В. М. Зубец

Эксплуатация закрытого дренажа

Минск 1961

В. М. ЗУБЕЦ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА

БИБЛИОТЕКА
37199

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ БССР
МИНСК — 1961

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача при создании осушительных систем состоит в том, чтобы на избыточно увлажненных землях коренным образом изменить водный, воздушный, тепловой и пищевой режимы почв, обеспечить наиболее благоприятные условия для роста и развития культурных растений. До последнего времени она решалась главным образом путем прокладки открытой осушительной сети. Однако богатый опыт осушения болот и заболоченных земель колхозами и совхозами республики говорит о том, что этот путь далеко не лучший. Открытые каналы затрудняют обработку почвы, посев и уборку урожая современной техникой, занимают 10—15% полезной площади осушенных земель, являются рассадниками сорняков, требуют ежегодно значительных денежных затрат на уход и ремонт, наконец, из-за них приходится строить большое количество мостов для переезда и прогона скота.

Более совершенным способом осушения земель, как это установлено исследованиями и подтверждено практикой, является закрытый дренаж. Прокладка подземных дрен на избыточно увлажненных землях не только создает благоприятные условия для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, но и не ограничивает применения техники, что весьма важно при решении задачи снижения себестоимости продукции.

Вопросам осушения избыточно увлажненных земель дренажем как у нас, так и за рубежом уделено большое внимание. Однако преобладающая часть исследований мало касается низинных торфяников. Не исследованы, в частности, в полной мере такие вопросы, как причины

повреждения дренажной системы и меры их устранения.

Семилетним планом развития народного хозяйства СССР (1959—1965) предусмотрено осушить в стране закрытым дренажем миллионы гектаров болот и заболоченных земель, в том числе в Белорусской ССР свыше 350 тыс. *га*. В связи с этим вопросы строительства и эксплуатации закрытого дренажа приобретают очень важное значение. Некоторым из них и посвящена настоящая работа.

Глава V написана инженером Б. В. Астаповичем. В обследовании состояния существующих дренажных систем и обработке материалов принимали участие младшие научные сотрудники В. И. Быков, А. И. Мурашко и Г. Ф. Чеботаревский.

Глава I

ОСУШЕНИЕ ЗАБОЛОЧЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДРЕНАЖЕМ

ВИДЫ И ЭЛЕМЕНТЫ ДРЕНАЖА

Дренаж является одним из способов регулирования водного режима переувлажненных земель. Различают два типа дренажа — материальный и кротовый. В первом случае в выполненные траншеи укладываются трубы или они заполняются другим фильтрующим материалом и затем засыпаются землей. Кротовые дрены представляют собой полости округлого сечения, образующиеся в грунте на определенной глубине после протаскивания дренера при помощи специальной машины. В ряде случаев кротовый дренаж устраивается в виде щелей, тогда его называют щелевым.

В зависимости от применяемых материалов различают следующие виды дренажа: гончарный, деревянный (дощатый, желобчатый, жердяной, фашинный, фанерный, бамбуковый), бетонный, каменный и др.

Гончарный дренаж. Для осушения почв этим способом применяются гончарные трубки с внутренним диаметром от 4 до 20 и длиной 33 *см*. Академик А. Н. Костяков [1] считает, что 5-сантиметровым трубкам следует отдавать предпочтение перед 4-сантиметровыми, так как у них поверхность в стыках для поступления воды на 25% больше. Это весьма важно при закладке их на тяжелых минеральных землях, где стыки нередко более чем наполовину заполняются почвенными частицами. Кроме того, в трубки такого диаметра поступает больше воздуха, что улучшает условия аэрации почв.

Для изготовления гончарных труб применяются глины, содержащие 50—70% окиси кремнезема, 10—12% окиси алюминия, примерно 10% окиси железа и не более 2% извести. Хорошо просушенные на воздухе после изготовления, а затем обожженные в специальных печах гончарные трубки при ударе металлическими пред-

метами издают чистый, подобно колокольному звону, звук. Пролежав сутки в воде, они не должны прибавлять в весе более чем на 10—15%. Трубки должны быть прямолинейными, круглыми, с одинаковой толщиной стенок и иметь гладкую внутреннюю поверхность.

Торцы трубок отрезаются строго перпендикулярно к их оси. Согласно ГОСТу 8411-57 допускаются отклонения для трубок диаметром 4—10 *см* не более 3 *мм* и при большем диаметре их — 5 *мм*. Отклонения среднего диаметра отдельных трубок от среднего диаметра всей партии допускаются в пределах от 4 до 10%. Высота дуги искривления не должна превышать 1,5—2,5% длины трубки.

Для осушения одного гектара заболоченных земель необходимо закладывать следующее количество гончарных трубок:

Расстояние между дренами, *м*	10,00	16,00	20,00	25,00	30,00	40,00
Расход гончарных трубок, тыс. штук	3,30	2,00	1,65	1,30	1,05	0,83

Однако при расчетах указанное количество трубок следует увеличивать примерно на 5%, имея в виду поломки их во время транспортировки.

При осушении земель нужны трубки разных размеров. Примерное представление о количественном соотношении их дают такие данные, заимствованные из литературных источников:

Диаметр трубок, *см*	4—5	7,5	10,0	12,5	15,0—20,0
Потребность к общему количеству, %	80,0	10,0	7,0	2,0	1,0

В проектах Белгипроводхоза по осушению 26 тыс. *га* болот и заболоченных земель гончарным дренажем соотношение трубок различного диаметра исчислено в следующих количествах:

Диаметр трубок, *см*	5,0	6,5	8,0	10,0	13,0	16,0	18,0
Потребность к общему количеству, %	79,19	10,0	3,4	3,2	3,6	0,6	0,01

Как видим, литературные и производственные данные почти совпадают.

Деревянный дренаж. Одним из видов этого дренажа является дощатый. Им в БССР осушено несколько

участков торфяных болот. Так, в 1927 г. возле Старобина дощатый дренаж был устроен на площади 90 *га*. Заложенные дрены представляют собой прямоугольные трубы сечением 7 × 7 и 10 × 10 *см*[1]. Коллекторные трубки имеют сечение 15 × 15 и 20 × 20 *см*. Толщина досок 2,5 *см*. Трубки непрерывные, соединенные в стыках досок вразбежку. Для поступления воды в дрену в боковых ее стенках через каждые 0,5 *м* сделаны отверстия. До укладки в траншею трубы были с наружной стороны осмолены.

Обследование этого дренажа, произведенное в 1959 г., показало, что после 32-летней службы большинство труб находилось во вполне пригодном состоянии. Только у некоторой части их в устье доски сгнили.

В 1956 г. Пуховичская машинно-мелиоративная станция предложила изготавливать желобчатые деревянные дренажные трубы (желобчатый дренаж) из жердей и подтоварника любых древесных пород, встречающихся в непосредственной близости от осушаемого участка. Для получения желобчатой дрены жердь или подтоварник распиливается на пластины, в каждой из которых фрезой выбирается полукруглый желоб диаметром 4—8 *см*. Изготовленные таким образом пластины длиной 2—3 *м* накладываются одна на другую. Их сбивают в трубы и через каждые 0,5 *м* делают прокладку из кусочков березовой коры или фанеры толщиной 1—2 *мм* для образования щели, обеспечивающей поступление воды в дрену. Применение таких труб особенно эффективно при осушении глубоких торфяников. Оно во многом снижает и упрощает устройство дренажа.

Ценный почин пуховичских мелиораторов, к сожалению, недостаточно используется в колхозах и совхозах республики. К настоящему времени желобчатый дренаж заложен на площади лишь около 100 *га*.

Жердяной дренаж делается из жердей диаметром 6—8 *см*. Чаще всего их комлями вверх по течению укладывают на дно траншей в два или три ряда с прокладками через каждый метр из отрезков таких же жердей. Перед засыпкой траншей грунтом верхний ряд жердей покрывается мхом.

---

[1] В практике мелиоративных работ иногда применяется дощатый дренаж и треугольного сечения.

В БССР осушены жердяным дренажем незначительные участки заболоченных земель. Это можно объяснить только серьезной недооценкой его практиками-мелиораторами. Проведенные исследования убедительно показывают, что жердяной дренаж при осушении торфяно-болотных почв может нормально работать не менее 15—20 лет и минеральных — 10 лет.

Еще одной разновидностью деревянного является фашинный, или хворостяной, дренаж. Для устройства его пригоден хворост всех лиственных пород. Фашины обычно изготовляют непосредственно у траншеи, на месте укладки. Толщина каждой из них должна быть не менее 20—30 *см*. Подробно на этом виде дренажа мы не останавливаемся, поскольку практическое значение его невелико.

Кротовый дренаж представляет собою подземные ходы, проложенные в осушаемой почве специальными механизмами с заданным уклоном на необходимой глубине и расстоянии друг от друга. Для устройства его в БССР применяются машины ДКГ-80(100) и ДКН-2 конструкции Белорусского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства. Кротовый дренаж служит обычно не более 3—4 лет.

Наукой и практикой доказано, что этот вид дренажа особенно эффективен на торфяно-болотных почвах при степени разложения торфа не более 45% и на заболоченных минеральных. На первых он закладывается после предварительного осушения их открытыми каналами, а на вторых — только в устойчивых однородных грунтах.

Для определения возможности устройства кротового дренажа на минеральных почвах производятся механический и микроагрегатный анализы грунта. Грунт будет тем устойчивее, чем меньше его микроагрегаты разрушаются в воде. Показателем устойчивости грунта при этом служит следующее отношение:

$$A = \frac{C_1}{C_2},$$

где

A — показатель устойчивости грунта;
C_1 — содержание (в %) фракций от 0,05 до 0,005 *мм* по микроагрегатному анализу;

C_2 — содержание (в %) этой же фракции по механическому анализу.

Считается, что при $A < 0{,}3$ грунт устойчив и пригоден для дренирования; если величина A находится в пределах $0{,}3 \div 0{,}7$, он малоустойчив, а при $A > 0{,}7$ — не устойчив.

Глубина закладки кротовых дрен в минеральных грунтах принимается 0,5—0,7 *м* от поверхности почвы при расстоянии между дренами 3—7 *м*, длине до 200 *м* и диаметре 20—15 *см*. Для большей устойчивости кротового дренажа закладывать его следует во влажном, пластичном грунте. Лучше всего это делать весной после стока поверхностных вод и осенью после дождей.

ТИПОВЫЕ СХЕМЫ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В БССР

В условиях БССР в большинстве случаев применяется самотечный способ осушения[1]. Избыточную воду с осушаемого участка удаляют системой открытых каналов либо каналов и закрытых дрен. Кроме них, на осушаемой площади должны быть созданы дороги, мосты и другие сооружения. Все это в совокупности и является осушительной системой.

При осушении земель закрытым дренажем различают следующие основные элементы:

а) дрены-осушители, предназначенные для удаления избыточных вод из пахотного слоя и поддержания уровня грунтовой воды на осушаемом участке на нужной высоте;

б) закрытые коллекторы, принимающие воду из дрен и проводящие ее в открытые каналы или другие водоприемники;

в) каналы, принимающие воду из дренажной сети;

г) ловчие дрены или каналы, прокладываемые по периферии осушаемого участка;

д) водоприемники (магистральные каналы, реки и т. д.), отводящие всю воду из осушительной сети;

е) сооружения дренажных систем (устья, смотровые и отстойные колодцы, шлюзы, крепления откосов и др.), обеспечивающие бесперебойную работу дрен;

[1] В некоторых случаях требуется и устройство насосных станций для переброски массы воды с осушаемой площади.

ж) переезды, мосты и другие сооружения, необходимые для рационального использования осушенных земель.

В какой мере применяется весь комплекс названных элементов системы, зависит прежде всего от водного питания, гидрогеологического строения и других особенностей мелиорируемых земель. В некоторых случаях, например, когда по условиям местности из-за малых уклонов требуется значительное заглубление устьевой части закрытого коллектора, дрены могут впадать по отдельности в открытый отводящий канал.

При значительных размерах площадей, постоянно или периодически переувлажняемых грунтовыми водами, дренажная регулирующая сеть устраивается обычно из равномерно распределенных дрен и закрытых коллекторов, впадающих в открытый канал. Дренаж в этом случае принято называть *систематическим*.

Для отвода вод из отдельных понижений рельефа, а также в целях улавливания части грунтовых вод применяется *выборочный* дренаж.

Схемы дренажа для осушения низинных болот. Низинные болота наиболее распространены в БССР. В естественном состоянии значительная часть их используется как сенокосы и пастбища, а остальные покрыты кустарником, лесом и для сельскохозяйственных целей непригодны. Земли эти заболачиваются грунтовыми и напорно-грунтовыми водами, которые, как правило, на протяжении всего вегетационного периода стоят у дневной поверхности. Немалую роль в заболачивании почв играют и атмосферные осадки.

До последнего времени осушение низинных торфяно-болотных почв велось главным образом путем создания открытых канав. Этот способ применяется и сейчас. Однако наряду с ним в республике получил широкое распространение закрытый дренаж.

На рис. 1 приведена одна из схем осушения заболоченных земель упомянутым способом. В спрямленное русло реки впадают нагорно-ловчий канал С-5Л, проложенный в притеррасной части поймы, а также открытые каналы С-5Л-2 и С-5Л-4. Дренажная система состоит из закрытых коллекторов, соединенных в истоке и устье с открытыми каналами, и впадающих в них дрен.

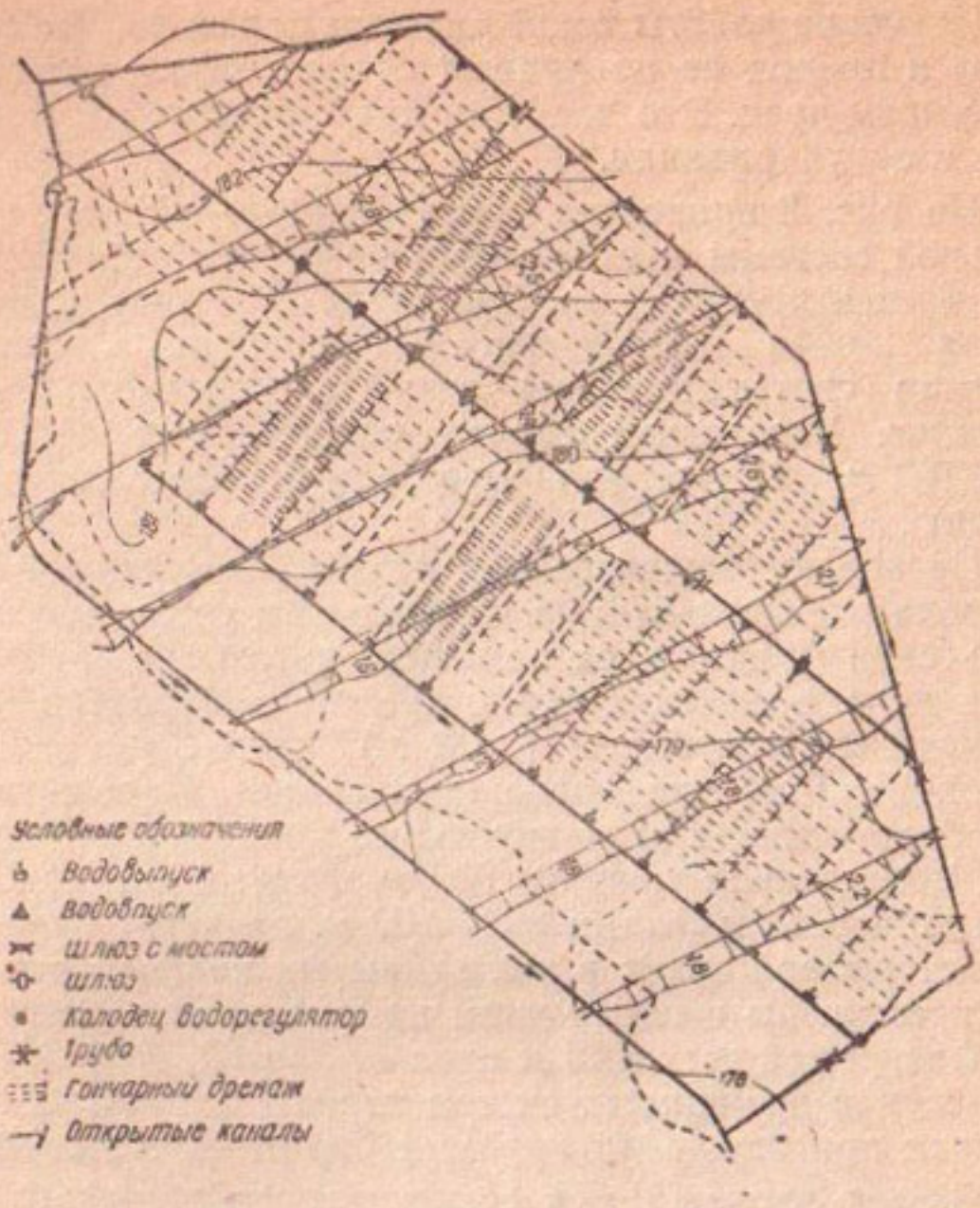


Рис. 1. Схема осушения гончарным дренажем двухстороннего действия торфяно-болотных почв.

В опытных целях дрены укладывались на глубину 1,0—1,2 *м* в 20; 30; 40; 60 и 80 *м* одна от другой. Дно имело уклон 0,0015—0,0025. Диаметр дрен 6,5 *см* при длине их 180 *м*. Глубина закладки коллекторов в торфе принята 1,3—1,6, а в минеральном грунте — 1,2—1,3 *м*. Диаметр труб коллекторов 16—20 *см*, длина их 700 и менее метров.

Для дополнительного увлажнения участка вода подается из реки в нагорно-ловчий канал, а затем в закрытые коллекторы и дрены. На дренажных коллекторах построены водорегуляторы. Каждая дренажная система имеет один водовпуск и один водовыпуск.

Изучение работы такой системы показало, что подача воды и проход ее по дренам обеспечивают постоянную промывку дрен. Это надежно предохраняет их от заиления и закупоривания.

На рис. 2 приведена схема переустройства осушительной системы с открытыми каналами на закрытый гончарный дренаж, как это сделано в одном из совхозов нашей республики. В 1932 г. здесь была построена систематическая открытая осушительная сеть каналов. Расстояние между осушителями составляло 80—100 *м*. Осушенная площадь использовалась под пашню.

Поскольку осушительная сеть за прошедшее время заросла растительностью, заилилась и перестала выполнять свои функции, ее заменили закрытым дренажем. При этом существующие открытые собиратели были значительно углублены (до 2 *м*) и использованы как водоприемники для дренажных систем. В связи с тем что болото имеет незначительные уклоны, длина закрытых коллекторов принята 350 *м*. Расстояние между открытыми собирателями 600—700 *м*, причем осуществлен двухсторонний впуск в них закрытых коллекторов. Дрены проложены в поперечном направлении к существующей открытой сети в 40 *м* одна от другой. Подобное расположение дренажных систем является наиболее характерным при осушении крупных болотных массивов.

Схемы дренажа для осушения периодически переувлажняемых минеральных земель. Наряду с торфяно-болотными почвами в колхозах и совхозах БССР имеется свыше миллиона гектаров минеральных избыточно увлажняемых земель. На таких землях крайне трудно в лучшие агротехнические сроки выполнять полевые работы, высокопроизводительно использовать сельскохозяйственную технику, получать высокие урожаи. Почвы избыточно увлажненных земель, как правило, по механическому составу глинистые и тяжелосуглинистые, плохо проводящие воду. Переувлажнению их способствуют также застои дождевых и талых вод в замкнутых впадинах (блюдцах), неглубоких западинах и т. д.

Устранить этот весьма серьезный недостаток можно путем применения комплекса мероприятий, в который входят: применение гончарного дренажа, кротование почвы, выборочное бороздование для вывода вод из по-

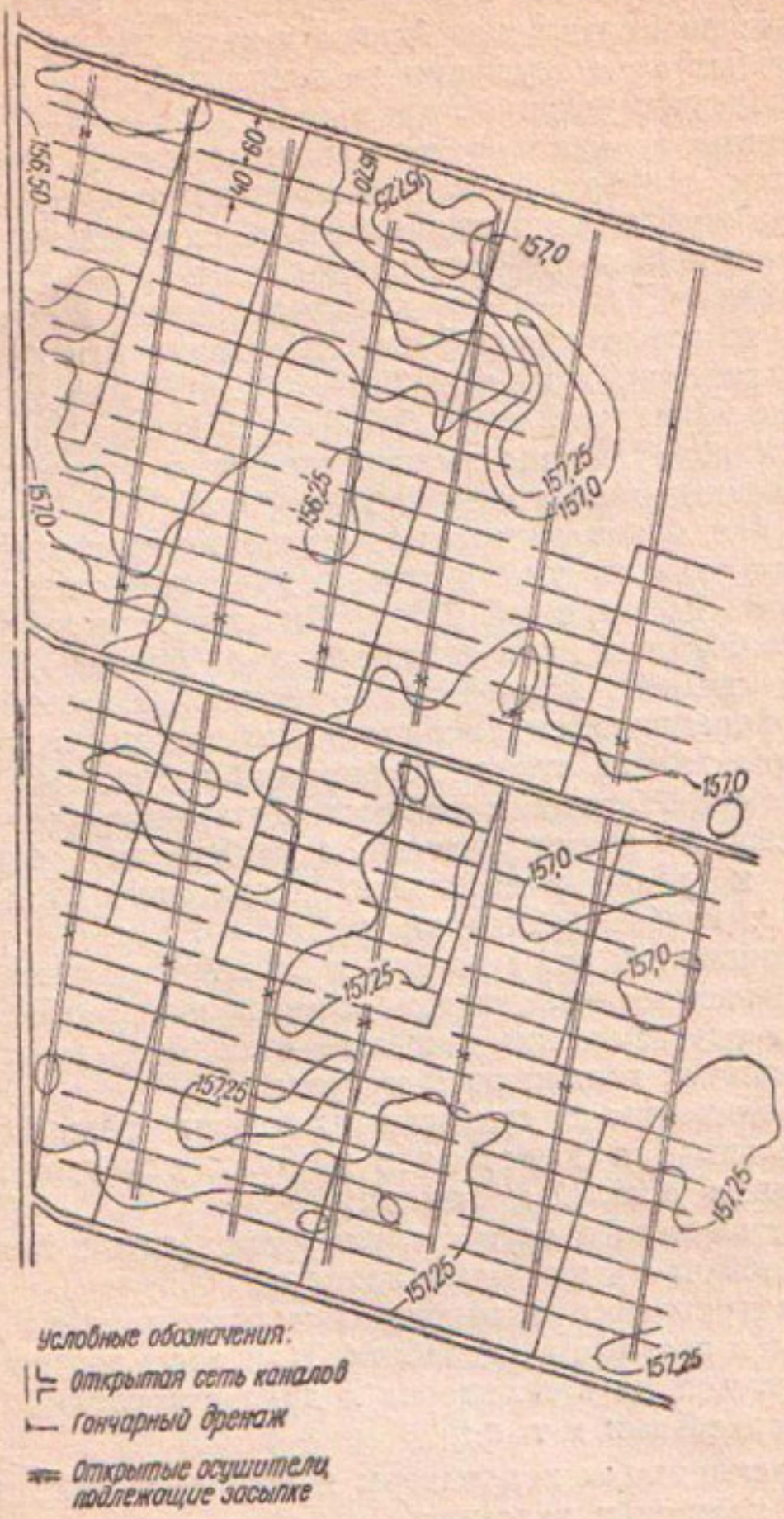


Рис. 2 Схема переустройства открытой сети на закрытый дренаж.

нижений, выравнивание поверхности, узкозагонная вспашка по склону или близко к нему и т. п. Одна из возможных схем осушения заболоченных земель в рассматриваемых условиях приведена на рис. 3.

Помимо агромелиоративных мероприятий, здесь осуществлен гончарный систематический дренаж со следующими техническими показателями: расстояние между дренами 13 *м*, глубина закладки их 1,0—1,1 *м*, уклон в пределах 0,0015—0,004, длина закрытых коллекторов до 300 *м*, длина дрен 150 *м*. Расстояние между открытыми каналами примерно 350—400 *м*. Коллекторы рассчитаны на модуль стока 0,5 *л/сек* с 1 *га*. Дренажные системы оборудованы железобетонными устьями и железобетонными смотровыми колодцами.

На рис. 4 показана схема осушения пахотных минеральных земель выборочным дренажем в одном из совхозов Белорусской ССР. На осушаемом участке имеется большое количество западин (блюдец), заполненных водой и заросших осокой. Почвообразующие породы представлены связными песками с прослойками ортштейнов, супесями, частично суглинками, а также торфяно-болотными почвами. Дрены на участке расположены не систематически, а выборочно, применительно к рельефу местности. Принятая длина дрен до 200 *м*, глубина закладки труб 0,9—1,1 *м*.

Накопленный опыт по строительству закрытого дренажа позволяет высказать следующие соображения с целью экономически наиболее выгодного расположения закрытых коллекторов и дрен:

а) количество закрытых коллекторов должно быть минимальным, а длина дрен максимально допустимой для данных условий местности;

б) устья коллекторов следует располагать в наиболее устойчивой части открытых каналов;

в) направления коллекторов и дрен должны быть увязаны с рельефом местности. При этом нужно избегать пересечений коллекторов и дрен с дорогами, каналами, тальвегами и т. п.;

г) прокладывая коллекторы и дрены, следует не допускать излишних изломов;

д) наиболее экономичным и менее сложным при строительстве является соединение дрен с коллектором под прямым углом. Если по условиям местности это

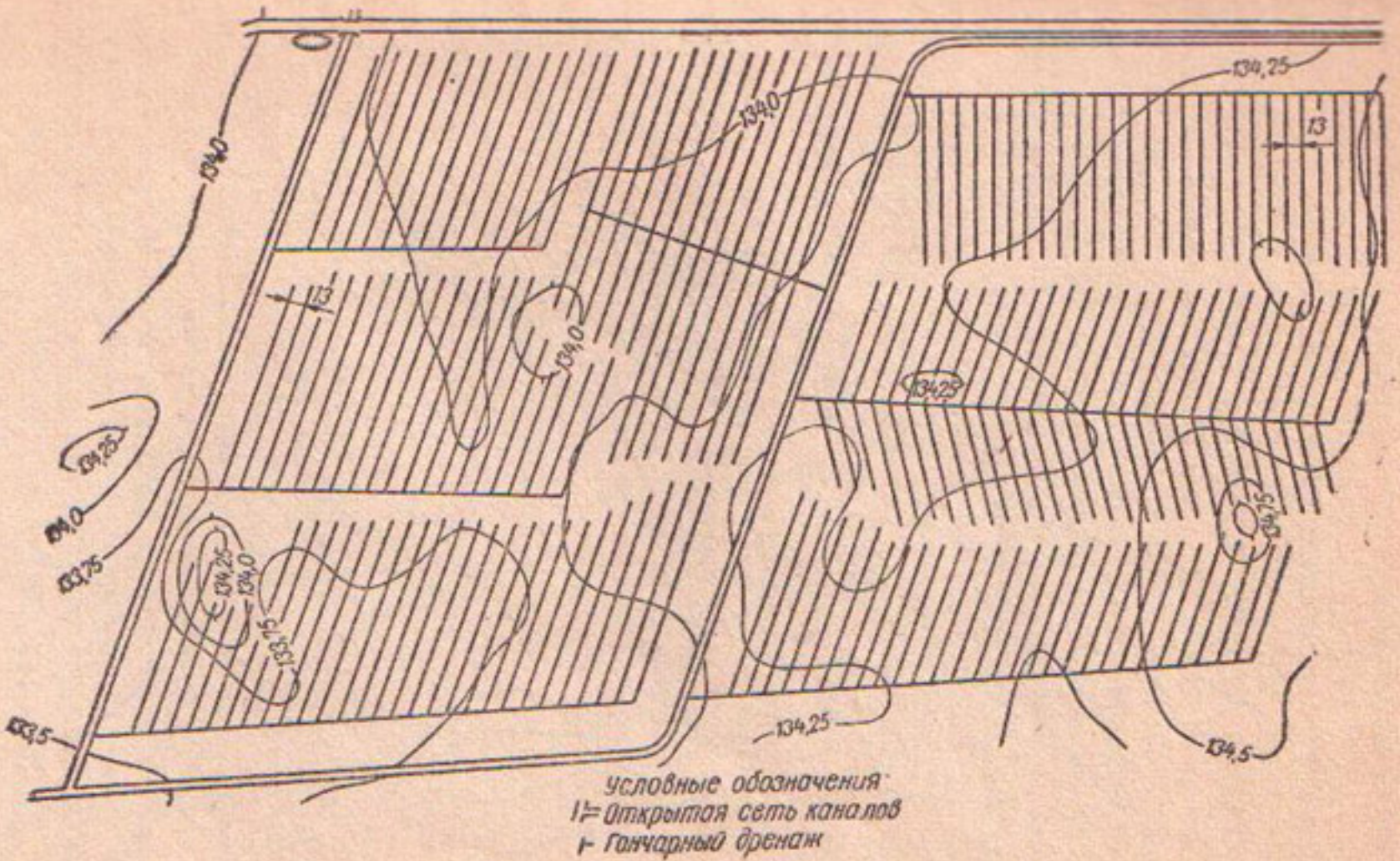


Рис. 3. Схема расположения дренажа при осушении тяжелосуглинистых почв.

