

Проф. А.Д.ДУБАХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МЕЛИОРАЦИЯ
ДЛЯ АГРОНОМОВ И ЛЕСОВОДОВ

Издание второе

Москва 1931 Ленинград

Д. 79 с. м.

515759

Проф. А. Д. ДУБАХ

МД
Д 79

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МЕЛИОРАЦИЯ

ДЛЯ АГРОНОМОВ
И ЛЕСОВОДОВ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ

*Допущено Наркомпросом РСФСР
в качестве учебного пособия
для высших сельскохозяйственных
учебных заведений*

557

БИБЛИОТЕКА	СС
Инфр	631.6
Наз. №	Д 79 с. м.
	515759
АКАДЕМИИ	



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1931 ЛЕНИНГРАД

ОТПЕЧАТАНО
В 1-й ОБРАЗЦОВОЙ
ТИПОГРАФИИ ГИЗ'а.
Москва, Веловая 28.
Главлит А.70704—Н 70.
Гиз 38153. Заказ 376.
Тираж 10 000 экз. 16 1/4 п. л.

ОТ СОСТАВИТЕЛЯ

Сельскохозяйственный промысел идет вперед, и наука о сельском хозяйстве на рубеже XIX и XX веков развилась вглубь и вширь, выделив самостоятельные специальности: сельскохозяйственную мелиорацию, технологию, машиноведение и лесоводство. Сейчас и сельское хозяйство в узком смысле дифференцируется на растениеводство, животноводство и экономику. Но образовавшиеся специальности, в частности сельскохозяйственная мелиорация, могут нормально развиваться лишь при условии знания всех достижений в области растениеводства, так как цель мелиоратора заключается в том, чтобы техническими приемами изменить коренным образом к лучшему условия роста растений на земной поверхности, а для этого надо знать потребности растения. Сеть осушительных или оросительных канав есть только рама, в которую нужно вставить картину лугов, лесов, полей и садов. Пруды и колодцы суть опорные пункты, к которым нужно прикрепить селения и производства.

Мелиорация не может поэтому продуктивно работать изолированно от землеустроителя, агронома и лесовода; но не может планомерно работать и агрономия, изолировавшись от мелиорации; отдельные агрономы, отдавшись какой-либо частности, конечно могут забыть про мелиорацию, как и мелиоратор, строя по готовому заданию плотину, может временно забыть землеустроительные или агрономические цели ее.

С ликвидацией единоличного и даже селенного землепользования ликвидируется и прежняя мелиорация, осуществлявшаяся преимущественно на площади определенной группы или даже одного землепользователя. Ныне мелиорация должна проводиться как один из приемов социалистического устройства государственной территории, вне зависимости от того, кто в данный момент этой территорией непосредственно пользуется. От такого положения связь мелиорации с землеустроительными и агрономическими мероприятиями стала еще теснее.

Поэтому достижения мелиорации, исследовательские и технические приемы ее работ, не касаясь конечно техники исполне-

ния, не могут стать чуждыми агрономии без ущерба для поднятия производительности сельского хозяйства страны.

От специалиста требуется знание не только того, что нужно делать в данном случае, но обязательно и то, как нужно это сделать. Настоящая книжка приурочена к курсу мелиорации для агрономов, лесоводов и частично землеустроителей, поэтому в ней обращено внимание преимущественно на вопрос, что и для чего нужно делать, и только в некоторых частных случаях, чтобы сделать содержание книжки более реальным, указывается схематически и то, как нужно делать.

Мелиорация же для мелиораторов разрослась в огромный курс, отдельные главы которого являются самостоятельными кафедрами и не могут быть охвачены детально одним специалистом.

А. Дубах.

