников, смотря по грунту, 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 будет уходить в землю, на нее наворачивается вторая и т. д.

Дойдя до глубины в 4—6 м, или ранее, если стенки скважины не имеют устойчивости, ставят над скважиной обсадную трубу с привернутым внизу башмаком и надетым деревянным хомутом. Вращая и нажимая за ручки хомута, опускают обсадную трубу до дна скважины. После этого опускают в установленную обсадную трубу буровой инструмент и углубляют скважину; по мере углубления скважины опускают и обсадную трубу.

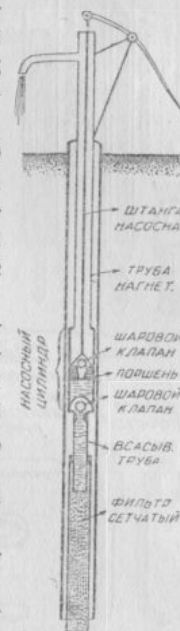


Рис. 112.

Опускание обсадной трубы по мере углубления ее в землю становится все труднее и труднее, так как увеличивается поверхность трения ее о грунт; наконец, трение становится на столько

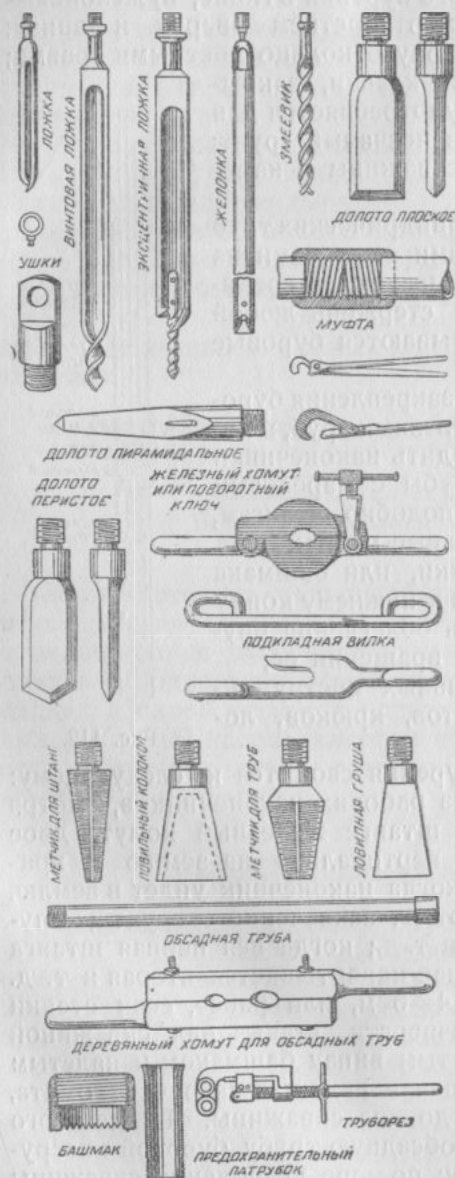


Рис. 113.

большим, что опускание обсадной трубы делается невозможным. Это обстоятельство необходимо предвидеть и обойти его следующим образом. Если диаметр глубокого бурового колодца должен быть 10 см, то начинают бурение скважины с большего диаметра, например, 15 см, и опускают обсадную трубу диаметром в 15 см до той глубины, на которую возможно это сделать. Когда эта обсадная труба дальше, например 40 м, вследствие трения стенки о грунт, не пойдет, в нее опускают обсадную трубу меньшего диаметра, которой можно пройти следующие 40 м (рис. 114); в эту последнюю вставляют третью обсадную трубу и т. д. Получается телескопическая труба бурового колодца.

Кропотливость бурения заключается в том, что при каждом опускании рабочего наконечника приходится наворачивать штанги, а при каждом извлечении наконечника с захваченным грунтом приходится штанги отвертывать.

Когда наворачивают для извлечения песка наконечник-желонку, то ра-

ботают не вращением инструмента, а ударами, загоняя в желонку песок через отверстие в дне ее поднятием и опусканием штанг; когда пробивают камень долотом—действуют также ударом.

Над скважиной устанавливается буровая вышка на трех или четырех ногах высотой 10 м из сосновых бревен, соединяемых сверху вместе одним сквозным болтом, а нижними концами упираемых в деревянную раму (рис. 115);

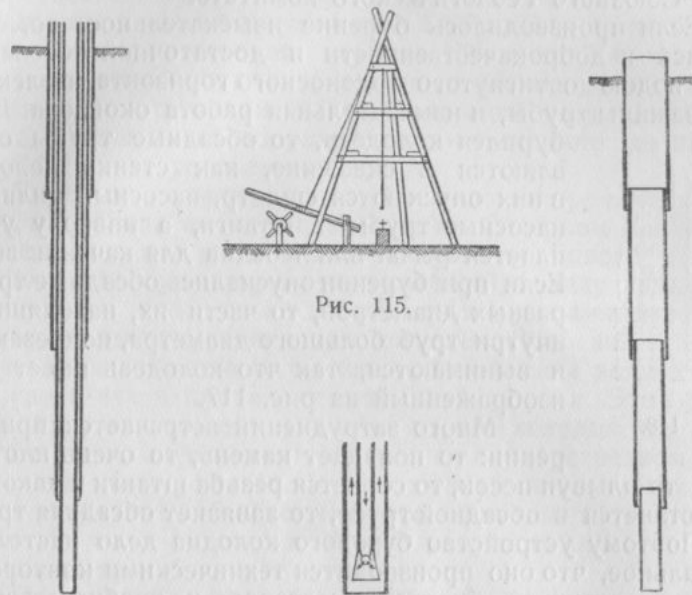


Рис. 115.

Рис. 114.

Рис. 116.

Рис. 117.

к треноге подвешивается блок, через который перекидывается канат, привязываемый к ушку на верхней штанге; тягой за этот канат и производится извлечение из скважины бурового инструмента с захваченным грунтом. Натягиванием и спуском каната производится ударное бурение желонкой и долотом. Натягивание каната для извлечения бура из скважины производится лебедкой, а для создания ударов—рычагом (балансиром). Такова схема работ изыскательного и окончательного для устройства колодца бурения до надежной грунтовой воды. При глубоком бурении подъем и опускание инструментов в скважину производится двигателем.

При глубоких скважинах применяют промывное бурение, пуская воду сверху под большим напором через труб-

чатые штанги вниз скважины; у основания рабочего наконечника, через отверстие в нем, эта вода выходит из трубчатых штанг и, быстро гонимая вверх между стенками штанг и обсадной трубы, увлекает за собой размельченные наконечником частицы грунта (рис. 116).

При всякого рода бурении необходимо вести журнал бурения, брать образцы грунта регулярно через 1 м и при всякой перемене грунта. Образцы передаются в областной орган Союзного Геологического комитета.

Если производилось бурение изыскательное, то, убедившись в доброкачественности и достаточной обеспеченности водою достигнутого водоносного горизонта, извлекают из скважины трубы, и изыскательная работа окончена. Если бурился колодезь, то обсадные трубы остаются в скважине, как стенки колодца; в них опускаются фильтр, насосный цилиндр, насосные трубы и штанги, а наверху укрепляется рычаг или лебедка для качания воды. Если при бурении опускались обсадные трубы разных диаметров, то части их, находящиеся внутри труб большого диаметра, подрезаются и вынимаются, так что колодезь имеет вид, изображенный на рис. 117.



Рис. 118.

Много затруднений встречается при бурении: то попадает камень, то очень плотная глина, то плавун песок, то сорвется резьба штанги и наконечник останется в обсадной трубе, то завязнет обсадная труба.

Поэтому устройство бурового колодца дело настолько специальное, что оно производится техническими конторами, помощью опытных буровых мастеров и требует дорого стоящих инструментов.

Так как вода в глубоких водоносных горизонтах находится обычно под напором, то в обсадной трубе бурового колодца вода устанавливается выше уровня водоносного горизонта; напр., водоносный горизонт залегает на расстоянии 100 м от поверхности земли, а вода в буровой скважине устанавливается на расстоянии 10 м от поверхности (рис. 118). Это обстоятельство очень облегчает подъем воды насосом. Если же напор так велик, что вода в скважине поднимается выше поверхности земли, то получается весьма ценный колодезь с самоизливающейся водой так называемый артезианский колодезь.¹

¹ В технической литературе артезианскими колодцами называются все колодцы, в которых вода находится под естественным напором и поднимается выше водоносного горизонта, независимо от того, доходит она до поверхности земли или нет.

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 они артезианскими. Их очень много устроено в Алжире для орошения, в Америке и других странах. Первый самоизливающийся колодезь в России был устроен в нынешнем Детском селе под Ленинградом в 1832 г., затем в Ленинграде во дворе Экспедиции заготовления государственных бумаг в 1861 г. глубиной 200 м; в Москве первый такой колодезь устроен в 1867 г. Под всем Московским районом залегает на глубине 100 м слой известняков каменноугольной системы, насыщенной напорной водой, собирающейся с Валдайской и Орловской возвышенностей; из этого слоя вода поднимается по скважине до высоты 125—130 м над уровнем моря.

Колодцы с самоизливающейся водою встречаются у нас единично. Лишь на юге: в Крыму, на Северном Кавказе их устроено значительное число. Устройство нового колодца в районе уже существующего ослабляет подачу воды в существующем, что и стало наблюдаться в указанных районах распространения артезианских колодцев. Особенно это истощение происходит потому, что изливающаяся вода в большей своей части пропадает зря, стекая в реки. Это обстоятельство понижающего влияния одного колодца на дебит другого заставляет поднять вопрос о государственном регулировании дела устройства и эксплуатации самоизливающихся колодцев. Необходимо для возможности устройства большого числа колодцев беречь воду глубоких слоев от напрасных трат.

Простейшей формой трубчатого колодца является абиссинский колодезь. В мягкий или рыхлый грунт, при условии залегания грунтовой воды не далее 7 м, забивается или ввертывается железная труба, диаметром 2½—7 см; углубляемый в землю конец этой трубы снабжен или 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 они быстро устанавливаются и по миновании нужды могут быть так же быстро извлечены из земли; своим названием они обязаны тому обстоятельству, что устраивались англичанами во время войны в Абиссинии (1867 г.). В СССР они большого распространения не имеют.

Стоимость устройства бурового колодца складывается из следующих статей:

Устройство буровой вышки и разборка ее, износ вспомогательных труб, ворота, каната и пр.
 Бурение скважины, установка труб и насосов
 Стоимость труб обсадных диаметром 11,4 см, труб нагнетательных диаметром 5 см (при глубине колодца до 45 м)
 Стоимость медного насосного цилиндра и качалки
 Стоимость клапана заборного, воздушного клапана, тяг железных к поршню и пр.
 Плотничьи работы по устройству деревянной будки над колодцем и стоимость материала
 Мощенные вокруг колодца
 Довоенная суммарная стоимость такого колодца определялась в 1600 рублей.

§ 68 КАПТАЖ ГРУНТОВЫХ ВОД

Каптаж заключается в собирании выходящих на поверхность земли грунтовых вод в целях 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 подножья 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) работа по каптажу 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 вбиваются четырехугольником вертикальные ряды пластин, или устанавливают бетонное кольцо или бочку с вынутым дном. После этого продолжают со дна вычерпывать песок, осаживая постепенно сруб, кольцо и т. п. вниз на столько, чтобы вода, наполняющая очищенное пространство, могла вытекать через боковое отверстие в стенке; чтобы подача воды (дебит) ключом не уменьшалась, или, хуже того, ключ не пробил себе другого выхода, высота воды в каптирующем колодце не должна быть значительна; на дно шахты желательна на-

сыпать гравия (мелкого камня) или щебня (битого камня). Вода для употребления берется или непосредственно из каптирующего колодца, что нежелательно, или выводится из него по трубе в запасный резервуар; в этом случае каптирующий колодезь должен быть сверху закрыт и крышка его может быть засыпана землей. (рис. 119)

Если грунтовая вода выходит наружу полосой вдоль подошвы склона, то для целей каптажа следует предварительно точно выяснить условия залегания водоносного слоя: его толщину, его основание, наклон, протяжение вдоль балки. Для этого бурят одну скважину ниже места выклинивания воды, другую скважину—выше места выклинивания воды,

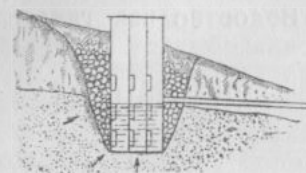


Рис. 119.

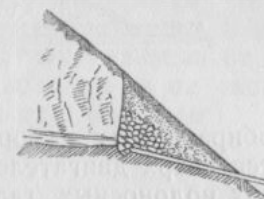


Рис. 120.

по возможности до породы, подстилающей водоносный горизонт; если подстилающая водоупорная порода лежит глубоко и достать ее простым бурением трудно, то ограничиваются констатированием этого обстоятельства. 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 (рис. 120). На дно этой канавы с небольшим уклоном укладываются впритык друг к другу дренажные гончарные трубы, или деревянные трубы с отверстиями для прохода воды, или фашины. Уложенная водопроводная линия засыпается до верхнего уровня водоносного слоя камнем или щебнем, а сверху до поверхности земли забивается глиной; вырытую канаву возможно засыпать щебнем и без укладки каких-либо труб; дно канавы в проницаемом песке полезно бетонировать. Собирающаяся в подземной траншее грунтовая вода подходит к выходному отверстию и поступает в сборный обделанный резервуар-яму или проводится по трубам в нужные места.

Каптаж грунтовых вод представляет много разнообразия и приемы его зависят от наличия материалов, условий выхода воды и потребления ее.

В Туркменистане, на Кавказе и в различных странах Азии добывают воду из подземных горизонтов помощью прорытия в водоносном горизонте подземной галереи, по которой вода выводится на земную поверхность (рис. 121).

От галереи идут, метров через 20 и чаще, к поверхности земли вертикальные колодцы, необходимые для подъема земли при прорытии галерей и для вентиляции; совокупность подземной водосборной галереи, вертикальных колодцев, водоотводной галереи, открытой водоотводной канавы составляет кяриз; таких кяризов особенно много в Персии и в пограничной с ней полосе. Водоотводная галерея мо-



Рис. 121.

жет собирать воду в сборный колодец, из которого она поднимается вверх двигателем. Кяриз может состоять и из нескольких водоносных галерей, имеющих один выход на дневную поверхность; в слабом грунте галерея требует крепления деревом и камнем. Устройство кяриза начинается с прорытия вертикальных колодцев, в которые затем спускаются кяризики и соединяют их галереей, работая при отсутствии воды встречно; размер галереи таков, что работать в ней можно только сидя; землю поднимают через колодцы в мешках помощью ворота. Работают по пробойке галереи группами по 4 человека: забойщик, нагрузчик земли в мешок и подтаскивающий к колодцу, двое рабочих наверху для подъема мешка и отброса земли. Уклон галереи—0,002—0,005. Длина галерей в Персии и Афганистане—от 1 до 50 км, в Туркмении—не свыше 10 км, из которых на долю водосборной галереи приходится иногда меньшая часть.

Глубина заложения галереи около 20 м. Проводка нового кяриза длиной около 2000 м в обычных условиях грунта Туркмении продолжается целый год и требует затраты около 10 000 руб., давая около 40 л воды в секунду.

Снежники.¹ „В Сибири, в южных районах, для обеспечения водой на время полевых работ часто устраиваются снежники; это своего рода искусственные ключи.

¹ Из книги: Синельников, Н. Отыскание подземных вод. 1926.