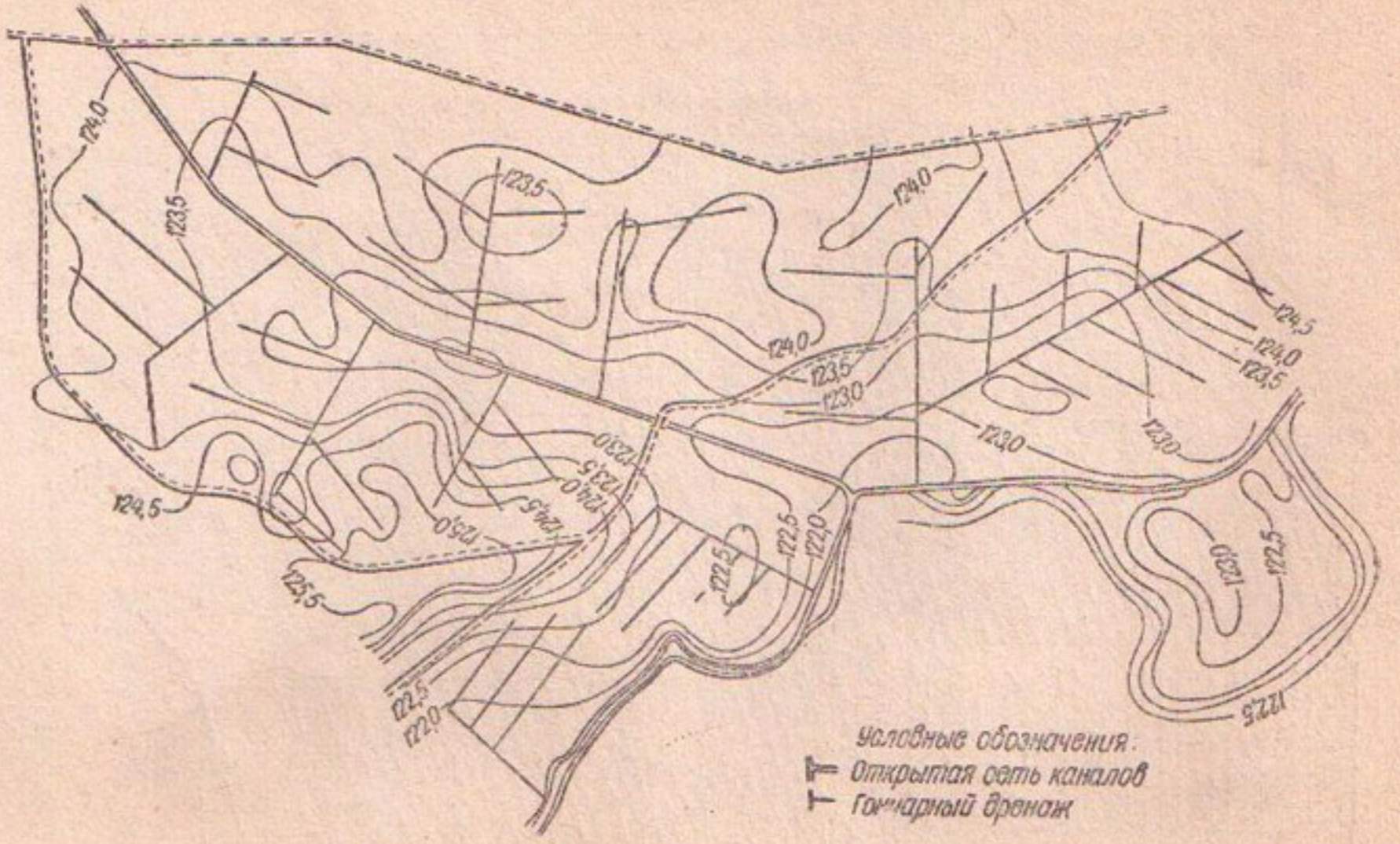


Рис. 4. Схема осушения земель выборочным дренажем.

невозможно, дрены нужно располагать под углом в интервале 60—70°;

е) сброс воды в открытый канал из дренажных систем следует осуществлять по кратчайшему пути. При значительных уклонах местности коллекторы целесообразнее располагать, следуя основному направлению естественных тальвегов. Выбирая направления прокладки коллекторов и дрен, нужно стремиться к сокращению объема земляных работ.

Расстояние между дренами и глубина закладки их должны определяться в каждом конкретном случае в зависимости от свойств почвогрунта, типа водного питания и хозяйственного использования осушаемых земель.

На основании теоретических расчетов и опытных данных А. А. Черкасов [2] рекомендует применять такие расстояния между дренами, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расстояния между дренами (по Черкасову)

Севообороты	Почвы			
	торф низинного болота	песчаная и супесчаная	суглинистая	глинистая
Лугопастбищный	25—50	15—30	20—50	10—15
Полевой . . .	15—40	10—25	18—40	8—12
Овощной . . .	15—32	10—20	15—30	8—10

Глубина закладки дрен в условиях БССР принимается для легких почв в пределах 0,9—1,2, для тяжелосуглинистых 0,8—1,0, для торфяных 1—1,2 *м*. Первоначальная глубина ее в торфяных грунтах должна быть значительно больше указанной в связи с возможной осадкой и «сработкой» торфа в процессе сельскохозяйственного использования. Закладку дрен следует также производить ниже горизонта промерзания почвы, так как замерзание и оттаивание грунта приводит к нарушению работы дренажных систем.

37199

Глава II

ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА И МЕРЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ

Выяснение причин, вызывающих ненормальную работу и выход из строя дрен, весьма важно для принятия мер, предупреждающих такие явления. Наши исследования [3] состояния гончарного дренажа, заложенного в разное время в БССР на болотных массивах «Иппа», «Виша», «Волма», «Ольгиняны», «Сутинский», «Слоусть», «Ведричь» (характеристика их дана в табл. 2), а также работы других специалистов позволяют сделать вывод, что повреждения дренажных систем, так же как и открытых каналов, происходят под влиянием природных и искусственных факторов.

Из природных факторов, отрицательно воздействующих на работу дренажных линий, которые заложены в торфяно-болотных грунтах, прежде всего следует выделить осадку торфа. Другие причины, вызывающие нарушение нормальной работы осушительных систем, связаны с дефектами проектов. Иногда, например, предусматривается осушение какой-либо площади закрытым дренажем при отсутствии удовлетворительного водоприемника. Во многих случаях при проектировании не учитываются также особенности торфяных грунтов, не согласовываются уклоны коллекторов и дрен, не предусматриваются меры, предупреждающие их заиление. Наконец, к выходу из строя дрен приводит некачественное строительство осушительных систем и отсутствие за ними надлежащего ухода.

ОСАДКА ТОРФА

Торфяная залежь практически представляет двухфазную систему, состоящую из твердых частиц и воды, причем в естественном состоянии (до осушения) в еди-

нице объема торфа содержится твердой фазы около 6—7 и воды 93—94%.

После строительства осушительных систем уровень грунтовых вод снижается, и в единице торфа уменьшается содержание воды. Поэтому частицы твердой фазы сближаются между собой, и общий объем, занимаемый торфяной массой, уменьшается — происходит уплотнение или, как говорят, осадка торфяной залежи.

Основными факторами, влияющими на величину осадки, являются: глубина понижения уровня грунтовых вод в результате устройства открытых каналов или закрытых дрен, мощность, ботанический состав, степень разложения, плотность, зольность и влажность торфа. Немалое значение имеют также характер и продолжительность использования осушенных торфяно-болотных почв.

Наиболее интенсивно осадка поверхности болота происходит в приканавной полосе шириной 20—25 *м*, причем максимум отмечается у бровки канала. По мере удаления от канала величина осадки постепенно уменьшается.

Оседают все слои торфяной залежи от поверхности до подстилающих пород. Однако уплотнение торфа происходит неравномерно. По характеру протекания процесса можно выделить 3 зоны: верхнюю, расположенную над уровнем грунтовых вод; среднюю, подвергающуюся периодическому увлажнению ими, и нижнюю, расположенную ниже уровня стояния грунтовых вод.

Верхние слои торфяной залежи уплотняются в значительно большей степени, чем нижние. Это объясняется тем, что они подвергаются большему высушиванию и минерализации. В слоях, расположенных ниже уровня грунтовых вод, эти процессы практически не происходят, и поэтому находящийся здесь торф уплотняется только в результате возрастающего давления сверху. Поэтому величина осадки в этой зоне незначительна и составляет не более 10% от суммарной осадки в двух верхних зонах. Во всех зонах уменьшение осадки с глубиной подчиняется линейному закону.

Наиболее интенсивно процесс уплотнения идет в первые 1—2 года после осушения торфяника. Затем он резко замедляется и происходит так называемая «сработка» поверхности болота за счет минерализации

Таблица 2

Характеристика участков с обследованными дренажными системами

Объекты	Средняя глубина торфа, м	Средняя глубина закладки дрен, м	Год строительства открытых осушительных каналов	Год строительства закрытого дренажа	Год сельскохозяйственного освоения	Способы устройства траншей	Виды дренажа
Участок «Великий мох»	3,0	1,20	1929	1929	1929	Вручную	Дощатый, фашинный
Участок «Куринка» . .	2,5	1,20	1935	1935	1936	»	Гончарный на стеллажах, жердяной, фашинный
Колхоз им. БВО, канал VII	3,2	1,20	1930	1957—1958	1934	С помощью ЭТН-142	Деревянный, желобчатый
Коссовская опытная болотная станция[1] . . .	3,0	0,95	1934	1949	1934	Вручную	Гончарный без стеллажей
Совхоз «Залог пятилетки»	1,3	1,15	1932	1958	1933	С помощью ЭТН-142	»
Опытный участок «Слоусть»	1,7	1,23	1954—1955	1955	1956	»	Гончарный на стеллажах
Участок «Ольгиняны»	1,3	1,20	1958	1958	1958	»	Гончарный на стеллажах и без стеллажей
Участок «Вислица» . .	0,5	1,20	1953	1957	1955	»	»
Участок «Иппа»	1,5	1,25	1949	1958	1955	»	»
Участок «Виша»	1,7	1,20	1953	1958	1958	»	»

Примечание. На всех объектах торф низинного типа, преимущественно осоковый и осоково-тростниковый со степенью разложения 35—40%; зольность пахотного слоя 8—12%.

[1] В дальнейшем для удобства будем писать Коссовская станция.

торфа. На болотном массиве «Дикий Никор», например, осадка за первые два года составила более 70% от общей, происшедшей за 8 лет после проведения мелиоративных работ.

О размерах осадки поверхности болот в результате осушения и сельскохозяйственного освоения дают достаточное представление данные табл. 3.

Таблица 3

Осадка поверхности болот после осушения и длительного освоения осушенных торфяников

Створы	Первоначальная мощность торфа, *м*	Осадка, *см*			Средняя по створу за год, *см*	
		средняя по створу	у канала	посредине между каналами	у канала	посредине
Болотный массив «Марьино», за 30 лет (1929—1959)						
Д	2,29	72,0	90	54	3,00	1,80
В	3,67	80,4	95	64	3,14	2,10
Е	4,09	90,9	112	101	3,70	3,36
Ж	1,26	49,0	67	34	2,20	1,13
А	3,65	79,9	—	—	2,70	—
Минская болотная станция, за 47 лет (1913—1960)						
I	1,05	61	—	—	1,20	—
II	2,05	136	—	—	2,90	—

Как показывают данные табл. 3, на болотном массиве «Марьино» при мощности торфа до осушения 2,8 *м* средняя осадка по четырем створам составила 91, а на расстоянии 45 *м* от канала (расстояние между открытыми каналами 90 *м*) — 63 *см*, т. е. значительно меньше.

Ниже рассмотрим основные повреждения дренажных систем, вызываемые осадкой торфа.

Изменение уклона дренажных линий. Правильно заложенные дренажные системы должны своевременно отводить воду с осушаемого участка и не допускать отложений частиц грунта в дренах. Это достигается в первую очередь приданием дренам определенного уклона.

В практике проектирования осушения земель дренажем для коллекторов и дрен из гончарных трубок принят в качестве минимального уклон 0,0015. Обычно дренаж проектируется и закладывается с постоянным уклоном по всей длине дрен.

Насколько изменяется первоначально приданный дренам уклон при осушении ими торфяно-болотных почв, можно видеть из следующих данных нивелировки (табл. 4, рис. 5).

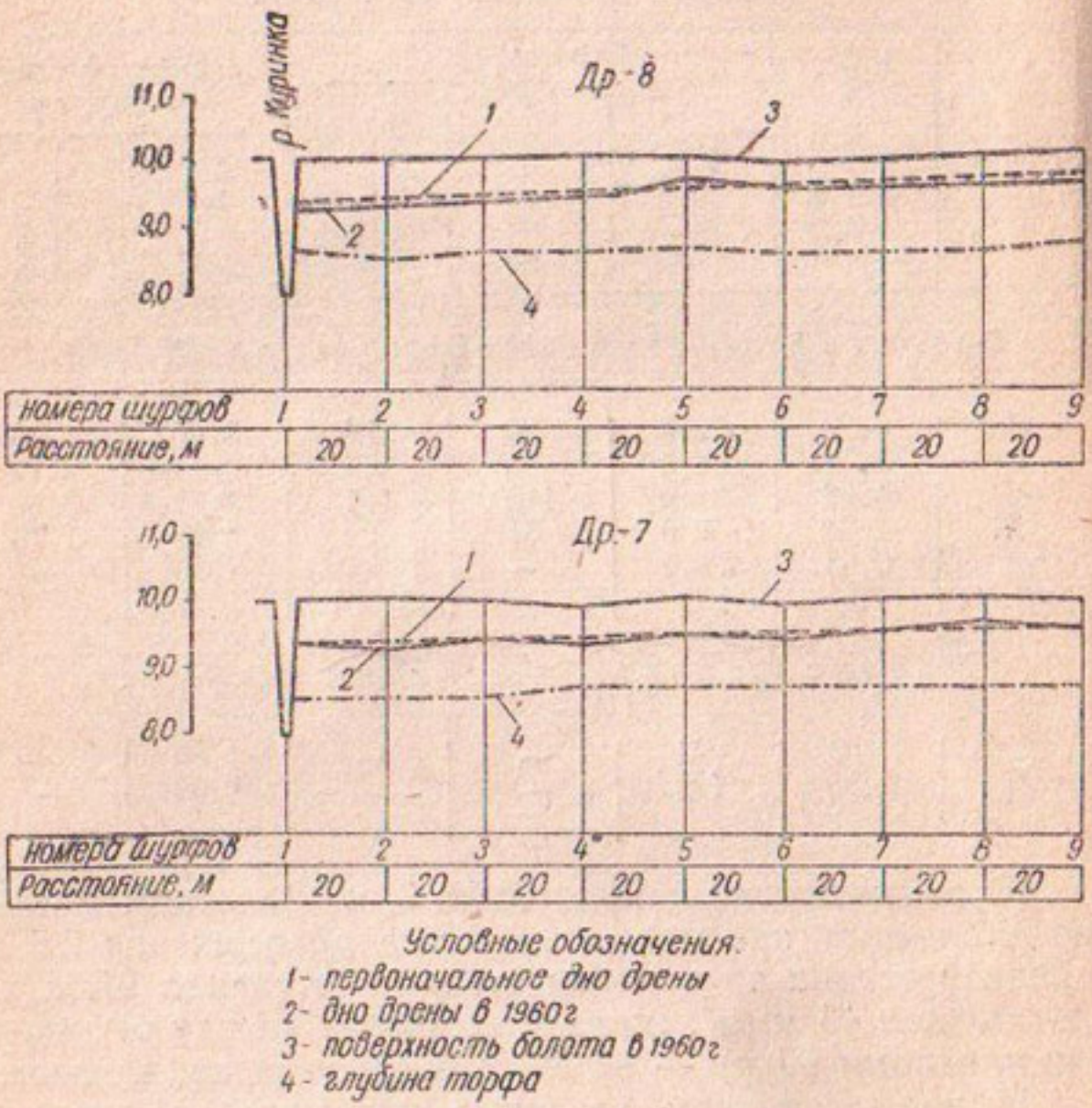


Рис. 5. Изменение продольного профиля дна гончарных дрен на участке «Куринка» за период 1935—1960 гг.

Из приведенных в табл. 4 данных видно, что первоначальный уклон дрен резко изменился. Объясняется это прежде всего осадкой дна дрен и поверхности болота.

Таблица 4

Изменения уклонов на осушенных торфяниках

Номера коллекторов	Номера дрен	Длина дрен, м	Уклоны коллекторов и дрен	
			при укладке	по данным измерения в 1959 и 1960 гг. через каждые 20 м от устья (со знаком минус — уклон обратный)
			Участок «Курника» (дренажные трубки на стеллажах)	
	1	160	0,002	0,0012; 0,001; 0,0014; 0,0011; 0,002; 0,0033; —0,0005; 0,002
	2	160	0,002	0,002; 0,0023; 0,0018; 0,0018; —0,0025; 0,0025; 0,002
			Опытный участок «Слоусть» (дренажные трубки на стеллажах)	
1	—	430	0,001	0,0012; —0,0012; 0,002; 0,0017; 0,0057; 0,0005
1	8	150	0,001	0,0016; 0,0017; 0,0017; 0,0013
1	4	150	0,001	0,003; —0,001; 0,0015; 0,0015
9	—	727	0,001	0,0008; 0,001; —0,00005; 0,0013; 0,0016; 0,0013; 0,0003
			Участок «Ольгиняны» (дренажные трубки уложены без стеллажей)	
1	8	200	0,003	0,005; 0,0046; 0,0043; 0,003; 0,0028; 0,0027
1	13	220	0,002	0,0011; 0,0046; 0,0002; 0,003; 0,0017; 0,003
1	14	200	0,002	0,009; —0,0067; 0,0026; 0,0043, 0,003; 0,0035
			Совхоз «Залог пятилетки» (дренажные трубки уложены без стеллажей)	
18	—	180	0,0015	0,0006; 0,0022; 0,0081; 0,00171

Продолжение табл. 4

Номера коллекторов	Номера дрен	Длина дрен, м	Уклон коллекторов и дрен при укладке	Уклон коллекторов и дрен по данным измерения в 1959 и 1960 гг. через каждые 20 м от устья (со знаком минус – уклон обратный)
Участок Коссовской станции				
—	1	160	0,0015	0,00; 0,00; 0,00; 0,002; 0,00; 0,00; 0,0015; 0,003;0,0015
—	2	180	0,0015	0,0012; 0,003; —0,0049; 0,003; —0,0007; 0,0008; 0,005
—	10	180	0,0015	0,001; 0,0035; 0,00; 0,0015; 0,0035
—	13	180	0,0015	0,001; —0,0005; 0,001; 0,0025; 0,00; —0,0015; 0,004; —0,001; 0,001
Участок «Великий мох» (дренаж дощатый)				
1	—	120	0,001	0,0026; 0,0017; 0,0018
—	6	88	0,001	0,0055; 0,0041; 0,0037
—	7	88	0,001	0,0029; 0,00138; 0,0033
—	—	200	0,001	0,0016; 0,002; 0,001

Наибольшему изменению подвергаются уклоны дрен, заложенных в неоднородном по плотности, мощности и ботаническому составу торфе. В таких случаях осадка дна дрен происходит неравномерно, величина уклонов меняется. Наглядно это показывают данные, приведенные в табл. 5.

Проанализируем подробнее данные табл. 4 и 5. На отдельных участках коллектора № 1 («Слоусть») глубина его закладки превышала мощность торфа. Это привело к различной осадке дна, а затем и к резкому изменению первоначального уклона коллектора. На Коссовской станции неодинаковая глубина торфа ниже дна дрен и неоднородность торфяной массы по ботаническому составу также привели к разным величинам осадки.

Исследования показывают, что уклоны дрен, уложенных на стеллажи, претерпевают несколько меньшие изменения в сравнении с дренами, уложенными без стеллажей. Однако и в этом случае первоначальный уклон дренажных линий не сохраняется. Так, на участке «Куринка» гончарные трубы с соблюдением всех технических условий были уложены на глубину 1,2 *м* вручную на деревянные стеллажи с уклоном 0,0015. Мощность торфа 2,5 *м*. Дренаж был заложен кандидатом технических наук К. Я. Кожановым в 1935 г. как опытный. За 25 лет, прошедших со времени строительства осушительной сети, уклон дрен претерпел значительные изменения. Дно дрен имеет вид ломаной линии (рис. 5).

На опытном участке «Слоусть» траншеи для укладки гончарного дренажа выполнялись многоковшовым экскаватором ЭТН-142, трубки укладывались на стеллажи, представляющие две деревянные рейки толщиной 4 *см*, скрепленные между собой поперечными перекладинами через каждый метр. Длина каждого звена стеллажей 4,6 *м*. За четыре года работы первоначально приданные уклоны дренажной системы резко изменились.

На участках Коссовской станции, в совхозах «Заложитилетки» и на участках «Иппа», «Виша» гончарный дренаж закладывался в порядке переустройства открытой осушительной сети. На этих участках открытые каналы были проложены за 20—25 лет до закладки гончарного дренажа и осушенные земли находились под посевами. Гончарные трубки, уложенные здесь без стел-

Таблица 5

Осадка дна дрен на отдельных торфяно-болотных массивах

Объекты	Годы строительства дренажа	Номера коллекторов	Номера дрен	Средняя глубина закладки дрен, *м*	Средняя мощность торфа при закладке дрен, *м*	Осадка дна дрен (в *см*) на удалении от устья открытого канала, *м*								
						0	20	40	60	80	100	120	140	160
Коссовская станция	1949		1	0,75	3,01	3	5	7	6	2	10	10	5	6
			2	0,88	3,30	3	4	4	2	4	1	2	5	9
			10	0,89	3,24	4	5	2	3	4	0	6	3	7
Участок «Ольгиняны»	1958		13	0,93	2,33	3	5	9	10	7	10	6	11	—
		1	13	1,05	1,77	10	—	1	—	4	—	3	—	2
Опытный участок «Слоусть»	1955—1956	1		1,31	1,47	3	—	5	—	5	—	9	—	5
		1	4	1,40	1,50	3	—	9	—	3	—	6	—	9
		1	8	1,21	1,60	5	—	5	—	5	—	4	—	5
		11		1,51	1,60	5	—	5	—	5	—	4	—	5

лажей, как видно из табл. 4, также изменили свой первоначальный уклон. Исказились первоначальные уклоны и дрен из дощатых труб (участок «Великий мох»).

На опытном участке «Слоусть», участках «Куринка», «Великий мох» и «Ольгиняны» прокладка дренажа производилась одновременно со строительством открытых каналов. В результате большей осадки торфа вблизи открытого канала уклон дна дрен в приустьевой части за годы действия дренажа увеличился.

На осушенных участках торфяно-болотных почв в совхозе «Залог пятилетки» и Коссовской станции открытые каналы были проложены за 20—25 лет до закладки гончарного дренажа. За этот срок в приканавной полосе произошла наибольшая осадка торфяной залежи. После же закладки дренажа осадка торфа, а вместе с ней и осадка уложенных дрен начали происходить по всей длине дрен. При этом в связи с тем, что у открытых каналов осадка торфа произошла ранее, осадка дна дрен вблизи устьев была меньшей, чем на некотором удалении от них. Это привело к тому, что уклон дрен в приустьевой части стал значительно меньшим, чем в остальной части.

Исследованиями также установлено, что при устройстве дренажных линий в торфяных грунтах с уклоном, обратным уклону подпочвы, с течением времени происходит уменьшение уклона дрен. При осушении минеральных, избыточно переувлажненных почв подобных изменений не обнаружено. Однако при закладке дрен в плывунах можно ожидать искажения первоначально приданных уклонов, если не принять соответствующих предупредительных мер.

Осадка поверхности торфяника и дна дрен. Выше указывалось, что в результате понижения уровня грунтовых вод происходит осадка всей толщи торфяной залежи. Естественно поэтому, что на осушенных участках, где мощность торфа больше глубины закладки дрен, будет происходить и осадка дренажных трубок.

Величина осадки дна дрен зависит от мощности и плотности торфяной залежи, расположенной ниже дна дрен, и глубины стояния грунтовых вод. Процесс осадки дна дрен во времени протекает аналогично осадке поверхности болот.

В табл. 6 и на рис. 5 и 6 приводятся средние вели-

чины осадки поверхности болота и дна дрен, определенные на ряде осушенных болотных массивов.

Таблица 6

Осадка дна дрен и поверхности осушенного торфяника

Объекты	Годы строительства дренажа	Номера коллекторов	Номера дрен	Средняя глубина заложения дрен, *м*	Мощность торфа, *м*	Осадка, *м*	
						поверхности болота у дрен	дрен
Коссовская станция	1949		1	0,75	3,01	0,14	0,06
			2	0,88	3,30	0,18	0,04
			5	0,90	3,33	0,15	0,07
			12	0,95	2,43	0,14	0,06
			13	0,93	2,33	0,19	0,08
Опытный участок «Слоусть»	1955—1956	1	—	1,31	1,47	0,26	0,05
		1	4	1,40	1,50	0,23	0,05
		1	8	1,21	1,62	0,16	0,05
		3	7	1,24	1,65	0,31	0,05
		5	—	1,44	1,95	0,30	0,07
		9	—	1,42	1,97	0,21	0,05
		11	—	1,51	1,62	0,34	0,01
Совхоз «Залог пятилетки»	1958	5	4	1,14	1,18	0,14	0,01
		18	—	1,35	1,39	0,12	0,05
		24	—	1,34	1,37	0,14	0,02
		24	5	0,93	0,95	0,09	0,01
Участок «Ольгинины»	1958	1	1	1,15	1,56	0,12	0,06
			8	1,17	1,13	0,09	0,04
			13	1,05	1,77	0,11	0,06
			14	1,10	1,10	0,08	0,03

Приведенные в табл. 6 данные говорят о том, что осадка дна дрен на участках, осушенных открытыми каналами задолго до устройства гончарного дренажа, сравнительно невелика и намного меньше осадки поверхности. На Коссовской станции, например, при мощности торфа в среднем 3,0 *м* осадка дна дрен, уложенных без стеллажей на глубине 0,9—1,0 *м*, составила за 10 лет 4—8, а поверхности 14—24 *см*. В совхозе «Залог пятилетки» при закладке коллекторов на глубине 1,3, а дрен — 1,1 *м* при мощности торфа 1,4 *м* осадка поверхности осушенного торфяника за 2 года составила 9—14 *см*, а дна дрен и коллекторов 1—2 *см*. На опытном

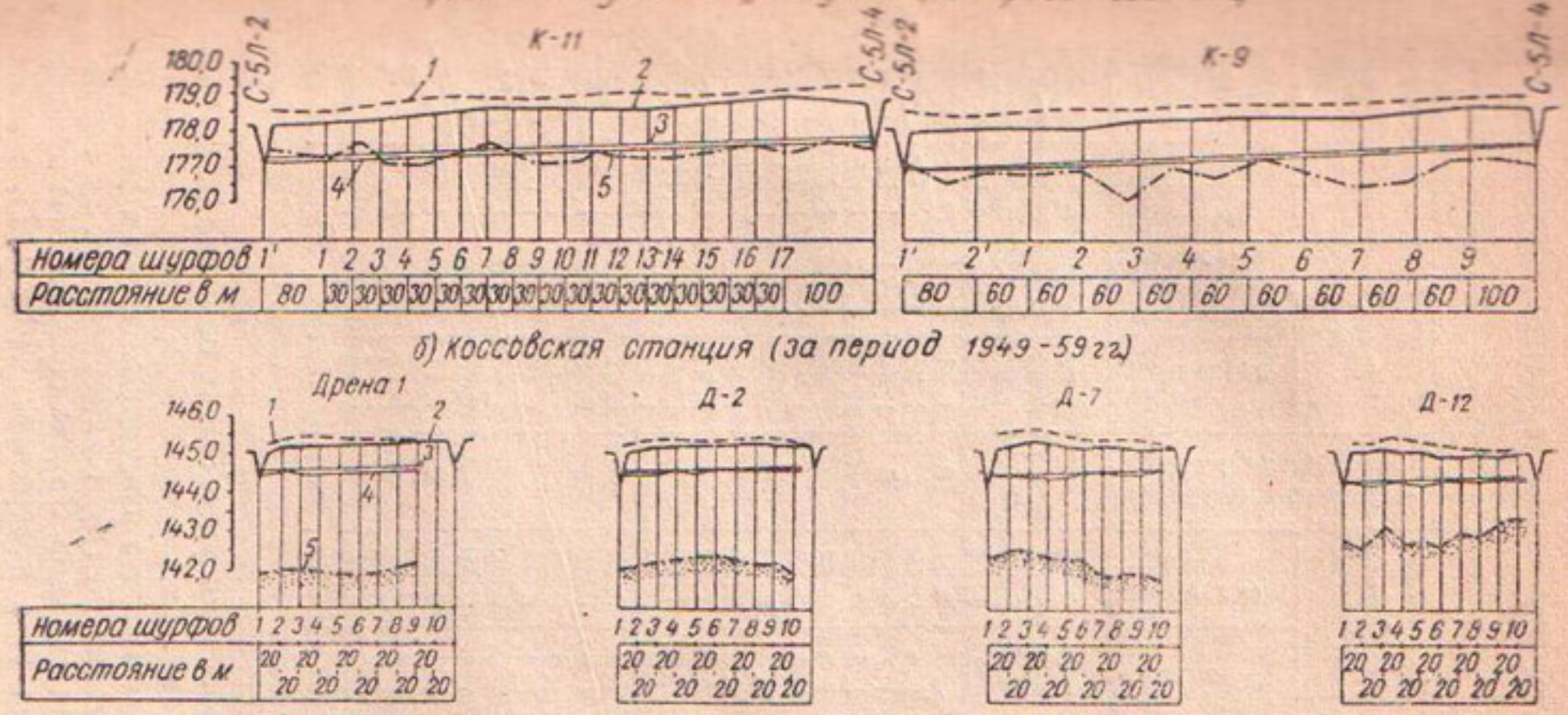


Рис. 6. Ход осадки поверхности торфяно-болотных почв и дна гончарных дрен.