1930 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
От составителя	3
Глава первая. Основные факторы природы и определение мелиорации	7
Глава вторая. Неудобные земли	10
Виды земель. Тундра. Болота: площадь, классификация, образование, рост, пески. Овраги. Пустыни. Солонцовые почвы. Заключение.	
Глава третья. Общие исследования	31
Метеорологическое изучение области. Гипсометрическое исследование. Гидрологическое изучение. Гидрогеологическое изучение. Гидротехническое изучение. Почвенное и ботаническое изучение. Экономическое изучение. Заключение.	
Глава четвертая. Осушение земель	52
Общие соображения и типы осушения. Инструментальные изыскания. Основные свойства почв по отношению к воде. Осушение открытыми канавами. Дренаж. Специальные способы осушения. Подпор воды плотинами. Литература по осушению земель.	
Глава пятая. Торфяное дело	109
Свойства торфа и запасы его. Исследование торфяной залежи. Выработка торфа: ручная, машинная. Механизация торфяной выработки и гидравлический способ выработки торфа. Потребление торфа в сельском хозяйстве. Использование выработанного торфяника. Литература.	
Глава шестая. Сельское водоснабжение. Колодцы	123
Изыскания на питьевую воду. Типы колодцев. Срубные колодцы. Бетонные колодцы: изготовление бетонных колец; опускание колец; затруднения при опускании. Буровые колодцы. Каптаж грунтовых вод. Литература.	
Глава седьмая. Обводнение сельское (прудовые плотины)	151
Общие соображения. Исходные нормы. Выбор места под плотину. Инструментальные изыскания. Составные части плотины: замок, тело, откосы, различные способы насыпки плотины. Объем воды в пруде. Принципы расчета надежности плотины. Водопропускное устройство: водослив и водоспуск;	

гидравлический расчет. Добавочные работы при устройстве прудов. Проект устройства плотин. Уход за плотинами и ремонт их. Литература.

Глава восьмая. Укрепление оврагов 188
Изыскания: водосборная площадь, бассейн оврага. Укрепление. Литература.

Глава девятая. Укрепление песков 195

Глава десятая. Орошение земель 199
Потребность растений в воде и устойчивость урожаев. Лесные посадки на полях. Вопросы орошения. Подача воды на орошаемую площадь. Способы орошения. Производство орошения. Материалы для проектирования орошения. Засоление почв. Литература.

Глава одиннадцатая. История и результаты мелиорации. 242
История мелиорации. Экономические результаты мелиорации. Результаты экстенсивного осушения. Результаты интенсивного осушения. Результаты обводнительных работ. Результаты орошения на юго-востоке РСФСР. Гидрологические результаты мелиорации. Заключение. Литература.

Таблицы 259
Значения коэффициента C для формулы Визена. Длина двух откосов канав при одиночном заложении. Длина двух откосов канав при полуторном заложении.



ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПРИРОДЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕЛИОРАЦИИ

Солнце, вода и земля—это те три основных фактора природы, которые накладывают отпечаток на хозяйственный быт страны и на облик самого населения. От количества солнечной энергии, достигающей в данной области земной поверхности, от количества выпадающих осадков и от рода почв зависела в главнейшем продуктивность данной области, обеспеченность населения ее, и в конце концов от этих трех факторов зависело распределение населения по земной поверхности.

Однако лишь в самой ранней стадии своего развития человек пользовался этими тремя факторами в том виде, как они представлялись самой природой; хозяйственным отличием человека от животного и считается способность брать силы природы в свои руки, направляя действие их на увеличение материальных благ для себя.

Самым ранним было воздействие человека на почву в виде простейшей обработки ее, и уже к настоящему времени величина урожая у культурного земледельца, при наличии воды и солнца, совершенно не зависит от рода почвы: удобрение, обработка и надлежащие семена дают возможность получать на прокаленном песке не меньше, чем на тучном черноземе.

Воду человек пытается взять в свои руки сначала в странах с недостатком ее, устраивая искусственное орошение земель. Очагами человеческой культуры оказались как раз те страны, в которых сельское хозяйство было неразрывно связано с пополнением естественного недостатка воды помощью орошения. Земледелие Индии, Аравии, Египта, Месопотамии, Китая, Туркестана (Узбекской, Туркменской и Казахской ССР) основано на орошении. В этих странах человек самой природой побуждался к работе рук и мозга; поэтому здесь зародилась и математика, и геометрия, и техника, и философские учения. За 5000 лет до нашей эры орошение было уже базой хозяйства в Египте. Позднее земледелец стал отводить с эксплуатируемых земель избыток воды—осушать земли. Такие работы зафиксированы впервые

в Греции и Италии, начиная с 200 лет до нашей эры. Ныне инженерное искусство дает возможность человеку взять воду почти всецело в свои руки, пополнять недостаток ее и отводить в нужное время избыток ее.