Снежник представляет собой продолговатую яму глубиной около 2 м и емкостью около 30 куб. м. 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 колодезь глубиной около 1,5 м. Ранней весной, когда снег уплотняется, набивают яму снегом и последний трамбуют. Сверху снег прикрывается 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 вынута из него деревянной пробки—чона поступать в бак. Вместо бака применяют обыкновенную бочку; ее опускают на 0,7 м ниже уровня выходного отверстия“.

1 куб. м утрамбованного снега может дать до 200 л воды.

„В снежниках с плотно утрамбованным снегом и тщательно прикрытых снег может держаться до 3 месяцев. Необходимо следить, чтобы вода, поступающая от таяния снега, постепенно отводилась в колодезь и не скоплялась в яме, так как тогда таяние снега идет быстрее“.

ПРУДОВЫЕ ПЛОТИНЫ

§ 69. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Пруды устраиваются двоякого рода—выкопанные в грунте, называемые „копань“, и подпорные, создаваемые задержанием снеговой и дождевой воды помощью плотин.

Копаные пруды устраиваются по склонам или в низменных местах; глубина их обычно не свыше 2 м и вода держится в них все лето, вследствие пополнения дождевой и ключевой водой и малого испарения. В весеннее время большого прохода воды через них нет. Цель их—водопой скота, противопожарные мероприятия, хозяйственные нужды.

В южной же и юго-восточной части РСФСР мелкий копаный пруд в середине лета остался бы без воды, вследствие значительного испарения и потребления воды; здесь необходимы пруды большие по глубине и по площади поверхности воды; их возможно создать толькостроив на глубоком овраге (балке, яру, логе, ерике) плотину для задержания весенней воды в таком количестве, чтобы ее хватило на все лето и зиму без расчета на летнее пополнение от дождей. Такой пруд на юго-востоке РСФСР и почти по всему чернозему является обычно необходимым условием для образования поселка, промышленного предприятия или для пастьбы скота; пруд и колодезь дополняют друг друга—первый служит здесь для водопоя скота и на случай пожара, второй дает питьевую воду. Понятно, что устройство такого пруда на черноземе и юго-востоке сводится к устройству надежной плотины, задерживающей весеннюю воду.

Плотины вообще делаются из земли, дерева, камня и железа. В дальнейшем изложении разумеются только земляные плотины, устраиваемые в целях водоснабжения селений, промпредприятий и орошения земель накопленными весенними водами. Плотины же, устраиваемые на реках в целях установки водяных двигателей, улучшения условий судоходства и отвода воды для орошения, рассматриваются в специальных курсах гидротехнических сооружений.

Исходные нормы. Весенний запас воды 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 в течение лета. По старым наблюдениям в Каменно-степном опытном лесничестве в Центрально-Черноземной области уровень воды от испарения и просачивания понижался за лето:

	1894 г.	1895 г.	1896 г.	
Большеозерский пруд . . .	0,91 м	1,27 м	0,88 м	
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 в пруде на территории полей Воронежского Сельскохозяйственного института снижение горизонта шло следующими темпами:

В 1926 г. после весеннего максимума за 6 дней уровень воды в пруде снизился на 1 м, а всего в течение лета снизился на 3,2 м.

В 1927 г. уровень воды в том же пруде снизился: на 1 метр через 11 дней после прохода весенней воды
 „ 2 „ „ 21 „ „ „ „ „ „ „ „
 „ 2,5 „ „ 34 „ „ „ „ „ „ „ „
 „ 3,2 „ к осени.

Площадь зеркала воды в пруде при высшем горизонте около 8000 кв. м, при низшем—4330 кв. м. Потребления воды из пруда, кроме водопоя нескольких голов рогатого скота, не было.

Таким образом на испарение и просачивание воды из пруда надо предусматривать слой воды в условиях Центрально-Черноземной области —3,0 м.
 На потребление воды для хозяйственных нужд —1—1,5 м,
 на заиливание дна с течением времени —0, 5„

Минимальная глубина воды в пруде весной —4,5 м.
 Если же имеется в виду наличие в пруду рыбы, то к этой минимальной глубине следует прибавить:
 на толщину льда зимой — — —0,7 м,
 на запас воды под льдом — — —0,7 „

Общая глубина воды весной 6,0 м.

§ 69. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Пруды устраиваются двоякого рода—выкопанные в грунте, называемые „копань“, и подпорные, создаваемые задержанием снеговой и дождевой воды помощью плотин.

Копаные пруды устраиваются по склонам или в низменных местах; глубина их обычно не свыше 2 м и вода держится в них все лето, вследствие пополнения дождевой и ключевой водой и малого испарения. В весеннее время большого прохода воды через них нет. Цель их—водопой скота, противопожарные мероприятия, хозяйственные нужды.

В южной же и юго-восточной части РСФСР мелкий копаный пруд в середине лета остался бы без воды, вследствие значительного испарения и потребления воды; здесь необходимы пруды большие по глубине и по площади поверхности воды; их возможно создать только устроив на глубоком овраге (балке, яру, логе, ерике) плотину для задержания весенней воды в таком количестве, чтобы ее хватило на все лето и зиму без расчета на летнее пополнение от дождей. Такой пруд на юго-востоке РСФСР и почти по всему чернозему является обычно необходимым условием для образования поселка, промышленного предприятия или для пастьбы скота; пруд и колодезь дополняют друг друга—первый служит здесь для водопоя скота и на случай пожара, второй дает питьевую воду. Понятно, что устройство такого пруда на черноземе и юго-востоке сводится к устройству надежной плотины, задерживающей весеннюю воду.

Плотины вообще делаются из земли, дерева, камня и железа. В дальнейшем изложении разумеются только земляные плотины, устраиваемые в целях водоснабжения селений, промпредприятий и орошения земель накопленными весенними водами. Плотины же, устраиваемые на реках в целях установки водяных двигателей, улучшения условий судоходства и отвода воды для орошения, рассматриваются в специальных курсах гидротехнических сооружений.

Исходные нормы. Весенний запас воды 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 в течение лета. По старым наблюдениям в Каменно-степном опытном лесничестве в Центрально-Черноземной области уровень воды от испарения и просачивания понижался за лето:

	1894 г.	1895 г.	1896 г.	
Большеозерский пруд . . .	0,91 м	1,27 м	0,88 м	
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 в пруде на территории полей Воронежского Сельскохозяйственного института снижение горизонта шло следующими темпами:

В 1926 г. после весеннего максимума за 6 дней уровень воды в пруде снизился на 1 м, а всего в течение лета снизился на 3,2 м.

В 1927 г. уровень воды в том же пруде снизился:

на 1 метр	через 11 дней	после прохода	весенней воды	
„ 2 „	„ 21 „	„ „	„ „	„
„ 2,5 „	„ 34 „	„ „	„ „	„
„ 3,2 „	к осени.			

Площадь зеркала воды в пруде при высшем горизонте около 8000 кв. м, при низшем—4330 кв. м. Потребления воды из пруда, кроме водопоя нескольких голов рогатого скота, не было.

Таким образом на испарение и просачивание воды из пруда надо предусматривать слой воды в условиях Центрально-Черноземной области —3,0 м.
 На потребление воды для хозяйственных нужд —1—1,5 м,
 на заиливание дна с течением времени —0, 5 „

Минимальная глубина воды в пруде весной —4,5 м.

Если же имеется в виду наличие в пруду рыбы, то к этой минимальной глубине следует прибавить:

на толщину льда зимой	—	—0,7 м,
на запас воды под льдом	—	—0,7 „

Общая глубина воды весной 6,0 м.

Слой потребления воды, ради которого и делается пруд, правильно исчислять конечно не высотой, а объемом содержащейся в нем воды, установив при этом величину потреб-

этом месте, состоящие в исследовании грунта, нивелировке и в детальном выяснении положения оси плотины и водопропуска.

Исследование грунта производится вырытием лопатой пробных ям, так называемых шурфов, на дне и по откосам

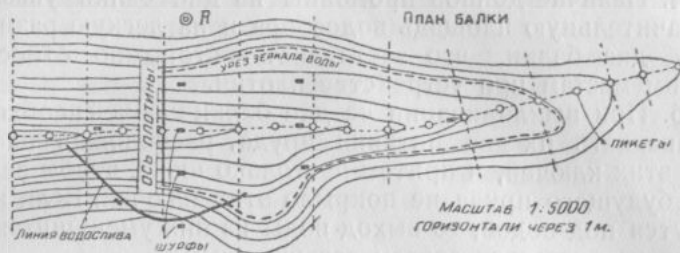


Рис. 122.

балки. Не менее трех шурфов закладывается по оси будущей плотины, затем один—по дну балки ниже плотины и несколько шурфов—по дну балки на месте будущего пруда; расположение их показано на рис. 122. По вынимаемому из ямы грунту точно судят о роде его, а по стенкам ямы—о структуре грунта; в этом состоит преимущество шурфования перед исследованием бурением, при котором структура грунта не видна.

Если шурфование покажет, что до глубины 1,5 м залегает все еще ненадежный в отношении водонепроницаемости грунт (нанос, песок, мел), а место для плотины во всех остальных отношениях подходящее, то исследование грунта на большую глубину следует производить или ударным буром-стаканом (рис. 123) или буром Войслава (рис. 113) еще метра на два. При нахождении на такой глубине проницаемого для воды грунта придется отказаться от устройства земляной плотины в этом месте.

Если предполагается брать землю для насыпки тела плотины со дна будущего пруда, то необходимо установить род грунта, который будет открыт 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 плотин с загнутыми вверх по балке концами (черт. 124).

Место под водослив должно быть исследовано дополнительно шурфами или бурением на всю глубину выемки под водослив. Обычное расположение водослива—на одной

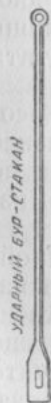


Рис. 123.

из сторон балки с выводом его на дно балки позади тела плотины. Но в равнинных местностях иногда бывает возможно более удачное расположение водослива, с выводом воды в примыкающую боковую балку или в вершину „отходящей балки“ (рис. 125).

В случае недостаточной величины площади водосбора для наполнения пруда весенней водой по указанным выше нормам стока иногда бывает возможно увеличить приток воды в пруд, направляя в него воду по специальным водосборным канавам с ближайших поверхностей (рис. 126) и даже вершин соседних оврагов.

После того как исследованиями грунта будет установлено, что вода в пруде будет держаться и плотина здесь может быть устроена, приступают к нивелировке.



Рис. 124.

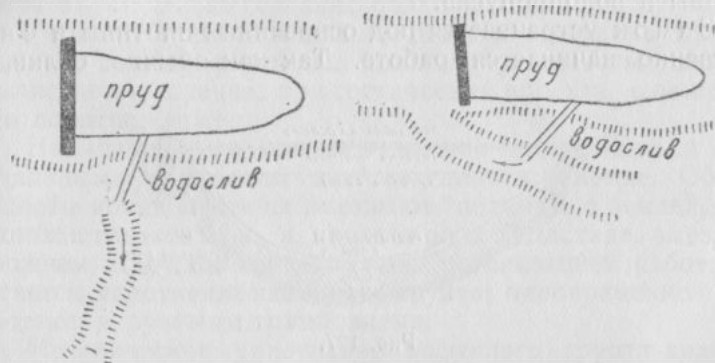


Рис. 125.

По дну балки намечают ось нивелировки с постановкой на ней пикетов через 50 м и особо на поворотах; нивелировка должна захватить протяжение метров 100 ниже плотины и быть проведена вверх по балке на протяжении 200 м дальше зеркала воды будущего пруда. Через 50—100 м берутся до краев балки поперечные ходы с постановкой пикетов через 10—40 м, сообразуясь с рельефом (рис. 122). Угломерным инструментом является при этих работах гониометр.

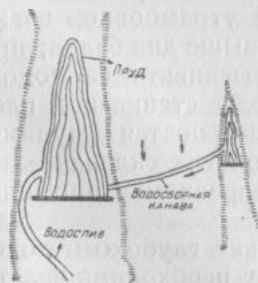


Рис. 126.

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 с надписями на пикетах условных высотных отметок. По этим данным проводятся затем на плане горизонтали местности и составляется технический проект.

Если площадь водосбора пруда не может быть определена достаточно точно по 3-верстной карте или по планам, то является необходимым пройти с мерной лентой и с нивелиром до водораздельной линии в продольном и поперечном направлениях водосбора.

§ 71. СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ПЛОТИНЫ.

Плотина состоит из трех основных частей: замка, тела плотины и водопропуска.

Замок устраивается под основанием плотины и с него собственно начинается работа. Так как обычно балки, на



Рис. 127.

которых устраиваются пруды, летом сухи, то плотина делается без всяких предохранительно-подготовительных работ. Поперек балки, значит по оси плотины, роется траншея—канавка шириной метра полтора и такой глубины, чтобы врезаться в водонепроницаемый грунт (рис. 127). Затем эту траншею заполняют послойно с плотной утрамбовкой влажной жирной глиной, выводя ее немного выше дна балки; при слишком сухой глине желательнее sprыскивать ее водой. Замком создается непроницаемая для воды стенка под плотиной. При крутых склонах балки траншея роется уступами, и замок получается уступчатый, при пологих склонах—дно траншеи делается параллельным поперечному профилю балки—криволинейный замок.

Если водонепроницаемый грунт лежит глубоко и докопать до него траншею трудно, а плотину необходимо делать в данном месте, то устраивают замок из шпунтового ряда

досок или бревен. Прорыв на возможную глубину обычную траншею, вбивают в дно ее вертикальный ряд толстых досок с плотной пригонкой их друг к другу; концы досок такого шпунтового ряда вгоняются в лежащий глубже дна прорытой траншеи водонепроницаемый грунт. Это будет надежный замок под плотиной, но в таких условиях приходится опасаться фильтрации воды из пруда в стороны балки, в обход плотины.

Тело земляной плотины ограничено основанием, откосами и гребнем; оно бывает однородным и с включением ядра. На всей площади основания плотины снимается верхний растительный слой на глубину 0,2 м, обнаженная поверхность грунта балки взрыхляется; только после этого начинается насыпание тела плотины; снятием растительного слоя достигается удаление из-под плотины ограниченного вещества вместе с возможными норами животных; взрыхление грунта имеет целью создание большей связи между материком и насыпной землей плотины. Ширина основания плотины в разных точках различна, зависит от высоты плотины и вычисляется заранее, при составлении проекта, о чем будет дано понятие ниже.

Насыпание тела плотины должно производиться горизонтальными слоями по всей ее длине и ширине. Обычно с одного конца плотины въезжают подводы с землей, опоражниваются, где надо, и, проехав по всей плотине, выезжают порожнем в другом конце. Такой организацией работы достигается уплотнение насыпного грунта; одновременно с этим работают и ручными трамбовками.

Механическое уплотнение насыпного грунта является самой существенной стороной работ по сооружению земляной плотины. Но оно может быть хорошо выполнено лишь при употреблении для насыпки тела плотины влажного грунта; поэтому для надлежащего уплотнения насыпаемого сухого грунта его следовало бы обрызгивать водой. Употребление легких катков бесполезно, оно дает обманчивый лишь внешний результат. Особенная тщательная утрамбовка насыпаемого грунта должна производиться по концам плотины, в местах сопряжения с материковым грунтом балки.

Ручная возка земли производится тачками по катальным доскам шириной 20—23 см, толщиной 6 см, выгодно укладывать доски с уклоном 0,04, чтобы груженные тачки шли под гору; считается, что при расстоянии до 120 м выгоднее ручная возка, при расстоянии более 120 м выгоднее конная возка грунта.

Конная возка производится у нас обычно на четырехколесных телегах, кузовом которых является или специаль-

ная опрокидывающаяся полукруглая коробка, свободно привязанная к дорогам, или кузов образуется заложенными за выступающие брусья съемными досками.