Таблица 7

Уменьшение глубины дрен в связи с осадкой поверхности осушенного торфяника

Объекты	Число точек по каждой дрене	Мощность торфа, *м*		Продолжительность работы дрен, годы	Глубина заложения дрен, *м*		Величина защитного слоя над дренами, *м*	
		общая	ниже дна дрен		первоначальная	по замерам в 1959 — 1960 гг.	при устройстве дренажа	по замерам в 1959 — 1960 гг.
	7	3,5	2,63		0,87	0,71	0,76	0,60
	6	3,4	2,57		0,83	0,64	0,72	0,53
Коссовская	9	3,2	2,39		0,81	0,62	0,71	0,51
станция	5	2,7	1,69		1,01	0,92	0,90	0,81
	6	2,5	1,51	10	1,01	0,94	0,90	0,83
	9	1,8	0,49		1,35	1,15	1,15	0,95
Опытный	5	1,7	0,30	5	1,40	1,11	1,16	0,87
участок	3	1,5	0,30		1,20	1,12	1,07	0,99
«Слоусть»	3	1,8	0,58		1,22	1,02	1,17	0,97
	3	1,6	0,25		1,35	1,20	1,27	1,12
Участок	5	1,5	0,38	2	1,12	2,03	1,04	0,95
«Ольгиняны»	4	1,3	0,20		1,10	1,03	1,02	0,95
	1	2,8	1,50		1,31	1,09	1,32	1,10
	4	2,6	1,40		1,20	1,06	1,11	0,97
	3	2,2	0,74		1,46	1,31	1,33	1,17
Участок	4	2,0	0,56	—	1,42	1,22	1,29	1,10
«Виша»	9	1,8	0,40	2	1,40	1,17	1,28	1,05
	5	1,6	0,20		1,40	1,30	1,23	1,13
	4	1,4	0,28		1,17	1,04	1,09	0,95
Участок	5	2,0	0,76		1,24	1,03	1,16	0,95
«Иппа»		1,8	0,60		1,20	0,99	1,32	1,11
		1,7	0,60	2	1,11	0,96	1,03	0,85
Совхоз «Залог	1	1,8	0,59		1,21	1,01	1,00	0,80
пятилетки»	3	1,7	0,56	2	1,14	1,01	0,94	0,80
	3	1,5	0,10		1,40	1,18	1,08	0,86

участке «Марьино» осадка уложенных на стеллажи дрен за год не превысила 1 *см*.

На участке «Ольгиняны» гончарные трубки укладывались непосредственно на грунт одновременно со строительством открытых каналов. За два года работы осадка дна дрен составила 5, а поверхности 16 *см*. При этом

после одного года работы дрен осадка дна равнялась 4 *см*.

Исследования показывают, что в торфяных грунтах осадка дна дрен, уложенных на стеллажи, несколько меньшая, чем при укладке дрен без них. Так, на опытном участке «Слоусть», где трубки уложены на стеллажи, за 4 года работы дренажа величина осадки дна дрен достигла 5—7, а поверхности болота — 30 *см*.

В связи с осадкой поверхности торфяной залежи уменьшается глубина заложенных дрен. О количественных размерах этого процесса можно судить по данным табл. 7.

Приведенные в табл. 7 данные показывают, что на опытном участке «Слоусть» в результате происшедшей осадки поверхности болота после устройства дренажа глубина заложения дренажных систем за 5 лет уменьшилась на 22 *см*, на участке «Ольгиняны» за 2 года — на 12 *см*, на Коссовской станции за 10 лет — на 17 *см*. Это свидетельствует о том, что осадка поверхности болота гораздо больше осадки дна дрен и происходит намного интенсивнее во времени, что вызывает беспрерывное уменьшение глубины дрен. В результате может наступить такой период, когда не будет обеспечиваться необходимая норма осушения. Поэтому при осушении низинных болот долговечность работы дренажных систем зависит не столько от заиления или износа материала труб, сколько от величины защитного слоя над дреной.

МЕРЫ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ПОВРЕЖДЕНИЙ, ВЫЗЫВАЕМЫХ ОСАДКОЙ ТОРФА

Причины, из-за которых возникают деформации дренажей, обусловливаются, с одной стороны, происходящими в грунтах после отвода избытка влаги физическими и биологическими процессами (осадка торфа, просадки, оползни, обвалы) и, с другой стороны, воздействием внешних природных факторов (промерзание грунта, размывы, заиление, зарастание растительностью и др.).

Полностью устранить физические изменения, происходящие после осушения в грунте, например осадку поверхности болота и дна дрен, мы не в состоянии. Однако зная, как происходит процесс осадки болота, мы мо-

жем учесть ее при проектировании и строительстве дренажа и этим самым предупредить расстройства дренажных систем.

Во избежание значительных деформаций продольного профиля и расстройства дренажных систем при осушении глубоких торфяных залежей целесообразно производить их осушение сначала открытыми каналами и только после того, когда произойдет уплотнение торфяной залежи, устраивать гончарный дренаж. Если необходимо произвести осушение таких участков закрытым дренажем без предварительной прокладки открытой сети каналов, то рекомендуется применять желобчатый или дощатый, а также кротовый дренаж.

Чтобы первоначально приданный дренам уклон сохранялся длительное время, при проектировании осушительной сети следует учитывать возможную осадку их дна. Расчет производится по формуле

$$\Delta = 0{,}05Ah,$$

где

Δ — осадка дна дрен, *м*;
h — глубина торфа ниже дна дрен, *м*;
A — коэффициент, характеризующий водно-физические свойства торфа ниже дна дрен. Для болот, осушенных ранее открытой сетью каналов и длительное время находящихся в сельскохозяйственном использовании, при переустройстве открытой сети на закрытую $A = 0{,}8$; для осушенных ранее редкой сетью открытых каналов с плотным торфом $A = 1{,}0$.

Формула применима при глубине закладки дрен 0,9—1,6 *м*.

Для определения осадки поверхности осушаемого болота как у канала, так и на разном удалении от него нами на основании проведенных исследований выведена следующая формула:

$$\Delta_0 = 0{,}5AH^{4/3}\left[1 - \frac{\lg(l+1)}{3{,}8}\right],$$

где

Δ_0 — осадка поверхности, *м*;
H — глубина осушаемого слоя, *м*;
l — расстояние от бровки канала, *м*;

A — коэффициент, характеризующий водно-физические свойства торфа до осушения. Для болот, ранее осушенных редкой сетью открытых каналов, с плотным торфом A = 1,0—1,2; для осушенных открытой систематической сетью каналов и длительное время осваиваемых под сельскохозяйственные культуры A = 0,4—0,6; для переувлажненных, но не зыбучих A=1,2—1,5; для болот с плавающим или почти плавающим торфом (зыбучих) A = 1,5—2,3.

Для исчисления величины осадки имеются также другие способы. Одним из наиболее простых мы считаем графический метод, разработанный инженером А. И. Мурашко [4]. По этому методу исчисление осадки за период от 1 года до 15 лет проводится по номограммам, составленным отдельно для осадки поверхности низинных болот $S_н$ (рис. 7) и осадки дна каналов и дрен $S_д$ (рис. 8).

Указанные номограммы составлены для исчисления осадки плотных низинных болот (коэффициент плотности A = 1). Для болот, относящихся к другим категориям плотности, полученные из номограмм результаты следует умножить на соответствующую величину A. Выбор значения коэффициента плотности рекомендуется проводить, учитывая объемный вес твердого вещества или естественную влажность и степень разложения торфа по табл. 8.

Пользование номограммой и таблицей поясним на следующем примере. Пусть глубина торфа до осушения H_0 = 2,5 *м*, глубина проектируемого канала h = 1,5 *м*, степень разложения торфа R = 35% и относительная влажность W = 88%. Требуется определить величину осадки поверхности низинного болота за 5 лет осушения.

По линии глубины торфа (рис. 7) от точки, соответствующей H_0 = 2,5 *м*, находим точку пересечения с линией глубины канала h = 1,5 *м* и отсюда проводим горизонталь до пересечения с вертикалью t = 1 (точка K). Затем параллельно наклонным линиям проводим прямую до пересечения с вертикалью t = 5 лет и от нее по горизонтали найдем величину осадки — 0,36 *м*. Согласно табл. 8 в нашем случае коэффициент плотности A = 1,4. Следовательно, искомая осадка будет $S_н$ = 1,4 × × 0,36 = 0,50 *м*.

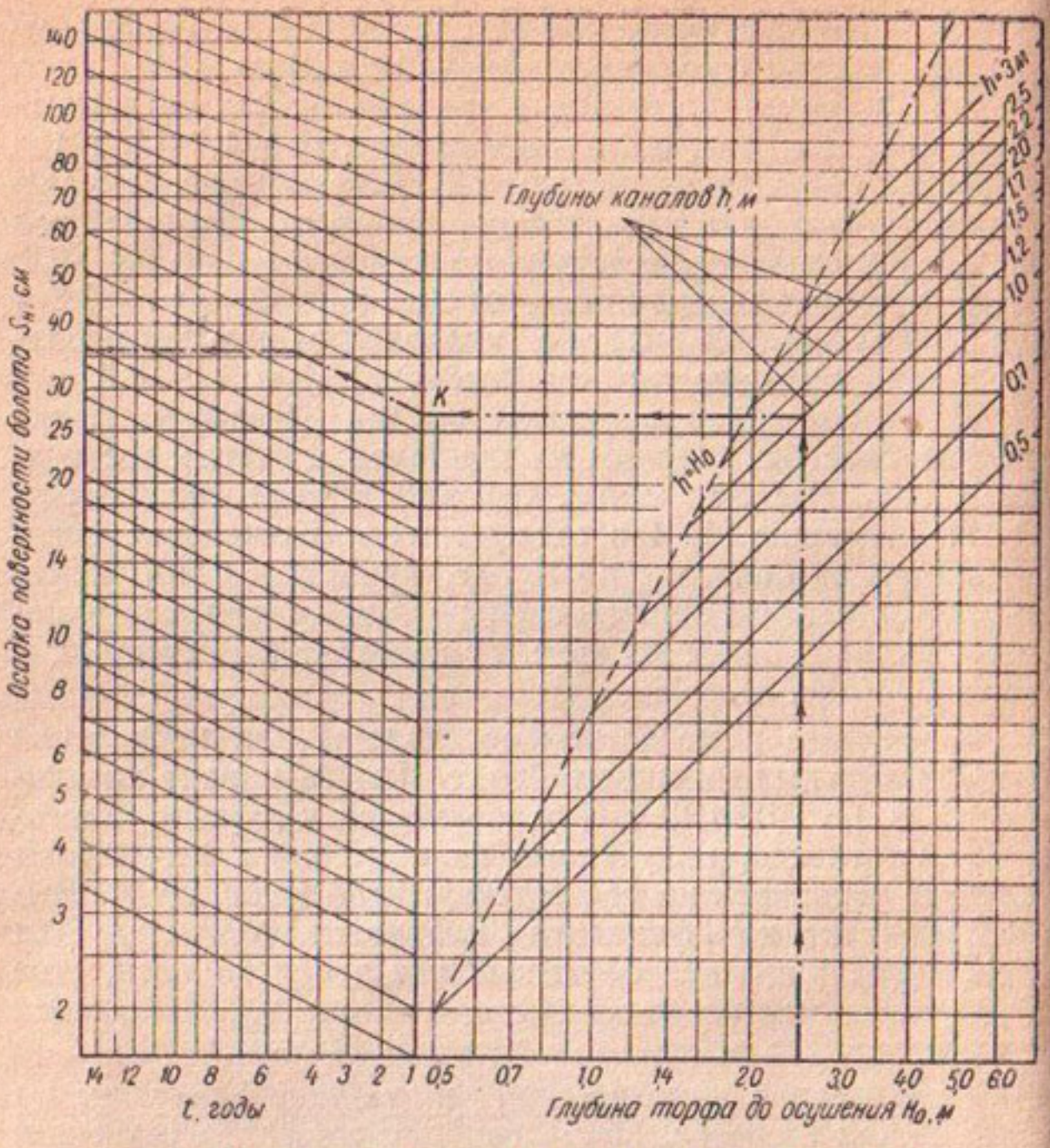


Рис. 7. Номограмма для исчисления осадки поверхности низинных болот.

Если глубина торфа меньше глубины проектируемого канала, то на рис. 7 вертикаль пересечет пунктирную линию $h = H_0$ и дальнейшее исчисление осадки проводится от этой точки пересечения. Исчисление осадки дна каналов и дрен проводится аналогично, только предварительно нужно вычислить глубину торфа ниже дна канала (дрены) $H_0 - h$.

В целях избежания неравномерной осадки дна по длине дрен при проектировании дренажных систем следует стремиться располагать трассы дрен по однородным глубинам торфа.

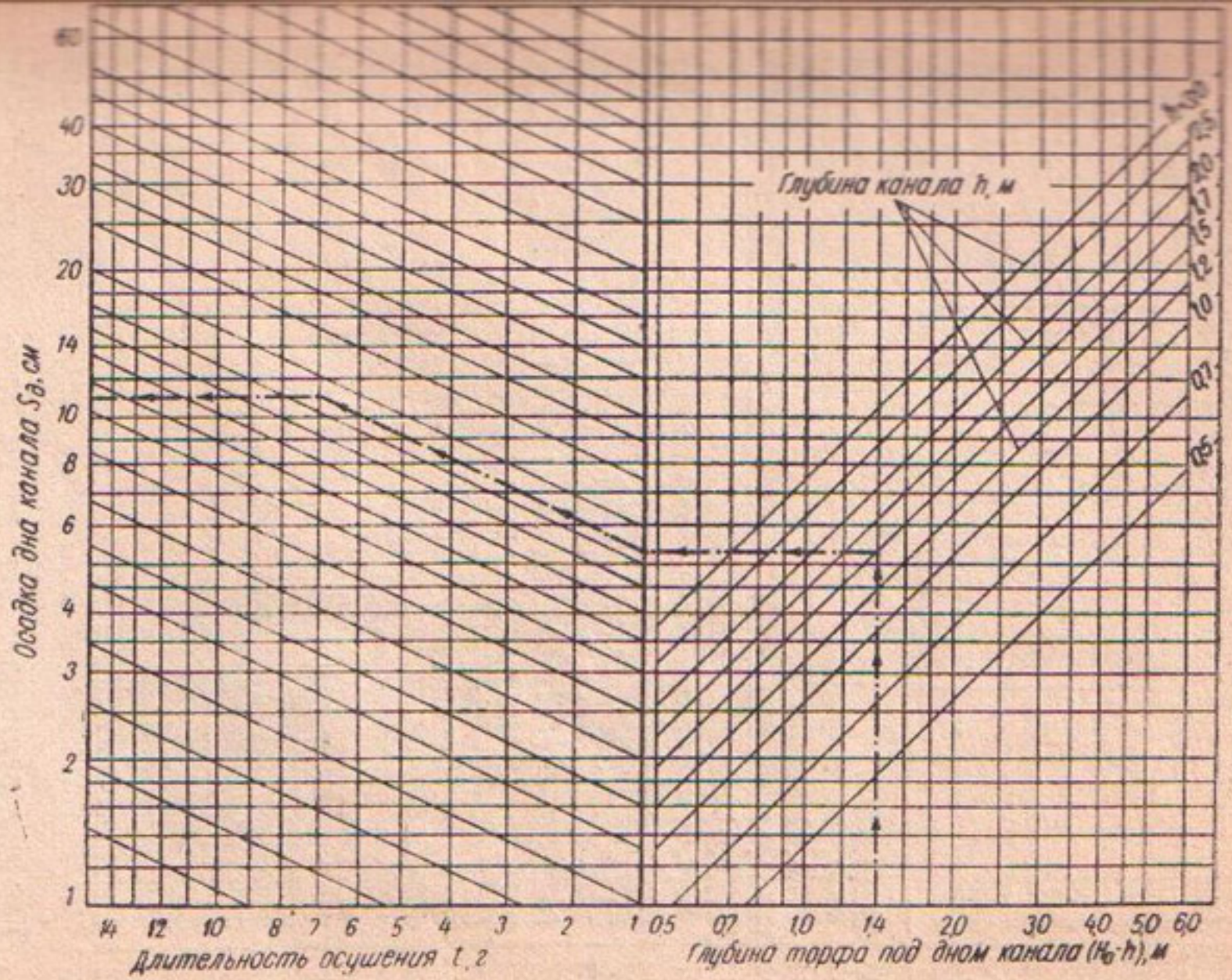


Рис. 8. Номограмма для исчисления осадки дна осушительных каналов и дрен.

Таблица 8

Выбор значений коэффициента плотности залежи А по объемному весу твердого вещества или влажности и степени разложения торфа (по С. Сидякину — Б. Астаповичу [5])

Относительная влажность торфа $W_{отн}$, %	Абсолютная влажность торфа $W_{абс}$, %	Объемный вес твердого вещества (в $г/см^3$) при степени разложения торфа, %								Коэффициент плотности A
		5	10	15	20	25	30	35	40	
96	2400	0,0376								5,4
95	1900	0,0412	0,0543							
94	1567	0,0438	0,0595							3,8
93	1329	0,0461	0,0638	0,0724						2,7
92	1150	0,0478	0,0677	0,0776	0,0842					
91	1011	0,0494	0,0708	0,0823	0,0893	0,0950				2,0
90	900	0,0505	0,0737	0,0863	0,0943	0,1007	0,1037			1,4
89	809	0,0516	0,0761	0,0900	0,0989	0,1060	0,1094	0,1130		
88	733	0,0526	0,0784	0,0934	0,1031	0,1110	0,1149	0,1188	0,1219	
87	669	0,0533	0,0804	0,0962	0,1068	0,1155	0,1200	0,1243		
86	614	0,0541	0,0820	0,0990	0,1104	0,1196	0,1246			
85	567	0,0548	0,0838	0,1015	0,1137	0,1222				
84	525	0,0552	0,0851	0,1037	0,1167					
83	488	0,0558	0,0865	0,1051	0,1198					
82	456	0,0562	0,0874	0,1078	0,1217					
81	426	0,0567	0,0888	0,1097	Более 0,12					
80	400	0,0570	0,0897	0,1132						1,0
79	376	0,0574	0,0906	0,1128						
78	354	0,0577	0,0916	0,1143						
77	335	0,0582	0,0922	0,1153						
76	317	0,0583	0,0930	0,1168						
75	300	0,0585	0,0941	0,1180						
74	284	0,0588	0,0946	0,1193						
73	270	0,0590	0,0952	0,1203						

Так как величина осадки торфа влияет на глубину заложения дрен, то последнюю при проектировании необходимо учитывать. Определять ее можно по следующей формуле:

$$h_{пр} = h_{я} + \Delta_{о} + \Delta_{с}\, p - z,$$

где

$h_{пр}$ — проектная глубина траншей для укладки дренажных труб, *м*;

$h_{н}$ — глубина закладки дрен, необходимая для обеспечения нормы осушения;

$\Delta_{о}$ — осадка поверхности болота, подсчитываемая по вышеприведенным формулам;

$\Delta_{с}$ — «сработка» торфяника (за год она составляет для низинных болот 1—0,75 *см*);

p — коэффициент капитальности дренажа (для гончарного дренажа принимается 40 лет, для деревянного дощатого — 25);

z — осадка дна дрен, подсчитываемая по вышеприведенным формулам.

Исходя из условий обеспечения устойчивости дренажа, минимальный защитный слой торфа над дреной должен быть не менее 0,7 *м*.

При переустройстве открытых каналов на закрытый дренаж на участках, находящихся длительное время в сельскохозяйственном пользовании, гончарные трубки можно укладывать на хорошо подготовленное дно траншей без стеллажей и обертывания зазоров мхом или другим фильтрующим материалом, не допуская только щелей между стыками трубок более 1—2 *мм*.

ЗАИЛЕНИЕ, ЗАРАСТАНИЕ И ЗАКУПОРКА ДРЕНАЖНЫХ ТРУБОК

Нормальная работа дренажных систем в ряде случаев нарушается заилением дрен частицами грунта, проникающими вместе с водой через щели стыков трубок, закупоркой трубок корнями растений и деревьев, железистыми отложениями, а также закупоркой устьев коллекторов со стороны открытого канала. Заиление трубок прежде всего зависит от характера грунта, в котором заложены дрены, принятых в проектах скоростей течения воды в трубках и качества строительных работ. Заилению дрен также способствует застой поверхностной воды над дреной в пониженных местах.

Произведенное нами массовое обследование дренажных систем, заложенных в разных почвах и в разное время, позволило накопить значительный материал о характере и степени заиления дренажных трубок. Результаты обследования дренажей приводятся в табл. 9.

Таблица 9

Степень заиления дренажных трубок, заложенных в торфяных грунтах

Номера коллекторов	Номера дрен	Количество шурфов, шт.	Мощность торфа, *м*	Внутренний диаметр труб, *см*	Величина зазоров, *мм*	Характер обкладки стыков	Наибольшая высота заиления, *см*
			Коссовская станция				
	2	9	3,30		1	Стыки трубок сверху и по бокам обложены мхом	Заиления нет
	5	9	3,33		1—2		
	7	9	3,20		0,5—2		
	11	9	2,95	7,5	0,5—2		
	12	9	2,43		0,5		
	13	9	2,33		1		
			Участок «Ольгиняны»				
1	7 и 13	13	1,53	5	1		Заиления нет
			Опытный участок «Слоусть»				
1		9	1,47	16	1—2	Стыки трубок сверху и по бокам обложены мхом	1,0
1	8	5	1,62	15	1		0,5
3	1	4	1,60	15	1—3		0,3
5		4		20	1—2		
		5			1		Заиления нет
9		9	2,10	18	1—5		
11		17	1,69	20	1—5		

Приведенные в табл. 9 данные показывают, что гончарные трубки, уложенные на стеллажи в торфяном грунте в 1935 г. на участке «Куринка» и без стеллажей в 1949 и 1950 гг. на участках Коссовской станции и совхоза «Ведричь», несмотря на резкое изменение первоначально приданных уклонов, за истекшее время не подвергались заилению даже при наличии щелей между стыками трубок 1—5 *мм*. Лишь в приустьевой части трубки были почти полностью закупорены. Это произошло вследствие длительного подпора открытого канала, куда были введены дрены, и плохого сопряжения дренажных трубок с деревянными устьями.

На участке совхоза «Ведричь» открытый канал был занесен илом, и ко времени обследования устья дрен оказались полностью погребенными. Однако и в этом случае закупорка дрен была обнаружена только на 10-метровых приустьевых отрезках, а выше все дрены оказались чистыми. На участке «Слоусть», где устройство дренажа проводилось одновременно со строительством открытых каналов и дренажные трубки укладывались на стеллажи при наличии в траншеях воды, в отдельных трубках обнаружен затвердевший слой ила толщиной 1—2 *см*.

Деревянный дощатый дренаж на участке «Великий мох» у Старобина вот уже 32 года исправно функционирует. Дренажные трубки не заилены. Между тем фашинный дренаж на этом же участке за этот период заилился и пришел в полную негодность.

Отсутствие заиления в гончарных трубках, уложенных в торфяных грунтах, объясняется тем, что частицы органического вещества, проникающие с водой через щели стыков трубок, имея малый удельный вес (1,05—1,25) и находясь во взвешенном состоянии, при наличии даже малых скоростей потока воды в дренажных трубках выносятся в открытый канал. Особенно хорошо очищаются дрены после освобождения устья от подпора, когда скорости течения воды увеличиваются.

О степени заиления дрен, заложенных в песчаных грунтах, можно судить по данным табл. 10 и по рис. 9.

Как показывает анализ табличных данных, гончарные трубки, уложенные в мелкопесчаных грунтах, при размере щелей между стыками трубок 1—2 *мм* (при условии, что стыки обложены мхом) через один-два года после строительства подвергаются заилению более чем на 3 *см*. Это происходит вследствие того, что в песчаных грунтах частицы, поступающие вместе с водой через щели стыков трубок, имеют удельный вес порядка 2,6—2,7. При малых скоростях течения воды в дренах они, как правило, осаждаются на дне трубок и закупоривают их. Наиболее быстрому заилению подвергаются дренажи, заложенные в средне-и мелкозернистых песчаных и пылеватых грунтах.

С целью установления причин, размеров и характера заиления дрен в песчаном грунте нами осуществлены специальные лабораторные исследования. Опыты прово-

Таблица 10

Степень заиления дрен, заложенных в песчаных грунтах

Номера коллекторов	Номера дрен	Количество шурфов, шт.	Мощность торфа, *м*	Внутренний диаметр труб, *см*	Величина зазоров, *мм*	Характер обкладки стыков	Наибольшая высота заиления, *см*
Участок «Вислица»							
4а		5	1,23	13	1	Стыки обложены мхом	3,5
		13	0,0	13	1—2		3,5
		3	0,0	10	1—1,5		2,5—4,0
		6	0,0	6,5	1—2		2,5—4
4а			0,0		1		
Опытный участок «Слоусть»							
2		4	1,30	16—20	1—2	Стыки трубок сверху и по бокам обложены мхом	0,5
		3	1,50	16	1		—
17		9	0,70	16	1—2		1—2
11	6	4	4,60	5	1—2		0,5—5

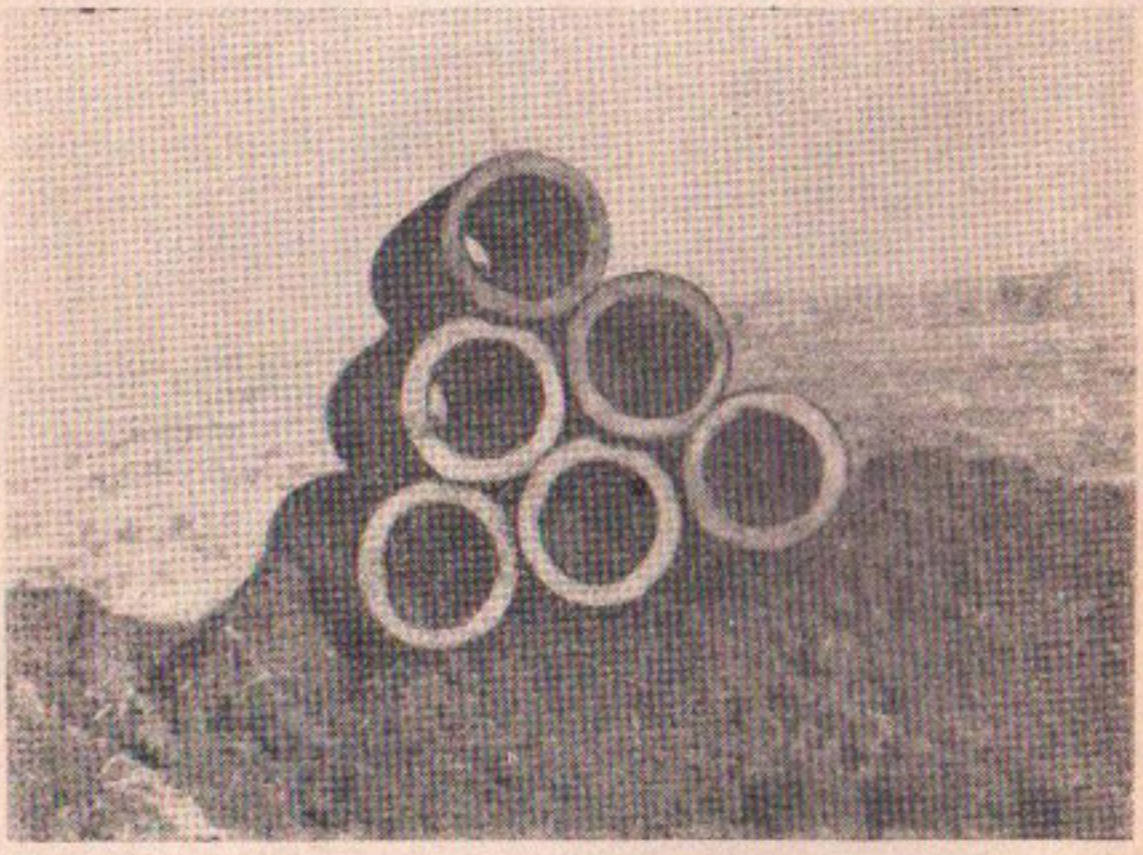


Рис. 9. Общий вид закупорки дренажного коллектора № 11 на участке «Слоусть».

дились в русловой площадке длиной 10, шириной 3,6 *м* при высоте слоя песка 0,95 *м*. Гранулометрический состав песка отражен в табл. 11.

Таблица 11

Гранулометрический состав песка

Характеристика песка	Диаметр фракций (в *мм*) и их содержание, %						
	1,0	1,0—0,75	0,75—0,50	0,50—0,35	0,35—0,25	0,25—0,15	<0,15
Песок среднезернистый	1,48	1,39	2,85	21,88	36,50	31,70	4,20

В грунт на глубину 0,77—0,80 *м* симметрично продольной оси потока вручную укладывались две дренажные линии на расстоянии 1,04 *м* одна от другой. Гончарные трубки применялись обыкновенные, диаметром 5 *см*, без специальной обработки торцов. Стыки трубок были тщательно подогнаны, заданный уклон строго выдержан.

После укладки дрен замерялись зазоры между стыками, последние обкладывались защитным фильтрующим материалом, и траншеи засыпались. Затем с верхнего бьефа создавался напор воды, который по возможности поддерживался постоянным. В нижнем бьефе постепенно создавался подпор.

В процессе работы дренажа замерялись скорости воды и брались отсчеты по пьезометрам, установленным вдоль дренажной линии. После 9—11 часов работы прекращалась подача воды в грунт, откапывались траншеи и проводилось обследование состояния дренажа, замерялась высота заиления трубок.

Результаты опытов по исследованию характера и величины заиления дренажных трубок при различных уклонах, зазорах и способе обкладки приведены в табл. 12.

Как видно из данных таблицы, дренаж, заложенный в песчаном грунте при работе в условиях подпора, подвергается значительному заилению. Даже при непродолжительной работе заиляется значительная площадь поперечного сечения дрены. Это, разумеется, резко снижает ее пропускную способность.