Третий основной фактор природы — солнце — является самым мощным фактором; где оно благоприятствовало жизни, там человек жил и развивался, несмотря на недостаток воды и плохую почву. Где солнца мало, там жизнь развивалась позднее и посейчас требует от человека большого напряжения сил для своего существования.

Действие солнца определяется количеством тепла, которое получается от него поверхностью земли. Это количество называется солнечной радиацией. Действительное количество тепла, получаемое одним квадратным сантиметром горизонтальной поверхности в течение года, равно ¹:

	За год (малых калорий)	Из них за май, июнь и июль (мал. калорий)
В Слуцке (бывшем Павловске) под Ленинградом	39 760	23 570
„ Кieve	60 760	29 680
„ Варшаве	47 850	25 720
„ Стокгольме	55 620	33 110
„ Вене	52 340	25 320
„ Потсдаме (под Берлином)	54 430	27 400

Для условий Ленинграда это дает в сутки 1090 больших калорий на 1 м², что соответствует 2,5 км работы. Часть этой солнечной энергии улавливается растением, воплощается в органическое вещество и получает разностороннее приложение в жизни. Человек не может изменить количества падающего на землю тепла, но увеличение доли улавливаемой энергии и регулирование потребления ее вполне в его руках.

Произведенные опыты быстрого выращивания овощей под действием светокалильных фонарей, а также парниковые и тепличные культуры есть не что иное, как регулируемое потребление скопленной солнечной энергии. Сила водопадов есть также скопленная солнечная энергия, которую по проводу можно передавать на далекие пространства и обращать в тепло; этим путем возможно обогревать теплицы среди сев. рых льдов.

Итак солнечная энергия, попадающая на земной шар, земля в качественном отношении и вода в количественном и качественном отношении находится в настоящее время в руках земледельца; на бесплодных и безводных в естественном состоянии

песках или на мокрых болотах земледелец может ныне после соответствующих воздействий получать сельскохозяйственные продукты в количестве, предел которого определяется солнечной радиацией.

Воздействия человека на землю бывают двоякого рода. Одни воздействия повторяются систематически через год, или чаще, или несколько реже — через несколько лет, например пахота, бороньба, удобрение. Эти работы не требуют особых напряжений, и результат этого рода работ непродолжителен. Приемы такого рода систематических воздействий на землю изучаются агрономией, и они могут быть названы агротехническими.

Другая категория воздействий человека на землю — это такие, которые необходимо приложить на данном участке всего один раз или, если и повторять, то с многолетними промежутками времени. Например удаление камней с поверхности, корчевание пней требуют своего производства на данном земельном участке всего один раз; осушение болота, орошение степи, раз устроенные, действуют при надлежащем ремонте неопределенно долгое время. Приемы такого рода эпизодических воздействий человека на землю изучаются мелиорацией, и они могут быть названы механотехническими (удаление камней, корчевание пней), гидротехническими (орошение, осушение) и лесотехническими (укрепление песков залесением).

Итак под *мелиорацией* следует разумеать такие воздействия человека на землю, которые на продолжительное время и коренным образом изменяют к лучшему условия эксплуатации данной земельной площади.

Слово „мелиорация“ — латинское и в буквальном переводе значит „улучшение“.

Улучшение может быть во всех отраслях хозяйственной жизни: в сельском хозяйстве, на фабрике, в жилом доме, но слово „мелиорация“ применяется обычно лишь к земельным улучшениям сельско- и лесохозяйственного значения. Термин „мелиорация“ своевременно и удобно заменить русскими словами: „коренное земельное улучшение“, а предмет наш можно назвать „учением о коренных земельных улучшениях“.

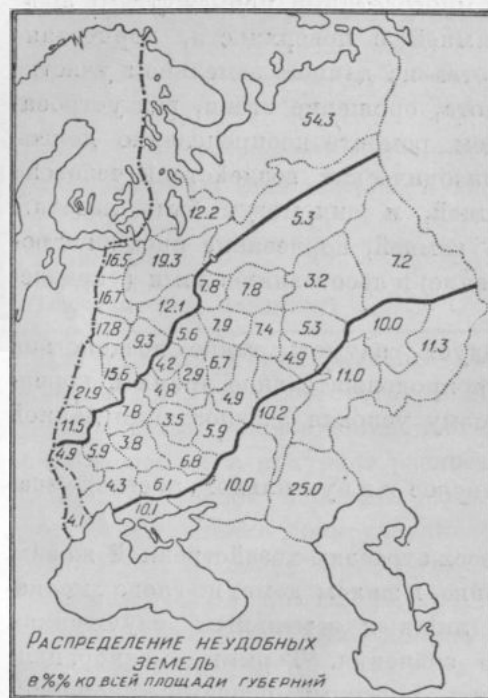
Коренные улучшения производятся на неудобных и на удобных землях; чем интенсивнее хозяйство в стране, тем больше развиваются работы по мелиорации уже удобных земель в целях увеличения их производительности. Например дренаж полей с глинистой почвой дает возможность развивать культуру корнеплодов, орошение степи поднимает урожай и придает ему устойчивость.