Лучшим грунтом для однородного тела плотины является суглинок; чистая глина не годна, так как она образует при высыхании трещины, а насыщенная водой разбухает и требует пологого откоса. Грунт берут или сбоку плотины со склонов балки, или со дна балки, отступая вперед метров на 20 от основания плотины; в последнем случае выемкой земли со дна увеличивается глубина воды в пруде, что конечно полезно; но если дно балки ненадежно в отношении водонепроницаемости, то снятием верхних слоев можно увеличить фильтрацию воды из будущего пруда и тем нанести ущерб надежности водного запаса.

Место выемки грунта называется в технической литературе карьером. Вес 1 куб. м земляного грунта находится в пределах 1000—2000 кг и редко доходит до 2500.

Тело плотины сужается кверху и ограничивается откосами. Откос плотины, обращенный книзу балки, так называемый „сухой откос“, получает обычно двойное заложение: это значит, что длина l основания откоса в два раза больше высоты h . Откос, обращенный к воде, так называемый „мокрый откос“, имеет тройное заложение, т. е. положение сухого откоса; это делается потому, что грунт, смачиваемый водою пруда и подтачиваемый прибоем воды, менее устойчив, чем сухой; он легче сползает и обваливается.

Ширина плотины поверху делается обычно в 4 м для возможности проезда. Высота насыпи делается первоначально на 15% большей, чем должна быть высота плотины; этим предвидится неизбежная осадка насыпного грунта. Окончательная же высота плотины после осадки должна быть на 1,2 м выше уровня воды в пруде к моменту спада весенней воды.

После окончания насыпки тела плотины производится трамбовка и выравнивание откосов, называемое планированием откосов.

Таков самый простой способ 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 плотина окончена осенью, и ее поверхность замерзнет, то продолжающая оседать внутренняя часть плотины отстанет от замершей части; получающиеся вследствие этого пустоты опасны при весеннем напоре воды (рис. 128).



Рис. 128.

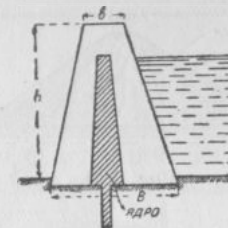


Рис. 129.

Иногда рекомендуется устраивать плотину с ядром из более непроницаемого грунта, например в простейшем случае из глины; это так называемый английский способ устройства плотин (рис. 129). Вообще говоря в наших небольших плотинах этого делать не нужно, лучше делать их однородными. Но и при устройстве высоких ответственных плотин закладка особого ядра из более плотного грунта может считаться нежелательной: если тело плотины будет неоднородно, то неоднородна будет и осадка, а это последнее обстоятельство может повлечь за собой образование трещин в плотине. В высоких американских плотинах глиняное ядро обычно отсутствует. Устройство глиняного ядра может иметь

оправдание при недостатке хорошего материала для всей плотины, но и тогда переход от ядра к остальному телу плотины должен быть постепенным. Но конечно ядро в виде диафрагмы из сплошного листа железа или из шпунтовой деревянной стенки было бы для высокой плотины с большой высотой напора воды полезно.

Имеется еще так называемый французский¹ способ устройства земляных насыпных плотин, состоящий в том, что слой насыпаемой в тело плотины земли опрыскивается вяжущим раствором: известью, цементом; получается нечто в роде слабого монолита.

Наконец в США теперь применяется в возможных случаях при устройстве больших ответственных плотин намывной способ, дающий наиболее непроницаемое земляное тело плотины. Сущность этого способа сводится к тому, что тело плотины слагается оседающим из воды взмученным грунтом, который приносится на место устраиваемой плотины потоком воды, направляемым сюда искусственно по каналу и по желобам.

Разработка грунта в карьерах в этом случае производится струей воды, выбивающейся под сильным напором

¹ Названия эти — „английский“, „французский“ — стары и не обозначают, что обязательно так делается в Англии и Франции.

из наконечников; этой же водой грунт гонится по деревянному желобу к месту устройства плотины; уклон желобов—от 0,02 до 0,1.

Распределение притекающего с водой грунта по телу плотины производится по вспомогательным желобам. Приводящий главный желоб 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 желоба, песок продвигается на некоторое расстояние внутрь, а глина отлагается в центре плотины. В результате получается

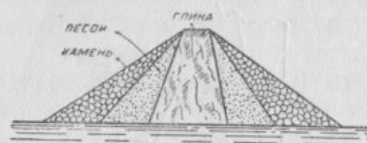


Рис. 130.

плотина из трех отсортированных основных элементов (рис. 130).

Мокрый откос земляной плотины должен быть укреплен по линии соприкосновения с поверхностью воды пруда. Укрепление может быть разнородно: плетнем, состоящим из линии кольев, оббитых прутьями, или стенкой из досок, или каменным мощением. Иногда прочным плетнем на кольях укрепляется и основание мокрого откоса, что уменьшает возможность сползания земли с откоса на дно пруда.

Для укрепления мокрого откоса рекомендуется посадка на нем кустарниковых ив. Крупные же деревья хорошо связывают своими корнями тело плотины, но эти же корни при отмирании могут создать пути для фильтрации воды через плотину. Поэтому посадка деревьев на плотинах в технических руководствах не рекомендуется, но обычай этот прочно укрепился в сельской практике и может быть имеет за собой основания, так как деревья защищают откосы и гребень плотины от непосредственного действия дождя и жара.

В результате обследования 1921—1925 гг. прудовых плотин по Пугачевскому району Средне-Волжского края получены следующие цифры:¹

Наличие посадок	Всего	Из них %			Всего %
		действующих	поврежденных	прорван.	
Плотин с посадками . .	562	37	25	38	100
Плотин без посадок . .	413	17	19	64	100

¹ По сообщению Б. А. Можаровского.

Из таблицы видно, что вообще % исправных плотин, после периода войны и революции, оказался невелик, но все же плотины с древесными посадками оказались более устойчивыми.

В результате организованного в 1927 г. А. Дубахом обследования плотин в Центрально-Черноземной области влияние древесных посадок на плотинах оказалось также благоприятным на устойчивость плотин, что видно из следующих цифр:

Б. уезды в границах 1927 г.	Число обследованных плотин	Промыто плотин в %	
		Без древесной растительности	С древесной растительностью
Воронежский	659	30,7	11,4
Новохоперский	314	32	20

Сухой откос оставляется обычно без технических укреплений; для уменьшения размывания дождевыми водами его полезно засеять травяной смесью.

При плотинах выше 10 м поперечный профиль их усложняется устройством на обоих откосах уступов—берм (рис. 131), уменьшающих возможность сползания мокрого откоса и возможность размывания сухого откоса стекающими по нем дождевыми водами. На очень больших плотинах эта стекающая по откосу вода собирается в мощный лоток на берме и спокойно отводится по нему к сторонам плотины, откуда по лоткам же попадает на дно балки.

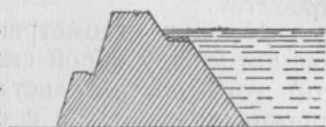


Рис. 131.

§ 72. ОБЪЕМ ПЛОТИНЫ И ПРУДА

Объем тела земляной плотины может вычисляться грубо, приближенно и точно. Грубое вычисление предварительного характера производится следующим образом.

Вычисляют площадь поперечного сечения плотины в самом глубоком месте балки (рис. 129).

$$\frac{b+B}{2} \cdot h$$

и умножают ее на половину длины плотины:

$$\frac{b+B}{2} \cdot h \cdot \frac{L}{2} = W.$$

Это и есть грубо вычисленный объем плотины, но дающий часто близкие к истине результаты.

При двойном заложении сухого откоса и тройном заложении мокрого откоса, вместо B , можно подставить $b + (2 + 3) \cdot h$, и тогда:

$$W = \frac{2 \cdot b + 5 \cdot h}{2} \cdot \frac{L}{2}.$$

Приближенный способ вычисления объемов плотины состоит в вычислениях объема насыпи между каждой парой пикетов. Если площадь поперечного сечения плотины на 2-м пикете равна F_2 , а на 3-м смежном пикете— F_3 , и расстояние между пикетами l , то приближенный объем насыпи между этой парой пикетов:

$$W = \frac{F_2 + F_3}{2} \cdot l.$$

Суммируя объемы между каждой парой пикетов, получают объем всей плотины. Это и есть обычный способ вычисления объемов плотины, применяемый при составлении проектов.

Наконец геометрически точное вычисление объема насыпи между парой смежных пикетов производится с учетом того обстоятельства, что тело насыпи между двумя смежными пикетами есть призматок; точный объем призматокда получается, если из выражения:

$$\frac{F_2 + F_3}{2} \cdot l$$

вычесть поправку

$$t^2 \frac{m + n}{12} \cdot l,$$

где t есть разность высот на двух смежных пикетах m и n —заложение мокрого ($m = 3$) и сухого ($n = 2$) откосов l —расстояние между смежными пикетами.

Высота плотин. Самыми высокими земляными плотинами в мире являются две плотины в Калифорнии в 73 и 61 м.

В СССР из работающих и описанных земляных плотин наибольшую высоту имеет плотина на балке Малая Тингута в 32 км от г. Красноармейска (б. Сарепта), образующая скопление воды для правильного орошения в течение всего лета тысячи га культур. Высота плотины около 15 м, длина—450 м, ширина по верху—10 м. Сухой или низовой, откос имеет полуторное заложение без промежуточной бермы и без крепления; мокрый откос тройной, с промежуточной

бермой—уступом, укрепленный камнем, плетнем и посадкой ивы; нижняя часть мокрого откоса укреплена фашинами. Плотина эта впервые была устроена в 1881 г. меньших размеров, но после того времени несколько раз ремонтировалась и увеличивалась в высоту до указанных размеров.

Объем воды в пруде вычисляется 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. 132); сечение пруда у плотины приближенно принимают за треугольник, тогда площадь основания пирамиды равна $\frac{b \cdot h}{2}$, где b —ширина зеркала воды у плотины, h —глубина воды там же. Объем пирамиды равен площади ее основания, умноженной на треть высоты; высота пирамиды в данном случае есть длина пруда l , и потому приближенный объем воды в пруде равен:

$$V = \frac{b \cdot h}{2} \cdot l \cdot \frac{1}{3}.$$

Этот способ вычисления дает преуменьшенный результат, так как сечение пруда у плотины не треугольник, а фигура большей площади.

Большое число произведенных приближенных вычислений и сопоставление их с результатами точных вычислений указывает, что результат получается ближе, если принимать очертание берегов балки у пруда за параболу, а не треугольник, тогда площадь сечения воды у плотины равна $\frac{2}{3} \cdot b \cdot h$, а объем воды в пруде:

$$V = \frac{2}{3} \cdot b \cdot h \cdot l \cdot \frac{1}{3} = \frac{2 \cdot b \cdot h \cdot l}{9}.$$

Точное вычисление объема пруда производится по площадям его поперечных сечений в разных расстояниях от плотины или по площадям горизонталей, проведенных на плане балки в результате съемки ее при предварительных изысканиях; объем воды между каждой парой горизонталей точно вычисляется по формуле объема усеченного конуса:

$$V_{1-2} = \frac{h}{3} (f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 \cdot f_2}),$$

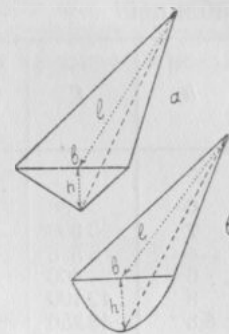


Рис. 132.

где f_1 и f_2 —площади, охватываемые парой смежных горизонталей, h —высотное расстояние между горизонталями. Или вычисляют по более простой формуле, дающей мало отличающийся результат, беря полусумму площадей:

$$\frac{f_1 + f_2}{2} \cdot h.$$

Вычисления объема воды в пруде располагаются следующей таблицей:

h	f	$\sqrt{f_1 \cdot f_2}$	$\frac{f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 \cdot f_2}}{3}$	$\frac{h}{3}$	Объем между парой гориз.	Весь объем W
0	38	—	—	—	—	—
2	3 800	1 194	5 032	0,66	2 321	3 321
4	8 525	5 692	18 017	0,66	11 891	15 212
6	24 400	14 423	47 348	0,66	21 249	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 вычисленной таблице строится график объемов пруда.

Принципы расчета тела земляных плотин. Наши земляные плотины, при ширине по верху в 4 м, никакого инженерного поверочного расчета не требуют; они вполне удовлетворяют требованиям прочности. Но все же полезно усвоить, каким, вообще говоря, условиям прочности должна удовлетворять всякая плотина. Этим условиям три:

1) Плотина должна противостоять опрокидывающему действию воды; вода давит на одну сторону плотины с силой P (рис. 133), которая стремится всю плотину повернуть 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. Как вычисляется величина сил P и Q в т и плечи их h и l в м—излагается в специальных курсах.

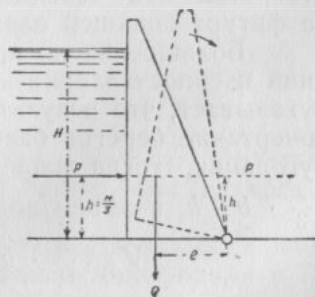


Рис. 133.

2) Плотина по любой из горизонтальных плоскостей в теле ее должна противостоять сдвигающему действию P бокового давления воды на стену плотины (рис. 134). Этому сдвигу противодействует сила, выражаемая весом Q тела плотины, умноженному на коэффициент трения грунта плотины по плоскости основания и всякому другому горизонтальному сечению.

3) Под действием напора из пруда вода просачивается в тело плотины и образует в плотине уровень как бы грунтовой воды; этот уровень воды, или линию насыщения в теле плотины, можно наблюдать обычным для грунтовой воды

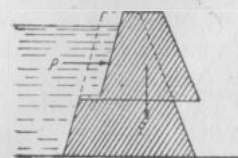


Рис. 134.

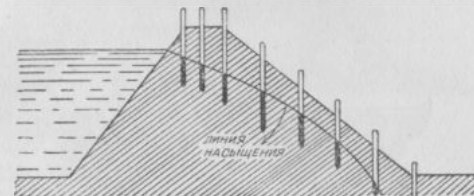


Рис. 135.

способом — смотровыми колодцами (рис. 135) из деревянных или железных труб. При предварительных расчетах принимают уклон линии насыщения в 0,3.

Если линия уровня напорной воды в теле плотины уходит в основание плотины, не пересекаясь с сухим откосом (как на рис. 135), то плотина надежна в отношении размыва просачивающимися водами; если же линия уровня напорной воды пересекает сухой откос, то плотина фильтрует через свое тело. Это явление безопасно, если фильтрующая вода не выносит с собой частиц грунта; если же фильтрующая вода мутна, то это является опасным признаком вымыва грунта, влекущего за собой усиление фильтрации и разрушение плотины.

§ 73. ВОДОПРОПУСКНОЕ УСТРОЙСТВО

Земляная плотина будет несомненно размыва, если вода начнет идти через гребень ее. Избыток снеговой воды должен безопасно для плотины отводиться через специальный водопропуск. Различают три типа водопропуска: водоспуск, водослив и труба.

Водоспуском называют отверстие, обычно в самом теле насыпной плотины, через которое можно спустить всю воду из пруда (рис. 136); это отверстие делается во всю высоту плотины и прочно обделывается деревом или камнем; в нуж-

ное время оно закрывается щитами. Водоспуск есть самое опасное место плотины; он должен быть устроен так, чтобы вода не подмывала его ни с боков, ни снизу; под ним и сбоку его обязателен шпунтовый ряд.

Водосливом называется водопропуск—отверстие, через которое может слиться из пруда вода лишь до определенного уровня, обычно до уровня на 1,2 м ниже гребня плотины (рис. 127). Устраивается водослив в виде обводной канавы, проходящей в стороне от плотины, в материковом грунте, с выпуском в ту же балку (рис. 126) или, что весьма благоприятно, в смежную (рис. 125) балку.