Таблица 12

Заиление дренажных трубок при разных уклонах, зазорах и способах обкладки стыков
(лабораторные данные)

Номера дрен	Характер обкладки стыков	Диаметр дрен, *см*	Уклон дрен	Средний зазор, *мм*	Средняя высота заиления, *см*	Степень заиления сечения, %	Высота заиления (в *см*) по участкам дрены, *м*				
							0—2	2—4	4—6	6—8	8—10
5	Без обкладки стыков	5,0	0,001	1,53	3,01	63,0	2,37	2,92	3,08	3,63	3,13
1	»	5,0	0,001	0,93	2,31	45,0	2,57	2,53	2,10	1,54	2,80
3	Стыки трубок сверху и с боков обкладывались 4 слоями марли	5,0	0,007	1,75	2,28	44,5	1,50	2,35	1,61	2,83	3,11
8	То же, 3 слоями	5,0	0,005—0,004	0,26	1,44	23,9	1,03	1,84	0,71	1,50	2,10
7	Трубка обертывалась 2 слоями марли	5,0	0,007	0,64	1,10	16,4	0,15	1,34	1,51	1,61	0,90
4	То же, 4 слоями	5,0	0,005—0,006	0,37	0,99	13,7	0,21	0,76	1,06	1,11	1,83
2	То же, 3 слоями	5,0	0,005	0,66	0,55	6,1	0,48	0,73	0,91	0,38	0,27
6	Трубка обертывалась 2 слоями марли, и 4 слоя накладывалось сверху	5,0	0,003	0,55	0,15	0,9	0,10	0,00	0,00	0,00	0,80
9	Трубка обертывалась 2 слоями мешковины	13,0	0,003	1,61	0,30	0,8	0,00	0,00	0,00	0,51	0,97

Анализ материалов проведенных опытов (табл. 12) показывает, что даже самая тщательная укладка трубок в песчаном грунте без обкладки стыков фильтрующим материалом не может предотвратить заиления. В нашем опыте при размере щелей между стыками трубок 0,75 *мм* было заилено 45, а при 1,53 *мм* — 63% площади сечения дрен.

Как убедительно показывают данные табл. 12, обкладка стыков фильтрующим материалом резко уменьшает величину заиления, но существенное значение имеет и характер обкладки. Например, в дрене № 3, где обкладывались стыки сверху и с боков марлей в 4 слоя, заилению подверглось 44,5% сечения. В дрене № 7 при том же уклоне и несколько меньшем зазоре, но обернутой 2 слоями марли, заиление составило 16,4%.

Таким образом, чрезвычайно важно, чтобы обкладка производилась качественно и по возможности вокруг щелей стыков трубок. На практике же обкладка стыков, как правило, производится только сверху.

Данные табл. 12 позволяют провести любопытное сопоставление. Дрена № 2 при уклоне 0,005 и среднем зазоре между стыками 0,66 *мм* с обкладкой марлей в 3 слоя по всему периметру зазоров заилилась на 6,1% площади сечения. Дрена же № 4 с переменным уклоном (0,000; —0,005; 0,006; —0,004 и 0,005) при среднем зазоре 0,37 *мм* и обкладке марлей в 4 слоя по всему периметру зазоров заилилась на 13,7%. Отсюда напрашивается вывод, что дрены с отрицательным (переменным) уклоном заиляются больше, чем те, у которых он постоянный.

Гончарные дренажи, устроенные в глинистых и суглинистых грунтах, как показывают обследования, менее подвергаются заилению.

Как мы уже указывали выше, нередко осушительная сеть выходит из строя потому, что в дрены прорастают корни растений или они оказываются закупоренными известковыми и железистыми соединениями. В различных условиях воздействие этих факторов проявляется поразному.

На осушенных торфяно-болотных почвах, занятых под посев сельскохозяйственных культур, врастание в трубки корней растений наблюдается редко. Достаточно сказать, что при обследовании дренажных систем толь-

ко в одной дрене на Коссовской станции на глубине 0,7 *м* были обнаружены корни однолетних растений.

Иное положение наблюдается при осушении дренажем минеральных почв. Институтом мелиорации АН Литовской ССР во время обследования ранее построенных дренажных систем на минеральных грунтах на площади более 3 тыс. *га* было установлено, что наиболее распространенным видом повреждений является закупорка дрен корнями многолетних растений (93 случая из 100). Деревья и кустарники фруктовых насаждений своими корнями закупоривают главным образом дренажные собиратели, расположенные от них на расстоянии 5 *м*, но случается, что корни влаголюбивых деревьев и кустарников проникают и в более отдаленные трубки. Корни однолетних и двухлетних растений проникают в дрену даже при глубине закладки ее более двух метров.

Закупорка дренажных труб окисями железа наблюдается главным образом при осушении грунтово-напорных болот, а также избыточно увлажненных песчаных почв. При отсутствии воды в дренах железистые осадки затвердевают и создают пробки.

МЕРЫ ПРЕДОХРАНЕНИЯ ДРЕН ОТ ЗАИЛЕНИЯ И ЗАРАСТАНИЯ

Основным условием хорошей и долговечной работы и сохранности дренажных систем является самоочистка дрен от наносов. Опыт показывает, что для удаления наносов из трубок дрен, заложенных в песчаных и пылеватых почвах, необходимо иметь минимальную скорость течения воды в дренах 0,3—0,35 *м/сек*. Для получения таких скоростей нужны значительные уклоны — порядка 0,01—0,02, которые придать трубкам не всегда возможно. В связи с этим для предупреждения заиления дрен стыки трубок обертываются фильтрующим материалом, не позволяющим проникать в них мелким частицам почвы.

Проектирование минимальных уклонов дренажа, из рекомендуемых техническими условиями, должно производиться только в крайних случаях, т. е. тогда, когда условия местности не позволяют применять большие. Помимо всего прочего, следует учитывать, что малые уклоны дрен (а они обусловливают небольшие скорости

воды в собирателях) влекут за собой увеличение диаметров труб. Это удорожает устройство дренажа.

С другой стороны, дрены, уложенные с завышенным уклоном в песчаных и пылеватых почвах, подвержены подмывам, смещению, оползанию и заилению. Происходит это вследствие большой скорости течения воды и завихрений, образуемых в стыках трубок, а также в связи с движением воды под дренами и с боков дрен, что в итоге приводит также к нарушению работы осушительной системы. В качестве предельной скорости течения воды в дренах можно принять 1 *м/сек.*

Меры предохранения дрен от заиления, зарастания, подмыва, оползания, механического повреждения должны учитываться при составлении проектов и выполняться во время устройства дренажных систем.

При устройстве дренажа в торфяных грунтах мерами предупреждения от заиления являются: тщательная укладка трубок с оставлением щелей в стыках 1—2 *мм* (обкладка стыков фильтрующим материалом в этих случаях необязательна); прочное и аккуратное устройство устьев и сопряжений дрен с закрытым коллектором.

В целях уменьшения заиляемости гончарного дренажа, заложенного в песчаном грунте, следует обращать особое внимание при его закладке на подгонку стыков (в необходимых случаях производить шлифовку их), качество обкладки щелей между ними и не допускать отрицательных уклонов дренажных линий. В песчаном грунте величина зазоров в стыках дренажных трубок не должна превышать 0,5 *мм*. Обкладка стыков должна производиться по всему периметру трубки материалом с достаточной фильтрующей способностью. В этих целях могут быть использованы мох, шлаковата, гладкий толь, мешковина и др. При отсутствии воды в вырытых для закладки трубок траншеях целесообразно на дно укладывать слой торфа в 5—10 *см*. Затем его необходимо хорошо уплотнить и выровнять по заданному уклону. На подготовленное таким образом основание укладываются гончарные трубки, которые с боков и сверху также покрываются слоем торфа или растительной земли толщиной 10—20 *см*, а затем засыпаются грунтом, вынутым при прорытии траншеи.

Особое внимание следует обратить на предохранение

от заиления труб при пересечении ликвидируемых открытых каналов и при прокладке собирателей и дрен в плывунах. В этих случаях перед укладкой труб нужно укреплять дно траншеи камнями, щебнем, тщательно обертывать щели в стыках. В особо опасных местах их следует полностью изолировать, зацементировав или применив для этого муфты.

Для цементирования стыков употребляется жидкий раствор (1 часть цемента на 3 части песка), так как густым раствором трудно произвести надежную изоляцию щелей. Производится это следующим образом. На дно траншеи ложатся полосы гладкого толя или мешковины, сбильно смоченные цементным раствором. Трубки укладываются так, чтобы щель в стыках находилась посреди полосы. После этого они плотно обертываются изоляционным материалом и в случае необходимости дополнительно поливаются раствором цемента. Через 1—2 часа после обертывания трубки осторожно присыпаются 20-сантиметровым слоем земли.

На участках с большими уклонами, где скорость течения воды в дренах и собирателях превышает допустимую (1 *м/сек*) и возникает опасность расстройства дренажных линий, обертывание (цементирование) стыков трубок применяется только в тех случаях, когда поступление воды в дрену не имеет существенного значения для осушения площади. Следует иметь в виду, что при больших уклонах вода может двигаться в засыпном грунте сбоку от дрен, подмывать его и нарушать работу дренажных линий. Чтобы предотвратить это, нужно сильно уплотнить (утрамбовать) указанный грунт на глубину примерно 30—50 *см*. В лёссовых почвах желательно утрамбовывать до самого верха хотя бы каждый пятый погонный метр засыпного грунта по всей длине дрены.

На участках с большими уклонами хорошие результаты дает гашение их, особенно в тех случаях, когда они имеют местное значение. Осуществить гашение уклонов можно путем устройства бетонных колодцев-перепадов. При этом грунт вокруг колодцев должен быть тщательно утрамбован, а сами они должны систематически очищаться от наносов ила и тщательно закрываться сверху.

При дренировании участков, изобилующих западина-

ми, прежде всего рекомендуется устранять застой воды над дренами. Для таких условий (в минеральных грунтах) глубина укладки трубок в пониженных местах должна быть минимум 70 *см*. Устранить застой вод в западинах можно также путем планировки поверхности земли или путем устройства между двумя осушителями дополнительной дрены, а в ряде случаев и вертикальных поглотительных колодцев (фильтров).

В качестве мер, предохраняющих дренаж от разрушения корнями растений и деревьев, применяются обсыпка щелей между стыками трубок гравием, щебнем, смазывание труб в стыках смолой, карболовой кислотой, обертывание стыков трубок толстым смоляным толем. Наиболее надежным следует признать последнее средство. Операция эта нехитрая и производится так же, как цементирование. Для обертывания применяется гладкий или очищенный от гравия толь полосами шириной 6—10 *см*. Обкладывая толем стык дрены, нужно следить, чтобы концы его заходили один за другой на ⅓ окружности дренажной трубки.

При пересечении собирателями дорог, обсаженных деревьями, наиболее эффективным мероприятием, предохраняющим трубы от прорастания в них корней, является удаление деревьев на расстояние до 20 *м* от коллектора, а фруктовых деревьев — не менее чем на 5 *м*.

На поверхности дренированного участка не должны застаиваться как талые, так и дождевые воды. Поэтому он должен быть изолирован от притока поверхностных вод ловчими каналами или дренами.

СОПРЯЖЕНИЯ ДРЕН С СОБИРАТЕЛЯМИ

Сопряжение боковых дрен с закрытыми коллекторами производится либо в одной и той же, либо в разных плоскостях (сверху или сбоку — впритык, как показано на рис. 10).

Проектируя строительство дренажных систем, следует вдумчиво подойти к выбору того или иного способа. Практика показывает, что неправильное решение этого вопроса впоследствии отрицательно сказывается на работе дренажных систем. К примеру, на участке

«Ольгиняны» дрены были соединены с коллектором сбоку. При вскрытии системы через год обнаружилось, что соединения расстроились, вода из дрен поступала не в коллектор, а под него, трубки коллектора заилены. Таким образом, выбранный способ сопряжения оказался неудачным.

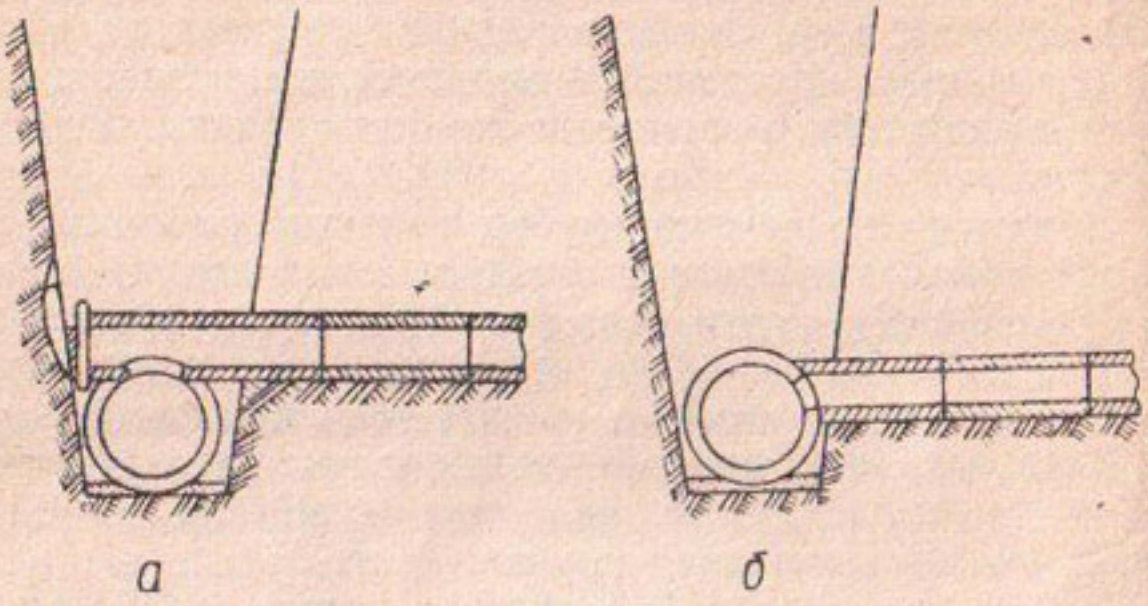


Рис. 10. Сопряжения гончарной дрены с коллектором.

По нашему мнению, соединение дрен с собирателем впритык вообще ненадежно. Даже при весьма незначительных осадках торфяного грунта оно повреждается, что приводит к нарушению нормальной работы всей осушительной сети.

Значительно лучшие результаты получаются при соединении дрен с коллектором сверху (рис. 10а). В этом случае в осушительной сети меньше задерживается вода, в коллекторах не откладываются наносы, поступающие в дрены вместе с водой.

Соединение дрен с коллектором производится только после укладки труб последнего на всем заданном участке или на отдельной его части. Соединительные отверстия в трубках выбиваются при укладке их по мере встречи с дренами. Это позволяет более тщательно выполнить работы по укладке. Выбитые отверстия до соединения с дреной закрываются мхом. Для соединения двух линий в местах соприкосновения трубок делаются отверстия, трубки тщательно притираются одна к дру-

той. Величина отверстия в дрене должна быть несколько меньше диаметра трубки[1].

Отверстие в конце соединяемой дрены закрывается камнем или кирпичом. Между концом трубы и стенкой траншеи закладывается клин (тоже из камня или кирпича). Этим достигается прижим соединяемой трубки к остальным. Места стыков при сопряжении дрен с коллектором обмазываются глиной.

В том месте, где дрена присоединяется к коллектору, дно траншеи образует своеобразный уступ. Необходимо следить за тем, чтобы он был устойчивым. Иначе земля уступа под весом засыпки может обрушиться, а это приведет к расстройству соединения дрены с коллектором. Для того чтобы соединение было более прочным, особенно в слабых грунтах, иногда применяют специальные фасонные соединения или производят бетонирование стыков ближайших от соединения трубок, а также обкладывание щебенкой из боя гончарных труб. При соединении дренажных линий сверху коллектор должен быть уложен глубже дна дрены на толщину труб. В тех случаях, когда применяется боковое соединение дрен с коллектором или коллекторов между собой, приемное отверстие должно располагаться в верхней половине собирателя (рис. 10б), что обеспечит ему большую устойчивость, так как присоединяемая трубка будет опираться на трубку коллектора.

СООРУЖЕНИЯ НА ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМАХ

В Белорусской ССР наиболее распространенными сооружениями при строительстве дренажных систем являются: устья — при выходе коллектора или отдельных дрен в открытый канал, колодцы контрольные и отстойные.

Устье. Наиболее ответственным местом в дренажных

---

[1] В Пуховичской ММС отверстия в дренажных трубках для соединения дрен с коллектором сверлились на специальном фрезерном станке, позволяющем делать их с ровной кромкой под любым углом. Производительность этого станка 300 трубок за смену. Вскрытие дрен в совхозе «Залог пятилетки», где отверстия трубок были сделаны на таком станке, показало, что соединения оказались очень плотными.

системах является устье. Оно часто подвергается разрушению или засорению.

Для того чтобы работу дрен сделать более надежной, их устьевой части придают конструкцию, хорошо сопротивляющуюся внешним воздействиям. Место для устья выбирается в более устойчивых грунтах, не подверженное оползанию откосов, заносам и засорению; обеспечивается надежный сток дренажных вод из коллектора. Устья коллекторов при их выпуске в открытые каналы должны быть заложены выше бытового горизонта в водоприемнике на 0,5—0,7 *м*.

Прежде устья устраивались из кирпича, камня, бетона и деревянных труб. Широкое распространение имели устья из дерева, в виде ящика, сколоченного из 4 досок. Наблюдениями установлено, что деревянные устья являются наименее прочными. Поэтому по возможности от применения их следует отказываться. В практике мелиоративного строительства у нас в республике предпочтение отдается железобетонным устьям сборной конструкции (рис. 11).

Обследования состояния устьев существующих дренажных систем показывают, что нередко вследствие разъединения последнего звена трубы с устьем вода проделывает ходы под ним и стекает по откосу, размывая последний (на объектах «Волма», «Иппа» и др.). Обычно это происходит из-за осадки самого устья, так как при строительстве не были приняты соответствующие предупредительные меры. Бывают случаи, когда происходит осадка грунта, засыпанного с обратной стороны устья, а вместе с ним и осадка последнего звена дренажной трубы. В результате нарушается соединение трубы с устьем, и вода, подмывая грунт, проходит ниже его.

Чтобы избежать этого явления, гончарные дрены необходимо заканчивать при сопряжении с устьем длинными (1—2 *м*) асбестоцементными или керамическими трубами. При отсутствии их стыки последних трех-четырех трубок следует изолировать мешковиной или рогожей, покрытыми цементным раствором.

В торфяных грунтах устья должны устраиваться на свайном основании. Во всех случаях в приустьевой части коллектора трубки надо укладывать на специально подготовленное основание на дне дренажной траншеи.

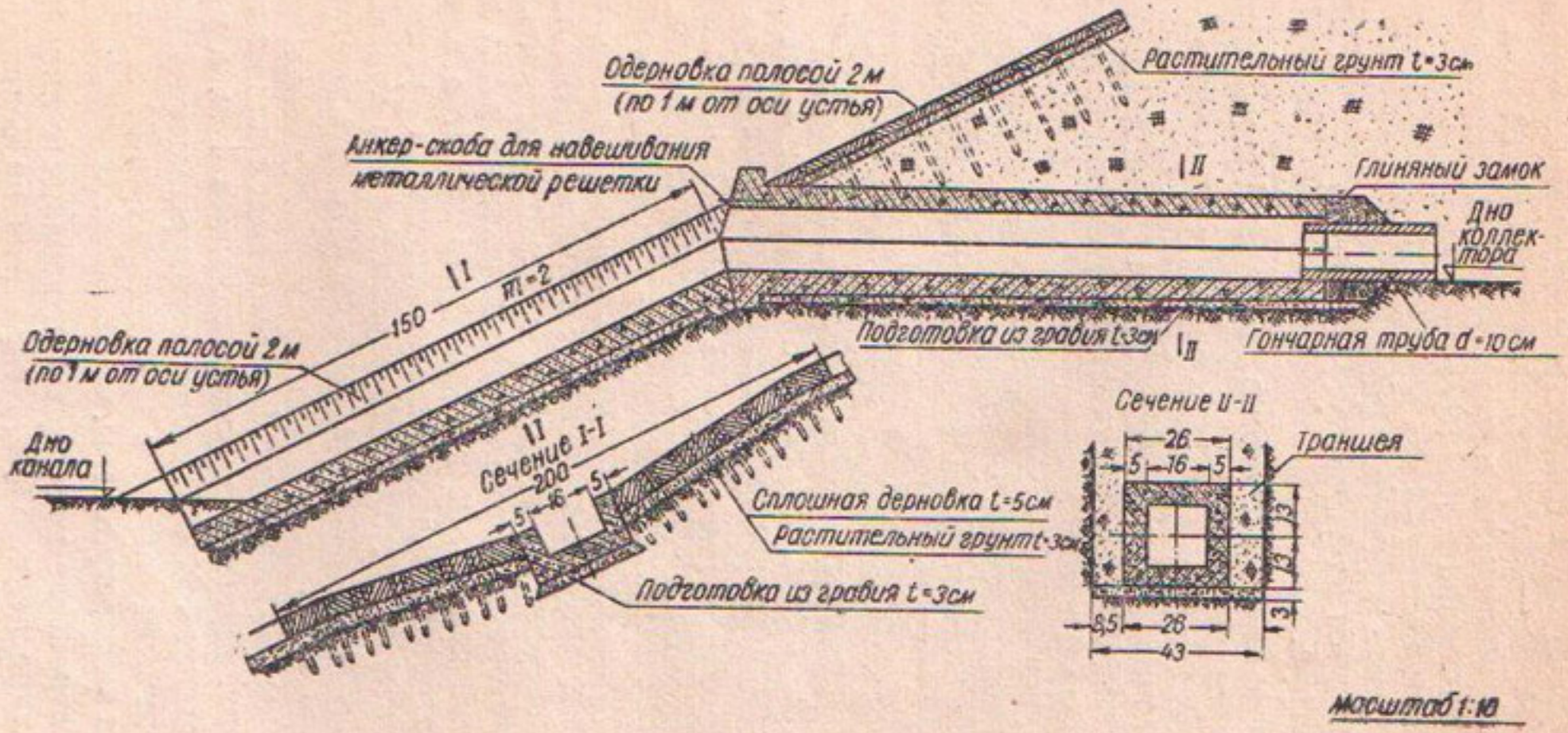


Рис. 11. Сборное железобетонное устье (продольный разрез).

Чтобы предохранить коллекторы от проникновения мелких животных — лягушек, кротов и др., устья оборудуются специальными металлическими решетками. Откосы и дно канала в том месте, где выходит устье, капитально укрепляются — это предотвращает размыв и разрушение русла каналов. При выводе в открытый канал отдельных дрен их устья устраиваются из асбестоцементных труб.

Контрольные и отстойные колодцы. Их устраивают с целью наблюдения за работой дренажных систем в местах соединения коллекторов с дренами при изломе дренажных линий в горизонтальном или вертикальном направлении. Иногда на участках, где ожидается значительный вынос водой твердых частиц из почвы в дрены, колодцы устраивают в качестве отстойников для улавливания и последующего удаления наносов. Отстойные колодцы при значительной длине собирателей и дрен расположены через 150—200 *м* один от другого.

Контрольные колодцы устраиваются скрытыми под землей и наземными. Верх скрытых колодцев должен быть ниже пахотного слоя, а наземных — на 0,50 *м* выше дневной поверхности. Колодцы также устраиваются на дренажных линиях в случае необходимости гашения больших уклонов, тогда они являются как бы перепадами. В этом случае концы труб должны размещаться в колодце соответственно величине перепада. При установке колодца на дренах с минимальными уклонами для контроля за их работой необходимо, чтобы он не препятствовал нормальному движению воды в трубах. С этой целью дно колодца устраивают в виде желоба соответственно половине диаметра уложенных труб. Если колодец будет использоваться в качестве отстойника, его дно должно быть на 0,75 *м* ниже уровня впадающих труб.

Колодцы делаются из бетонных колец или из кирпича и камня. Диаметр круглых колодцев 1 *м*, а у квадратных сечение 1 × 1 *м*; сверху их закрывают крышками. Для задержания воды в коллекторах в 50 *м* от устья создаются водорегуляторы.

При устройстве колодцев на дренажных линиях особое внимание должно быть обращено на сопряжения с трубами и на тщательное уплотнение грунта вокруг них.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

Устройство дренажа связано с большим числом разнообразных производственных операций. В состав их входят: отрывка траншей, завоз трубок и их раскладывание вдоль траншей, планировка дна траншеи под уклон и устройство желобка, укладка трубок, изоляция щелей между стыками уложенных в траншеи трубок с присыпкой их 20-сантиметровым слоем растительного грунта и, наконец, засыпка траншей. В настоящее время только укладка труб, изоляция щелей стыков и присыпка труб грунтом выполняются вручную. Все остальные процессы механизированы.

Многолетняя практика строительства дренажных систем показывает, что продолжительность и бесперебойная работа дренажей более, чем других мелиоративных сооружений, зависит от качества производства строительных работ и качества труб. Поэтому устройство дренажа должно производиться в строгом соответствии с техническими условиями и утвержденным проектом.

Проведенное в БССР массовое обследование построенных дренажных систем говорит о том, что на ряде объектов выполненные дренажные системы имеют много дефектов, которые заключаются в следующем:

закрытые коллекторы дренажных систем впадают в открытые каналы, имеющие недостаточную глубину;

дно дренажных траншей не подготовлено должным образом для укладки труб;

использованы трубки низкого качества;

в ряде случаев укладка гончарных труб в траншеи произведена небрежно с недопустимыми зазорами;

щели между стыками трубок закрыты только сверху; в отдельных случаях допущено изготовление устьев из недолговечных материалов;

сопряжения дрен с коллектором и засыпка уложенных в траншеи дренажных трубок произведены некачественно и т. д.

Все эти недостатки, допускаемые при строительстве, в значительной мере сказываются на работе дренажных систем. Имеются случаи, когда из-за низкого качества строительных работ дренажные системы уже на второй год после их устройства перестают выполнять свое на-

значение. Так, на объекте «Ольгиняны» уже через год после строительства осушительной сети понадобилось произвести капитальный ремонт дренажных систем, поскольку дрены оказались закупоренными.

Для нормальной работы дренажных систем большое значение имеет надежность водоприемника. Следует иметь в виду, что только при наличии хорошего водоприемника дренажные системы принесут ожидаемую пользу.

В предпосевной и посевной периоды, а также во время летне-осенних паводков затопление и подтопление устьев коллекторов со стороны водоприемника недопустимо. Это обстоятельство следует всегда учитывать при составлении проектов осушения земель закрытым дренажем, так как устранение подпора зачастую трудно осуществимо, особенно в поймах рек и на пониженных местах осушаемых участков.

В составляемых Белгипроводхозом проектах это требование к водоприемникам в некоторых случаях не выполняется. В колхозах имени Воровского Доманович-ского и имени Кирова Логишинского районов, например, произведено осушение гончарным дренажем земель, расположенных в поймах рек Иппы и Вислицы, с выпуском закрытых коллекторов непосредственно в указанные реки. Неудивительно, что на этих объектах во время паводков реки затопляют устья коллекторов. В колхозе «1 Мая» Шарковщинского района, где осуществлен гончарный дренаж пахотных минеральных почв, дрены введены в открытый канал, почти заподлицо с его дном. Перечень подобных примеров можно значительно продолжить.

Для устройства дренажных траншей в настоящее время широко применяются многоковшовый экскаватор ЭТН-142 и модернизированный ЭТН-171. Они оборудованы специальными приспособлениями (люлькой и бункером), с помощью которых производится планировка дна траншеи и делается желобок для укладки трубок.

Опыт показывает, что в связи с конструктивными особенностями данных экскаваторов уплотнение и выравнивание дна траншеи производятся ими с отклонением от заданного уклона на 20-метровом отрезке в пределах 2—3 *см* в минеральных грунтах и несколько бо-

нее в торфяных. Это происходит, с одной стороны, ввиду провисания троса, который служит для регулирования работы экскаватора по глубине, а с другой — из-за провисания ковшей и цепи экскаватора.

Избежать полностью отклонений по глубине невозможно. Поэтому после укладки труб необходимо проверять правильность их положения с помощью нивелира и в случае установления недопустимых отклонений исправлять их вручную. Только после этого можно производить засыпку уложенных труб.

Особые трудности представляет строительство гончарного дренажа в торфяных грунтах, так как общепринятые способы производства дренажных работ на минеральных почвах здесь неприемлемы. Прежде всего недопустимо, чтобы рабочий ходил по дну траншеи при подготовке ее для укладки труб и во время их укладки, так как при этом торф вдавливается и уклоны дна значительно искажаются.

Нельзя укладывать трубы в траншеи при наличии воды и ила, ибо это отрицательно сказывается на нормальной работе дренажа. На опытном участке «Слоусть» и участке «Ольгиняны» в траншеях после прорытия было много воды и ила. Несмотря на это, ММС, производившие работу, уложили туда и стеллажи, и трубки на них. При недавнем осмотре дренажа было установлено, что уклон дрен сильно искажен, а полости труб заилены.

Для устранения переборов на дно траншеи иногда подсыпают рыхлый грунт, разравнивая его затем лопатой. Такое основание для укладки гончарных труб будет ненадежным, так как при уплотнении грунта может произойти сдвиг труб, что приведет к расстройству дренажной линии. В случае необходимости выравнивания дна для подсыпки следует применять гравий, шлак или бой гончарных труб. В дренажных траншеях нельзя оставлять пни, стволы деревьев, камни и другие предметы, ибо это может привести к расстройству дренажных линий.

При переустройстве открытой осушительной сети на ранее осушенных и длительное время осваиваемых болотных участках, где произошла осадка торфа, а также при осушении минеральных почв, когда в траншеях отсутствует вода, укладка гончарных или других труб мо-

жет производиться одновременно с устройством траншей.

Замена ручного труда механизированным на рытье траншей внесла существенные коррективы в технологический процесс дренирования почв. В связи с этим новые требования предъявляются к последовательности проведения работ, повышаются они и в отношении качества их выполнения. Так, ранее рекомендовавшийся способ укладки труб неприемлем. Укладывать их вслед за экскаватором можно только в том случае, если дно траншеи будет подготовлено соответствующим образом. Укладка осушительных дрен должна производиться только после коллекторов.

Трубы в подготовленные траншеи плотно укладываются одна к другой строго параллельно плоскости дна дренажной траншеи с оставлением щелей между стыками 0,5—1,0 *мм*.

Если попадаются экземпляры с неровными краями, нужно перед укладкой производить их выравнивание на шлифовальных камнях, чтобы они подходили друг к другу впритык. Между тем при обследовании дренажных систем нам приходилось нередко встречать дрены, где щели между стыками были два и более миллиметров из-за неровностей на торцах, что вызывало быстрое заиление трубок.

При укладке в траншеи непригодные трубы отбрасываются и используются как бой для обкладки стыков. Трубы, имеющие небольшие дефекты, применяются в верховых участках дрен.

Наблюдения показывают, что в глинистых грунтах поступление воды в трубы часто затруднено. Облегчить его можно путем создания вокруг стыков трубок слоя из водопроницаемого грунта, например растительного грунта, мелкого гравия, щебня, боя труб.