¹ Н. Калитин, Учет сумм тепла солнечной радиации, Изв. Научн. мол. ин-та, 1923 г.



ГЛАВА ВТОРАЯ НЕУДОБНЫЕ ЗЕМЛИ

Виды земель. На территории всякого района могут быть отмечены три различные в отношении интенсивности хозяйственного использования категории угодий. На низшей ступени стоят такие



Черт. 1.

угодий относятся естественные луга, выгоны и леса, характеризующие экстенсивное хозяйство. Наконец третью группу составляют угодья, приносящие человеку продукты при предварительном приложении труда с его стороны на создание или улучшение существующих условий произрастания растений; обычно это будут посевные сенокосы, поля, огороды, искусственно разведенные леса, сады и вообще то, что характеризует интенсивное хозяйство.

угодья, на которые не прилагается со стороны человека никакого труда для их обработки и эксплуатации и которые в то же время не приносят хозяйству никаких продуктов; сюда относятся земли, называемые по установившейся терминологии „неудобными“: болота, пески, каменистые почвы, крутые склоны оврагов в первоначальном своем виде. Среднюю ступень занимают такие угодья, которые приносят человеку те или иные продукты, растущие на них только в силу наличности естественных природных условий, без предварительной затраты труда со стороны человека на создание этих условий; к этой категории

Данные о распределении земель в довоенной России по угодьям и культурам наиболее полно собраны были Центральным статистическим комитетом в 1881 г.

Составленная по данным 1881 года картограмма распределения неудобных земель по бывшим губерниям (черт. 1) очень ясно выявляет три полосы: северо-западную полосу с большими площадями болотных пространств, юго-восточную полосу с большими площадями песков и оврагов и срединную диагональную полосу — со сравнительно малым процентом неудобных земель. Средний процент неудобных земель по европейской части СССР составлял 19, а без Архангельской губернии — 12%.

В настоящее время последние сведения о распределении земельных угодий на территории СССР, именно на 1 января 1928 г., приведены в статистическом справочнике СССР за 1928 г.; извлечение из этого справочника дает нижеследующие цифры:

Территории	Вся площадь	Неудобной	Нераспределенной или необжитой
Северный район	96 329	27 328	12 511
Ленинградская область и Карелия	48 412	13 223	4 941
Западный район	9 739	457	—
Центр.-промышл. район	41 663	2 356	242
Центр.-черноземный район	18 906	1 009	222
Вятский район	16 084	1 325	1
Башкирская АССР	16 262	1 302	406
Средне-Волжская обл.	24 853	1 546	58
Татарская и Чувашская АССР	8 545	595	87
Нижне Волжский край	32 431	4 292	7 538
Уральская область	169 583	10 459	105 938
Крымская АССР	2 542	255	—
Северо-Кавказский край	29 338	2 163	3 653
Дагестанская АССР	5 472	2 320	—
Сибирский край	413 981	34 839	189 934
Якутская АССР	473 070	114	292 732
Бурято-Монгольская АССР	26 763	2 495	—
Казахская АССР	2 6105	3 581	243 298
Киргизская АССР	19 502	—	17 585
Дальневосточный край	271 711	2 171	182 722
Украинская ССР	43 225	3 258	—
Белорусская ССР	13 010	1 237	—
Закавказская СФСР	17 759	3 743	—
Узбекская ССР	34 568	—	31 011
Туркменская ССР	51 710	—	47 432

Приведенная таблица не дает однако представления о размерах потребной мелиорации по целому ряду причин: 1) в графу

нераспределенных и необжитых земель несомненно входят очень большие площади неудобных земель; 2) в графу неудобных земель не попадают болотные сенокосы и леса последнего, пятого, бонитета, хотя лес пятого бонитета обычно растет на болоте. Процент неудобных земель в каком-либо районе еще не указывает на значение мелиорации в районе. Решающее значение имеют иные природные и хозяйственные факторы: главным образом густота населения, климат района, условия сбыта продуктов.