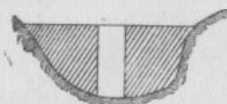


Рис. 136.

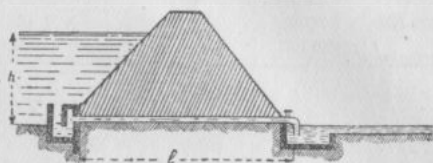


Рис. 137а.

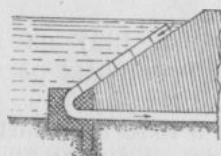


Рис. 137б.

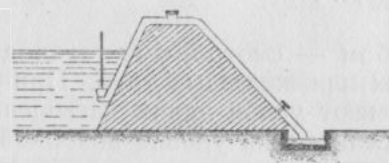


Рис. 137в.

Труба, прокладываемая в теле, плотины или перекидываемая через гребень плотины (сифон) (рис. 137а, б, в), служит обычно не для весеннего пропуска воды, а для выпусков 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 и когда водослив? Водоспуск, вообще говоря, сделать труднее; он обычно дает течь и при отсутствии надежного ухода повреждение его опаснее. Но 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; какая это площадь—будет показано дальше; 2) когда в пруд сносятся столь много земли с прилегающих полей, что она могла бы вызвать быстрое обмеление и даже занесение всего пруда; лишь при отверстии до дна плотины вся эта муть проносится водой вниз по балке, не задерживаясь в пруде.

Водослив в виде простой обводной канавы в земляном грунте устраивается лишь при мало ответственных плотинах или при площадях водосбора менее 100 га; такой водослив, вообще говоря, подвержен опасности размыва; размыв водослива начинается обычно с нижнего конца его, где вода поступает из водосливной канавы на дно балки; начинается этот размыв с какого-нибудь малого уступа-перепада и идет аналогично образованию оврага: падающая с уступика вода ударяет в дно, расходится воронкой и этим подмывает основание уступа; уступ обваливается (рис. 138). Если грунт тверд, то падающая вода, ударяясь о куски обваливавшегося уступа, бьет рикошетом по основанию и тем еще увеличивается размывающее действие. Таким процессом промоина продвигается постепенно вперед и доходит до пруда; пруд стекает. Этот прорыв, после спада вод, населением засыпается, а рядом делается новая водосливная канава, по которой через несколько лет образуется опять прорыв. Много можно видеть прудов с несколькими пересыпанными промытыми водосливами и, наконец, забрасываемых. Однако много можно видеть прудов и очень долго существующих с земляными водосливами. Дно земляного водослива должно иметь уклон не более $1/50$, т. е. на протяжении 50 м может быть падение по водосливу не более 1 м.



Рис. 138.

Более прочным водосливом является канава, по наклонному дну и откосам которой устроены поперечные плетни с настилом булыжного камня между плетнями; уклон такого мощного дна водослива не более 0,1.

Укрепление обыкновенно состоит в устройстве квадратных клеток, имеющих не более 2 м в стороне. Для установки плетней прокапываются траншеи глубиной и шириной в 0,4 м и в них забиваются кольца длиной около 1 м с таким расчетом, чтобы верх их возвышался над дном канавы и над поверхностью откосов на 0,2 м. Кольца как продольные, так и поперечные, плотно оплетаются хворостом от дна траншеи до верха; затем траншеи плотно забиваются глиной, клетки замазываются камнем по мху, мягкой соломе или соломоистому навозу. Следует непременно камень ставить на ребро, тщательно подгоняя один к другому: случайные промежутки следует расклинивать, при чем каменные клинья вгоняются трамбовками. По откосу канавы такое же укрепление устраивается полосой, шириной в 0,65—0,85 м. Плетневые клетки устраиваются в шахматном порядке. Дну канавы следует придавать легкую вогнутость, вид желобка.

Такая укрепленная канава состоит из трех частей: верхней—горизонтальной площадки длиной 4 м, средней—наклонной части длиной 16—21 м и нижней, на уровне дна тальвега, горизонтальной площадки длиной 4 м. Таким водосливным канавам придается падение не свыше 3 м. В некоторых случаях плетневые клетки устраиваются косые, линия их режет ось водослива под углом 45° .



Рис. 139.

Наклонное дно водослива может быть сделано досчатым, с шпунтовым рядом, и бетонным, с бетонным замком и полом (схема на рис. 139).

Второй класс водослизов—это водосливы ступенчатые; они также могут быть мощеные, деревянные и каменные. Устройство их сложно и ответственно.

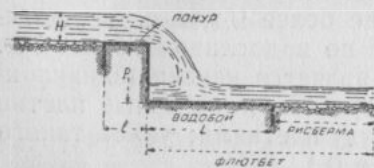


Рис. 140.



Рис. 141.

В водосливе с одним перепадом, или ступенью, различают следующие части (рис. 140):

1) понурный пол, начинающийся гидравлически там, где начинается понижение уровня воды перед водосливом; практическая длина его $l=2H$. Передняя часть обычно укрепляется каменным мощением, а задняя часть делается из материала, из которого сделан весь водослив,— дерева или камня;

2) перепад высотой в деревянных и каменных водосливах при прудовых плотинах—в 0,7—1,5 м;

3) водобойный пол, испытывающий удар падающей воды, сделанный из материала всего перепада.—дерева или камня; принимают, что длина этого пола должна быть не менее $L=2(H+P)$ или, по Этчевэру, $L=3$ (или 4) · p ;

4) за водобойным полом устраивается рисберма—крепление каменным мощением длиной равной водобойному полу.

Водобойный пол с рисбермой вместе образуют так называемый флютбет водослива;

5) при перепадах большой высоты делается для смягчения удара воды так называемая водная подушка или

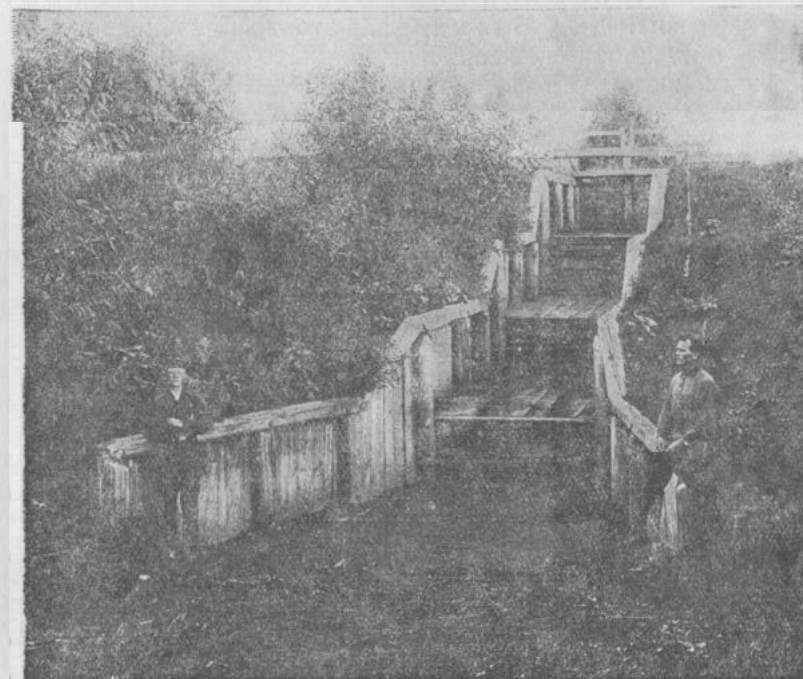


Рис. 142. Деревянный ступенчатый водослив.

водяной тюфяк (рис. 141). Длина водной подушки, по Этчевэру, $P=3 \sqrt{H \cdot Z}$, глубина $a=0,5 \sqrt{H \cdot Z}$.

В обычных многоперепадных деревянных водосливах при прудовых плотинах высота каждого уступа делается в 1 м, а длина каждого из водобойных полов в 4 м (рис. 142).

Детали водослизов и водоспусков всякого рода разбираются в специальных курсах по устройству плотин, выходящих за пределы настоящей книги.

При выборе материала для водослива возникают соображения противоположного характера. Водослив должен быть сделан таким, чтобы в сельской обстановке его можно

было легко починить,—это говорит за деревянный водослив. Но деревянные части водослива в безлесных районах, где обычно и делаются прудовые плотины, являются нужными и заманчивыми предметами для хозяйственных надобностей населения. Каменно-бетонный водослив, при надзоре за ним, должен повидимому считаться наиболее надежным устройством.

Основное требование ко всем водосливам заключается в том, что: 1) нижний пол водослива должен быть на уровне дна балки; если это требование не соблюдено, и нижний пол выше дна балки, то с образующегося за нижним полом уступа начинается подмыв всего водослива; 2) передняя верхняя часть водослива должна



Рис. 143.

быть совершенно защищена шпунтовым рядом от прохода воды снизу или сбоку его; вода должна идти только по полу водослива, переливаясь чрез так называемый „красный брус“.

С какой стороны балки устраивать водослив,—зависит преимущественно от геологического строения берегов. 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 образовавшиеся действующие овраги, то пруд подвержен опасности заиления. В предупреждение этого, не говоря уже о закреплении и облесении действующих оврагов, рекомендуется в верховьях пруда и в местах попадания в него мутных дождевых вод устраивать ряды частых поперечных плетневых запруд, которые уменьшали бы скорость течения воды и тем вызывали бы отложение мути из нее до впадения в пруд. Другой мерой предупреждения заиления пруда является устройство илоотводных канав (рис. 143), 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.

Меры предупреждения против загрязнения: перехватывание сточных вод канавами, разведение на склонах древес-

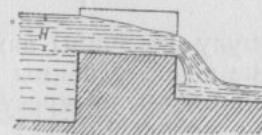
ной и густой травяной растительности, устройство пруда на балке перед входом ее в селение.

Пруд должен быть удобно доступен для подгона скота и подъезда с бочками за водой; лучше всего это достигается устройством мощеного спуска с уклоном не более 0,1.

При недостаточной глубине пруда очень важно уменьшить летнее испарение воды из пруда, зависящее главным образом от ветра; для уменьшения его рекомендуется по краям всего пруда засадить древесную защитную полосу. Можно лишь с вероятностью полагать, что это полезно, так как пока нельзя доказать, что испарение через листовую защитной полосы будет меньше, чем испарение с водной поверхности при отсутствии защитной полосы.

§ 74. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОТВЕРСТИЙ

Назначение водопропуска—пропускать избыток воды из пруда, не допуская переливания воды через гребень плотины. Эта задача выполняется тем надежнее, чем шире водо-



Продольный разрез.



Поперечное сечение.

Рис. 144.

пропуск. Но с увеличением ширины водопропуска увеличивается и без того большая стоимость его. Поэтому в задачу гидротехника при проектировании плотины входит установление наиболее целесообразной ширины отверстия пропуска. Путь решения этого вопроса для водослива следующий.

Гидравлика дает формулу секундного расхода воды через водослив прямоугольного сечения (144).

$$Q = 0,35 \cdot b \cdot H \cdot \sqrt{2gH}$$

Эта формула, если вместо g подставить его значение 9,8 м, может быть упрощена до вида:

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

здесь Q —расход воды через водослив в секунду в куб. м,

b —ширина водослива в м,

H —высота напора воды перед водосливом в м.

Из этой формулы ширина водослива выражается при измерениях в м:

$$b = \frac{Q}{1,5 H \cdot \sqrt{H}}$$

Так как гребень плотины делается выше пола водослива обычно на 1,2 м, то наибольший напор воды перед водосливом допускается не более 0,9 м. Для определения искомой ширины b водослива надо знать Q —наибольшее количество куб. м воды, притекающей к плотине во время весеннего таяния снегов. В нахождении действительного Q и заключается суть решения вопроса о ширине водослива.

Если известен обычный запас воды в снеге, лежащем на площади водосбора пруда, обычная продолжительность таяния этого снега и коэффициент стока, т. е. доля доходящей до пруда воды от всего запаса ее на водосборной площади, то получим средний весенний приток воды к плотине в секунду:

$$q = \frac{\text{запас в снеге}}{\text{продолжительность таяния}} \cdot \text{коэф. стока} = \frac{h}{t} \cdot k.$$

Все три входящие в эту формулу величины даже на одной и той же площади не вполне точно уловимы и меняются каждый год; гидротехника при этом интересуется не средним за весну, а наибольший сток, который может образоваться от таяния снега, плюс выпавший дождь, ибо этому наибольшему расходу воды и должен соответствовать водослив.

Наблюдения над проходом весенних вод через водосливы в плотинах Центрально-Черноземной области и вычисления расхода воды через эти водосливы дали возможность принять следующие величины наибольшего стока с 1 га в 1 сек. в куб. м¹.

Водосборная площадь в га	Наибольший сток в секунду с га в куб. м	Водосборная площадь в га	Наибольший сток в секунду с га в куб. м
100	0,031	600—700	0,021
100—200	0,029	700—800	0,020
200—300	0,027	800—900	0,020
300—400	0,025	900—1000	0,019
400—500	0,023	1000—1500	0,018
500—600	0,022	—	—

¹ Спарро Р. П. Пособие для сельского водоснабжения. 1927.

Ширина же отверстия водослива вычисляется по указанной уже основной формуле, принимая H за 0,9—0,7 м

$$b = \frac{Q}{1,5 H \cdot \sqrt{H}}$$

Ширина отверстия водоспуска (рис. 145) рассчитывается по формуле:

$$b = \frac{Q}{0,8 \cdot a \cdot v},$$

где:

b — ширина отверстия в м,
 Q — расход воды в куб. м/сек.
 a — глубина воды (весенней) в овраге ниже плотины в м,
 v — допускаемая скорость воды по деревянному полу водоспуска, принимаемая равной 3—4 м.

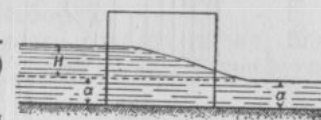


Рис. 145.

Расчет трубы в теле плотины производится по уравнениям:

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot h}{1 + 0,5 + 0,025 \frac{l}{d}}}$$

Здесь:

v — скорость движения воды по трубе в м/сек.,
 h — напор воды в м,
 l — длина трубы в м,
 d — диаметр трубы в м,
 $g = 9,8$ м.

Расход воды через трубу:

$$Q = \omega \cdot v,$$

где ω — площадь сечения трубы в кв. м.

§ 75. ПРОЕКТ УСТРОЙСТВА ПЛОТИНЫ

Проект должен содержать в себе (рис. 146):

1) выкопировку из карты масштаба 3 версты в дюйме района устройства плотины с показанием: зеркала воды пруда (синим), оси плотины (красная черта) и площади водосбора (синим пунктиром);

2) план пруда и склонов балки с показанием: линий и пикетов нивелировки (красным), мест зондировок (красные кружки), горизонталей (черным или сепией), положения плотины и водосливного устройства (черным). Масштаб — 1 : 5000;

11) исчисление потребной рабсилы и материала на устройство плотины;

12) пояснительную записку, в которой указать:

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 предприятия, которые будут обслужены прудом, считая для хозяйства с полеводственным уклоном 200 куб. м, для хозяйства с животноводственным уклоном 300 куб. м воды на каждый двор в год;

в) количество воды, ожидаемое к поступлению в пруд со всей площади водосбора его при весеннем таянии снега, считая весенний сток воды с 1 кв. км водосбора в 30—50 тыс. куб. м в зависимости от района;

г) размер пруда: длину, площадь зеркала воды, глубину воды у плотины, наибольший запас воды;

д) тип водосливного устройства и основания к его выбору (водослив, водоспуск, труба, род материала);

е) стоимость работ, стоимость куба земляной плотины, стоимость куба воды, стоимость 1 кв. км зеркала воды. Источник средств для работы и способ производства работ.