Уложенные в траншею трубы должны представлять строго прямую линию по длине дрены, а уклон дна отвечать проектному.

Как уже указывалось выше, после проверки правильности укладки трубок, устройства соединения дрен с коллектором и коллекторов с устьями и устранения обнаруженных дефектов производится засыпка дренажных траншей слоем земли на высоту 25—30 *см* вручную во избежание сдвига труб, после чего на этой операции

используются бульдозер, грейдер или косая лопата. Грунт после засыпки траншеи должен несколько возвышаться над поверхностью почвы с тем, чтобы после уплотнения его над дреной не было пониженных мест, где могли бы застаиваться талые или дождевые воды. Засыпка уложенных в траншеи труб должна производиться не позднее чем через несколько дней после их укладки.

Строительство дренажа считается законченным и может быть передано землепользователям в постоянную эксплуатацию только после того, когда будут выполнены все работы, предусмотренные проектом, в том числе полностью и тщательно засыпаны траншеи и ликвидированы открытые каналы, удалены кавальеры, устроены устья закрытых коллекторов и произведено крепление откосов открытого канала, являющегося водоприемником закрытого коллектора, произведено выравнивание и планирование поверхности дренированного участка.

Глава III

РАБОТА ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ ПРИ ЗАТОПЛЕННОМ УСТЬЕ

ХАРАКТЕРИСТИКА УРОВЕННОГО РЕЖИМА ВОДОПРИЕМНИКОВ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

Нормальная работа дренажных систем в значительной мере зависит от уровня стояния воды в водоприемнике. При высоком уровне, например, в связи с подпором коллекторов вода из них не поступает в открытые каналы и уровень грунтовых вод на дренированном участке не снижается. В результате не только не обеспечивается норма осушения, но вполне возможно вторичное заболачивание осушенных земель. Уместно напомнить мнение по этому вопросу такого крупного авторитета, как А. Д. Брудастов [6]. Он считал, что только при отсутствии подпора устьев коллекторов со стороны водоприемников возможна бесперебойная работа дренажа.

С целью изучения уровенного режима в каналах, которые используются как водоприемники дренажных систем, нами обработаны материалы наблюдений (табл. 13), производимых межрайонными управлениями осушительных систем на водомерных постах болотных массивов «Марьино», «Иппа», «Загалье», «Ухлясть» и «Слоусть». Охарактеризуем их вкратце.

Марьинский болотный массив площадью более 10 тыс. *га* расположен на правобережье реки Оресссы и относится к типу притеррасных низинных болот. В период 1930—1940 гг. здесь было осушено сетью открытых каналов около 6000 *га*. Водомерный пост оборудован на магистральном канале № 1 (колхоз им. БВО), который проходит посредине массива и является основным водоприемником. Канал имеет глубину 2—2,5 *м* и находится в хорошем состоянии.

Иппский массив расположен в долине реки Иппы и относится к типу пойменных низинных болот напорно-грунтового питания. Поверхность болота ровная, по-

перечный уклон в пределах 0,0007—0,0015. Основным водоприемником служит Иппа, отрегулированная в 1949—1952 гг. и имеющая глубину 2,5—3,3 *м*. Наблюдения за колебанием уровней воды проводятся на водомерных постах, размещенных на этой реке.

Загальский болотный массив является левобережной частью водосбора реки Ориссы и относится к типу пойменных низинных болот. Осушение его произведено так же, как и Марьинского болотного массива, открытыми каналами. Наблюдения за уровнями воды производились на водомерных постах канала VIII, имеющего глубину 1,8—2,0 *м*.

Болотный массив «Ухлясть» (система канала У-15), площадь которого около 6000 *га*, расположен на водоразделе реки Ухлясти. Открытые каналы выполнены экскаватором в 1955 г. на расстоянии 200 *м* один от другого глубиной 1,7 *м*. Наблюдения за уровнем воды производились в коллекторе У-15.

Опытно-производственный участок «Слоусть» относится к пойменному болоту низинного типа. Осушение его произведено в 1955—1956 гг. Средняя глубина магистральных каналов 1,9 — 2,2 *м*. Дренажные коллекторы уложены на глубину 1,3—1,6 *м*. Наблюдения за уровнями воды ведутся на посту канала С-5л-2.

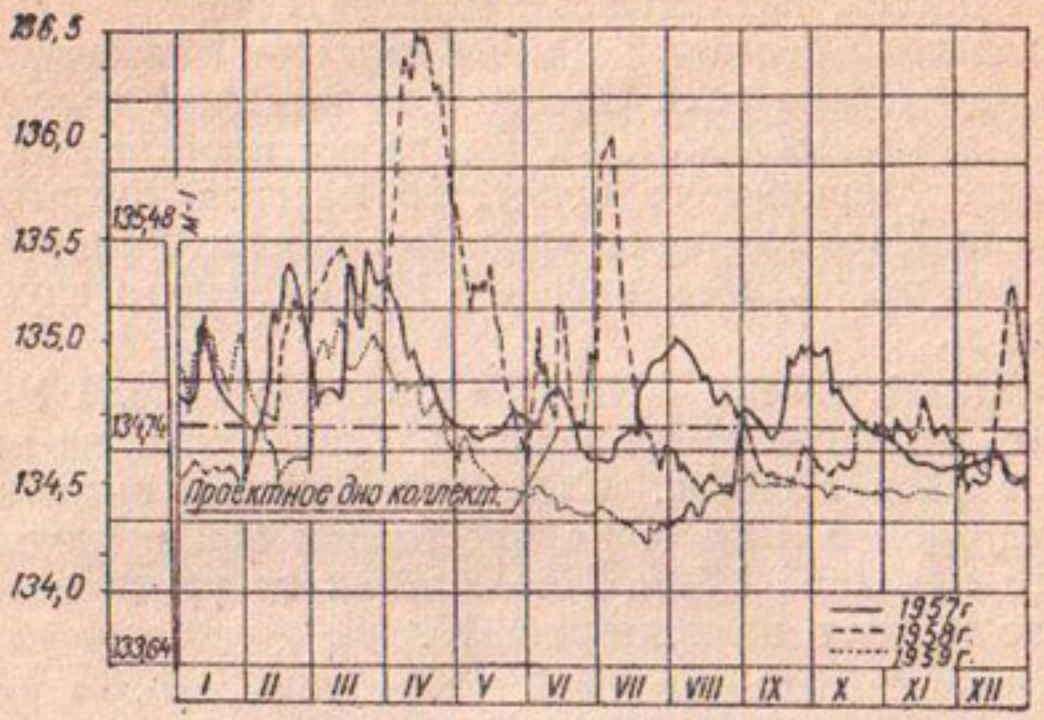
Обработка материалов наблюдений произведена за характерные по водности годы: средний — 1957 г., влажный — 1958 г. и сухой — 1959 г.

На всех указанных выше водомерных постах наблюдения велись ежедневно в 8 часов утра. Режим уровня воды в каналах, являющихся водоприемниками для дренажных систем на перечисленных болотных массивах, охарактеризован графиками на рис. 12—16.

На этих графиках показаны колебания уровня воды в каналах, кривые обеспеченности за год и за вегетационный период, а также линии дна намечаемых устьев дренажных коллекторов. По полученным данным составлена табл. 13, характеризующая влияние водного режима каналов на работу дренажных систем.

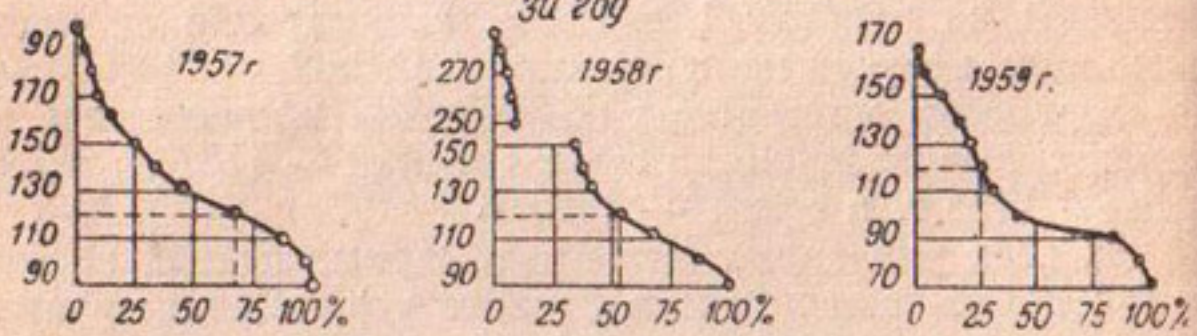
Из приведенных материалов видно, что на болотных массивах, расположенных в пойме рек Иппы (Капличи) и Ориссы (Загалье), в обильном осадками 1958 г. и даже в среднем по водности 1957 г. устья коллекторов большую часть вегетационного периода были затоплены.

Графики колебаний уровней воды в канале м-1



Кривые обеспеченности суточных уровней воды в канале м-1

За год



За вегетационный период

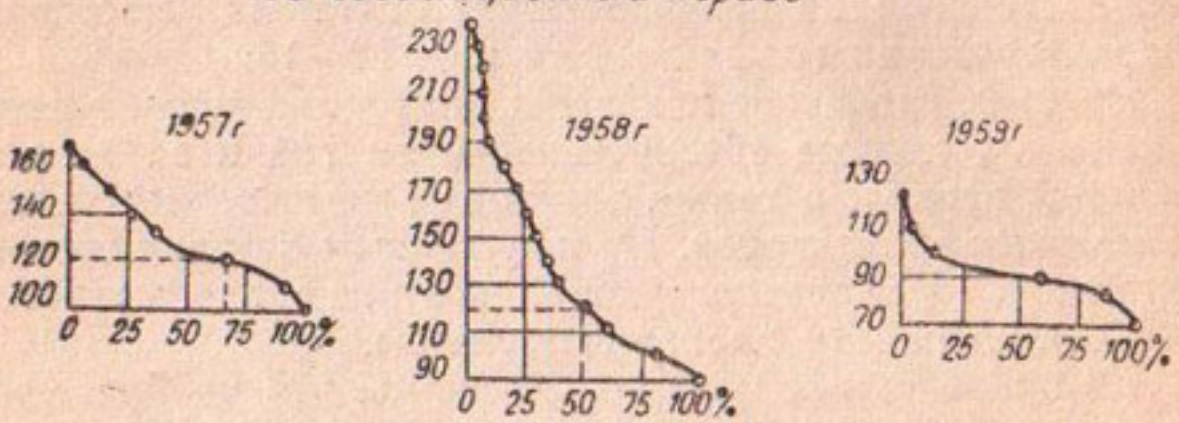


Рис. 12.

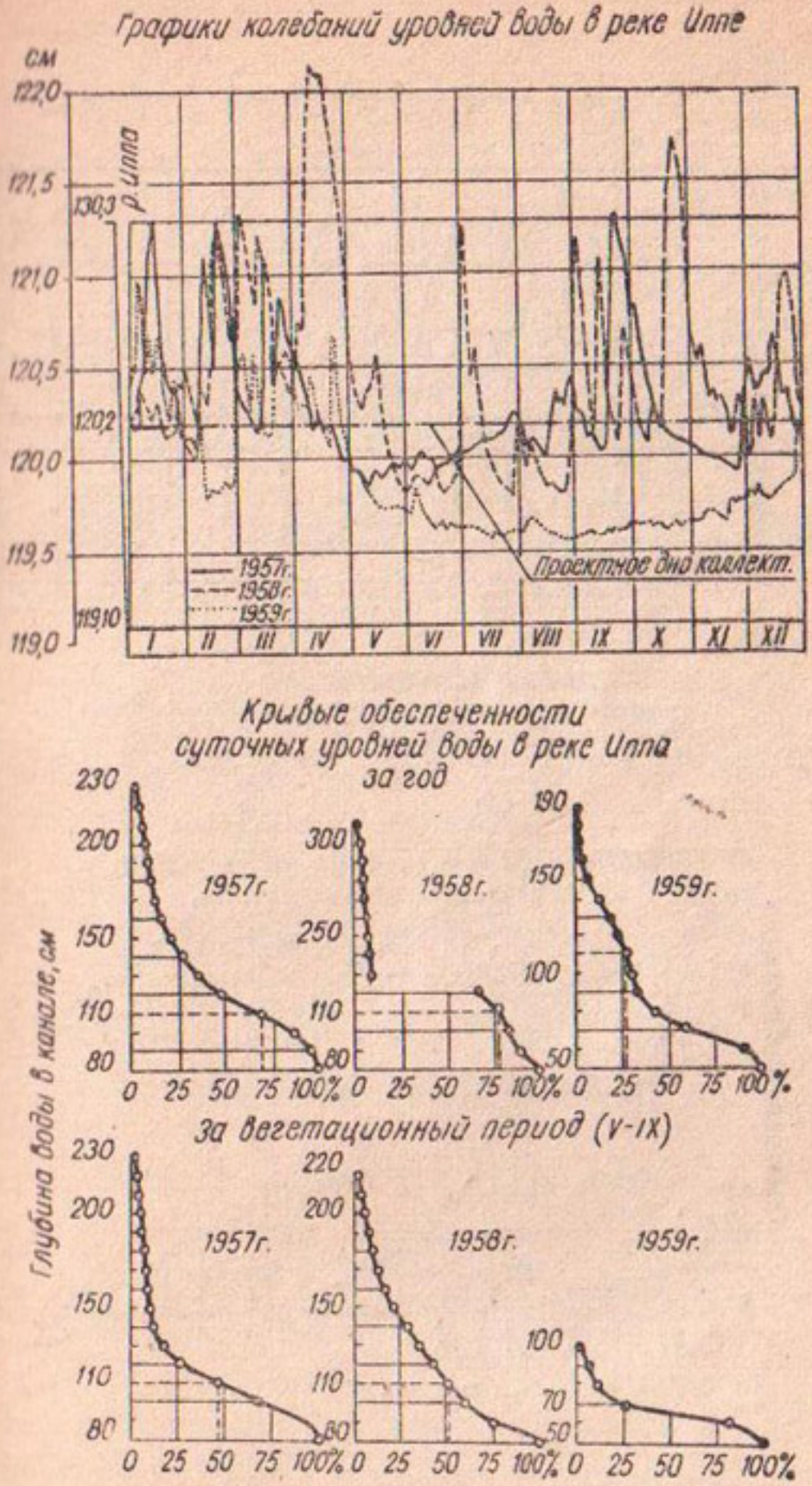
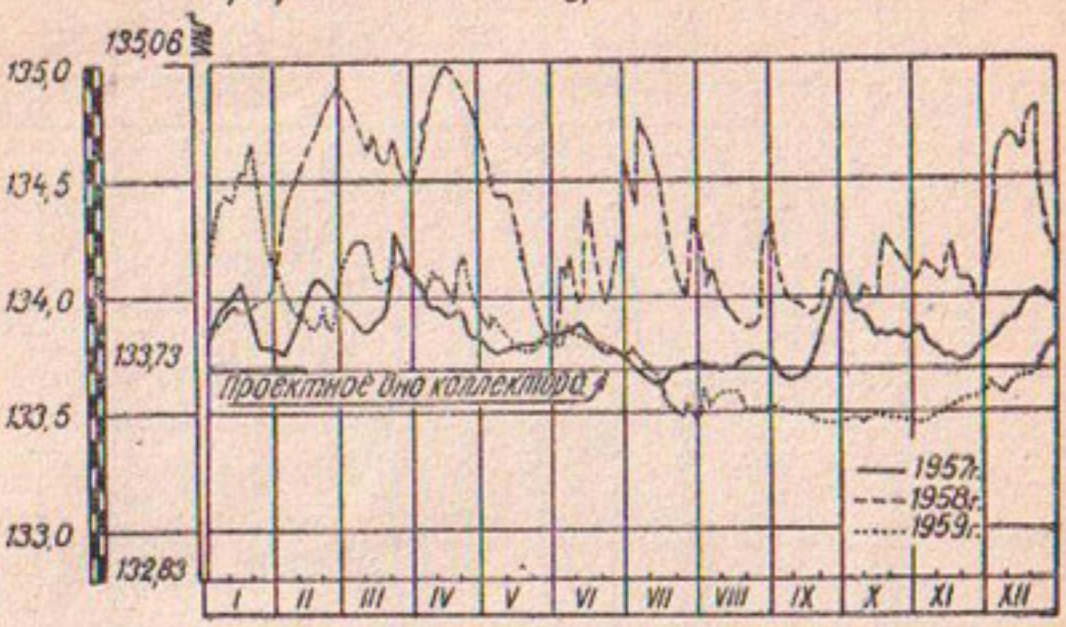
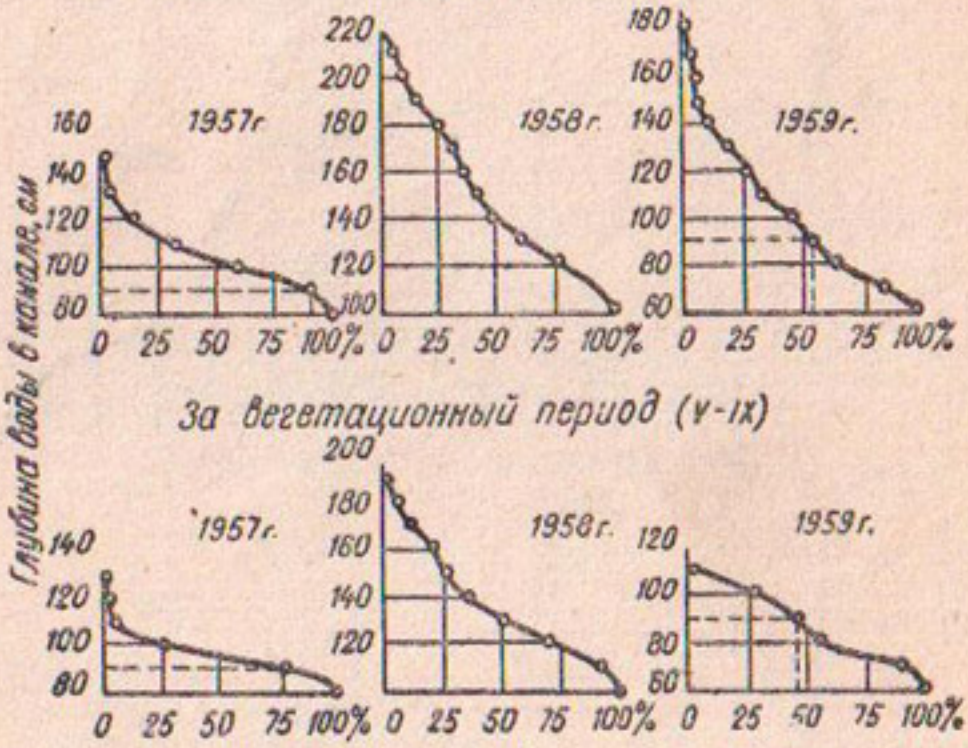

Графики колебаний уровней воды в реке Ипте
см
122,0
121,5
130,3
121,0
120,5
120,2
120,0
119,5
119,10
119,0
р. Ипта
1957г.
1958г.
1959г.
Проектное дно каналект.
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
Кривые обеспеченности
суточных уровней воды в реке Ипта
за год
Глубина воды в канале, см
230
200
150
110
80
1957г.
300
250
110
80
1958г.
190
150
100
50
1959г.
0 25 50 75 100%
За вегетационный период (V-IX)
230
200
150
110
80
1957г.
220
200
150
110
80
1958г.
100
70
50
1959г.
0 25 50 75 100%

Рис. 13.

Графики колебаний уровня воды в канале VIII'



Кривые обеспеченности суточных уровней воды в канале VIII' за год



За вегетационный период (V-IX)

Рис. 14.

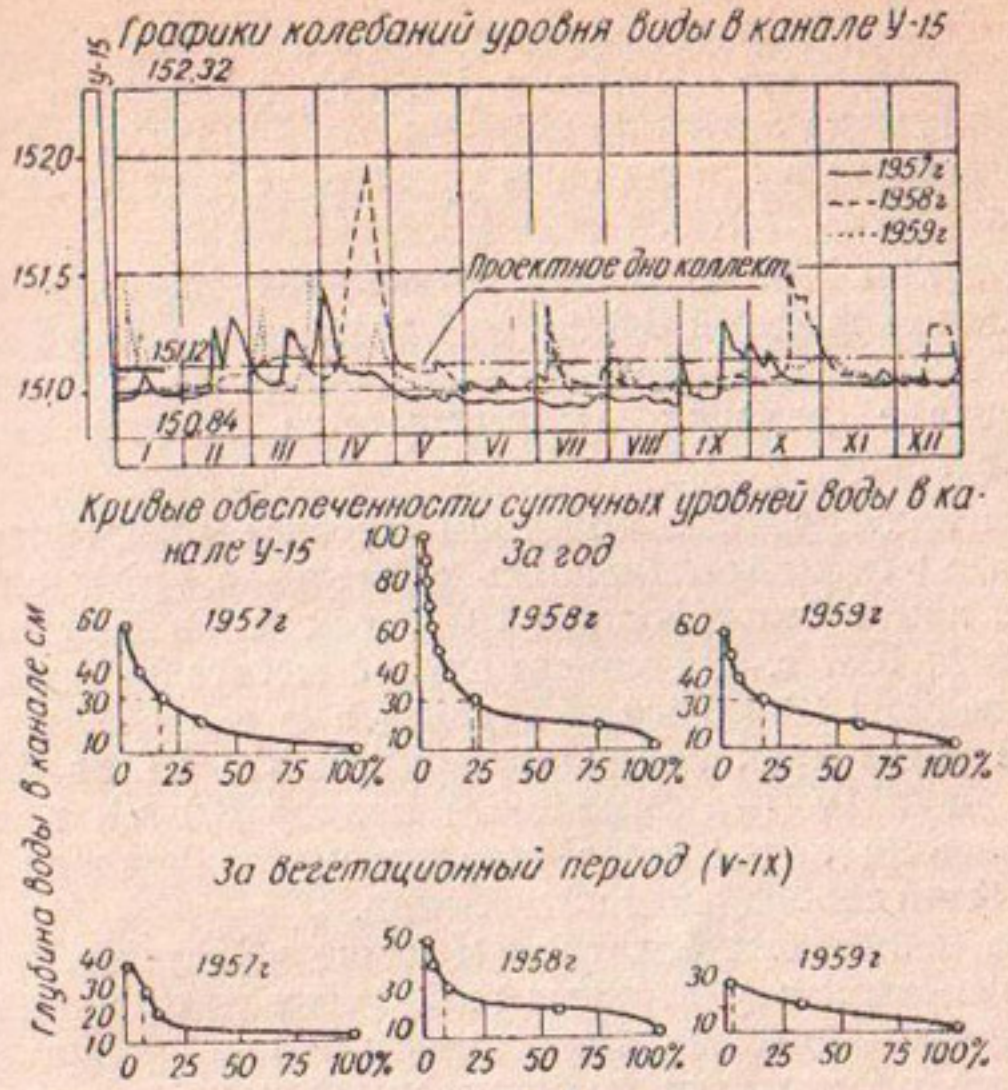

Графики колебаний уровня воды в канале У-15
У-15
152,32
152,0
151,5
151,0
151,12
150,84
1957 г
1958 г
1959 г
Проектное дно коллект.
I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII
Кривые обеспеченности суточных уровней воды в канале У-15
За год
1957 г
1958 г
1959 г
Глубина воды в канале, см
За вегетационный период (V-IX)
0 25 50 75 100%

Рис. 15.

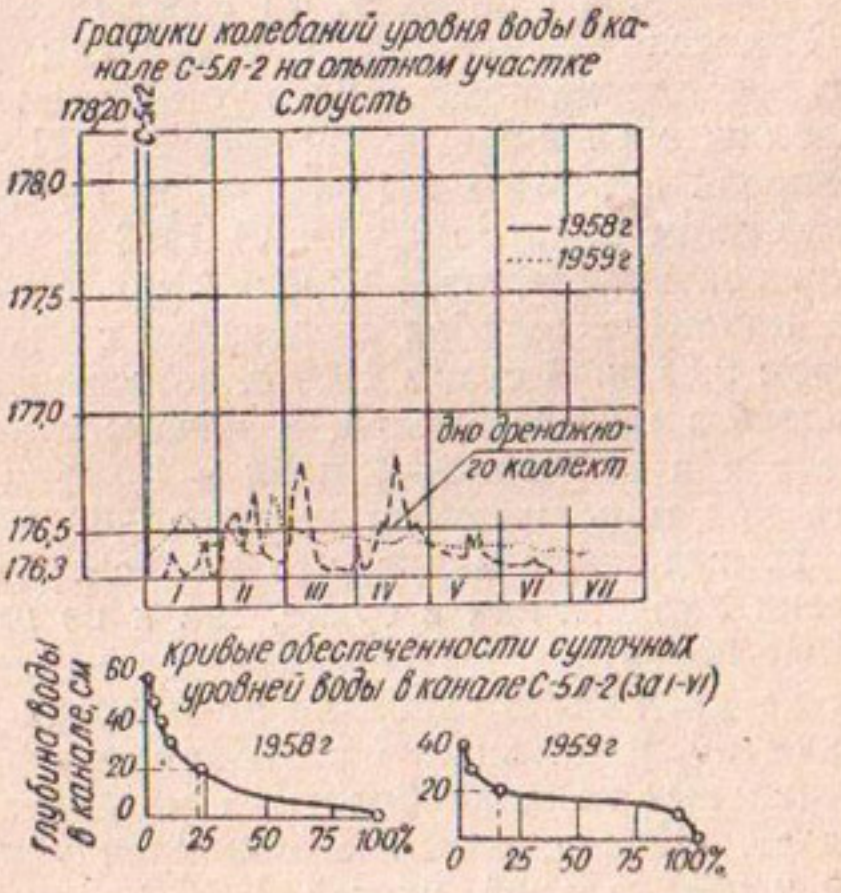

Графики колебаний уровня воды в канале С-5Л-2 на опытном участке
Слоусть
С-5к2
178,20
178,0
177,5
177,0
176,5
176,3
1958 г
1959 г
дно дренажного коллект.
I II III IV V VI VII
Кривые обеспеченности суточных уровней воды в канале С-5Л-2 (за I-VI)
Глубина воды в канале, см
1958 г
1959 г
0 25 50 75 100%

Рис. 16.

Максимальная высота уровня воды в канале над устьем дрен на массиве «Иппа» в 1957 г. равнялась 1,1 *м*, в 1958 г. вода затопила поверхность болота, а на массиве «Загалье» в эти же годы уровень ее колебался в пределах 0,54 ÷ 1,27 *м*.

В сухом 1959 г. подпор устьев дрен на Иппе (с максимальной высотой 0,8 *м*) наблюдался в январе и марте — апреле, а на Загалье — с января до 15 июля и в III декаде декабря (максимальная высота подпора 0,52 *м*).

На притеррасном болотном массиве «Марьино» дренажные устья затапливались длительное время зимой и летом как в многоводном 1958, так и в среднем по водности 1957 г. при максимальной высоте подпора соответственно 1,63 и 0,8 *м*. И только в сухом 1959 г. затопление устья дрен продолжалось лишь с 1.I по 8.II и с 1.III по 26.IV (максимальный подпор 0,5 *м*), т. е. на протяжении почти всего вегетационного периода устья дрен были свободны от затопления.

На пойменном болотном массиве «Слоусть» при любых условиях в указанные годы устья дрен находились в подпоре (максимальная высота 0,3 *м*) непродолжительные промежутки времени зимой и не позже конца апреля весной. И, наконец, на водораздельном болоте реки Ухлясти (Красницкий) в среднем по водности 1957 г. затопление намеченного устья дрен наблюдалось непродолжительное время: в феврале, со II декады марта до 7 апреля и осенью с 17 сентября по 8 октября при максимальном подпоре 0,32 *м*. В 1958 г. устье намеченных дрен затапливалось в апреле 4 дня, в I декаде июля, во 2-й половине октября и декабря с максимальным подпором 0,82 *м*. В сухом 1959 г. затопление устьев наблюдалось в начале января, в начале и конце марта, в апреле и в течение 3—4 дней в I декадах июля и августа при максимальном подпоре 0,38 *м*.

Из приведенного видно, что на водораздельном болоте реки Ухлясти как в сухие, так и во влажные годы в течение почти всего вегетационного периода намеченное устье дрен было свободно от подпора.

Таким образом, анализ колебаний уровней воды в магистральных каналах болотных массивов «Марьино», «Загалье», «Иппа», которые являются типичными для южной и центральной частей БССР, показывает, что

Таблица 13

Высота уровней воды над устьем дрен и длительность их затопления

Болотные массивы	Годы	Высота уровня воды над устьем дрен, *см*		Длительность затопления устьев дрен	Обеспеченность затопления, %	
		максимальная	средняя		год XI—X	сезон IV—X
«Инна»	1957	1,10	0,40	1—29.I 7.II—8.III 13.III—10.IV 17.VII—5.IX 17.IX—15.X 27.XI—26.XII	70	47
	1958	Выше поверхности почвы	—	3—17.I 26.I—18.V 29.VI—12.VII 28.VIII—8.IX 11—21.IX 24.IX—3.X 9.X—31.XII	77	51
	1959	0,80	—	1—28.I 1.III—26.IV	27	—
«Загалье»	1957	0,54	0,15	1.I—3.VII 21.VII—2.IX 17.IX—31.XII	90	79
	1958	1,27	0,50	Весь год	100	100
	1959	0,52	0,15	1.I—7.VII 23—31.XII	54	46
«Марьино»	1957	0,80	0,25	5.II—1.V 19.V—21.VI 17.VII—10.IX 17.IX—26.X	—	52
	1958	1,63	0,70	5.II—28.V 2.VI—20.VII 29.VIII—2.IX 18.X—27.XI 17—31.XII	—	67
	1959	0,50		1.I—8.II 1.III—26.IV	—	—
«Слоусть»	1958	0,30		12—17.II 2—12.III 10—26.IV	22	—
	1959	0,17		10—20.I 20.II—3.III	16	—

Продолжение табл. 13

Болотные массивы	Годы	Высота уровня воды над устьем дрен, *см*		Длительность затопления устьев дрен	Обеспеченность затопления, %	
		максимальная	средняя		год XI—X	сезон IV—X
«Ухлясть»	1957	0,32	0,20	8—27.II 12.III—7.IV 17.IX—8.X	—	2—8
	1958	0,82	—	5.IV—2.V 4—7.VII 16.X—1.XI 14—25.XII	—	—
	1959	0,38	—	3—13.I 1—6.III 21.III—27.IV 8—10.VII 1—4.VIII	—	—

в годы с большим и средним количеством атмосферных осадков (1957 и 1958) в течение всего предпосевно-посевного периода, а также во время летних паводков устья дренажных коллекторов были затоплены. На водораздельном болотном массиве «Ухлясть» магистральные каналы обеспечивают незатопляемость устьев дренажных коллекторов в предпосевно-посевной период. На участке «Слоусть» в средние по водности годы устья коллекторов также к началу посевного периода освобождаются от подпора.