На крайнем севере и крайнем юго-востоке, с наибольшим процентом неудобных земель в них, гидротехническая мелиорация имеет в настоящее время меньшее значение, чем например в густо населенной черноземной полосе с наименьшим процентом неудобных земель в ней и с весьма плодородной почвой. Несмотря на плодородие почвы, в черноземной полосе урожаи невелики, и на пути интенсификации хозяйства здесь стоит невозможность во многих случаях приближения хозяйствующего человека к земле. Пахотные поля находятся в десяти, иногда в двадцати, километрах от селений, в безводной степи; почва плодородна, осадков достаточно, а производительность земли ничтожна, так как за отсутствием поверхностной и грунтовой воды нельзя жить близ обрабатываемого участка. Поэтому и в черноземной полосе гидротехническая мелиорация в виде устройства прудовых плотин имеет важнейшее значение в деле поднятия производительности земли.

К неудобным землям СССР относятся: тундры, болота, овраги, пески, солонцы, пустыни.

Дадим краткую характеристику каждого из этих видов неудобных земель.

Тундра. Характерной особенностью тундры, отличающей ее от всех других угодий, является наличие на некотором расстоянии от поверхности слоя постоянной мерзлоты. Это обстоятельство налагает отпечаток на всю жизнь тундры. выпадающие осадки, хотя и небольшие, не будучи в состоянии просачиваться вглубь грунта через мерзлый слой и слабо испаряясь вследствие низкой температуры, застаиваются на поверхности, вызывая образование болота. Если слой мерзлоты близок от поверхности, — тундра бесплодна; если он далек от поверхности — на тундре могут расти леса, и можно вести земледелие. Например в Якутской АССР, где имеется слой вечной мерзлоты огромной толщины, растут высокоствольные леса и с успехом производятся посевы ячменя и яровой ржи. Почва тундры разнородная, и самое понятие тундры не связано обязательно с торфом и с болотом. В европейской части Союза тундра прилегает к берегам Северного

океана и Белого моря, занимая большую часть бывш. Архангельской губернии — площадь около 40 миллионов гектаров. На Кольском полуострове тундра представляет из себя безлесное, каменистое и часто гористое пространство. Между Белым морем и рекою Печорой тундра, или „тайбола“, является обычно болотистым безлесным пространством, а по р. Печоре имеются под тундрой и сухие пространства, поросшие оленьим ягелем; наличие покрытых мхом пней хвойных и лиственных деревьев указывает на росший здесь лес.

Тундра Сибирского и Дальневосточного края занимает широкую полосу, местами в несколько сот верст, вдоль всего берега Северного ледовитого океана. Б. Федченко характеризует ее совершенным отсутствием древесной растительности, наличием многолетних трав и небольших кустарников. Почвы сибирской тундры разнообразны: встречается тундра торфяниковая, на равнинах с большими буграми торфяного образования, покрытыми лишайниками, морошкой и голубикой; тундра кочковатая с кочками пушицы; тундра болотистая, но без слоя торфа, покрытая осоками, злаками и пушицей; тундра глинистая, покрытая ерником (*Empetrum*), ивняком (*Salix polaris*) и другой растительностью. Наконец встречается тундра дерновая — в защищенных от ветра местах с более плодородной почвой.

Длинные летние дни, при влажном воздухе и почве, создают благоприятные условия для развития на тундрах стеблей и листвы травянистых растений; зерно не может вызреть за краткостью летнего периода. Удаление мохового покрова выжиганием и осушение почвы канавами понижают на тундре слой постоянной мерзлоты, создавая в некоторых случаях условия получения хороших лугов и возможность культуры зерновых.