§ 76. СОСТОЯНИЕ ПЛОТИН, УХОД ЗА НИМИ И РЕМОНТ

Построенные в очень большом количестве в Центрально-Черноземной области, в Среднем и Нижнем Поволжье, прудовые плотины оставались обычно без надлежащего надзора и ухода, в результате чего состояние их быстро ухудшалось и многие из них приходили в разрушение.

По обследованию, произведенным в 1927 г. в Центрально-Черноземной области, состояние прудовых плотин оказалось следующим:

Число обследованных плотин . . .	1344
Исправных (в процентах)	29%
Поврежденных	40
Промытых	31

т. е. состояние оказалось очень плохим.

Уже указывалось, 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, нет ли оседания грунта у стенок водослива; свежим грунтом эти повреждения надо затрамбовать.

Надо еще наблюдать за гребнем плотины и подсыпать на него земли в пониженных местах. На случай все же возможного прорыва следует весной иметь при плотине несколько мешков талой земли: тяжелый мешок надежно закроет начавшийся промыв.

Если при этом отверстие водослива рассчитано правильно и гребень плотины везде на 1,2 м выше верхнего пола во-



Рис. 147.

дослива, то, при отсутствии строительных дефектов, плотина должна уцелеть.

Размыв плотины летними ливнями происходит лишь в редких случаях, в условиях глинистого грунта бассейна;

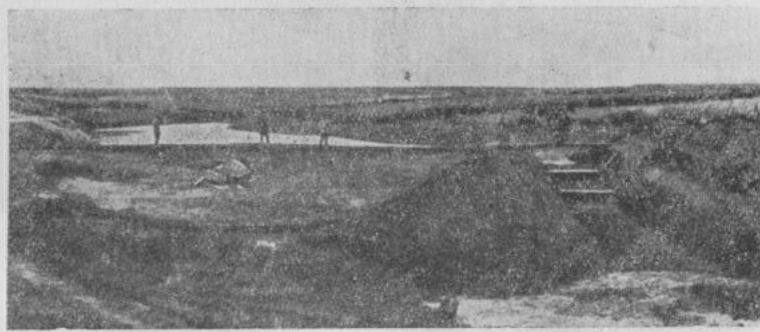


Рис. 148. Пруд с уступчатым водосливом.

на песчаном же грунте и самые сильные ливни настолько поглощаются в грунт, что могут лишь поднять уровень воды в пруде до водослива. Но когда пруд замерзает на зиму переполненным летними водами, то опасность размыва плотины весенними водами значительно увеличивается.

Если после прохода воды надо засыпать прорыв в плотине, то предварительно прорыв выравнивают и делают

в дне и откосах его также глиняный замок, которым связывается тело старой плотины со свежей засыпкой.

Кроме весенней подготовки, плотина нуждается и в систематическом наблюдении и ремонте. Действием воды мокрый откос плотины постепенно разрушается, и поэтому у старых плотин гребень становится все уже и уже. Если приходится ремонтировать гребень старой плотины или увеличивать высоту плотины, то нельзя сделать просто насыпку

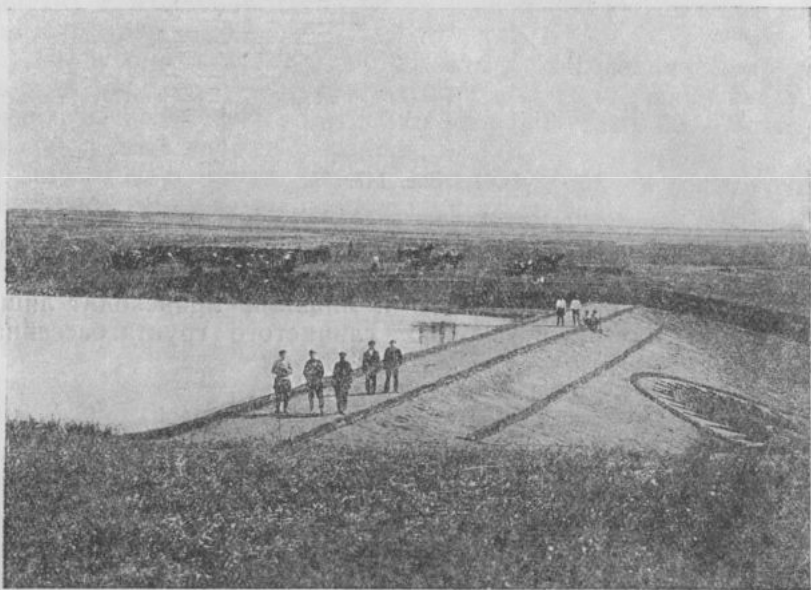


Рис. 149. Только что законченная плотина.

свежей земли; следует сначала поверхность старой плотины взрыхлить, устроить на старом гребне ее глиняный замок, а на размытом откосе—уступ; только после этого насыпается свежая земля с надлежащей утрамбовкой (рис. 147).

Если окажется, что вода из пруда просачивается через тело плотины и выступает на низовом откосе, то необходимо прекратить фильтрацию воды устройством на низовом откосе плотины глиняного замка толщиной около 2 м, с углублением его до материкового грунта балки.

При обнаружении усыхания пруда, вследствие фильтрации воды из него в дно и бока самой балки, возможной мерой устранения этого является глинование дна пруда—пуском в пруд взмученной глины, которая, оседая на дно,

должна уменьшить его проницаемость. Но бывает лучше в таких случаях устроить новую плотину на более надежном месте.

На рис. 148 показан пруд с уступчатым волосливом, на рис. 149 — только что законченная земляная плотина.

ЭЛЕМЕНТЫ ОРОШЕНИЯ

§ 77. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Орошение является значительно более древним (за 5000 л. до нашей эры) видом земельной мелиорации, чем осушение, и на ряду с этим и значительно более распространенным. Площадь осушенных земель ориентировочно исчислена для поверхности всего земного шара в 35 млн. га,¹ площадь же орошения исчислена в 91 млн. га.

По площадям осушения в порядке постепенности идут:

США	22 000 000 га
Англия	3 500 000 "
Советский Союз	2 000 000 "
Германия	800 000 "
Голландия	350 000 "

По площадям орошения идут:

Китай	30 000 000 га
Индия	22 000 000 "
США	8 000 000 "
Советский Союз	6 000 000 "
Египет	3 400 000 "
Мексика	2 350 000 "
Япония	2 850 000 "

Эти огромные площади орошения почти целиком являются площадями сельскохозяйственных культур: рис, хлопок, пшеница, люцерна и в значительной мере площадями огородных культур и фруктовых садов. Очень малое место занимает орошение общественных садов и совершенно отсутствует орошение лесных площадей, продуцирующих древесину; в лесной практике, если не считать садов, орошение или простой полив имеет место лишь в питомниках.

При проектировании орошения требуется разрешение вопросов:

1) откуда добыть воду для орошения, т. е. найти источник воды;

¹ Стекольников. Основы водного хозяйства. 1933.

- 2) каким образом подать воду на орошаемую площадь;
- 3) каким способом распределить воду по орошаемой поверхности;
- 4) в какое время и в каком количестве производить поливы.

§ 78. ИСТОЧНИКИ ВОДЫ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ

Условия рельефа поверхности, 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 получения воды для орошения в пустынных районах является река, берущая свое начало в горах или далеко от орошаемой площади, вообще в районе, резко отличающемся по своим 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 Средне-азиатской части Союза орошаются из рек, берущих начало в высоких горах Памира и Тянь-Шаня. Самой мощной рекой Туркестана является Аму-Дарья, общим протяжением 2515 км, берущая начало в Афганистане и впадающая в Аральское море; средний расход воды в ней около 1613 куб. м/сек., наибольший—до 10 000 куб. м/сек., наименьший из бывших—700 куб. м/сек. Что это огромные расходы—видно из сопоставления с Днпром, который несет в среднем 1500 куб. м воды в секунду. По сравнению с реками Европейской равнины Аму-Дарья и другие реки Туркестана имеют два важных преимущества: первое—то, что наибольший расход воды в них проходит в конце июня и в начале июля от таяния снегов в горах, а второе—большой уклон, дающий возможность выводить из них водоотводные каналы для орошения. Вторая река Туркестана—Сыр-Дарья, впадающая также в Аральское море, уже значительно меньше Аму-Дарьи: средний расход воды в ней 671 куб. м/сек. Затем по величине расхода идут самостоятельные реки: Или, впадающая в озеро Балхаш, теряющаяся в песках реки Заравшан, Чу, Мургаб и Теджен; последние две реки имеют начало в Афганистане и остаток воды их, входящий в пределы наших окраинных республик, целиком расходуется на орошение лежащих по ним оазисов.

Закавказье орошается водами рек Аракса, Куры и многих притоков их, берущих начало в снеговых вершинах Кавказского хребта и потому обильных водой в жаркое

время. В Крыму орошение производится из ручьев, питающихся грунтовыми водами с гор.

Орошение Египта базируется на тропических дождях, идущих в верховьях Нила в Центральной Африке, отстоящих от орошаемой области на 2500 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 других, 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 водоносность этих рек, встречает технические трудности вследствие малого уклона этих рек и большой высоты прилегающих земель над летним уровнем воды в реках, вследствие чего из этих рек воду для орошения можно получить лишь поднятием ее помощью насосов.

Искусственные водохранилища. Скопление снеговых осадков за зиму и большие весенние воды при таянии их дают возможность собирать эти воды в искусственные резервуары—пруды, откуда возможно постепенно расходовать их на орошение нижележащих земель в течение засушливого лета. Правильное орошение юго-востока СССР в значительной мере должно базироваться на этом источнике. Нижне-волжские степи изрезаны балками и ярами, пропускающими весной бурным потоком по 50 000 в среднем куб. м воды с каждого кв. км водосбора, а летом совершенно сухими, при длине их, доходящей до нескольких десятков км по правобережью Волги и в сотни км по левобережью. А между тем каждые 5000 куб. м задержанной весенней воды могут здесь орошать в течение всего лета 1 га поля, огорода или сада; вода, собранная с 1 кв. км, может орошать до 10 га земли.

Задержание весенней воды с образованием запаса ее на орошение в течение всего лета требует устройства на балке солидной плотины с весьма ответственной частью ее—водосливом для прохода лишней весенней воды, притом с очень большой площади водосбора. Прочным и солидным опытом такой работы являются устроенная в 1881 г. плотина на балке Малая Тингута в 30 км от гор. Красноармейска, удерживающая 5 500 000 куб. м воды для летнего

орошения 546 га полей и бахчей, и плотина по р. Соленой Кубе в 28 км от станции Гмелинская по линии железной дороги Саратов—Астрахань (за Волгой), задерживающая также 5 500 000 куб. м воды.

Несмотря на большие возможности, этот способ получения воды для летнего орошения на юго-востоке находится только в стадии зарождения и лишь нынешний грандиозный проект орошения Заволжья предусматривает в полной мере и использование местных вод устройством крупных водохранилищ и потребление воды из Волги помощью механического подъема.

Запасание весенней воды для летнего орошения очень распространено в Америке, где техника устройства земляных плотин достигла высокой степени совершенства. В Мексике на р. Рио-Гранде у станции Энгле устроено в 1916 г. наибольшее в мире водохранилище с объемом воды в 3,3 млрд. куб. м. Этим же способом значительно увеличена полезная работа р. Нила; в 800 км выше главного ядра орошаемых земель Египта построена в Ассуане инж. Вилькоксом плотина для образования запаса воды на орошение в течение всей зимы и лета; работы были закончены в 1902 г., но затем первоначальные размеры были увеличены; с 1912 г. так называемый Ассуанский барраж—каменная плотина через Нил—имеет длину 2 км, создает подъем воды в 27 м, длину озера в 212 км и образует запас воды в 2,3 млрд. куб. м. Лишняя вода проходит через отверстия в теле плотины; кроме того для распределения воды по оросительной сети в Египте имеется еще несколько невысоких барражей, в результате чего там производится теперь правильное орошение земель в течение всего года.

Грунтовые воды. Оазисы в пустыне образуются у естественного ключа или у искусственного артезианского колодца, питающихся подземными водами, притекающими по водоносному горизонту из далеких областей. По африканскому берегу Средиземного моря этот источник воды для орошения распространен и имеет как будто огромные перспективы для африканских пустынь. В простейшем случае всякий срубный, каменный и буровой колодцы дают воду для полива огорода и сада.

В Туркменистане и в Закавказье грунтовую воду дают иногда кяризы (см. главу об обводнении). Следует иметь в виду, что грунтовая вода из подземного источника и колодца имеет низкую температуру и должна перед употреблением на полив нагреться на солнце в баках, обделанных ямах и тому подобных резервуарах.

§ 79. ПОДАЧА ВОДЫ НА ОРОШАЕМУЮ ПЛОЩАДЬ

Между источником воды—прудом, рекой или колодецем—и орошаемой площадью должен быть механизм, который берет воду из источника ее и подает на орошаемую площадь. Этот передаточный механизм при полном своем развитии состоит из головной части, находящейся у источника воды, из водопроводного и распределительного каналов, по которым идет вода к орошаемой площади, из оросительных канав, по которым вода поступает на орошаемую площадь, и из вспомогательных устройств.

Головная часть передаточного механизма оросительной системы различается в зависимости от рода источника воды для орошения.

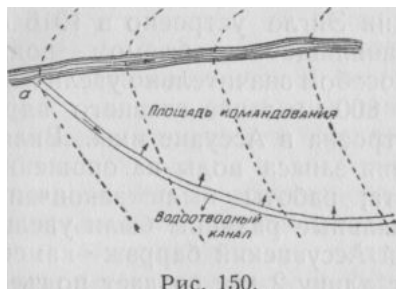


Рис. 150.

Основная схема получения воды для орошения—это отвод ее самотеком из реки (рис. 150). Если в долине течет река в неглубоком русле, то, отводя напр. в точке *a* от реки канал с продольным уклоном меньшим, чем уклон реки, можно, ведя этот канал все дальше и дальше от реки, вывести его из долины реки на плоскогорье, создав впечатление, что вода потекла вверх. Вода может удовлетворительно идти по каналу при уклоне 0,0002, поэтому река должна иметь уклон больше этого. Кроме того берега должны быть низки, долин реки очень слабо выражена, иначе надо очень большое протяжение водоотводного канала, чтобы получить заметную площадь между отведенным каналом и рекой, так называемую площадь командования канала. Место отхода канала от реки является очень ответственной частью оросительной системы; берега рек часто неустойчивы, и водный поток может отойти, обойти и занести, наносами головную часть отводного канала.

В простейших туземных устройствах Туркестана и Кавказа, а иногда в довольно крупных сооружениях, канал отводится от реки без особых укреплений, просто по земляному руслу, устройством временных, размываемых паводками дамб из камня, фашии и дерева.

Второй тип устройства отводных каналов от реки—это постоянная голова канала—каменное, на весьма прочном фундаменте, инженерное сооружение с затворами для регулирования пропуска воды. Примером его у нас

служит голова магистрального канала, отводящего воду из Сыр-Дарьи для орошения Голодной степи. Берега реки должны быть устойчивы, закреплены фашинами и камнем; отложения наносов должны быть предупреждены.

Никонец третий тип головных сооружений дополняется плотиной на реке для поднятия уровня воды (рис. 151). Подъем воды плотиной увеличивает площадь орошения из реки и создает возможность орошения в периоды низких горизонтов, но значительно удорожает и осложняет головное устройство; увеличивается опасность размыва берегов и отложений наносов.