Все эти данные свидетельствуют о том, что малоуклонные низинные болота на значительных массивах, особенно в поймах рек, весьма трудно осушить закрытым дренажем, не избегнув в предпосевно-посевной период и во время летних паводков затопления устьев коллекторов. Поэтому для нормальной работы дренажных систем в указанных природных условиях целесообразно применять механический водоподъем в сочетании с самотечным осушением.

ВЛИЯНИЕ ЗАТОПЛЕНИЯ УСТЬЕВ НА СКОРОСТИ ВОДЫ В ДРЕНАХ

В целях изучения скоростей воды в дренах при работе их в подпоре нами проведены специальные лабораторные и полевые исследования. Лабораторные исследования проводились в русловой площадке длиной 10, шириной 3,6 *м* при высоте слоя песчаного грунта 0,95 м. Гранулометрический состав его приведен в табл. 11.

В песчаный грунт на глубину 0,77—0,80 *м* были уложены две дренажные линии из гончарных труб диаметром 5 и 13 *см*, длиной 10 *м* на расстоянии 1,04 *м* одна от другой. Изучение работы дрен проводилось при уклонах трубок 0,001; 0,003, 0,005, 0,007 и переменном уклоне по длине дрены от — 0,005 до + 0,006. До засыпки уложенных трубок в траншеи производились замер зазоров между стыками специальным набором шаблонов, обкладка стыков защитным фильтрующим материалом и проверка заданного уклона. В истоке дрен вода подавалась из бака под напором, который по возможности в течение опыта поддерживался на одном уровне. В нижнем бьефе постепенно создавался подпор от 0 до 32 *см*.

В процессе работы дренажа замерялись скорости воды в дренах и брались отсчеты по пьезометрам, установленным вдоль дренажных линий. Измерение скоростей воды проводилось при помощи окрашивания ее 10—15-процентным раствором перманганата калия ($KMnO_4$), запускаемого в дрену через колодец на оголовке дренажной трубы. Схема экспериментальной установки, где проводились опыты, показана на рис. 17.

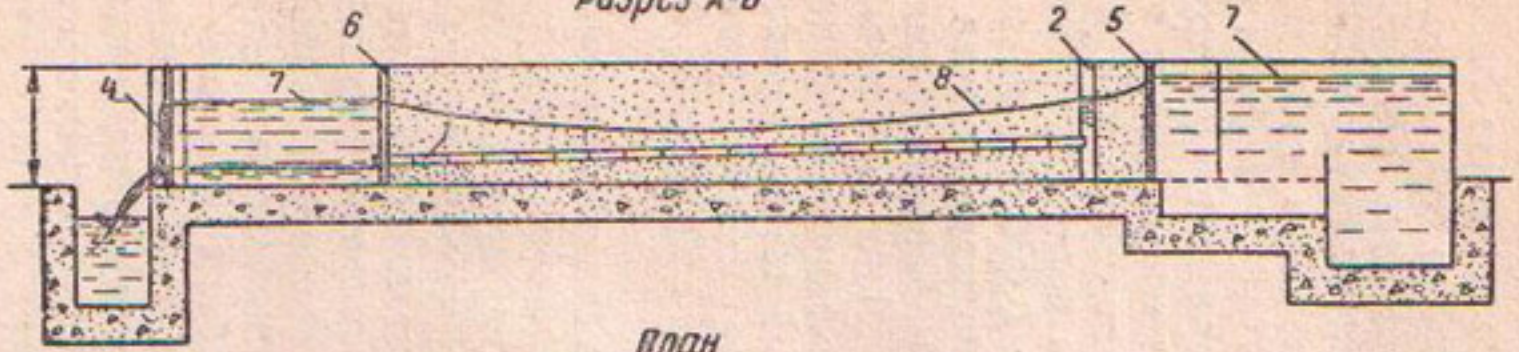
По окончании каждого цикла работы (через 9—11 часов) прекращалась подача воды в грунт, откапывались траншеи и проводилось обследование дренажных линий. Затем вынимались дрены, и замерялась высота заиления в каждой трубке.

Полевые обследования работы дренажа в условиях затопленных устьев велись на Коссовской станции. Для наблюдения за уровнем грунтовых вод и определения распространения подпора на опытном участке вдоль дрены через каждые 30 *м* были установлены деревянные колодцы.

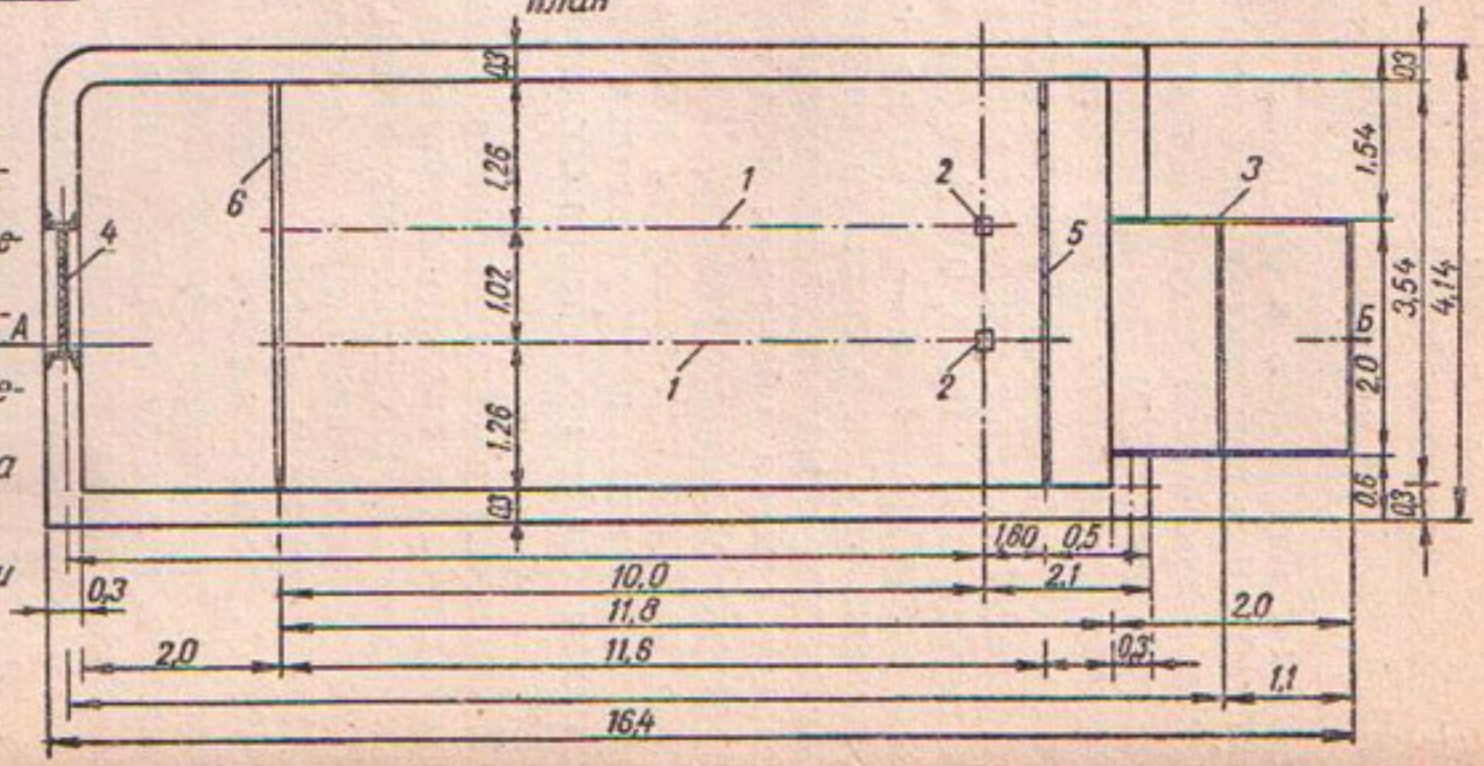
Измерение скоростей воды в дренах проводилось таким же образом, как и в лабораторных условиях.

Схема экспериментальной установки

Разрез А-б



План



1. Гончарные трубы
2. Колодец для впрыскивания красящего вещества
3. Металлический резервуар
4. Водослив с затвором
5. Решетчатая перемычка
6. Глухая перемычка
7. Бьефы (нижний и верхний)
8. Кривая депрессии

Примечание. Размеры в м

Рис. 17.

В месте выклинивания уровня грунтовой воды над дреной отрывался шурф, и в дрену при помощи резинового баллона вводился раствор перманганата калия. Появление окрашенной жидкости в устье дрен фиксировалось при выходе в открытый канал. Замеры делались с 3—5-кратной повторностью.

Скорость течения воды в гончарных дренах определяется по формуле Шези

$$V = C\sqrt{Ri},$$

где

C — скоростной коэффициент;
R — гидравлический радиус;
i — уклон дрены.

Однако эта формула применима лишь при условии, если устья коллекторов не затоплены со стороны водоприемника. В этих случаях скорость воды в дренах зависит только от уклона дрены и с увеличением его возрастает.

В условиях подпора устья коллекторов водоприемником, когда дренаж будет работать, как напорный трубопровод, скорость течения воды в дренах определится из зависимости

$$V = \varphi\sqrt{2gH},$$

где

φ — коэффициент скорости;
H — действующий напор;
g — ускорение силы тяжести.

Это означает, что величина геометрического уклона при одной и той же длине дрены не должна оказывать влияние на величину скорости воды в дренах, которая в данном случае определяется действующим напором. Увеличение подпора над устьем дрен должно уменьшать пьезометрический уклон и соответственно скорость воды в дренах. Результаты проведенных нами опытов (табл. 14) подтверждают указанные положения.

Как видно из табл. 14, увеличение подпора над устьем дрен или коллектора со стороны водоприемника резко уменьшает скорость воды в дренажных трубках. Средняя скорость воды в дренах при подпоре 0,3 *м* уменьшается в 4—5 раз по сравнению с течением воды без подпора.

Таблица 14

Скорость течения воды в дренах при различной высоте подпора их устья

Номера дрен	Диаметр дрен, *см*	Уклон	Высота подпора над устьем, *см*	Средняя скорость воды, *см/сек*	Номера дрен	Диаметр дрен, *см*	Уклон	Высота подпора над устьем, *см*	Средняя скорость воды, *см/сек*
3	5	0,007	0,0	22,7	7	5	0,007	1,5	23,2
			1,0	21,2				2,6	16,6
			1,6	19,6				3,4	16,0
			3,3	16,4				5,2	14,0
			4,4	15,6				5,9	12,5
			4,9	15,1				6,7	12,2
			5,4	15,1				7,5	12,3
			6,5	14,5				10,7	9,3
			9,3	12,2				12,5	7,8
			11,8	11,0				13,5	8,1
			12,2	10,6				14,1	8,2
			12,5	10,2				14,6	8,0
			13,5	10,6				15,1	8,1
			13,9	10,4				15,7	7,8
			14,5	10,2				16,3	8,0
			15,1	10,1				16,7	8,0
			15,5	10,5				25,1	—
			23,6	8,3				26,1	5,6
			24,2	7,7				26,6	5,3
			25,4	6,5				26,8	5,6
			25,7	7,0				27,1	5,3
			26,0	6,7				27,3	5,6
2	5	0,005	0,0	22,0	6	5	0,003	0,0	15,2
			0,7	21,4				1,3	15,0
			1,5	21,2				2,4	13,3
			3,4	16,9				13,2	5,7
			20,7	6,2				21,1	5,7
			21,1	6,1				22,8	6,0
			24,1	6,1				24,5	5,8
			25,1	6,1				25,8	5,8
			26,6	6,1				26,6	6,0
			27,9	5,7				27,9	5,5
			28,6	5,4				29,7	5,4
4	5	Переменный	0,0	15,6	8	5	Переменный с наличием на отдельных участках обратного уклона	0,0	16,8
			5,0	9,3				5,7	9,1
			7,0	9,4				7,6	9,0
			7,5	9,5				8,2	9,7
			9,0	9,1				9,7	9,2
			10,5	9,1				12,2	8,7

Продолжение табл. 14

Номера дрен	Диаметр дрен, *см*	Уклон	Высота подпора над устьем, *см*	Средняя скорость воды, *см/сек*	Номера дрен	Диаметр дрен, *см*	Уклон	Высота подпора над устьем, *см*	Средняя скорость воды, *см/сек*
			11,2	8,5				12,7	8,5
			12,8	8,3				14,4	8,1
			13,4	8,5				15,1	8,4
			14,3	8,5				16,3	8,3
			15,8	8,3				17,4	7,8
			16,5	8,4				21,3	7,6
			20,6	7,7				22,1	7,0
			21,5	7,7				22,5	7,2
			22,0	8,0				22,8	7,7
			25,7	6,1				23,7	7,6
			26,2	5,7				26,9	6,1
			30,5	5,3				29,5	5,3
			31,5	5,2				32,5	4,8
9	13	0,003	0,3	8,4	10	13	0,003	0,0	8,8
			3,3	4,6				2,9	6,6
			5,3	2,9				5,6	3,2
			8,0	1,8				7,8	2,3
			10,3	1,1				9,6	1,8
			11,7	1,0				12,7	1,5
			15,7	0,9				17,6	1,4
			28,3	0,8				20,9	1,3
								22,4	1,2
								27,0	1,1
								29,5	1,1
								32,8	1,0

Построенные по результатам опытов графики зависимости скоростей воды в дренах от величины подпора (рис. 18) наглядно показывают, что резкое уменьшение скоростей наблюдается при подпоре 5—10 *см*. При подпоре более 10 *см* над устьем дрен скорости практически зависят не от уклона дренажных линий, а от гидравлического уклона. Убедительно свидетельствуют об этом данные табл. 15.

Как видно из табл. 15, при величине подпора 6—8 *см* скорости воды в дренах составляли только 2,22—4,56 *см/сек*.

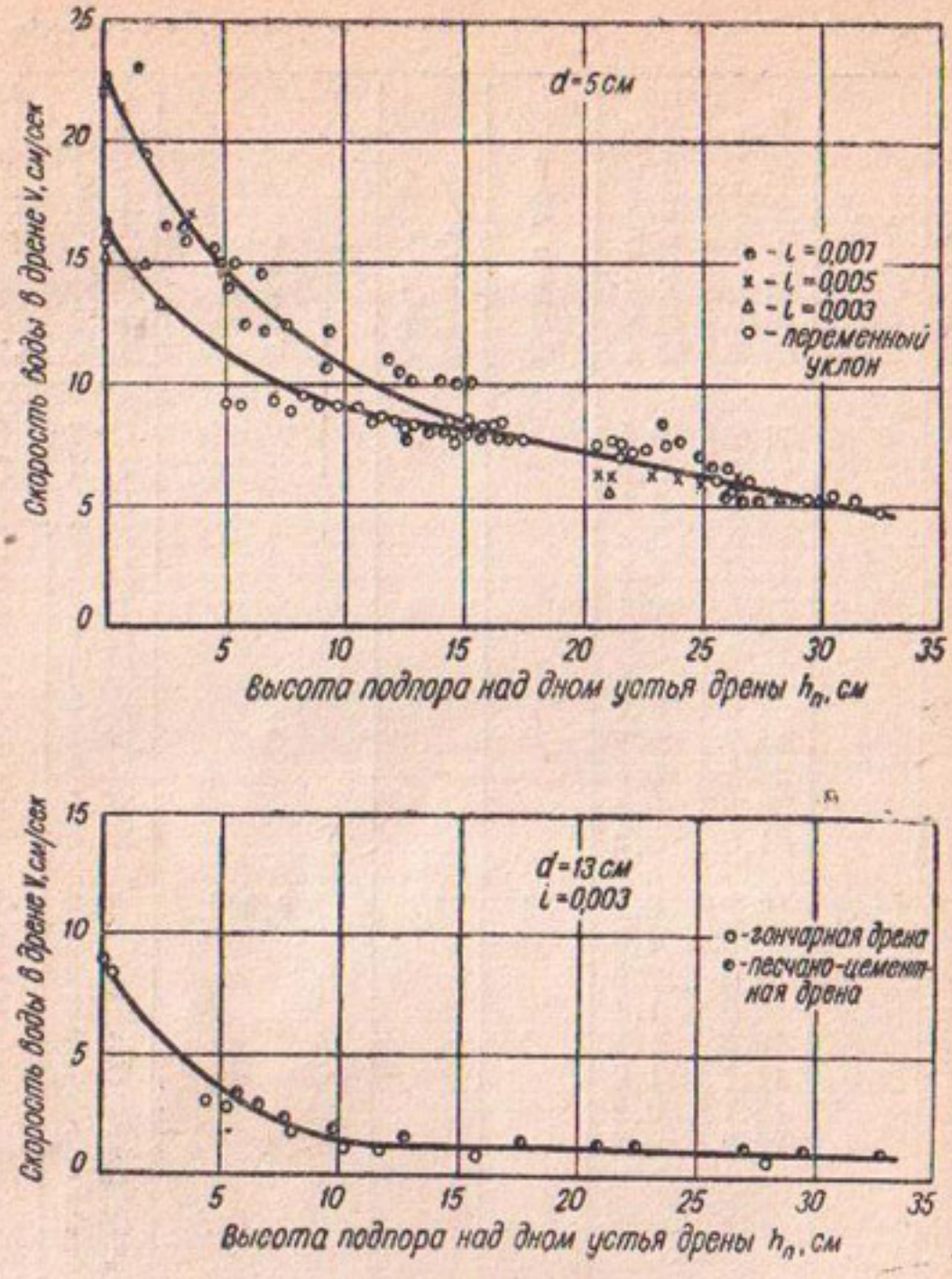


Рис. 18. Зависимость скорости воды в дренах от величины подпора.

Уменьшение скоростей воды в гончарных дренах в условиях затопления их устьев приводит к снижению осушительного действия дренажа, так как отвод воды с осушаемого участка происходит медленно. В табл. 16 приводятся данные подсчета скоростей и расходов воды в дренах при истечении в свободное русло канала и в условиях подпора. Величина коэффициента C_0 принята равной 15 при работе дрены полным сечением. Диаметр гончарных дрен = 5 *см*.

Таблица 15

Результаты замера скоростей воды в дренах на Коссовской станции, 1960 г.

Номера дрен	Диаметр дрен, *см*	Протяженность участка дрены, *м*	Уклон	Высота затопления устья, *см*	Средняя скорость воды на участке дрены, *см/сек*
1	7,5	20	Переменный с наличием на отдельных участках обратного уклона	6	2,78
2	7,5	20		7	2,22
3	7,5	20		10	2,22
3	7,5	20		10	2,38
5	7,5	20		7	4,56
5	7,5	20		8	4,48

Примечание. Подсчитанная скорость воды при работе дрен полным сечением без подпора при уклоне 0,001—0,003 равна 0,1—0,2 *м/сек*.

Таблица 16

Скорости воды и расход ее в дренах

Показатели	Уклон дрен			
	0,001	0,003	0,005	0,007
При незатопленном устье				
Скорость, *см/сек*	15	18	24	28
Дренажный расход, *л/сек*	0,30	0,35	0,47	0,55
При затопленном устье				
Скорость, *см/сек*	—	3	5	—
Дренажный расход, *л/сек*	—	0,06	0,10	—

Приведенные данные говорят о том, что в случаях затопления устьев дрен водоприемником и образования подпора скорости течения воды в дренажных трубах падают, пропускная способность их уменьшается. Так, при высоте подпора над устьем более 30 *см* скорость течения

воды в дренажной сети составляет 2—3 *см/сек*. При таких скоростях дренажные системы, по существу, прекращают свою работу.

Следовательно, при осушении малоуклонных низинных торфяников в БССР следует иметь в виду, что высокие горизонты вод в водоприемниках — каналах, в которые вводятся коллекторы дренажных систем, могут серьезно препятствовать самотечному сбросу избыточных вод с осушаемого участка. Применяемые в настоящее время методы расчета регулируемых рек-водоприемников в большинстве случаев не обеспечивают снижения горизонтов воды до отметок, необходимых для нормальной работы дренажных систем в предпосевно-посевной период и при летне-осенних паводках.

Подготовка водоприемников, обеспечивающих самотечный сброс избыточных вод с осушаемых участков при помощи закрытого дренажа, требует выполнения огромного количества земляных работ. В связи с этим следует прибегать к применению комбинированного метода осушения, т. е. механического водоподъема и сброса воды самотеком. Это позволит использовать осушаемые земли под любую сельскохозяйственную культуру при снижении затрат на подготовку водоприемников.

Глава IV

СОДЕРЖАНИЕ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

В комплексе мероприятий, обеспечивающих бесперебойную работу осушительной сети, наибольшее значение имеет содержание в образцовом состоянии водоприемников дренажных систем. Только при условии строгого соблюдения этого требования можно добиться того, чтобы в лучшие сроки выполнять на осушенных площадях весь комплекс агротехнических приемов, поддерживать необходимый водный режим, наиболее эффективно использовать осушенные земли.

О том, как должна оформляться документация на завершенные дренажные работы, как следует правильно, с наибольшим эффектом использовать осушенные системы, мы расскажем ниже.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

Построенные дренажные системы сдаются колхозам и совхозам в эксплуатацию лишь после приемки их от строительных организаций соответствующими комиссиями. При приемке осушительных систем и сооружений все элементы водоприемника и дренажных линий должны быть тщательно проверены и сопоставлены с проектными данными, а также тщательно изучены акты на скрытые работы. Это позволит установить допущенные строителями отклонения от проекта, определить качество выполненных работ, характер допущенных недоделок.

Только при наличии полной технической документации, характеризующей дренажные системы, можно правильно организовать ее эксплуатацию.

Техническая документация на завершенные дренажные системы должна передаваться межрайонным управлениям осушительных систем. Она включает: техниче-

ские проекты и рабочие чертежи; план осушенного участка в масштабе 1 : 2000 с горизонталями существующего рельефа, расположением водоприемника (открытого канала) коллекторов, дрен и всех сооружений (устьевых сооружений, контрольных колодцев и т. д.).

На плане должны быть указаны реперы, к которым привязаны дренажные системы, обозначены все элементы системы и их основные размеры, продольные профили всех элементов водоприемника, коллекторов и дрен, а также глубина торфа.

В документах должны быть конструктивные чертежи всех элементов дренажных систем и сооружений на них (устьевых сооружений, контрольных колодцев и т. д.); ведомость реперов с описанием точного их расположения; ведомость координат (при условии составления плана по координатам).

Кроме того, должна быть пояснительная записка с указанием в ней всех расчетных величин и описанием конструкции сооружений, характеристикой грунтов и рекомендациями по эксплуатации дренажных систем и водоприемника.

УХОД ЗА ДРЕНАЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

По сравнению с системами открытых каналов дренажные системы требуют сравнительно небольших эксплуатационных расходов. Если система правильно запроектирована и построена, а также уложены трубки хорошего качества, уход может быть сведен до минимума. В основном ремонтные работы будут мелкими и могут быть выполнены силами ремонтников.

Уход за водоприемником и дренажными системами необходимо осуществлять систематически с тем, чтобы устранять повреждения тогда, когда они еще не приняли больших размеров. Колхозы, совхозы и другие землепользователи осушенных площадей обязаны иметь опытных ремонтников из расчета один человек на 8 *км* открытых каналов и 300 *га* дренажной сети.

Наблюдения должны проводиться путем осмотра контрольных колодцев и впадающих в них дренажных труб. Внешние наблюдения целесообразнее всего проводить весной — во время схода талых вод и в период дождей.

Наиболее характерными признаками неправильной работы дренажных систем являются: затопление устьев коллекторов водами водоприемника; застой воды у дрены и над дреной; медленное просыхание осушенного участка после схода талых вод и в период летне-осенних дождей; просадка грунта и промоины над дренами и сооружениями; угнетенное состояние или гибель посевов сельскохозяйственных культур; прекращение или резкое уменьшение стока вод из отдельных коллекторов в сравнении с рядом расположенными. Проверить работу дренажа можно также при выпадении значительных осадков, пробурив в разных местах над дренажной трубкой шурфы. При отсутствии повреждений дренажной линии грунтовая вода в шурфе не более чем через 1—2 суток после прекращения дождя должна исчезнуть.

Все неисправности, обнаруженные ремонтником, должны немедленно устраняться. Мелкие повреждения, особенно те, которые вызывают подпор воды в дренажных системах, засорение устьев, завалы, разрушения переходов к открытым каналам-водоприемникам, мелкие повреждения откосов открытых каналов, засорение контрольных колодцев наносами и т. д., должны устраняться самим ремонтником. Об остальных повреждениях он должен доложить руководству колхоза или совхоза.

Наилучшим средством предохранения открытых каналов-водоприемников дренажных систем от разрушения при перегоне скота является ограждение их забором из жердей или проволоки. Особенно должны быть предохранены участки каналов на подходах к местам скотопрогонов.

В обязанности работников службы эксплуатации входит также контроль за принятием мер землепользователями по тушению пожаров, возникающих на осушенных торфяниках.

РЕМОНТ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

Все ремонтные работы, проводимые в процессе эксплуатации дренажных систем, подразделяются на два вида ремонта — текущий и капитальный. Под первым подразумеваются простейшие мероприятия, обеспечивающие нормальную работу дренажа. Обычно текущий

ремонт производится 2—3 раза в году после весеннего половодья и летне-осенних паводков. В это время выполняются следующие работы: удаление травяной растительности из водоприемников; устранение в каналах препятствий, нарушающих свободное движение воды, а также исправление откосов, удаление грунта в местах обвалов, намывов, укрепление мест подмыва грунта и т. д. По дренажной сети производится прочистка труб от заиления и закупорки, замена их в местах сопряжения в случае неисправности, очистка колодцев.

Объем и виды работ по текущему ремонту дренажных систем и созданных на них сооружений устанавливаются путем обследования состояния каждой системы и сооружения. На основании результатов обследования составляются дефектные ведомости.

В тех случаях, когда осушительная сеть и созданные сооружения на ней пришли в такое состояние, что с помощью простейших мер нельзя обеспечить их нормальную работу, приходится прибегать к капитальному ремонту осушительной сети. Он производится по проекту, составленному на основании детальных изысканий.

ОЧИСТКА ЗАИЛЕННЫХ И ЗАКУПОРЕННЫХ ДРЕН

В практике эксплуатации дренажных систем чаще всего приходится сталкиваться с местными повреждениями дренажных линий вследствие заиления или зарастания на небольших участках. Очистка дренажа от ила до сих пор не механизирована и производится обычно следующим образом. На несколько метров ниже участка, на котором установлено повреждение дренажа, откапывают дренажную линию и извлекают одну или две трубки. Если расход воды, поступающей с верхней части коллектора или дрены, значительный, а местность позволяет, то целесообразно проложить водоотводную борозду или канаву (можно канавокопателем), чтобы отвести в нее воду с верхней вскрытой части дрены. Вскрытые трубки неповрежденной части нужно тщательно закрыть камнем или кирпичом и обмазать глиной. Затем производится дальнейшее вскрытие и выемка трубок, очистка их от наносов ила или от корней растений.

В том случае, когда дрены засоряются на значительном протяжении, для очистки их можно использовать проволоку длиной 20—25 *м*, толщиной 5—8 *мм*. Для этого через 10—15 *м* на дренажной линии производится вскрытие дрен путем закладки шурфов. В месте раскопки дренажей вынимаются по 2—3 трубки. Из верхнего (считая от устья) шурфа в соседний протягивается проволока, на одном конце которой прикреплены щетка или мешковина, свободно проходящие через трубку. Проволока протаскивается через трубки несколько раз.

Прочистив один участок, приступают к очистке следующего.

При наличии воды очистку дрен от ила, если заиление незначительно, можно осуществить при помощи насосов. Для этого струя воды через специальный шланг под давлением направляется в трубы дрены. Раскопку траншей в этом случае можно проводить через 20—25 *м*. После прочистки дрен вынутые из траншеи трубки укладываются на свое место под тем же уклоном и стыки тщательно обкладываются фильтрующим материалом.

В случае, когда заилению подверглись дренажные линии на большом протяжении, необходимо их вскрыть и произвести полную перекладку трубок.

В последнее время для очистки закупоренных гончарных трубок в Голландии сконструирована специальная машина «Штеенберген» (мы ознакомились с ее работой, будучи в Польской Народной Республике) [7]. Машина состоит из высоконапорного трехцилиндрового насоса, барабана с намотанным резиновым шлангом, который имеет специальный наконечник (распылитель), и всасывающего шланга. Если на месте очистки нет источника для забора воды, то в комплект агрегата включают две цистерны емкостью по 1000 *л* каждая.

Машина смонтирована на двухколесном прицепе. Насос приводится в движение двигателем мощностью 34 л. с. с числом оборотов на передаточном валу 540 в минуту. Максимальная производительность насоса 100 *л/мин* при рабочем давлении до 100 *ат*. Длина возможной очистки дрен достигает 170 *м*.

Работа машины заключается в следующем. Из наконечника (распылителя) под высоким давлением выталкиваются четыре струи воды — одна размывающая вперед и три реактивные под углом назад (рис. 19). Под

действием реактивных струй наконечник со шлангом входит в дрену и, продвигаясь в ней, размывает грунт, который в виде пульпы поступает в открытый канал.