Болота. По определению германского болотоведа Вебера под болотом следует разуметь пространство, покрытое слоем торфа толщиной не менее 20 см, обычно насыщенного водою. Определение это можно оспаривать, но так как обывательское понятие болота ясно каждому, то нет практической надобности уточнять его. Наибольшую долю неудобных земель СССР занимают болота — 22 миллиона гектаров в европейской части Союза, не считая тундр. На севере болота прилегают к тундрам, а на юге большими вкрапинами доходят до Черного моря; однако можно заметить три района особого скопления болот: северо-центральный, захватывающий Московский, Тверской, Рязанский округа; северо-западный — Ленинградский, Псковский, Новгородский и Череповецкий округа; западный район, захватывающий Белоруссию и украинские округа

Волынский и Коростенский; сюда входит так называемое Полесье, часть которого, именно Пинские болота, отошла к Польше.

Площади болот в других странах в миллионах гектаров

Германия	2,8	Голландия	0,5
Швеция	5,2	Норвегия	1,5
Англия	2,5	Финляндия	7,5
Дания	0,1	Соед. шт. Сев. Америки . .	3,0

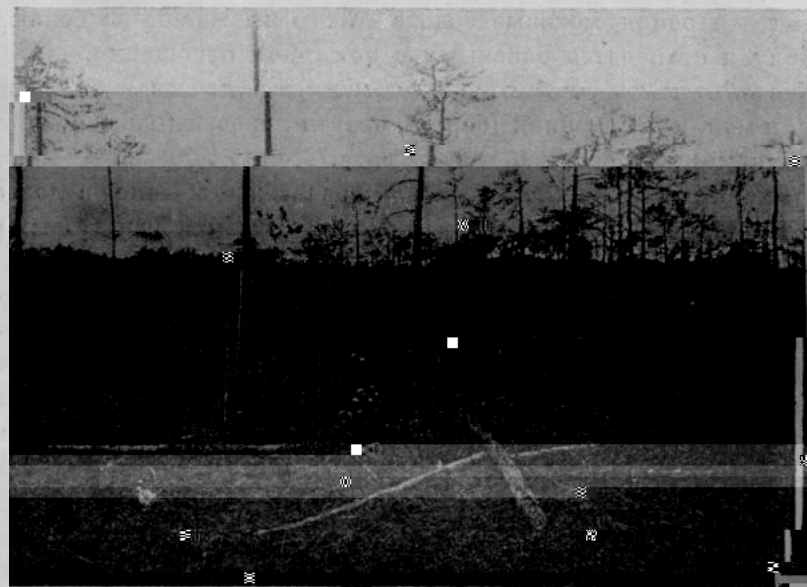
Классификация болот. Болота по своему растительному покрову и по строению разнородны. Различают по расти-



Заболоченная речная пойма.

тельности три основных типа болот. Одни болота покрыты травами, преимущественно осоками с примесью ситников (*Juncus*), бобовника (*Menyanthes*), хвощей, тростника, пушицы многоголовой и многих других. Это — тип травяных болот; они весной обычно затопляются водой из рек или водоемов, стекающей с прилегающих поверхностей; вследствие затруднения стока воды они остаются часто пересыщенными водою в течение всего лета; но в сухие годы некоторые пересыхают под действием испарения на большую глубину настолько, что является опасность торфяного пожара; некоторые же болота, питаемые грунтовыми водами, просачивающимися из минерального грунта, мокры в течение всего лета. Травяные болота эксплуатируются как сенокосы и пастбища. Это

обычные крестьянские сенокосы. Сена они дают иногда много, но плохого качества — осоковое; косят его в воде, вытаскивая мокрую траву на берег. Из кустарников на травяных болотах растет лоза, из деревьев — ольха и береза, часто кустарниковой формы; иногда поверхность болота покрыта кочками; образование кочки начинается или с кучки земли, выброшенной из норы подземным животным, или с пня срубленного куста и дерева, или выбоиною, происшедшею от пасущегося скота; на образовавшейся



Сфагновое болото.

неровности могут развиваться грубые и высокие травы, образующие прочное сплетение своих стеблей в виде колонн, иногда высотой в человеческий рост.

Часто встречаем иной тип болот — моховики, или сфагновые болота; поверхность их покрыта ковром белых мхов (*Sphagnum*), среди которых растет иногда большими массами несколько типичных для мохового болота растений с деревянистыми стеблями: богульник (*Ledum*), подбел (*Andromeda*), вереск болотный (*Calluna*), кассандра (*Cassandra*), черника. Из травянистых часто встречаются: осока, клюква, шейхцерия, пушица одноголовая. Из деревьев — весьма угнетенная сосна. Перечень растений показывает, что косить здесь нечего; скоту взять тоже нечего; сосна никуда не годна. На моховике можно собирать только ягоды: клюкву и чернику. На этих же болотах растет небольшое насекомоядное

растение — росянка (*Drosera rotundifolia*) с прикорневой розеткой розоватых липких и волосатых листьев.