Плотины устраивают каменные и железные с возможностью пропуска через них всей паводковой воды.

Уклон больших рек русской равнины значительно меньше, чем допускаются уклоны водоотводных каналов, и поэтому вывод из этих рек воды самотеком по каналам для целей орошения невозможен даже при устройстве высоких водоподъемных плотин. Самотеком из рек вода берется на орошение в наших средне-азиатских 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 получается из рек вода на орошение на Кавказе, в Крыму, в Индии, Америке и Египте.

Из водоемов юго-востока, наполняемых лишь весенними водами, вода для орошения выпускается через чугунные трубы, заложённые у основания плотины, и таким образом вся вода за лето может быть постепенно выпущена и использована для орошения (рис. 137а).

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 прочно обделывается каменной кладкой на цементе, или деревянным шпунтовым рядом, и вода в него поступает через каменный или деревянный колодец. Выпускной конец трубы также прочно обделывается 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.

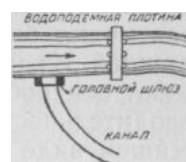


Рис. 151.

Вместо заложения прямой трубы в основание плотины, что связано с опасностью течи воды, надежнее перекидывать через плотину трубу-сифон (рис. 137б). Для начала действия сифона он должен быть наполнен водой через отверстие вверху при закрытых кранах на приемном и выпускном концах трубы, после чего отверстие вверху закрывается, а отверстия в концах трубы открываются. Напомним, что 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.

Механический подъем воды. На земельные участки, непосредственно прилегающие к пруду, реке или колодцу, вода может быть поднята насосом или иной водоподъемной машиной. Из насосов наибольшее применение для этой цели имеют центробежные, как отличающиеся простотой и производительностью (рис. 152). 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 свежая, поступающая в середину камеры снизу по трубе, опущенной в водоем. По всасывающей трубе вода может быть поднята всяким насосом не выше 8 м, что обусловлено атмосферным давлением, равным столбу воды 10,3 м, а по нагнетательной трубе высота подъема воды зависит от силы двигателя и насоса. Нормальная высота подъема—до 20 м. Центробежные насосы требуют наличия парового, керосинового, нефтяного двигателя или электромотора.

В СССР при орошении небольших плантаций, бахчей, огородов и садов вода поднимается из пруда и реки чаще всего чигирем (рис. 153 и 154). 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 силой лошади, верблюда или вола, запрягаемых в привод. Вода из черпаков выливается в желоб, по которому она бежит на орошаемую площадку. Взамен большого колеса делается часто небольшое колесо, через которое перекидываются и свешиваются в воду цепи, канаты, с прикрепленными к ним черпаками; это — нория (рис. 155). Чигири, которых очень много на юго-востоке СССР, являются водоподъемными машинами древнейшего происхождения: с ними

неразрывно связано древнее орошение Туркестана, Китая, Египта, Алжира, Испании.

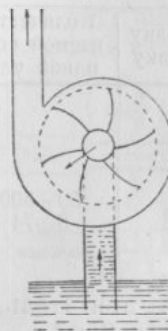


Рис. 152.

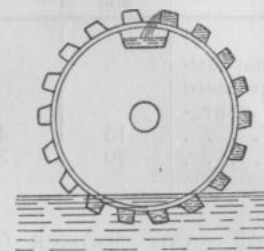


Рис. 153.

Чигирь может быть самодействующим, если водяное колесо снабжено лопатками и опущено в текущую воду реки.

В Туркестане насчитывается до 80 тысяч чигирей, которыми орошается около 200 000 га земли.

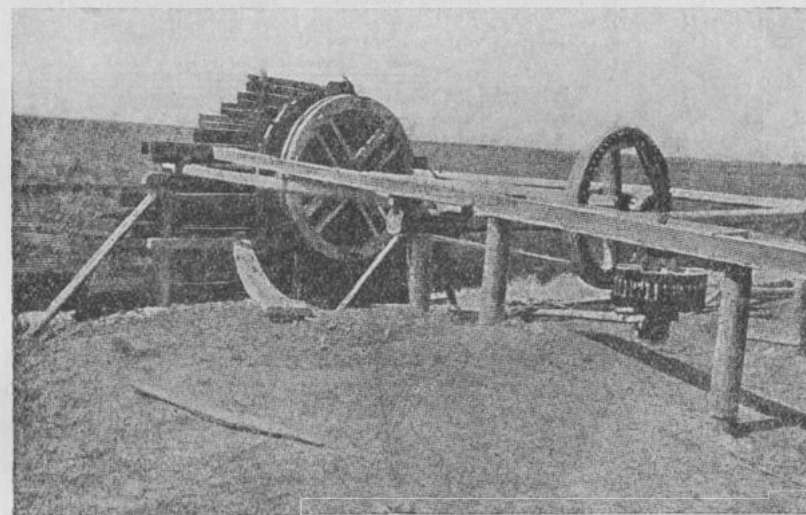


Рис. 154.

Довоенная стоимость приводного чигиря на юго-востоке—100—300 руб.

По произведенному перед войной обследованию орошения в бассейне реки Большого Узена, б. Новоузенского

уезда оказалось, что на одну водоподъемную установку приходится следующие площади орошения:

Род установки	Число установок	Орошаемая площадь в га	Га на одну установку	Количество подаваемой воды в час одной установкой
Насосы с паровыми и внутреннего сгорания двигателями	13	492	38	50—500 куб. м
Чигири	70	389	5,6	8—74 " "

Какой силы должен быть паровой двигатель, чтобы подавать 500 куб. м воды в час на высоту 8 м?

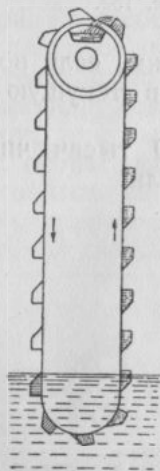


Рис. 155.

Сила двигателя определяется числом лошадиных сил, развиваемых им в секунду, а лошадиная сила производит в секунду работу в 75 кг/м. В нашем задании секундная работа равна:

$$\frac{500 \cdot 1000 \cdot 8}{3600} = 1111 \text{ кг/м} = 15 \text{ л. с.},$$

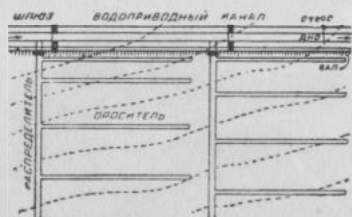


Рис. 156.

а введя поправку на неполное полезное действие насоса, оцениваемое коэффициентом полезного действия в 0,8, получим:

$$\frac{15}{0,8} = 19 \text{ л. с.}$$

Водопроводный канал. Вода от реки или пруда передается на орошаемую площадь по водопроводному каналу, распределяется по отдельным участкам площади распределительными каналами и выпускается на площадку по оросительным канавам (рис. 156). Из оросительных канав в почву вода поступает различно, в зависимости от чего

различают несколько способов орошения. Водопроводный канал, называемый в Средне-азиатских Сов. республиках „арык“, ведется от источника воды, т. е. от головного шлюза на реке, с возможно малым уклоном от 0,0002, до 0,004 чтобы получить наибольшую площадь командования.

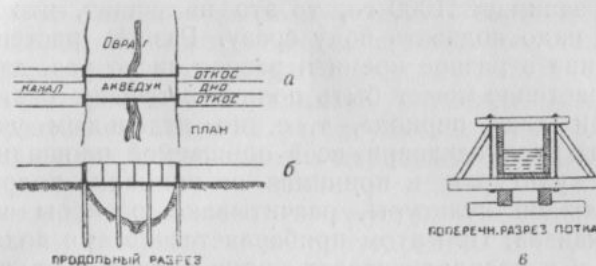


Рис. 157. а—план; б—продольн. вид; в—поперечный разрез.

Если уклон поверхности велик, то и уклон канала может быть увеличен до предела, устанавливаемого гидравлическим расчетом, именно: скорость течения воды в канале не должна превышать 0,75 м/сек.—в песке, 0,9 м/сек.—в лессе, 1,2 м/сек.—в глине.

Горизонт воды в магистрали принимается на 0,2 м ниже поверхности земли.

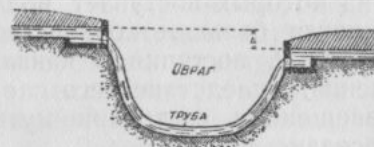


Рис. 158.

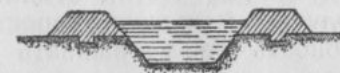
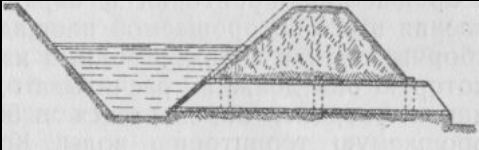


Рис. 159.

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. 157). Акведуки делают из дерева, железа и бетона на опорах, как мосты. Вместо акведука через балку может быть проложен обратный сифон—непроницаемая труба, идущая с одного берега на другой по дну балки (рис. 158). Небольшие понижения местности магистральный канал пересекает в насыпных берегах (рис. 159).

Для определения размеров канала необходимо установить объем воды, который он должен пропускать в секунду,



ность через временные прорезы валов. Поэтому уровень воды в оросителях должен быть несколько выше, до 0,2 м, орошаемой поверхности и итти между валами вынудой земли. Гребень валов 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 по верху—0,4 м, наибольшая длина—500 м.

Водосбросная сеть. Излишек поданной на орошаемую площадь воды движется в виде грунтовой воды, а в иных случаях стекает и по поверхности к пониженным местам орошаемого района, образуя болотистые скопления. Застой лишней воды и скопление в пониженных местах отработанной воды вызывают повреждение культур и ухудшение санитарных условий района (малярия).

Поэтому считается необходимым скопляющуюся грунтовую, а тем более поверхностную воду быстро отводить с орошаемой территории в овраги и реки. Для осуществления этого по орошаемой площади проводится сеть водосборных канав и водоотводных каналов. Объем воды, на которую они должны рассчитывать, по наблюдениям в Индии и Америке, определяется в 50—60% от поданной на орошаемую территорию воды. Концы распределительных каналов удобно, если позволяют условия, подводить к существующим понижениям, чтобы лишняя вода из них сразу удалялась с участка.

§ 80. СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ

Распределение воды по орошаемому участку может производиться разнородно. 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 оно 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.

1. Затопление чеками, или заливными площадками. Чеком называется площадка, ограниченная валиками

со всех четырех сторон, которая наполняется водой из прокопа, делаемого лопатой в вали прилегающей к чеку оросительной канавы. Расположение оросительной сети показано на рис. 161. В валиках, разделяющих по горизонталям один чек от другого, могут делаться лопатой пропуски для воды из верхнего чека в нижний; когда нужно, избыток воды из чеков должен спускаться в водоотводные канавы. Так как слой воды, покрывающий чек, должен быть в видах экономии воды и предохранения растения от задыхания по возможности тонким, не более 0,3 м, то огражденные 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 Средне-азиатских республиках, при чем рис весь свой вегетационный период проводит в воде; семена его



Рис. 161.

бросаются в жидкую грязь или в воду, и по мере роста чек наполняется водой, которая спускается лишь перед уборкой.

Все хлеба также могут орошаться чеками, заполняемыми водой на день перед посевом, при кущении и при цветении. Многолетние культуры люцерны и клевера поливаются обычно также затоплением в чеках, но орошение этих культур затоплением ведется очень осторожно; участок покрывается водой на один день, а там, где вода застаивается дольше, например в западинах, в местах разъемных борозд, люцерна пропадает, уступая место, например, на Валульской орошаемой станции шавелю.

Чековое орошение применяется и на всяких многолетних лугах при условии быстрого затем отвода избытка воды: иногда орошение луга связывается с удобрением его илсм, оседающим из напущенной в чек мутной воды, или даже с согреванием мерзлой почвы слоем воды, температура которой конечно выше,—зимнее орошение лугов в Ломбардии.

Размеры чеков при полевых культурах удобны в 100 м ширины и до 500 м длины.

Чековое орошение применяется у нас и на Западе для садов, при чем на юге Франции оно предохраняет виноградники от нападения филлоксеры. В садах устраиваются или большие чеки, охватывающие сразу много деревьев,

или каждое дерево окружается отдельным кольцевым валиком, и в образованные таким образом круглые лунки пускается вода из проходящей между ними оросительной канавы (рис. 162). Считается более целесообразным, во избежание загнивания, не допускать непосредственного соприкосновения ствола дерева с водой, для чего рекомендуется устраивать вокруг дерева под кроной его не сплошное затопление, а кольцевую канаву, в которую только и следует напускать воду (рис. 163). Огромные урожаи яблок в 25 т с га в Тингутинском орошаемом саду, в 35 км от Красноармейска, где деревья орошаются в непосредственном сопри-

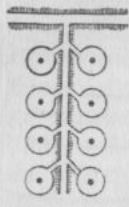


Рис. 162.



Рис. 163.

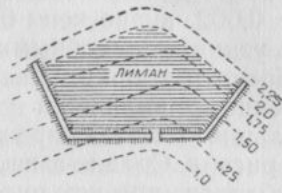


Рис. 164.

косновении ствола с водой, указывают, что заметного вреда от этого не происходит.

Чековое орошение для всяких культур хорошо применимо на легких, быстро впитывающих в себя воду почвах, на тяжелых почвах оно образует после себя твердую поверхностную корку, а в худших случаях—заболачивание и засоление.

2. Лиманное орошение есть вид орошения земель снеговыми водами—затопление с атрофированным, а чаще с совершенно отсутствующим водопередаточным механизмом. В простейшем случае сущность лиманного орошения сводится к тому, что поперек пологого ската насыпается земляной вал-дамба высотой 0,7—2 м, которая задерживает сток весенней воды, образуя перед собой скопления ее в виде мелкого, от 0,6 до 1,5 м глубины, но большого по площади пруда-лимана (рис. 164). Вода держится в лимане 5—15 дней, после чего она спускается через обделанный деревом прорез 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 при том 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.

Устройство вала на гладкой равнине редко может собрать достаточный объем воды, и потому для образования лимана иногда пересекают валом пологую балку с достаточно большой водосборной площадью, заставляя воду из балки разливаться по прилегающей равнине слоем незначительной толщины (рис. 165), в этом случае уже надо следить за прочностью дамбы, иметь надежное место обхода для излишка воды и иметь в дамбе искусственный водоспуск для быстрого спуска воды из лимана; следует

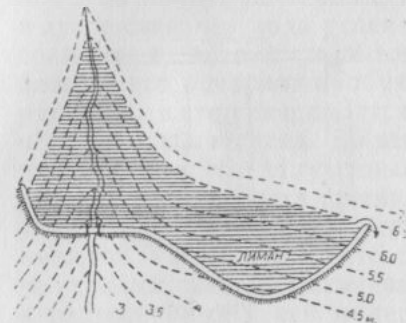


Рис. 165.

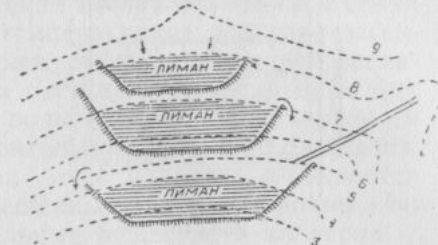


Рис. 166.

учесть все опасности плохого устройства плотины, так как можно видеть много бывших лиманов на балках с зияющими прорывами.

Лиманное орошение находит применение в Нижне-Волжском крае, как самый дешевый прием орошения в степных равнинах при уклоне их не свыше 0,002. Чтобы получить один га лимана, приходится собирать в Поволжье воду в среднем с 50 га водосбора, при колебаниях от 10 до 100, в зависимости от высоты зимних осадков, уклона поверхности, глубины лимана и др. факторов. Воду в лиманах держат в среднем около 10 дней, при чем за этот срок грунт промачивается иногда на глубину 2,5 м. Столь глубокое промачивание почвы возможно потому, что покрытая водой поверхность быстрее оттаивает.