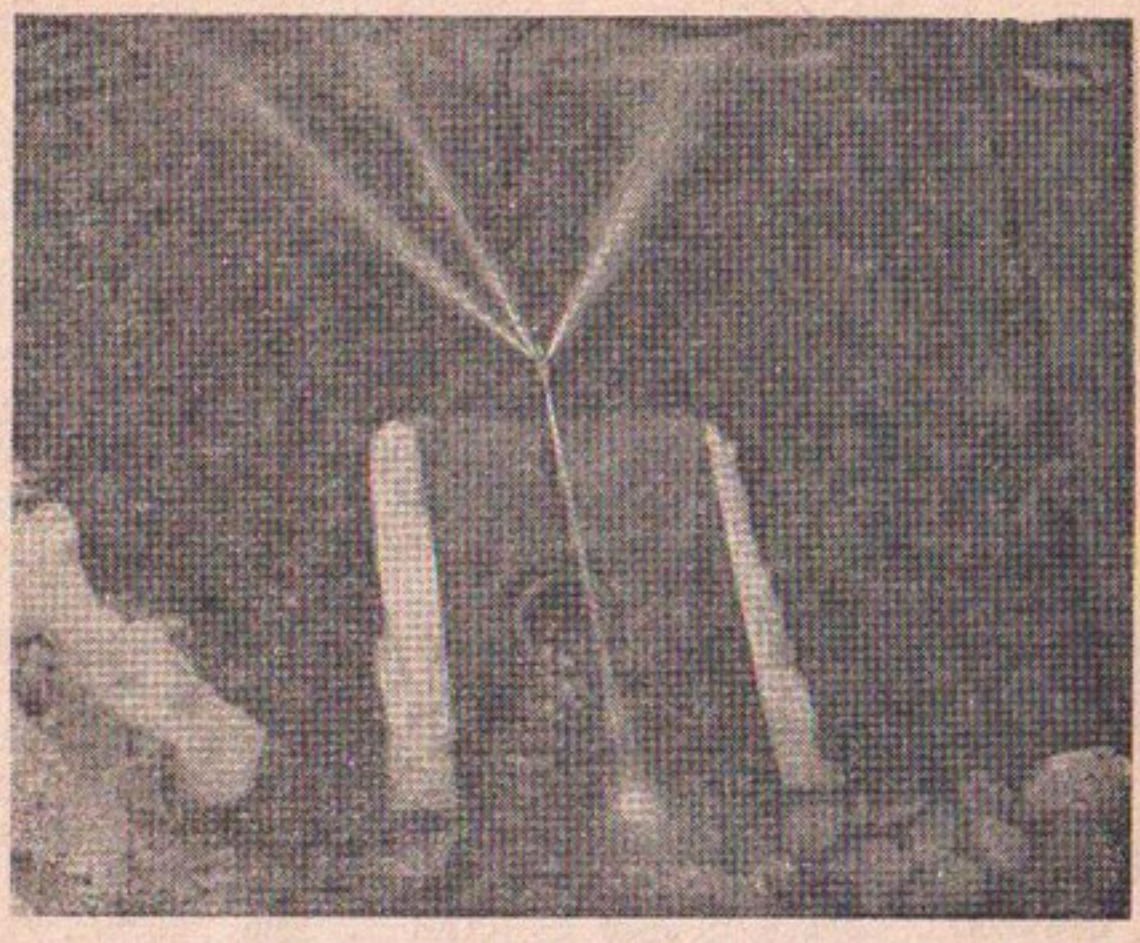


Рис. 19. Общий вид распылителя.

Как мы наблюдали, полностью закупоренная дрена диаметром 5 *см* на протяжении 100 *м* была очищена от ила за 31 *мин.* Всего на эту операцию было израсходовано 2000 *л* воды, таким образом, расход ее составил 64 *л/мин.* Затем шланг был извлечен из дрен и намотан на барабан в течение 9 *мин.* При закупорке дрен на 50% скорость продвижения наконечника была 6,6 *м/мин.*

Смолевичская ММС машину для очистки гончарных дрен смонтировала на тракторе ДТ-54, при этом были использованы насос НКФ-54 и резиновый шланг диаметром 13 *мм,* состоящий из пяти слоев резины с матерчатой прокладкой. Наконечник был изготовлен в мастерских машинно-мелиоративной станции.

Агрегат испытывался в совхозе «Волма» (опытный участок «Слоусть») на очистке коллектора № 19. Этот коллектор (d = 15 *см*) был заилен на 20%. Испытания

показали, что машина вполне пригодна для очистки дрен: продвижение наконечника в дренажной линии и очистка гончарных трубок проходили нормально.

При сильном заилении напор воды оказался, однако, явно недостаточным. В этом случае наиболее пригодны насосы марок 4К-6 и 3К-6.

Порядок работы агрегата следующий. Сначала производят очистку открытого канала, в который введены закрытый коллектор или дрены, требующие очистки. Это необходимо для своевременного отвода воды, поступающей при промывке дрен. Затем вскрывают устье дрены и через каждые 50 *м* по длине ее роют шурфы для контроля за продвижением наконечника со шлангом. В очищаемую дрену на 1 *м* вводят наконечник, после чего приводят в действие насос (рис. 20).

Рис. 20. Очистка дрен на опытном участке «Слоусть».

Применение описанного агрегата позволяет полностью механизировать очистку заиленных дрен, не прибегая к их вскрытию, что значительно ускоряет и в несколько раз удешевляет производство работ. Особенно

экономично применение агрегата при наличии воды в канале или где-либо поблизости.

Агрегат с успехом можно применять и для очистки канализационных и водопроводных труб.

ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОСУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Система мероприятий по использованию низинных болот под посевы сельскохозяйственных культур состоит из гидромелиоративных работ, обеспечивающих необходимый водный режим на осушенной территории; культуртехнических мероприятий по подготовке территории к сельскохозяйственному освоению; агротехнических мероприятий, обеспечивающих повышение плодородия почвы и урожайность культур (севообороты, обработка почвы, удобрения). Все эти мероприятия органически связаны между собой и должны проводиться одновременно. Подчеркивая именно эту сторону вопроса, В. Р. Вильямс писал: «С точки зрения народнохозяйственной культуртехника не может быть оторвана от гидротехники, а должна применяться одновременно, так как обе они составляют неразрывные существенные элементы одного целого — мелиорации».

Из вышесказанного следует, что эксплуатируя осушительные системы, нельзя ограничиваться только мерами по поддержанию открытых канав, закрытого дренажа и сооружений в рабочем состоянии. Не менее важное значение имеют приемы совершенствования осушительных систем, а также контроль за правильным и своевременным проведением всех мероприятий, обеспечивающих наиболее эффективное использование осушенных площадей.

Если в процессе освоения осушенных земель выявится, например, что построенные дренажные системы не обеспечивают необходимого водного режима и на отдельных участках осушенной площади сельскохозяйственные культуры угнетены или гибнут в связи с избытком влаги, мелиораторы должны выяснить причину переувлажнения и в случае необходимости проложить дополнительно дренажные линии, открытые каналы или произвести переустройство существующих систем. При затоплении устьев закрытых коллекторов в предпосевно-посевной период водами водоприемника (открытого канала) должны быть приняты меры по устранению под-

пора. Нельзя, наконец, мириться и с нарушениями агротехнических правил по возделыванию сельскохозяйственных культур на осушенных землях, так как это приводит к весьма значительным недоборам урожая.

В настоящее время имеется много разных видов машин и орудий, позволяющих полностью механизировать все виды культуртехнических работ. Способы выполнения их довольно подробно освещены в соответствующей литературе. Особого внимания, на наш взгляд, заслуживает вопрос о планировке поверхности осушенных земель.

Известно, что поверхность травяных низинных болот покрыта кочками, мелколесьем, кустарником и лесом. В БССР обычно после срезки или запашки кустарника и удаления пней сразу производятся подъем целины и ее разделка. Проведенные нами подробные топографические съемки рельефа мелиорированных и осваиваемых болот показывают, что на участках, где производилось удаление кустарника и леса, остается много западин; примерно они занимают до 25% всей площади. В западинах, как правило, весной застаивается вода, медленнее происходит просыхание и созревание почвы для сева. Все это сказывается на урожае. Так, на опытном участке, осушенном гончарным дренажем (микрорельеф см. на рис. 21), на площадях с невыровненной поверхностью урожай корнеплодов и многолетних трав в 1958 г. был на 20% ниже, чем там, где планировочные работы были проведены.

Микрорельеф почвы во многом зависит также от применяемых приемов ее обработки и неравномерной осадки торфа. На участках одного болотного массива, находящихся длительное время в сельскохозяйственном пользовании, рельеф поверхности почвы в значительной мере отличается от рельефа осушенных площадей, которые не обрабатываются и не вовлекаются в сельскохозяйственный оборот. При расстоянии между осушителями 80 *м* после 22 лет сельскохозяйственного использования осушенного болота разность между отметками у бровки канала и посередине полосы между каналами составила в среднем 0,5 *м* (рис. 22). На участках, интенсивно осушенных и долгое время (в течение 15—20 лет) не осваиваемых, рельеф поверхности болота не имеет столь выраженных поперечных уклонов. Разни-

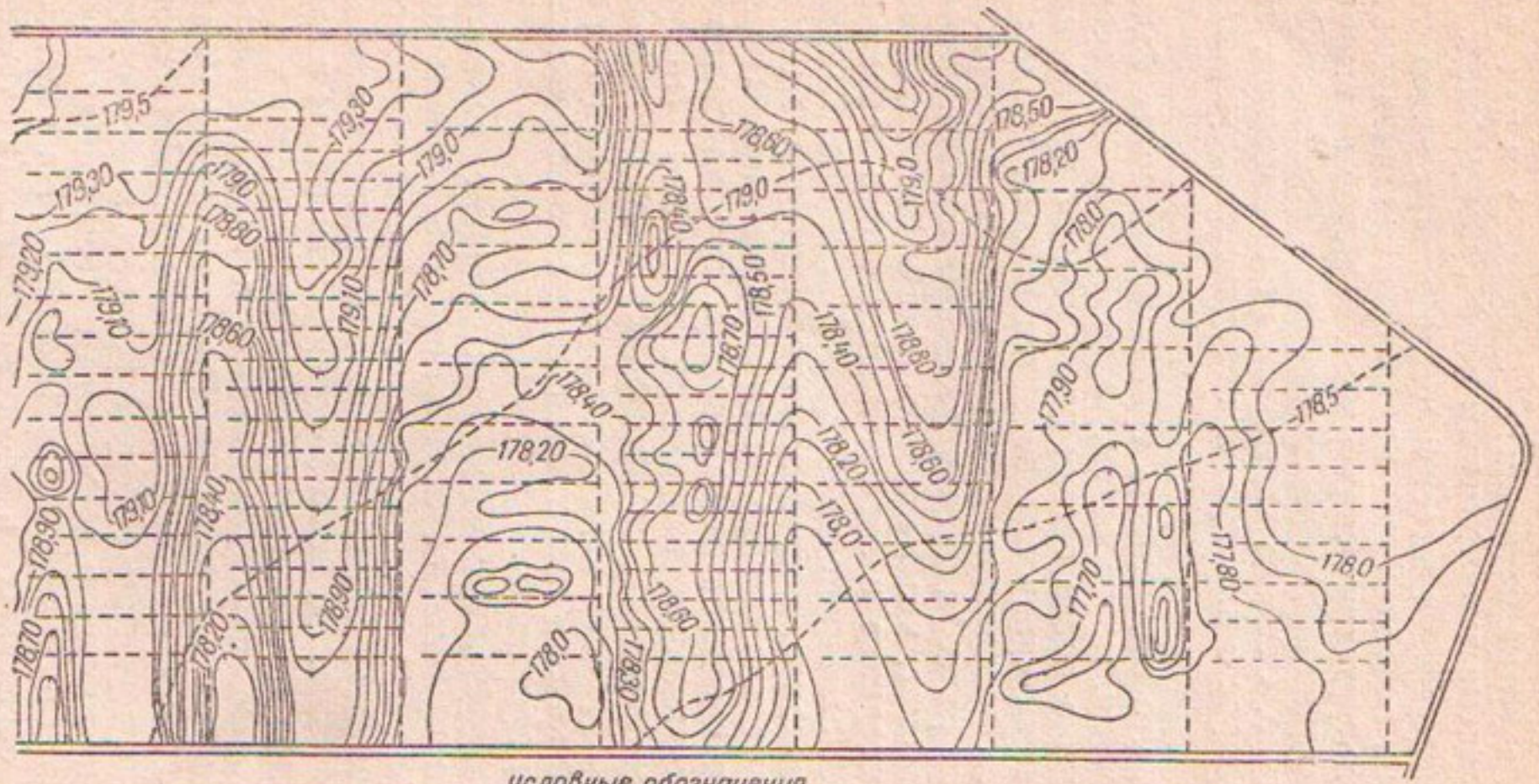
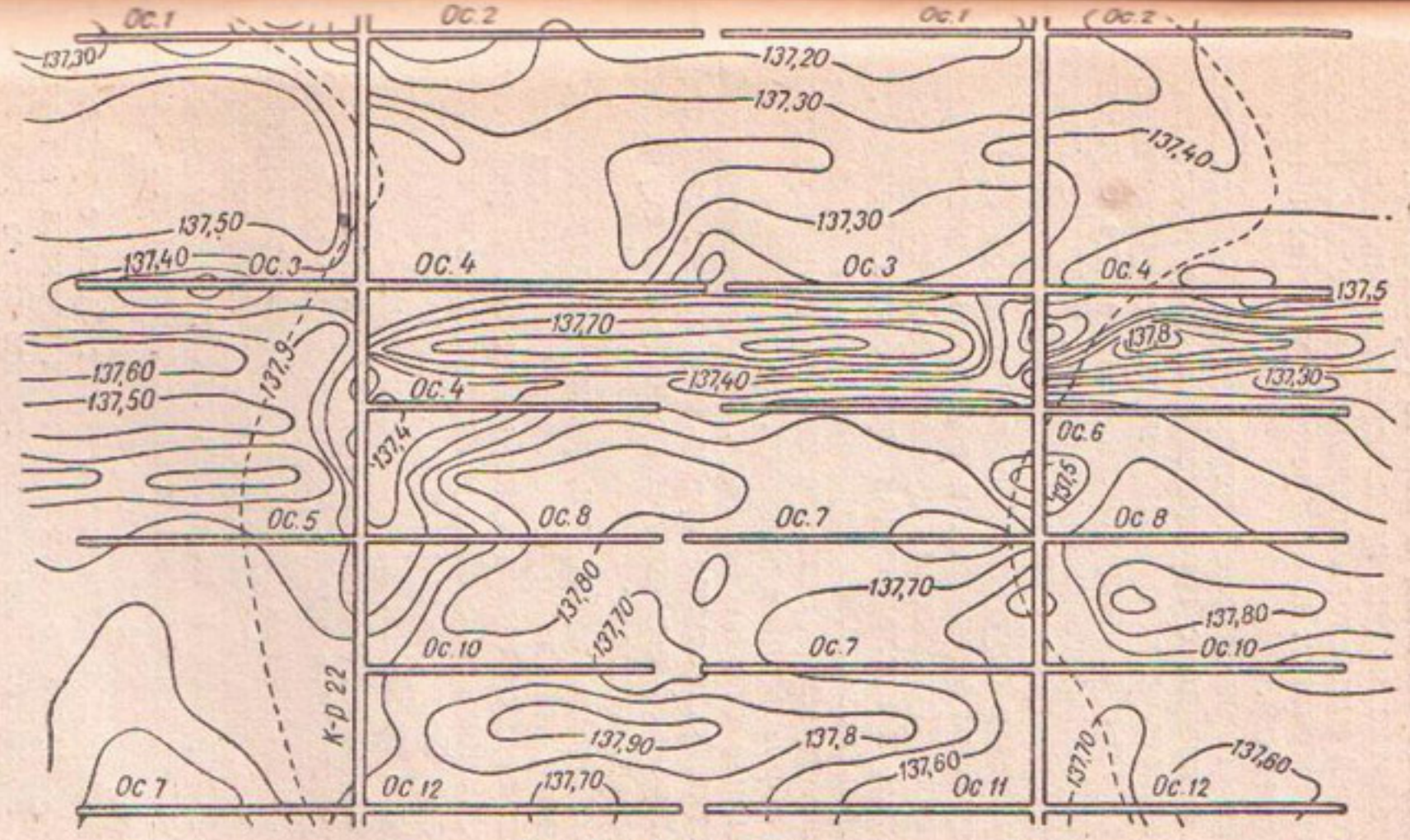


Рис. 21. Изменение рельефа на освоенном опытном участке после осушения гончарным дренажем за период 1955—1959 гг.



Условные обозначения:

– – – Горизонтали до осушения

——— Горизонтали по данным нивелировки за 1953 г

Рис. 22. Изменение рельефа на освоенном болотном массиве после осушения открытой сетью каналов за 25 лет.

ца между отметками у бровок каналов и посередине полосы между каналами составляет 20—25 *см*. Наконец, на участках, где были засыпаны или каждый второй, или полностью все осушители, а пахота (вразвал) и последующая обработка почвы производились поперек бывших осушителей или вдоль коллекторов, рельеф поверхности болота выровнен и поперечные уклоны к коллекторам весьма малы.

Сравнение горизонталей поверхности болота после осушения и освоения с горизонталями дна показывает, что никакой взаимосвязи между ними не существует.

Изучение рельефа поверхности болота до осушения и после длительного освоения позволяет сделать следующие выводы:

1. В результате осушения болот открытой сетью каналов и закрытым дренажем и подготовки поверхности их к освоению (удаление кустарника, кочек, леса, подъем целины и последующая обработка почвы), а также в результате осадки торфяной массы происходит резкое изменение микрорельефа поверхности осушенных площадей с образованием западин.

2. Осушенные открытой сетью, но неосвоенные болотные участки длительное время сохраняют свой первоначальный рельеф с некоторым смещением горизонталей по линиям каналов.

3. При осушении глубокими, редко расположенными магистральными каналами изменение поверхности болота вследствие осадки торфа напоминает собой ряд резко выраженных тальвегов с общим перемещением горизонталей по всему болотному массиву. Вдоль каналов на окраине болота тальвеги менее выражены.

В связи с вышеизложенным при первичном освоении осушенных участков в число работ должны включаться и такие, как планировка поверхности мелиорируемых участков. Проводить ее обязательно первый раз после удаления кустарника и корчевки пней, затем после подъема и разделки целины и периодически не менее одного раза за ротацию севооборота.

Для планировки поверхности могут быть с успехом применены волокуша из двух или трех рельсов, а также бульдозеры. Растительные кочки лучше всего разделывать агрегатированными с трактором С-80 фрезами Ф-1,9 в сцепе с угольником и рельсом.

Глава V

ОЧЕРЕДНОСТЬ ОСУШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ ЗАКРЫТЫМ ДРЕНАЖЕМ

Выше указано, что осушительные системы с трубчатыми дренами имеют целый ряд явных преимуществ перед системами открытых каналов. Вместе с тем при определенном сочетании природных факторов осушительное действие подземных дрен может быть очень малым, а иногда его не будет вовсе. Весной, например, при инфильтрационном питании почвенно-грунтовых вод, несмотря на некоторую водопроницаемость мерзлой почвы, интенсивное поступление воды в дрены будет происходить только после полного оттаивания почвенных слоев. В северных районах БССР, где промерзание почв наибольшее, бывают годы, когда отвод избыточных вод в подземных дренах начинается значительно позже, чем это необходимо для обеспечения проведения весеннего сева в лучшие агротехнические сроки, что видно из данных табл. 17.

Анализ таблицы показывает, что в приведенном 15-летнем интервале только в 1955 г. подземные дрены могли отводить воду одновременно с началом снеготаяния. В остальных случаях запаздывание составляло от 6 до 47 дней, причем в 3 случаях почва оттаяла после наступления предпосевного периода, т. е. подземный дренаж не смог бы обеспечить своевременное начало полевых работ.

Эффективность работы подземного дренажа зависит от целого ряда факторов, однако всегда надо считаться с промерзанием почвы и длительностью ее оттаивания. Можно полагать, что при всех прочих равных условиях в южных и юго-западных районах республики подземный дренаж почв будет более эффективен, чем в северных.

Выбирая способ осушения, следует учитывать водные

Таблица 17

Характеристика хода весны в разные годы, по данным метеорологической станции «Шарковщина»

Годы	Дата схода снега	Дата оттаивания почвы	Дата начала предпосевного периода	Длительность периода в днях	
				от схода снега до оттаивания почвы	от оттаивания почвы до начала предпосевного периода
1946	22.III	20.IV	19.IV	29	— 1
1947	28.III	28.IV	17.IV	31	—11
1948	23.III	6.IV	10.IV	14	+ 4
1949	26.III	10.IV	19.IV	15	+ 9
1950	21.III	5.IV	10.IV	15	+ 5
1951	3.IV	9.IV	17.IV	6	+ 3
1952	10.IV	20.IV	19.IV	10	— 1
1953	31.III	6.IV	16.IV	6	+10
1954	6.III	22.IV	27.IV	47	+ 5
1955	16.IV	Не замерз.	2.V	0	+17
1956	19.IV	30.IV	1.V	11	+ 1
1957	27.III	10.IV	19.IV	14	+ 9
1958	10.IV	—	13.IV	—	—
1959	24.III	31.III	28.IV	7	+28
1960	2.IV	13.IV	21.IV	11	+ 8

Примечание. Начало предпосевного периода установлено по дате накопления суммы среднесуточных температур 130°С (посевной период) минус 7 дней.

свойства почв, их водопроницаемость и водоотдачу. Чем меньше разность между величинами полной и наименьшей влагоемкости данной почвы, тем меньше воды сможет поступать в дрены из переувлажненной почвы.

П. П. Роговой [8] считает, что для основных разностей почв БССР характерны средние величины водоотдачи, приведенные в табл. 18.

Как видно из таблицы, в песчаных и супесчаных почвах избыточная гравитационная влага может быть легко удалена с помощью дренажных устройств, в суглинистых почвах соотношение менее благоприятное, а для тяжелых суглинистых и глинистых почв водоотдача практически равна нулю. Например, для ленточных глин

Таблица 18

Водные свойства почв БССР

Разности почв по механическому составу	Характер угодья	Полная влагоемкость	Наименьшая влагоемкость	Водоотдача в % от полной влагоемкости
		об. %		
Суглинистые	Пашня	41,2	37,6	8,8
»	Лес	42,9	37,1	13,8
Супесчаные	Пашня	38,6	25,7	33,4
»	Лес	39,4	20,5	48,0
Песчаные	Пашня	31,9	13,6	57,4
»	Лес	32,3	12,6	61,0

Шарковщинского района коэффициент фильтрации $4 \cdot 10^{-9}$ *м/сек*. В этом случае по формуле Эркина водоотдача из метрового слоя составит 0,1% его объема.

Однако в дрены, уложенные в суглинистых почвах, вода все же может поступать через заполняющий дренажные траншеи грунт, повышенная водопроницаемость которого сохраняется десятки лет [9, 10].

Эта особенность использована в 1958 г. изыскателями Белгипроводхоза при съемке системы гончарного дренажа, заложенного в начале тридцатых годов на участке земель с суглинистыми почвами в колхозе «Знамя коммунизма» Юратишковского района Гродненской области. Несмотря на то, что со времени закладки дрен прошло почти 30 лет, оказалось возможным с помощью стального прута обнаружить не только линии уложенных дрен, но и нащупать положение дрены в траншее без ее отрывки. В то же время вручную нельзя было вогнать прут в землю с ненарушенным грунтом.

При наличии инфильтрационного питания почвенно-грунтовых вод следует иногда отдавать предпочтение подземным осушительным устройствам. Дело в том, что, хотя по климатическому районированию на территории БССР выделены области избыточного, умеренного и неустойчивого увлажнения, засушливые годы, а тем более засушливые периоды внутри года бывают не так уж редко. Если считать засушливым периодом интервал не менее 14 суток, в котором выпадало не более 5 *мм* осадков за сутки, то, например, для зоны расположения ме-

теорологической станции «Шарковщина», отнесенной к области избыточного увлажнения, получим такие показатели:

1. Общее число засух в IV—IX месяцах за 16 лет (1945—1960 гг.) 38
2. Длительность каждой засухи, дней:
   средняя 24
   наибольшая 46
   наименьшая 14
3. Сумма осадков за период засухи, *мм*:
   средняя 11,6
   наибольшая 34,3
   наименьшая 1,2
4. Число лет с одной засухой в интервале IV—IX месяцев 3
   То же, с 2 засухами 5
   » 3 » 7
   » 4 » 1
   Всего 16

Климатологические засухи здесь ежегодно наблюдаются в апреле—мае, очень часто в июне и реже в остальные месяцы вегетационного периода.

Как правило, при наличии подземного дренажа весенняя климатологическая засуха не приводит к пересыханию почвы, поскольку при таком способе осушения происходит перемещение избытка поверхностной влаги в подпахотные слои. Система же открытых каналов может сбросить поверхностные воды и в том случае, если более глубокие слои почвы достаточных запасов влаги не имеют.

Остановимся еще на вопросе, касающемся расчета дренажных систем.

Гарантированное осушительное действие дренажных устройств обеспечивается правильным выбором основных параметров — в первую очередь расстояния между дренами. Последнее зависит от водопроницаемости почвы, глубины залегания водоупора, водоотдачи грунта и интенсивности питания почвенно-грунтовых вод. В условиях БССР в подавляющем большинстве случаев избыточное увлажнение заболоченных и болотных почв в той или иной степени связано с инфильтрацией поверхностных вод, поэтому определить возможно точнее интенсивность ее весьма важно.

В существующие формулы для определения расстояния между регулирующими дренами величина расчетной

интенсивности инфильтрации q, представляющая количество воды атмосферных осадков, поступающей в почву за единицу времени с единицы площади, входит в виде либо $q^{-1/2}$ (Кольдинг, Кене, Костяков, Аверьянов, Хугаудт, Ионат и др.), либо q^{-1} (Ведерников, Нумеров, Хаммед, Аверьянов — Цин Син-е и др.). Установить величину q было бы сравнительно просто при наличии длительного ряда наблюдений за стоком из дрен в различных почвенных и климатических условиях, однако в БССР таких наблюдений проводилось еще очень мало. Аналитически q, по А. Н. Костякову, в миллиметрах слоя воды за сутки можно определить из следующего выражения:

$$q = p\eta\alpha,$$

где

p — среднесуточный слой осадков, *мм;*

η — коэффициент поглощения осадков, равный 1 минус коэффициент стока;

α — коэффициент просачивания, определяющий долю осадков, проникающих в дрены после расходования влаги на испарение, впитывание почвой и промачивание ее.

Оба эти коэффициента изменяются во времени. Коэффициент поглощения осадков имеет наименьшее значение весной, в период стока по мерзлой почве, и наибольшее — летом. Анализ гидрографов реки Дисны для водомерного поста «Шарковщина» за 1946—1959 гг. дал такие величины коэффициентов стока и поглощения по сезонам года, которые приведены в табл. 19.

Как видно из таблицы, коэффициенты поглощения на суглинистых и глинистых маловодопроницаемых почвах в своих средних значениях варьируют около 1,0 для лета, 0,8 для осени и 0,4 для весны. На водосборах с легкими почвами последние две величины должны быть несколько большими.

Что касается коэффициентов просачивания, то их значения изменяются от нуля в летние месяцы, когда осадков обычно выпадает меньше суммарного испарения и свободной влагоемкости почвы, до единицы ранней весной и поздней осенью, когда почва может иметь влажность, соответствующую ее полной влагоемкости, а величина испарения ничтожна.

Таким образом, проблема осушения почв в условиях

Таблица 19

Коэффициенты стока и поглощения для водосбора реки Дисны

Показатели	Средние значения	Колебания значений	
		от	до
1. От подъема до спада весеннего половодья			
Слой стока поверхностных вод, *мм*	104,00	151,00	35,00
Сумма осадков с 1.XI до даты спада весеннего паводка, *мм*	175,00	194.00	100,00
Коэффициент стока	0,60	0,78	0,35
Коэффициент поглощения	0,40	0,22	0,65
2. Летние месяцы (VI—VIII)			
Сумма осадков за период дождей, *мм*	115,00	192,00	132,00
Увеличение слоя стока, *мм*	6,00	13,00	4,00
Коэффициент стока	0,05	0,07	0,03
Коэффициент поглощения	0,95	0,93	0,97
3. Осенние месяцы (IX—X)			
Сумма осадков за период дождей, *мм*	138,00	226,00	112,00
Увеличение слоя стока, *мм*	29,00	97,00	18,00
Коэффициент стока	0,21	0,43	0,16
Коэффициент поглощения	0,79	0,57	0,84

БССР, которая представляет избыточно увлажненную климатическую область, в летние месяцы может возникать в очень редких случаях.

Остановимся теперь на определении среднесуточной интенсивности осадков. Эту величину для весеннего периода можно принять равной частному от деления суммы запасов воды в снеге к началу его таяния и осадков за период от начала таяния до начала предпосевного периода на число суток этого периода. Запасы воды в снеге без особой погрешности можно приравнять к сумме осадков зимнего периода, поскольку, как показали исследования С. И. Небольсина [11], зимняя конденсация влаги в виде инея, не учитываемая осадкомерами, обычно несколько превышает величину испарения с поверхности снега. Для остальных месяцев вегета-

ционного периода суточная интенсивность осадков определяется при делении их месячной суммы на число дней с осадками.

Итоговые данные подсчетов интенсивности осадков за 1945—1960 гг. по наблюдениям метеорологической станции «Шарковщина» приведены в табл. 20.

Таблица 20

Интенсивность осадков (в *мм*) за сутки по данным метеорологической станции «Шарковщина»

Периоды или месяцы	Средние значения	Колебания	
		от	до
От начала таяния снега до начала предпосевного периода	3,6	1,7	8,6
Апрель	2,8	1,2	5,0
Май	3,6	1,6	6,0
Сентябрь	4,6	0,9	8,1
Октябрь	2,9	1,3	4,2

Судя по этим цифрам, расчетная интенсивность инфильтрации будет наибольшей для периода от начала таяния снега до начала весенних полевых работ, поскольку коэффициенты просачивания для мая и сентября будут значительно меньше единицы. Тем не менее такое решение было бы правильным только при более или менее равномерном распределении дней с осадками на протяжении месяца. Между тем в любом году могут быть и засушливые и дождливые периоды. Наиболее неблагоприятное положение в смысле переувлажнения почвы создается тогда, когда затяжные дожди выпадают весной до начала обработки почвы и сева, так как в это время влажность почвы примерно соответствует ее полной влагоемкости. Такое положение может быть и осенью, если обильные затяжные дожди, начинаясь с конца августа, захватывают сентябрь и октябрь.