Моховое болото часто покрыто мягкими кочками, иногда имеющими в качестве скелета остаток сосны, иногда — чисто моховыми.

Для жизни мохового болота характерно то, что его поверхность не затопляется речными или стекающими с полей водами, и иногда оно расположено так, что из него берут начало несколько ручьев, пересыхающих в летнее время. В сухое лето под действием испарения моховые болота также высыхают на большую глубину и становятся опасными в пожарном отношении.

Третий тип наших болот — *смешанной растительности*; здесь и осоки, и мхи, и кустарники (береза, ива), и деревья (ольха с огромными пнями), и множество разных трав. Между деревьями — часто непроходимые топи. Эти болота встречаются обычно в долинах рек и по ручьям, часто в местах выклинивания грунтовых вод у склонов прилегающих возвышенностей.

Параллельно классификации болот по растительному покрову имеется классификация по положению поверхности болота. Болото травяное затопляется речными и овражными водами, — значит поверхность его низменная, и поэтому травяное болото называют по положению его *низинным* болотом. Затопляющие его весенние речные воды отлагают на нем наносы, что и является причиной развития на нем иногда пышной болотной растительности.

Моховое болото с незатопляемой поверхностью называется *верховым* болотом. Оно бесплодно, так как нет поступления питательных веществ извне, лишь атмосферная вода попадает на его поверхность. Болото по растительности смешанное называется по положению *переходным*. Оно, как будет показано, действительно переходит из низинного в верховое.

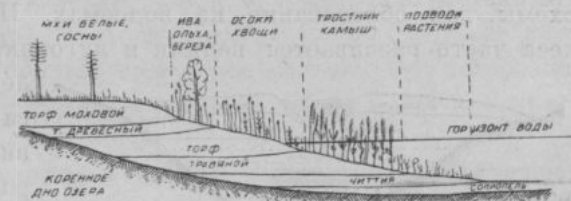
Образование болот. Произведенные исследования болот выяснили достаточно ясно процесс образования их. При определениях глубин торфа помощью особых торфяных зондов во многих случаях оказалось, что минеральное дно торфяного болота имеет вид

замкнутой котловины глубиной в несколько метров, иногда — до десяти. Параллельно с этим мы видим часто, как ныне существующие водоемы — пруды и озера — зарастают с берегов водяной растительностью; между начальной стадией образования торфяного болота — зарастанием водоема от берегов — и конечной стадией — сплошным моховым болотом на котловинном минеральном дне — можно наблюдать все переходные стадии. Учение о болотах, болотоведение, выделилось в особую специальность, и

здесь уместно дать лишь краткую догматическую схему этого процесса образования мохового болота на водоеме.

На дно чистого, с первичным минеральным дном, озера оседают приносимые впадающими ручьями, смытые с водосборной площади их, минеральные частицы. Этот минеральный осадок в смеси с остатками водяных животных образует первый слой отложений в озере — плотный, минеральный, обычно мергелистый, горизонт серого цвета, так называемый сапропель. Со дна озера до некоторой предельной глубины развиваются водяные растения, показывающиеся на поверхности воды во время цветения: они ежегодно отмирают, и неразлагающиеся в воде за отсутствием воздуха остатки их вместе с отбросами и трупами животных и с минеральными наносами образуют второй горизонт отложений — минерально-органический, так называемый печеночный торф (гиттия, мудда) (черт. 2).

С мелких берегов озера надвигаются на середину высокие тростники и камыши, а впереди их еще плавают



Черт. 2.

желтая кувшинка; эти растения ежегодно образуют большую массу стеблей и листвы, которая, отмирая, падает в воду и консервируется: образуется третий горизонт отложений, уже с значительным преобладанием органического вещества над минеральным, — получается тростниковый торф.