Лиманы эксплуатируются преимущественно как сенокосы и выгоны, аналогично естественным западинам в степи; но на многих из них сеются хлеба и разводятся бахчи (огороды), при чем последние—с возможностью полива в летнее время водой из колодцев.

Для лучшего использования воды и на больших уклонах устраивается, хотя и редко, ярусное лиманное орошение, состоящее из двух или более лиманов, расположенных так, что вода поступает из верхнего в нижний, переливаясь через водосливы в гребнях или обходя концы валов (рис. 166).

Степи юго-востока СССР усеяны мелкими естественными понижениями, в которых застаивается стекающая в них весенняя вода; эти понижения выделяются среди степи по своему лучшему травостою и лучшему урожаю на них зерновых хлебов. Эти места, естественные лиманы, ценятся населением значительно выше прилегающих суходолов, население держится вокруг таких западин, не рискуя выселяться на ровную степь.



Рис. 167.

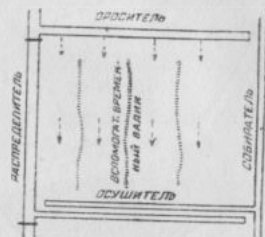


Рис. 168.

Орошение напуском. Этот тип орошения состоит в пуске воды сплошным тонким слоем по наклонной поверхности земли с последующим собиранием воды в канавы и отводом ее в реки или на лежащие ниже участки для вторичного использования. Схема сети канав и движения воды показана на рис. 167. 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 протоки, оставляя плешины; 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 или на ряду с регулирующими бороздами могут делаться на поливаемом участке продольные временные валики, работа которых ясна из рис. 168. Для достаточного движения воды по поверхности необходим уклон поверхности не менее 0,03 м, т. е. необходимо падение местности не менее 3 м на 100 м протяже-

ния. Орошение напуском по поверхности требует наличия дернины, противостоящей размыванию, и потому применяется в Западной Европе на многолетних лугах. В СССР искусственное орошение напуском делается лишь в весьма грубой форме, одновременно с осушением болот в районах избыточного увлажнения. Закрывая весной шлюз на магистральной канаве, заставляют воду идти по естественному лугу в обход шлюза, создавая этим условия заливного луга. Получающееся улучшение качества и увеличение количества сена являются в этом случае результатом не увлажнения грунта, так как почва болот весной и без того насыщена влагой, а результатом иных, также достаточно важных воздействий воды на почву. Во-первых, стекающая с возвышенных полей и лугов снеговая вода успевает, попадая на болото, нагреться солнцем и потому вызывает быстрое оттаивание почвы болота, что ускоряет пробуждение весной корневищ и семян растений: в этом выражается температурное действие весеннего орошения лугов. Во вторых, стекающая с полей весенняя вода богата взмученными частицами ила, которые при уменьшении скорости течения воды оседают на поверхности заливаемого луга — это удобрительное действие орошения; имеются наблюдения, что при этом из воды выделяются не только механически взвешенные частицы почвы, но и растворенные в ней минеральные вещества и кислород.

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 она богата органическими кислотами, то действие ее может оказаться вредным. Под удачным действием такого простого орошения происходит естественная смена растительности даже моховых болот.

Высокая производительность приречных заливных лугов есть также результат естественного орошения их напуском весенних вод, при чем здесь главное значение имеет видимому температурное и удобрительное действие весенних речных вод.

Орошение по бороздам. Этот весьма распространенный в сухих странах тип орошения состоит в том, что вода пускается 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. 169). 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 во всякое время роста растения, в меньшей опасности образования поверхностной корки, так как поливная вода не покрывает культивируемой поверхности, и в возможности осуществления на площадях с большим уклоном.

Чтобы не повреждать сильно откосов постоянных оросительных канав отдельными выводами из них воды в каждую борозду, вдоль оросительной канавы проводится плугом вспомогательная временная оросительная канавка, из которой уже вода пускается в оросительные борозды; упра-

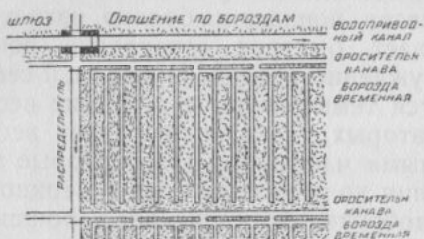


Рис. 169.

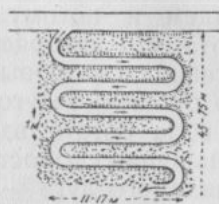


Рис. 170.

вление водой производится переносными щитами или просто лопатами.

По бороздам орошаются рядовые культуры зерновых хлебов, свекла, картофель, табак, кукуруза, огороды, посеы люцерны и, главным образом, хлопок в Туркестане и Египте. По бороздам орошаются также сады и виноградники. При полевых посевах борозды проводятся или одновременно с высевом семян растений или вслед за посевом семян.

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 джоякам, изогнутым прямоугольно или буквой S бороздами (рис. 170). Размеры и длины их различны.

Орошение инфильтрацией заключается в том, что по участку прорываются глубокие канавы, в которых вода стоит ниже поверхности земли, и почва увлажняется лишь силой капиллярного подъема воды из этих канав. Необходима большая проницаемость грунта, чтобы вода проникала

в стороны от канав. Действие инфильтрации вообще медленно и в засуху не всегда успевает покрыть испарение влаги. Этот неудовлетворительный способ орошения может оправдываться лишь там, где воду нельзя вывести из реки самоотеком и где почему-либо не устроен механический подъем воды на поверхность земли.

При интенсивных садовых культурах в условиях очень малых запасов 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. Этот последний вид орошения находит применение в Калифорнии.

Наконец к типу инфильтрации относится пока лишь продемонстрированный на Всесоюзной выставке в Москве В. Корневым способ автоматического орошения, состоящий

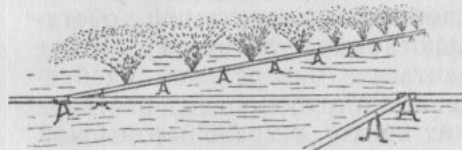


Рис. 171.

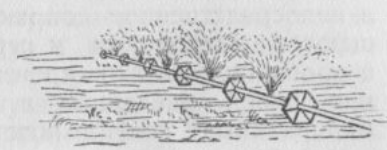


Рис. 172.

в том, что сухая почва высасывает воду из заложенных подземных труб через пористые керамиковые стенки их. Поступление воды из труб в почву происходит не вследствие давления напорной воды, а потому, что сухая почва, находящаяся в тесном соприкосновении с пористым материалом труб, отсасывает воду из труб. Сила отсасывания такова, что взамен перешедшей в почву влаги вода втягивается в подземные трубы из бассейна с уровнем воды ниже горизонта труб.

Орошение дождеванием состоит в том, что вода гонится на орошаемый участок по плотно соединенным трубам и выпускается из них на поверхность земли рассеянной струей в виде дождя. Устройство орошения дождеванием, или машинного орошения, состоит: 1) из 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 аппарата—собственно оросителя (рис. 171 и 172). Этот перечень указывает, что составные части устройства машинного ороше-

ния те же, что и части оросительной системы обычного канавного типа. Способ этот имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам следует отнести: 1) Отделимость всего устройства от земельной площади; обычное канавное орошение связано с необходимостью устройства плотин, валов, каналов и т. п. сооружений, не отделимых от земельной площади и не имеющих сами по себе никакой ценности; даже напротив они обесценивают земельную площадь, если почему-либо приходится прекратить орошение. Машинное же устройство—локомобиль, насос и трубы имеют ценность сами по себе, могут быть сняты для других надобностей, а земельный участок остается неповрежденным. 2) Экономное расходование воды, так как на пути подачи воды, от источника ее до орошаемой площади не происходит никаких потерь. 3) Выбрасываемые из аппарата в воздух струи воды разбиваются на отдельные капли, которые, приходя в непосредственное соприкосновение с атмосферой, обогащаются кислородом и передают его в почву. 4) Вместе с орошением может производиться и минеральное удобрение полей введением в главный трубопровод раствора минеральных солей, которые вместе с разбрызгиваемой водой будут распределяться по полю идеально равномерно и сразу проникать в почву. Таким образом при дождевании будут достигаться совершенные условия водного и питательного режима почвы. Введением в трубы соответствующих растворов можно осуществить совмещение орошения с борьбой с вредными насекомыми и с болезнями растений.

Недостатками этого способа можно считать: 1) дороговизну оборудования (200—400 марок на га в Германии) и последующей эксплуатации; невозможность работы в ветреную погоду, когда струя воды относится на далекое расстояние и распыляется в воздух, а ветры на юго-востоке СССР—обычное явление.

Рабочей частью всего устройства является разбрызгиватель, который должен легко передвигаться по полю и давать дальнюю струю; существует уже много систем разбрызгивателей: Родатца, Щепковского, Гартмана и Эйзенера, Краузе, Ланингера, Феникс и др.

§ 81. 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. Установление оптимального числа поливов с распределением их во времени и установление поливных норм является основным вопросом при расчете оросительной сети и составляет задачу специальных гидро-модульных исследований. И 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.

В Поволжье на глинистых почвах орошение по бороздам яровых (овес, ячмень, пшеница) производится один раз, во время выхода всходов в трубку, с потреблением 1500—2000 куб. м воды на га; желателен и второй полив после кущения. Пропашные (сорго и кукуруза) поливаются 2—3 раза по 1000—2000 куб. м на га каждый раз. Осимая рожь и пшеница поливаются обычно 2 раза: осенью перед посевом с расходом 1500—2000 куб. м и весной во время выхода растений в трубку—2000—2500 куб. м, в некоторые годы производится третий полив во время колошения.

Люцерна, наиболее распространенное кормовое растение в районах орошения, поливается по бороздам или затоплением осенью тотчас после высева семян; затем весной, затем недели через две после снятия второго укоса для получения третьего, с потреблением каждый раз до 1000—2000 куб. м, при чем на каждый участок люцерны вода идет не более дня.

Огородные растения—картофель, огурцы, капуста—поливаются раз в каждые две недели по 1000 куб. м.

В Средне-азиатских республиках поливы интенсивнее, и число поливов и нормы подачи очень разнообразны.

Рис, как указывалось, проводит весь свой вегетационный период в воде, потребляя за это время 30 000 куб. м на га.

Хлопчатник орошается очень разнообразно, с потреблением 5000—7000 куб. м воды за сезон.

Бахчи поливаются 4—8 раз по 300—600 куб. м на полив.

Из приведенных норм орошения видно, что более всего требует воды культура риса; за ним следуют огородные культуры, хлопчатник, затем травы и, наконец, зерновые.

В садовых районах Крыма, при наносных почвах, в незасушливые годы поливают 3—4 раза, а в засушливые—6—7 раз.

При очень влажном лете и для садов, расположенных в низменных местах, ограничиваются 2—3 поливами. Обычно первую поливку производят вслед за цветением деревьев—в конце апреля, в мае; вторая поливка дается в июне, третья—в июле, четвертая—в августе. Самый последний полив делается не позже середины сентября.

Иногда применяется поливка до начала цветения, до распускания почек с целью задержать цветение, но наблюдения многих садоводов в Крыму показывают, что цветение ранней поливкой не оттягивается; при том же, если она производится в теплую погоду, можно возбудить почки к росту, и рано разбухнувшие почки легко могут погибнуть при весенних заморозках.¹

Что касается осенней, сентябрьской—октябрьской поливки, которую делают с целью наливания почек, то она также рискованна в виду того, что после такой поливки может возникнуть рост дерева, который захватят морозы.

Вопрос о количестве воды, необходимой для орошения плодовых садов, как и других культур, зависит от многих обстоятельств и до настоящего времени не может считаться еще удовлетворительно разрешенным.

В Крыму количество воды, которое потребляется одним деревом, равно за 1 полив на проницаемой суглинистой почве около 6 куб. м, а на очень плотных почвах—до 3,5 куб. м. Считая на 1 га полуштамбового взрослого сада—150 деревьев, получим, что на 1 га за 1 полив расходуется от 500 до 900 куб. м воды, а так как таких поливов в лето требуется от 6 до 7, то следовательно на 1 га требуется всего 3000 до 6500 куб. м воды.

Что касается потребления воды питомниками или школами, то по этому вопросу есть наблюдения в Никитском саду: именно 1 га имеет около 40 000 деревцев, каждое деревцо требует двукратной поливки в течение лета, при чем расходуется каждый раз около 60 л воды на деревцо, всего за ирригационный период (май и июль) расходуется около 5000 куб. м воды на 1 га.

Посевные и черенковые гряды поливаются ежедневно с мая до сентября включительно, при чем на каждую гряду, занимающую 5 кв. м расходуется при поливке 60 л воды. На 1 га помещается 1200 гряд, т. е. ежедневно на полив 1 га требуется 72 куб. м воды. Считая продолжительность ирри-

¹ Скорняков. Орошение сада и огорода. 1924.

гационного периода в 130 дней, мы получим расход воды на 1 га за весь ирригационный период около 10 000 куб. м.

При общем расчете водоподъемных приспособлений для орошения плодовых садов на юге и юго-востоке РСФСР, можно принимать достаточным на каждый полив по 500—600 куб. м воды на га, число же поливов должно зависеть от климата данной местности и количества выпадающего в ней дождя.

При орошении водой, искусственно поднимаемой разного рода двигателями, является необходимым, чтобы вся внесенная в почву влага поглощалась корнями деревьев и возможно менее ее терялось непроизводительно. Однако на практике оказывается, что значительная часть внесенной влаги всегда теряется на испарение с поверхности почвы.

Путем надлежащего разрыхления поверхности почвы можно предотвращать испарение влаги с поверхности и тем значительно экономить на оросительной воде; своевременное и тщательное рыхление в продолжение всего лета с успехом может заменить 1—2 полива.

Этим обстоятельством и объясняется огромное значение черного пара в плодовых садах, способствующего сохранению в них влаги. Кроме того он имеет еще и то громадное значение, что предохраняет почву от истощения сорными травами.

При ограниченном количестве воды в реке или водоеме, из которых берется вода на орошение, распределение ее по орошаемой площади производится организованно. Надзор за правильностью пользования водой из арыков в Туркестане лежит на обязанности арык-аксакалов, а ближайшее установление очереди и размера пользования водой производится по установленным обычаям нормам арычными старостами—мирабами.

На технически организованных оросительных предприятиях отпуск воды землепользователям производится через водомеры различных систем, учитывающих объем прошедшей через них воды.

При всякого рода поливах необходимо соблюдать следующие требования:

- 1) вода, употребляемая для полива, должна обладать температурой, по возможности, близкой к температуре воздуха;
- 2) полив лучше производить утром или вечером, а не в середине жаркого дня;
- 3) пасмурная погода благоприятнее для полива, чем солнечный день;

4) если вода для полива небольших площадей поднимается из глубокого колодца или получается каптажем ключей, то она должна отстояться и согреться в баках или прудах;

5) застой воды на отдельных неровностях поверхности земли вызывает появление сорных трав.