С. Ф. Аверьянов [12] показал, что для своевременного отвода инфильтрационных вод в период осенних затяжных дождей дрены следует размещать чаще, чем при условии их работы в весенний период, причем $B_{осен} \approx {}^{2}/_{3} B_{весен}$, где B — расстояние между дренами. Интен-

сивность выпадения осадков во время затяжных дождей при условии, что длительность последних более 3 суток, для метеостанции «Шарковщина» по наблюдениям за 1945—1960 гг. значительно превышает величины интенсивности осадков весеннего периода и отдельных месяцев, что видно из данных табл 21.

Таблица 21

Интенсивность выпадения осадков во время затяжных дождей

Показатели	Апрель	Май	Август	Сентябрь	Октябрь
Средние значения					
Сумма осадков затяжного дождя, *мм*	14	16	21	24	16
Средняя интенсивность, *мм/сутки*	3,2	4,1	5,2	4,8	3,8
Наибольшие значения					
Сумма осадков затяжного дождя, *мм*	28	39	120	64	44
Средняя интенсивность, *мм/сутки*	9,3	12,9	17,4	21,3	11,1
Наименьшие значения					
Сумма осадков затяжного дождя, *мм*	7	9	12	5	7
Средняя интенсивность, *мм/сутки*	1,8	1,8	3,8	1,2	1,8

Таким образом, в данном районе наибольшая среднесуточная интенсивность осадков во время затяжных дождей наблюдается в сентябре. Сравнение величин среднесуточной интенсивности осадков из табл. 20 и 21 при обеспеченности 10; 25 и 50% проделано в табл. 22.

Для 1952 г., в котором обеспеченность осадков весеннего периода и сентября примерно соответствует 10%, расчетная интенсивность инфильтрационного питания получена для весны 4,3 *мм/сутки* ($\eta = 0{,}6$, $\alpha = 1$), а для сентябрьских затяжных дождей — 8,5 *мм/сутки* ($\eta = 0{,}8$, $\alpha = 0{,}6$, испарение — 2 *мм/сутки*), т. е. почти в 2 раза больше принимаемой при проектировании.

Справедливость приведенных расчетов подтверждается реальными фактами. Например, в 1957 г.

в Шарковщинском районе период дождей начался во II декаде августа и длился с небольшими перерывами до 10 октября. При этом выпало 305 *мм* осадков. Уборка хлебов затянулась, а переувлажнение почвы уже в начале сентября даже на дренированных участках было настолько велико, что нельзя было применять колесные тракторы. В связи с этим значительные площади культур остались неубранными, а план сева озимых и зяблевой вспашки не был выполнен.

Таблица 22

Средняя интенсивность осадков различной обеспеченности, *мм/сутки*

Периоды	Интенсивность осадков при обеспеченности		
	10%	25%	50%
От начала таяния до начала предпосевного периода	7,4	6,1	4,0
Апрель			
средняя за месяц	4,6	3,8	2,8
при затяжном дожде	7,8	5,7	4,0
Май			
средняя за месяц	5,6	4,3	3,1
при затяжном дожде	10,5	7,7	3,8
Август			
средняя за месяц	13,8	6,6	5,0
при затяжном дожде	17,2	8,8	4,8
Сентябрь			
средняя за месяц	7,7	5,0	4,2
при затяжном дожде	17,7	9,8	4,7
Октябрь			
средняя за месяц	4,0	3,4	2,7
при затяжном дожде	8,5	6,0	3,6

Аналогичные явления наблюдались в 1940, 1945 и 1952 гг. и не только в Шарковщинском районе, т. е. вероятность их не такая уж малая. Поэтому нельзя не признать необходимости уточнения рекомендуемых в действующих ныне технических условиях критериев расчетной интенсивности инфильтрационного питания почвенно-грунтовых вод.

Остановимся на некоторых рекомендациях, которые следует учитывать при проектировании осушения подземным дренажем.

ДРЕНАЖ НА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ

На территории БССР насчитывается около 2,5 миллиона гектаров заболоченных минеральных почв, из них около 60% развилось на песчаных отложениях мощностью от одного-двух до нескольких десятков метров. Заболачивание песчаных почв связано с близким залеганием к поверхности грунтовых вод, питание которых осуществляется или только за счет инфильтрации атмосферных осадков, или же, кроме этого, имеется подпитывание их со стороны.

Глубина залегания грунтовой воды и диапазон сезонных колебаний ее уровней определяют интенсивность процессов заболачивания. Установлено, например, что если уровни грунтовой воды в песчаных почвах в периоды наибольшего их снижения находятся на глубине 1,8—2,0 *м*, то заболачивания верхних горизонтов не наблюдается. В данном случае, очевидно, свободная влагоемкость почвы достаточна для поглощения любого возможного количества атмосферных осадков без подъема грунтовой воды до пределов, вызывающих заболачивание. О величине свободной порозности песчаных почв можно судить по приведенным в табл. 23 данным Белгипроводхоза для водосбора реки Случи.

Таблица 23

Водные свойства песчаной почвы Слуцкого района

Глубина, *см*	Содержание частиц менее 0,001 *мм*, %	Порозность, об. %	Фактическая влажность, об. %	Свободная порозность, %	Свободная водовместимость слоя, *мм*	Коэффициент фильтрации, *м/сутки*
0— 20	7,2	45,6	2,5	43,1	86,2	1,7
20— 31	6,2	42,0	4,3	37,8	41,5	2,7
31— 50	6,4	44,2	4,8	39,4	74,6	1,0
50— 95	4,8	39,4	3,9	35,5	160,0	4,0
95—150	2,9	39,4	3,5	35,9	162,0	2,3
Итого					524,3	

Наибольшее количество осадков за холодный период года (XI—III), по данным метеостанции «Слуцк», за последние 25 лет достигало 251 *мм*, а наибольшая ме-

сячная сумма дождевых осадков равна здесь 157 *мм*. Указанные количества осадков даже при полном поглощении их почвой смогут поднять уровень грунтовых вод соответственно на 70 и 45 *см* (считая, что ниже уровня грунтовой воды полная влагоемкость равна порозности).

В нашем примере в почвенном профиле отсутствует капиллярная кайма, располагающаяся над уровнем грунтовой воды, мощность слоя которой в песках не превышает 30—40 *см*. Кстати, К. Ф. Буш [13] дает такие величины для капиллярной каймы в различных почвах:

Сильно гравийная песчаная	12 *см*
Слабо гравийная	28 »
Илисто-песчаная	39 »
Сильно илисто-песчаная (супесчаная) . . .	41 »

Влажность почвы в зоне капиллярной каймы в несколько раз превышает величину наименьшей влагоемкости, следовательно, свободная емкость этой зоны незначительна. Так, для приведенного выше разреза при залегании грунтовой воды на глубине 85 *см* свободная влагоемкость уже не превысит 250 *мм*, т. е. при обильных осадках капиллярная кайма может доходить до дневной поверхности.

Применяя формулу Эркина для исчисления водоотдачи минеральных почв, для данного конкретного случая мы получим очень небольшую величину свободной влагоемкости. Подставляя в эту формулу $K_{ср} = 2{,}6$ *м/сутки* и $h = 1{,}8$ *м*, получим: $0{,}056\sqrt{2{,}6}\sqrt[3]{1{,}8} = 0{,}112$, что для 1,5-метровой толщи почвы в нашем примере дает свободную влагоемкость всего 168 *мм*, т. е. в три с лишним раза меньше, чем при вычислении по фактическим данным. Пользуясь формулой Эркина, надо учитывать, что для легких почв она справедлива только в диапазоне колебания уровней грунтовых вод, соответствующем высоте капиллярной каймы.

Изложенное позволяет сделать вывод о том, что при осушении заболоченных песчаных почв осушительная система должна быть запроектирована и выполнена так, чтобы в результате ее действия грунтовые воды не снижались глубже 1,5 *м*, в противном случае при сезонных колебаниях их уровни не достигнут плоскости дрен, уложенных на глубине 0,8—0,9 *м*, и дрены работать не будут. Такое положение может создаваться в тех слу-

чаях, когда из-за малых уклонов поверхности осушаемого участка дренам и закрытым коллекторам приходится придавать искусственные уклоны с чрезмерным заглублением их устьевых частей и открытой проводящей сети. При уклоне поверхности 0,0005 и менее, что типично для полесских районов, длине дрен 150 и коллекторов 500 *м* получим такие глубины элементов осушительной системы:

Элементы системы	Глубина в истоке, *м*	Длина, *м*	Минимальный проектный уклон	Падение линии дна за вычетом падения поверхности, *м*	Глубина в устье, *м*
Дрена	0,80	150	0,0020	0,225	1,02
Коллектор	1,10	500	0,0015	0,500	1,60

При минимальном допустимом запасе устья закрытого коллектора над дном открытого проводящего канала 0,7 *м* получим глубину последнего 2,3 *м*, причем при такой схеме глубокие открытые проводящие каналы будут расположены на расстоянии 600 *м* один от другого.

Применяя метод С. Ф. Аверьянова [14], рассчитаем возможность и время понижения уровня грунтовых вод при отсутствии их питания для нашего примера. Для этого примем глубину до водоупора 20 *м*; снижение уровня 1,5 *м*; глубину канала 2,3 *м*; водоотдачу метрового верхнего слоя 350 и нижнего 0,5-метрового 125 *мм*; а всего 0,475 *мм*; глубину воды в канале 0,2 *м*; ширину канала по дну 0,6 *м*; коэффициент висячести 0,88. В результате получим

$$t=\frac{600^2\cdot 0,475}{4,3\cdot 2,6\cdot 20\cdot 0,88}\cdot \lg\frac{4}{3,14}\cdot\frac{(2,3-0,2)}{(2,3-0,2-1,5)}=565 \text{ суток.}$$

Таким образом, теоретически вполне возможно, что под влиянием одного только осушительного действия открытых проводящих каналов уровень грунтовых вод в течение полутора лет снизится на глубину 1,5 *м* и в последующем при любом возможном количестве ин-

фильтрующихся осадков не сможет подняться до уровня заложенных дрен.

В условиях БССР даже при отсутствии осушительной системы уровень грунтовых вод в древнеаллювиальном песке может снижаться на протяжении периода более года. Для подтверждения этого сошлемся на данные наблюдений за уровнем грунтовых вод по Старобинскому гидрогеологическому створу. По этим материалам положение уровней грунтовой воды в скважине, расположенной на расстоянии 1360 *м* от русла реки Случи, за период с 25.IV 1958 г. по 28.IX 1959 г., т. е. за 17 месяцев, характеризуется такими глубинами их залегания от дневной поверхности:

25.IV 1958 г. (весенний максимум) . .	0,61 *м*
23.VIII 1958 г. (летне-осенний минимум) .	1,18 »
11.I 1959 г. (осенне-зимний максимум) .	0,90 »
18.II 1959 г .(зимний минимум) . .	1,25 »
13. IV 1959 г. (весенний максимум) . .	0,93 »
23.IX 1959 г. (летне-осенний минимум) .	1,82 »

Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод, что с весны 1958 г. до осени 1959 г. инфильтрационное питание грунтовых вод в данном районе было незначительным, а следовательно, имелись условия для того, чтобы при наличии системы глубоких проводящих каналов, проложенных в песчаных почвах, произошло чрезмерное снижение уровня грунтовых вод.

Возможность этого подтверждается и практикой осушения гончарным дренажем участка болота в совхозе имени 10-летия БССР, где глубокие открытые проводящие каналы врезались своим дном в подстилающий песок. На этом участке с осени 1959 г. и до конца 1960 г. уровень грунтовых вод находился ниже плоскости уложенных гончарных дрен, и стока из них за указанный период не было.

Однако изложенное еще не дает основания сделать вывод о том, что заболоченные песчаные почвы можно осушать только одной редкой сетью глубоких открытых каналов. Во-первых, нельзя рассчитывать на то, что сразу после осуществления строительства осушительной системы последуют годы с требуемым сочетанием гидрометеорологических факторов, а при отсутствии этого не будет обеспечен нужный темп понижения уровней грунтовых вод весной и в периоды затяжных дождей.

Во-вторых, наличие глубоких каналов, не говоря уже о сложности и трудоемкости эксплуатационного ухода за ними, может ухудшить водные свойства песчаных почв из-за снижения верхнего уровня капиллярной каймы за пределы достижимости корневой системы сельскохозяйственных культур. Поэтому можно сформулировать следующие рекомендации по применению гончарного дренажа при осушении заболоченных песчаных почв:

1) открытые проводящие каналы в данных условиях должны быть не глубже 1,8 *м;*

2) дренажные коллекторы при самотечном осушении в устье должны быть не глубже 1,1—1,2 *м.*

Соблюдение этих требований возможно только тогда, когда уклоны поверхности осушаемого участка не будут меньше 0,0015—0,002. В противном случае следует предусматривать устройства для механической перекачки воды из приемных колодцев дренажных систем в неглубокие открытые проводящие каналы. Возможно, что здесь может быть применен и способ осушения путем откачки воды из скважин.

Осуществляемая газификация народного хозяйства БССР создает широкие возможности для внедрения в практику осушения механического водоподъема с применением двигателей на наиболее дешевом топливе — сжиженном газе, как это уже применяется в США. Так, инженер Г. Окрушко в № 11 журнала «Господарка водна» (ПНР) за 1960 г. сообщает, что в США для осушения и орошения болот района Великих озер повсеместно используются насосы с двигателями, работающими на газе, доставляемом в перевозных цистернах.

ДРЕНАЖ НА ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ

В главе II уже говорилось, что первым из условий успешного применения материального дренажа на торфяно-болотных почвах является предварительное осушение их сетью открытых каналов. Только после того, когда произойдет основная осадка торфяной залежи, возможно осуществить переустройство осушительной системы с переходом на закрытый дренаж. Подчеркивалось также, что наличие подпоров в устьях закрытых коллекторов может полностью прекратить работу дренажной системы. Кроме того, практика проектирования

и строительства дренажных систем на осушенных болотах в БССР показала, что весьма важным фактором, предопределяющим возможность и техническую целесообразность применения трубчатых дрен, является величина уклона поверхности осушаемого участка. Во многих случаях, а особенно в районах Полесья, уклоны могут быть менее 0,0001—0,0002, и тогда не представляется возможным проектировать длину дрен более 100 *м* и длину закрытых коллекторов более 300—400 *м*.

При наличии залежи торфа мощностью 2,5—3,0 *м* глубина дрены в истоке должна быть не менее 1,2 *м*. Произведем для данного случая расчет глубины элементов осушительной системы при уклоне поверхности 0,0002.

Элементы системы	Глубина в истоке, *м*	Длина, *м*	Минимальный допустимый уклон	Падение линии дна за вычетом падения поверхности, *м*	Глубина в устье, *м*
Дрена	1,20	100	0,0020	0,180	1,38
Коллектор	1,43	350	0,0015	0,455	1,88

Когда запас от устья коллектора до дна открытого проводящего канала равен 0,7 *м*, глубина последнего—2,6 *м*. Если все закрытые коллекторы будут направлены по уклону поверхности, то расстояния между открытыми проводящими каналами будут порядка 400 *м*. Для того чтобы увеличить их вдвое, необходимо расположить истоки закрытых коллекторов в центре межканальной полосы и направлять их как по уклону, так и против него. Тогда глубина устьев закрытых коллекторов, направленных против уклона, увеличится еще на 0,15 *м* с соответственным увеличением глубины открытого канала.

При осуществлении осушительной системы с подобными параметрами будет создана значительная неравномерность осушения—от так называемого «глубокого осушения» вблизи открытых проводящих каналов до нормального — в центральной части межканавной полосы. В зоне глубокого осушения доступные для растений вла-

гозапасы в корнеобитаемом слое торфяно-болотной почвы могут снизиться, и наличие климатологической засухи приведет к почвенной засухе. Вероятность такого явления в БССР допускает В. Ф. Шебеко [15], а голландские исследователи Д. Мормен и Д. Кесслер [16] на основе анализа климатологических элементов для территории Европы считают, что в южной части Полесской низменности климатологический дефицит влаги в 200 *мм* и более может повторяться 3—5 раз за каждые 10 лет.

В тех случаях, когда дренажем осушают участки с торфяно-глеевыми почвами, причем торфяная залежь имеет мощность не более 0,7—0,8 *м* и подстилается песком, при малых уклонах поверхности понижение уровня грунтовых вод будет происходить так же, как в рассмотренном выше случае на заболоченных песчаных почвах.

Таким образом, следует признать, что материальный дренаж на торфяно-болотных и торфяно-глеевых почвах надо применять в первую очередь на тех объектах, где:

1) произошла осадка торфяной залежи в результате осушительного действия сети открытых каналов;

2) имеется возможность обеспечить бесподпорную работу дренажных устройств;

3) уклоны поверхности осушаемого участка не менее 0,0015—0,002.

При отсутствии перечисленных условий следует рассмотреть возможность применения механической откачки либо использовать кротовый дренаж. Последний позволяет, как показала практика проведения мелиоративных работ в УССР, создавать сеть проводящих открытых каналов с интервалами между ними 400 *м*. Это при существующем уровне механизации земледелия на осушенных землях вполне приемлемо.

ДРЕНАЖ ДЛЯ ОТВОДА СЕЗОННОЙ ВЕРХОВОДКИ

В северной половине БССР, особенно в Гродненской области и в ряде районов Витебской, Минской и Могилевской областей, широко распространены почвы, образовавшиеся на маломощных супесях, подстилаемых моренным суглинком. Между этими слоями обычно имеется прослойка песка. Такое строение почвы при залегании практически водонепроницаемого моренного

суглинка на глубине порядка одного метра обусловливает периодическое появление в почвенном профиле горизонта почвенно-грунтовой воды (верховодки).

С подобным явлением можно нередко сталкиваться и на практике. Например, в совхозе «Ильянский» Минской области на участке, намеченном для осушения гончарным дренажем, распространены заболоченные почвы указанного строения. Фактическая влажность и свободная влагоемкость их характеризуются приведенными в табл. 24 данными Белгипроводхоза[1].

Таблица 24

Водные свойства слоистых почв совхоза «Ильянский»

Глубина, *см*	Содержание частиц менее 0,01 *мм*, %	Порозность, об. %	Фактическая влажность, об. %	Свободная порозность, %	Свободная водовместимость, *мм*	Коэффициент фильтрации, *м/сутки*
0–42	10,2	54,0	40,2	13,8	58	0,17
42—85	2,6	33,0	13,0	20,0	86	0,82
85 и ниже	26,2	30,5	27,2	3,3	—	0,03
Всего					144	

Для данного района средний слой осадков за холодный период года составляет 176 *мм* с колебаниями от 83 до 284 *мм*. Учитывая, что коэффициент поглощения осадков легкими почвами не может быть менее 0,7, следует признать здесь наличие условий для ежегодного появления верховодки, а в годы с обеспеченностью осадками на 50% и менее мощность слоя верховодки может быть значительной, и она доходит даже до поверхности.

Предотвратить такое явление инженерными или агротехническими приемами очень трудно в связи с тем, что поверхностный сток с легких почв, как показали исследования А. Г. Гаеля и А. С. Плачинды [17], происходит только весной по мерзлой почве или при ливнях, когда возможно пересыщение поверхностных слоев из-за

[1] Влажность определена в феврале 1961 г., когда верхний слой почвы (0—42) был мерзлым, и в нем сохранилась влага осенних осадков.

защемления воздуха в более глубоких слоях и «гистерезиса» смачивания.

Поэтому единственным средством предотвращения заболачивания почв в результате образования сезонной верховодки на залегающем близко от поверхности водоупоре, по-нашему мнению, является обеспечение быстрого ее отвода путем устройства подземного дренажа.

Дрены в этом случае следует укладывать по возможности на водоупорном слое. Заглубление их в маловодопроницаемый слой существенно не улучшает работу дренажной системы. Это подтверждается исследованиями Д. Кирхэма, Д. Люсина и Р. Гэскелла [18]. Анализируя условия работы дрен в двухслойной почве, последние нашли, что для случая, когда водопроницаемость нижнего слоя практически равна нулю, заглубление дрен в этот слой более чем на 2 фута (0,61 *м*) может увеличить сток из них менее чем на 10%, что не оправдывает затрат.

При наличии трехслойного почвенного профиля наиболее желательно укладывать дрены в песчаном слое.

ДРЕНЫ ПРИ ЗАБОЛАЧИВАНИИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ВОДАМИ

Заболачивание земель при застаивании поверхностных вод вне пределов речных пойм на территории республики наблюдается обычно при наличии тяжелых слабоводопроницаемых почв и малых уклонов поверхности и особенно распространено в Витебской области. До настоящего времени система мероприятий для осушения таких почв еще полностью не разработана. Дело осложняется тем, что, как показали исследования Белорусского научно-исследовательского института мелиорации и водного хозяйства, один гончарный дренаж даже при расстоянии между дренами 10 *м* плохо справляется с задачей отвода избыточных вод, в особенности в условиях глубокого промерзания почв или при затяжных осенних дождях.

В Калининградской области при дренаже тяжелых почв применены расстояния между дренами 4—6 *м*, но если принять их и в БССР, то стоимость устройства дренажной системы возрастет до 500—550 руб. за один гектар — суммы не для каждого хозяйства приемлемой.

ВНИИГиМ в 1960 г. с целью улучшения водного режима переувлажненных земель Дальнего Востока закончил разработку системы мелиоративных мероприятий, в числе которых испытан способ ускорения поверхностного стока устройством сети мелких ложбин (с откосами 1 : 5), проходимых для сельскохозяйственных машин. Вполне возможно, что он найдет применение и в БССР, хотя осуществление его связано с определенными трудностями из-за отсутствия опыта проектирования и строительства таких систем.

* * *

Исторические решения XXII съезда КПСС предопределяют выполнение в ближайшие 15—20 лет поистине грандиозной программы мелиорации земель в нечерноземной полосе Союза, причем в БССР мелиоративные работы охватят не менее 4,5 млн. *га* сельскохозяйственных угодий.

Значительная неравномерность распределения болот и заболоченных земель на территории республики, а следовательно, и различная степень заболоченности земельного фонда совхозов и колхозов, различная специализация хозяйств и уровень их развития предопределяют необходимость самого тщательного анализа всех факторов, как природных, так и экономических, при выборе способа осушения. Учитывая это, мы не ставили своей целью дать в настоящей брошюре полное обоснование того, какие виды мелиоративных работ надо проводить в том или ином районе БССР. Поделимся лишь принципиальными соображениями.

В южной зоне республики, охватывающей большую часть Брестской и Гомельской областей и южную треть Минской области, заболоченность территории составляет примерно 54%. В ближайшие годы здесь наиболее целесообразно осушать болота открытыми каналами в сочетании с кротовым дренажем и только после 8—10 лет сельскохозяйственной эксплуатации осушенных земель можно будет переустраивать такие осушительные системы на закрытый дренаж. Гончарный дренаж в этой зоне необходимо применять при отсутствии в хозяйстве участков низинных болот и при заболачивании почв сезонной верховодкой.

Центральная зона республики, включающая Могилевскую и часть Минской и Гродненской областей, отли-

чается от южной меньшей заболоченностью территории (31%) и более четко выраженными уклонами поверхности. На значительных площадях здесь (особенно в районах Гродненской и Минской областей) встречаются заболоченные земли с трехслойным почвенным профилем. Как уже указывалось выше, для осушения почв такого строения гончарный дренаж является наиболее действенным средством.

На почвах с признаками поверхностного заболачивания, образовавшихся на глубоких лёссовидных суглинках, распространенных в ряде районов Могилевской и Минской областей, следует применять систему агромелиоративных мероприятий в сочетании с разреженным гончарным дренажем или без него. В этой зоне уклоны поверхности болот в большей степени, чем в Полесских районах, позволяют применять материальный дренаж при переустройстве систем с открытыми каналами, однако и здесь применять его желательно только после определенного периода сельскохозяйственной эксплуатации осушенного болота, обеспечивающего полную окупаемость затрат на первоначальное осушение и освоение.

Северная часть Гродненской и вся Витебская область относятся к северной зоне БССР (заболоченность территории порядка 17%). Здесь преобладает поверхностное заболачивание суглинистых и глинистых почв. Повысить их плодородие, как показал опыт прибалтийских республик и северо-западных областей РСФСР, можно лишь путем применения комплекса агромелиоративных, агротехнических и инженерных мероприятий. Первые должны быть направлены на окультуривание почвы, создание и улучшение структуры почвенного профиля в пределах корнеобитаемой зоны. Этот процесс длительный и затянется, вероятно, на 10—15 лет. Поэтому в настоящее время применение в указанных условиях систематического дренажа из гончарных или других труб нерационально. На ближайший период следует ограничиться проведением комплекса мероприятий: узкозагонной вспашки, гребневания, кротования, глубокого рыхления, прокладки ложбинообразных канав, разреженного и выборочного дренажа в сочетании с внесением повышенных доз органических удобрений и внедрением в севообороты бобовых, глубоко укореняющихся культур. В последующем, после создания почвенной

структуры, необходимость в агромелиоративных приемах должна отпасть.

В заключение еще раз необходимо подчеркнуть, что шаблонный подход к выбору способа осушения ни в коем случае не должен допускаться, а мелиорация при минимуме затрат должна давать наибольший эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костяков А. Н. Основы мелиораций. М., Сельхозгиз, 1960.
2. Черкасов А. А. Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение. М., Сельхозгиз, 1958.
3. Зубец В. М. Из опыта осушения торфяников гончарным дренажем. «Гидротехника и мелиорация», № 7, 1960.
4. Мурашко А. И. О ходе осадки поверхности болот во времени. Изв. АН БССР, серия физико-техн., 1960, № 4 (на белорусском языке).
5. Астапович Б. В. Метод исчисления осадки поверхности торфяных болот после осушения. «Гидротехника и мелиорация», 1958, № 12.
6. Брудастов А. Д. Осушение минеральных и болотных земель. М., Сельхозгиз, 1955.
7. Зубец В. М. Новый метод очистки дрен. «Гидротехника и мелиорация», № 8, 1960.
8. Роговой П. П. Гидрологическая роль почв и произрастающих на них лесов на территории БССР. В сб.: «Труды конференции по мелиорации и освоению болотных и заболоченных почв». Минск, Изд-во АН БССР, 1956.
9. Кривоносов И. М. Применение разряженного дренажа при осушении слабоводопроницаемых почв. В сб.: «Осушение болотных и заболоченных почв». Минск, Изд-во АСХН БССР, 1960.
10. Перехрест С. М. О причинах переувлажнения минеральных земель атмосферного водного питания и о расчетных нормах дренажного стока. «Гидротехника и мелиорация», 1961, № 2.
11. Небольсин С. И. Расчет влагооборота в Подмосковье. «Метеорология и гидрология», 1948, № 3.
12. Аверьянов С. Ф. Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель. Изд-во АН СССР, 1959.
13. Bush K. F. Störung des Wasserhaushaltes des Bodens durch Grundwasserabsenkung Wasserwirtshaft—Wassertechnik, № 6, 1956.
14. Аверьянов С. Ф. Об осушении низинных болот. Научные записки МИИВХ им. Вильямса. Т. 19, Сельхозгиз, 1957.
15. Шебеко В. Ф. Баланс влаги для сельскохозяйственных культур на освоенном болоте. Труды Белорусского научно-исследовательского института мелиорации и водного хозяйства. Т. 11, Сельхозгиз БССР (в печати).

16. Morman J and Kessler J. Waterdeficiencies in European Agriculture. Wageningen Netherlands, 1959.
17. Гаель А. Г. и Плачинда А. С. О поверхностном стоке на песках. «Почвоведение», 1958, № 4.
18. Drainage of Agricultural Lands. Editor J. Luthin Madison. Visc. USA, 1957.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3
Глава I. Осушение заболоченных земель дренажем . . 5
Виды и элементы дренажа . . . . . —
Типовые схемы дренажных систем, применяемых в БССР 9
Глава II. Причины повреждения закрытого дренажа и меры их устранения 18
Причины повреждения . . . . . —
Осадка торфа . . . . . —
Меры по предотвращению повреждений, вызываемых осадкой торфа 31
Заиление, зарастание и закупорка дренажных трубок 37
Меры предохранения дрен от заиления и зарастания 44
Сопряжения дрен с собирателями 47
Сооружения на дренажных системах 49
Влияние качества производства работ на устойчивость дренажных систем 53
Глава III. Работа дренажных систем при затопленном устье 58
Характеристика уровенного режима водоприемников дренажных систем . . . . . —
Влияние затопления устьев на скорости воды в дренах 67
Глава IV. Содержание дренажных систем 75
Техническая документация дренажных систем . . —
Уход за дренажными системами 76
Ремонт дренажных систем 77
Очистка заиленных и закупоренных дрен 78
Основные мероприятия по использованию осушенных земель 82
Глава V. Очередность осушения земель закрытым дренажем 87
Дренаж на песчаных почвах 96
Дренаж на торфяно-болотных почвах 100
Дренаж для отвода сезонной верховодки 102
Дрены при заболачивании поверхностными водами . 104
Литература 108

ВАСИЛИЙ МАРТЫНОВИЧ ЗУБЕЦ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАКРЫТОГО ДРЕНАЖА

Редактор *В. А. Баркан*
Художественный редактор *П. Ф. Барздыко*
Технический редактор *В. И. Зуйкова*
Корректор *С. И. Попок*

АТ 15320. Сдано в набор 31/VII 1961 г. Подписано к печати 16/XI 1961 г. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Физ. печ. л. 3,5. Усл. печ. л. 5,7. Уч.-изд. л. 5,19. Тираж 3.000 экз. Заказ 3822. Цена 13 коп.

Государственное
издательство сельскохозяйственной литературы БССР

Типография «Красный печатник», г. Минск, Революционная, 12.

ЦЕНА 13 КОП.

СЕЛЬХОЗГИЗ
БССР