§ 82. ЗАСОЛЕНИЕ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ

Почвы пустынь и степей богаты минеральными солями, распределенными по всей толще проникновения корней растений и ниже этого горизонта; время установило равновесие этих солей. С осуществлением орошения установившееся равновесие солей в почве нарушается. Из насыщенной водой на значительную глубину почвы начинается после орошения испарение; по мере высыхания верхнего слоя вода поднимается силой капиллярности из нижних слоев вместе с растворившимися в ней солями вверх и также испаряется, оставляя соли на поверхности. При новом орошении соли с поверхности будут вместе с водой увлекаться вниз, затем при испарении снова подниматься и т. д. Если часть оросительной воды уходит глубоко вниз и там по проницаемому грунту продвигается за пределы орошаемого участка, то происходит рассоление почвы—явление благоприятное, поскольку оно не слишком обедняет почву питательными для растений 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 прекрасные урожаи первых годов после орошения сменятся вновь пустыней. Такое явление в резкой форме произошло за время войны, через несколько лет после устройства орошения, в Голодной степи на Сыр-Дарье; оно заставило разбежаться поселившихся там русских переселенцев.

Засолившиеся орошаемые затоплением почвы Валуевского орошаемого хозяйства (Немреспублика, станция Гмелинская) характеризуется растениями: кермек, (*Statika 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 вверх и испарять; растворенные же в воде соли останутся на поверхности. Поэтому равномерное затопление площадок, т. е. предварительная хорошая планировка их, является весьма важной работой.

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.

Меры борьбы с засолением почв при правильном орошении вытекают из существа явления засоления. Надо или 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 прекращает испарение с поверхности, беря 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 обычное осушение почв подземным дренажем производится с расстоянием 10—20 м одна линия дрен от другой. 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. В очень малом размере закладка подземного дренажа с очень хорошим результатом осуществлена в саду Тингутинской мелиоративной станции для отвода вод, фильтрующихся в сад через откосы и дно вышележащего распределительного канала. Для естественного выхода воды из дренажной сети нужен водоприемник—русло реки или овраг, если этого нет, то дренажную воду можно собирать в колодец, из которого поднимать ее насосом и выливать в поверхностную открытую канаву.

Выборка из всеобщих таблиц хода роста нормальных насаждений при слабых проходных рубках

Порода	Элементы	Бонитеты						
		Ia	I	II	III	IV	V	Va
Сосна к 100 годам	Высота м	33,6	29,9	26,2	22,5	18,7	15,1	11,5
	Диаметр см	40,0	35,5	30,6	26,1	21,3	16,4	11,9
	Число стволов	423	470	550	660	890	1370	2350
	Запас сосны куб. м	785	625	494	380	293	221	158
	Промежуточн. пользован.	295	282	268	230	173	112	30
	Общий запас	1080	907	762	610	466	343	188
	Текущ. прир.	8,0	7,0	6,0	4,9	3,8	2,3	1,5
Ель к 100 годам	Высота м		27,4	25,0	21,3	17,4	14,0	
	Диаметр. см		30,7	26,7	22,7	19,6	15,6	
	Число стволов		549	640	741	878	1144	
	Запас ели куб. м		501	405	314	222	152	
	Промежут. пользован.		195	156	141	105	79	
	Общий запас		696	561	455	327	231	
	Текущ. прир.		7,6	6,6	4,9	3,1	2,1	
Береза к 60 годам	Высота м		21,3	19,2	17,4	15,2	12,5	
	Диаметр. см		21,6	18,3	15,7	13,0	9,9	
	Число стволов		778	979	1208	1519	2022	
	Зап. березы куб. м		269	227	181	140	86	
	Промежут. пользован.		83	71	62	50	33	
	Общий запас		352	298	243	190	119	
	Текущ. прир.		7,3	6,6	5,3	4,0	2,0	

к I главе

- Доктуровский—Торфяные болота. 1932.
 Сукачев—Болота, их образование, развитие и свойства. 1926.
 Архипов—Заболачивание и типы лесов Котласского леспромхоза. 1932.
 Ануфриев—Заболачивание северных лесов. 1923.
 Дубах—Заболачивание лесных площадей в связи с концентрированными рубками и меры борьбы с ним. 1933.
 Сукачев—Руководство к исследованию типов леса. 1930.
 Юрьев—О росте сфагновых болот. Изв. Научно-мелиорационного ин-та. 1926, 1927.
 Кобранов—К вопросу о происхождении болотной сосны. Изв. Лесн. ин-та. 1912.
 Поле—Указатель лесоводственной литературы Сев. России и Финляндии. Прилож. к Лесн. журн. за 1915.
 Литература о влиянии леса на климат приведена проф. Любославским в сборнике статей по лесному хозяйству. 1916.

ко II главе

- Кобранов—Влияние грунтовой воды на рост березы. Лесн. журн., 1908, вып. 3.
 Домберг—Рост сосны и ели в зависимости от влаги. Лесн. журн., 1912, вып. 1.
 Любославский—Некоторые мысли и цифры относительно влияния леса на влажность воздуха. Сборник статей по лесному хоз. 1916.
 Шингарева-Попова—Влияние водного режима почвы на возобновление в некоторых типах леса Парголовогo лесничества. Тр. Л.О.Д., 1930, вып. V.1.
 Дубах—Требования леса к уровню грунтовой воды. Лесное хоз. и лесо-экспл., 1933, № 9.

к III главе

- Гришин—Гидротехнические изыскания. 1927.
 Брудастов—Осушение болот и регулирование водоприемников. 1928.
 Дубах и Спарро—Осушение болот открытыми канавами. 1930.
 Августиневич—О ходе работ Северной Экспедиции. Лесн. журн. 1881, 1882, 1883, 1884.
 Спарро—Мелиоративные изыскания. 1928.
 Пермьяков—Сплав и регулирование путей сплава.
 Яковлев—Геологическое строение Лисинского лесничества—как фактор лесопроизрастания. Сборн. Природа и хоз. Уч.—оп. леснич. Лен. Л. ин-та. 1928.

к IV главе

- Владычанский—Гидрометрия. 1924.
Близняк—Производство исследований рек. 1932.
Павловский—Гидравлический справочник.

к V, VII, VIII, IX, X, XI, XII главам

- Дубах и Спарро—Осушение болот открытыми канавами. 1930.
Брудастов—Осушение болот и регулирование водоприемников. 1928.
Костяков—Основы мелиорации. 1933.
Оппоков—Высушивание земель. 1930.
Пшеничников—Как осушать леса. 1931.
Жилинский—Очерк работ Западной Экспедиции. 1899.
Пиотровский—Практика осушения болот открытыми канавами. 1913.
Писарьков—Проектирование осушительных работ в условиях колонизации Карело-Мурманского края.

к XIII главе

- Нечаев—Механизация мелиоративно-осушительных работ. 1931.
Механизация мелиоративно-гидротехнических работ, под редакцией Павловского. 1931.
Решетников—Механизация мелиоративных работ. 1929.
Гейтман—Охрана и ремонт осушительной сети.
Дубах—Изменение профиля канав с течением времени. 1926.

к XIV главе

- Белобородов—Исследования в Шумском лесничестве. Вып. 2 Ин-та с.-х. мелиорации. 1928.
Бибиков—К вопросу о влиянии осушки на прирост древесины на болоте. Вестн. торф. дела, 1916, вып. 1.
Воропанов—Влияние осушки на рост леса. Сборн. Природа и хоз. учебн. ЛПХ. Лесотехнич. академия. 1931.
Голубовский—Лесомелиорация и экономика. Лесной специал. 1930.
Дубах—Осушение лесных земель. Первое совещание по водной лесомелиорации. 1928.
Ефремов—Исследования в Подборковском лесничестве Псковской губернии. Вып. 2 Ин-та с.-х. мелиорации. 1928.
Жудра—Об осушительных работах в центральных губерниях. Лесн. журн., 1896, вып. 1.
Кравчинский—Из Лисинской дачи. Сборн. статей. 1916.
Лейвиков—Рост сосны на канализованном болоте. Н.-иссл. раб. НКЗ Белоруссии. 1925.
Оппоков—Результаты осушительных работ в казенных дачах Минской губ. 1913.
Товстолес—Пояснительная записка к проекту осушения Охтенской дачи. Изв. Лесн. ин-та. 1910. Вып. XX.
Фомичев—Исследования в Лисинском лесничестве. Вып. 2 Н.-иссл. ин-та с.-х. мелиорации. 1928.
Санько—Уплыю асушэння на рост лістоваго лесу на балоце. 1931.
Эркин—Иглысты лес на осушаным балоце. 1931.
Эркин—Доследованьи росту лесу на канализованым балоце. Гидролесомелиоративн. станции. 1930.
Эркин—К вопросу об осушении лесов. Лесн. хоз. и лесоэксплоатация 1931, № 9—10.
Шабак—Положительные результаты осушки. Лесн. журн., 1915, вып. 2.
Шабак—Отрицательные результаты осушки. Лесн. журн., 1915, вып. 4.

к главе XV

- Шпетле—Осушение почвы подземным дренажем. 1926.
Калабугин—Дренаж сельскохозяйств. угодий.
Костяков—Основы мелиораций. 1931.

к главе XVI

- Кайков—Бурение на воду и устройство трубчатых колодцев. 1932.
Спарро—Пособие для сельского водоснабжения. 1927.
Синельников—Колодцы шахтные с деревянным креплением. 1924.

к главе XVII

- Спарро—Пособие для сельского водоснабжения. 1927.
Попов—Земляные плотины. 1933.
Анисимов—Плотины водоудержательные и водоподъемные. 1924.
Дубах—Материалы по вопросам прудовой техники. 1928.

к главе XVIII

- Жилинский—Очерк работ экспедиций по орошению на юге России. 1892.
Костяков—Основы мелиорации. 1933.
Арканов—Орошение. 1926.
Ризенкампф—Основы ирригации. 1925.
Скорняков—Орошение сада и огорода. 1924.
Шумаков—Лиманное орошение и его значение в засушливом степном хозяйстве. 1925.

Глава первая. Объекты осушительной мелиорации

§ 1.	Содержание водной мелиорации лесных земель	3
§ 2.	Объекты осушения и их генезис	4
	Схема образования болот на водоемах	5
	Образование болот на суходоле	10
§ 3.	Рост болот	11
§ 4.	Заболоченные леса	14
§ 5.	Заболачивание мест концентрированных рубок	19
§ 6.	Разболачивание лесосек	22
§ 7.	Площади лесного фонда в СССР и задачи мелиорации	26
	Распределение лесов по типам	28

Глава вторая. Требования леса к уровню грунтовой воды

§ 8.	Значение влаги в почве	32
§ 9.	Необходимый уровень грунтовой воды	35
§ 10.	Методика наблюдений грунтовой воды	41

Глава третья. Исследования и изыскания на лесных землях

§ 11.	Содержание исследования	44
§ 12.	Нивелировка	46
§ 13.	Почвенные и ботанические исследования	54
	Исследование травяного покрова	56
§ 14.	Определение нарастания мохового покрова	57
§ 15.	Исследование роста леса	59
§ 16.	Наблюдение грунтовых вод	65

Глава четвертая. Изыскания по рекам—водоприемникам

§ 17.	Геометрическая характеристика водоприемника	67
	Водосборная площадь и бассейн реки	68
§ 18.	Инструментальные изыскания по водоприемникам	70
§ 19.	Гидрологический режим реки—водоприемника	78
	Гидрологическое исследование водоприемника	80
§ 20.	Определение сплавпропускной способности реки	84
§ 21.	Исследование грунта	86
	Экономическая и юридическая подготовка	87

Глава пятая. Распределение осушительной системы по площади

§ 22.	Водоотводные каналы	89
§ 23.	Собирательные каналы	96
	Каналы особого назначения	98

Глава шестая. Движение воды по руслу

§ 24а.	Вывод формулы ШЭЗИ	100
§ 24б.	Скоростной коэффициент	102
§ 24в.	Примеры расчета	104

Глава седьмая. Расстояние между осушительными канавами

§ 24.	Методы решения	106
§ 25.	Гидрологическое решение	107
	Расстояние во времени стока поверхности вод	—
	Расстояние по стоку грунтовых вод	110
§ 26.	Решение по уровню грунтовой воды	111
§ 27.	Фитологическое решение	114
§ 28.	Экономический подход и бытовое решение	116
	Бытовое решение	117
§ 29.	Сводная таблица	121

Глава восьмая. Глубина водоотводных каналов и осушительных канав

§ 30.	Осушительные и собирательные каналы	123
	Гидравлические требования	—
	Глубина осушительных канав, в зависимости от строения грунта	126
§ 31.	Глубина магистральных каналов	131
§ 32.	Сочетание глубины и ширины каналов	136
	Гидравлически выгоднейшее сечение канала	—
	Экономически выгоднейшее сечение	139

Глава девятая. Уклоны, откосы и дно каналов

§ 33.	Продольные уклоны дна канав	140
§ 34.	Откосы каналов	144
§ 35.	Крепление откосов	150
§ 36.	Ширина дна собирательных канав	157

Глава десятая. Ширина магистральных каналов и рек—водоприемников по дну

§ 37.	Общие положения	158
§ 38.	Модули стока	160
§ 39.	Положение расчетного горизонта воды	166

Глава одиннадцатая. Проектирование регулирования рек—водоприемников

§ 40.	Скорость и влекущая сила воды	169
§ 41.	Спрямления русла	170
§ 42.	План и радиус спрямлений	175
§ 43.	Глубина регулирования реки—водоприемника	177
§ 44.	Сужение русла реки—водоприемника	181
§ 45.	Типы водостеснительных устройств. Плетни	183
§ 46.	Перемычки	190

Глава двенадцатая. Составление проекта работ

§ 47.	Состояние проекта работ	193
	Обработка материалов изысканий	—
§ 48.	Вычисление земляных объемов	200
§ 49.	Исчисление потребной рабочей силы	202

Глава тринадцатая. Производство осушительных работ и ремонт

§ 50.	Способы производства работ	207
	Возобновление трассы	—

§ 51.	Регулирование рек—водоприемников	209
	Углубление русла	211
	Пуск воды в другую реку	214
	Спрямление рек	216
§ 52.	Прорытие магистралей	218
§ 53.	Работа при помощи машин	223
	Канавокопатели	225
§ 54.	Ремонт осушительной сети	227
	Действительное изменение размеров канав	230

Глава четырнадцатая. Действие осушения на рост леса

§ 55.	Вступление	235
§ 56.	Расстояние действия канав на рост леса	237
§ 57.	Количественное действие осушения на рост леса	240
§ 58.	Материалы иностранной литературы	251
§ 59.	Время наступления и затухания действия осушения	256
§ 60.	Обобщенные заключения по влиянию осушения на рост леса	259

Глава пятнадцатая. Специальные способы осушения сельскохозяйственных земель

§ 61.	Дренаж	261
§ 62.	Виды дренажа	264
§ 63.	Особые способы осушения	273

Глава шестнадцатая. Устройство колодцев

§ 64.	Изыскание на питьевую воду	277
§ 65.	Срубные колодцы	280
§ 66.	Бетонные колодцы	283
§ 67.	Буровые колодцы	288
§ 68.	Каптаж грунтовых вод	294

Глава семнадцатая. Прудовые плотины

§ 69.	Общие положения	298
§ 70.	Выбор места под плотину и изыскания	300
§ 71.	Составные части плотины	304
§ 72.	Объем плотины и пруда	309
§ 73.	Водопронусное устройство	313
§ 74.	Гидравлический расчет отверстий	319
§ 75.	Проект устройства плотины	321
§ 76.	Состояние плотин, уход за ними и ремонт	324

Глава восемнадцатая. Элементы орошения

§ 77.	Общие положения	327
§ 78.	Источники воды для орошения	328
§ 79.	Подача воды на орошаемую площадь	331
§ 80.	Способы орошения	332
§ 81.	Поливы	347
§ 82.	Засоление почв при орошении	357

Приложения

	Выборка из всеобщих таблиц хода роста нормальных насаждений при слабых проходных рубках	353
	Литература по главам	354

Универс. 50 к.

Испр. 50 к.