По мере обмеления озера вследствие ежегодных отложений тростников получают возможность развиваться хвощи, осоки и многие другие водолюбивые травы, отложения которых уже поднимаются над летнею поверхностью воды в озере, но затопляются весенними водами. Это и есть описанная уже стадия травяного, или низинного, болота с отложением осокового торфа. Продолжающиеся отложения осоки и других растений поднимают поверхность торфяника все выше и выше; она перестает ежегодно затопляться весеннею водою, следовательно на нее меньше оседает минеральной, удобряющей мути; осоки, требующие для построения своего тела много минеральных солей, начинают страдать; хорошие условия для развития получают кустарники и деревья. Наконец поверхность отложений поднимается так высоко, что уже никогда не покрывается весенними водами, а смачивается лишь атмосферными осадками, и природный принос минеральной пищи

для растений со стороны прекращается; поэтому по мере накопления органического вещества оно становится все беднее и беднее золою, травы и деревья замирают, уступая место мхам, тело которых содержит не более 4% золы от сухого вещества. Из деревьев лишь сосна выдерживает самые суровые условия питания, принимая на болоте специфичный облик. Путем такого процесса и получается на месте первоначального водоема моховой торфяник. Этот моховик растет вверх и вширь, охватывая прилегающие леса и луга.

В разрезе торфяника часто можно различать все виды торфа в их последовательности: тростниковый, осоковый, древесный, моховой (черт. 3).

Есть однако много болот, образовавшихся на ровном минеральном грунте; но этот процесс не имеет такой классической схемы, как образование на водоемах. Например на вырубках леса часто развивается вейник и луговик, образующие плотную



Черт. 3.

дернину, которая является препятствием для развития новой древесной растительности и способствует застаиванию влаги. Наряду с вейником разрастается зеленый мох — кукушкин лен, охватывающий и заглушающий оставшиеся из-под леса растения. С течением времени на создавшемся субстрате появляется белый мох, обрамляющий лесную вырубку в моховое болото.

По схеме В. Р. Вильямса образование болот происходит, грубо говоря, следующим образом: в северной половине СССР пожнивные остатки и корни луговых растений на минеральной почве, вследствие краткости времени, невысокой температуры и значительной влажности, не успевают в течение осени разложиться до минерального остатка; корневища злаков дают в почве бесчисленные разветвления, которые в конце концов образуют на глубине своего развития органический прослой, задерживающий проникновение воздуха вглубь почвы и побуждающий разветвления корневищ подниматься все ближе к поверхности луга. Вследствие этого органический прослой в почве становится все большей и большей толщины; обладая большой влагоемкостью и гигроскопичностью, он насыщается водой, затрудняя этим еще более аэрацию почвы. Результатом этого и является заболачивание первоначально минерального грунта луга, накопление в нем органического вещества, насыщающегося водою, и переход в болото.

Процесс нарастания торфа делает ясным то, что торф моховой беднее минеральным содержимым, чем торф травяной. Опубликованные анализы торфов Белоруссии дают следующие цифры:

Анализ	Зола	N	P ₂ O ₅	CaO	K ₂ O	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃
10 анализов травяно-осокового торфа . .	16,6	3,1	0,24	2,7	0,04	0,21	2,5
8 анализов сфагнового торфа	6,8	1,3	0,26	0,67	0,06	0,14	0,61

Приведенная табличка указывает, что общая зольность, в частности содержание азота, кальция и железа, в травяном торфе процентно значительно больше, чем в моховом. Что же касается процентного содержания фосфора и калия, то оно в обеих группах торфов одинаково, вопреки результатам анализов германских торфов, дающих и по этим элементам большее богатство травяных торфов.

Действительная разница в содержании питательных веществ между моховыми и травяными торфами определится, если вычислить содержание их в кубическом метре торфа. Принимая вес сухого вещества кубического метра травяно-осокового торфа равным 250 кг, а мохового — 90 кг, вычислим, что в кубическом метре каждого из видов торфа содержится килограммов:

	Зола	Азота	Фосфора	Калия	Извест.
Осоковый	41,5	7,8	0,6	0,1	6,8
Моховой	6,1	1,2	0,2	0,05	0,6

Из таблички видно, что кубический метр осокового торфа раз в семь богаче мохового питательными веществами для растений.

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

Нарастание моховых болот за последние несколько десятков лет определяется довольно точно по растущим на болоте соснам. Появляющаяся на моховом болоте молодая сосенка располагает свою корневую шейку близ поверхности мха; из года в год сосенка и моховой покров растут вверх, а положение корневой шейки остается неизменным, и через ряд лет она оказывается покрытой наростшим слоем мха (черт. 4); придя на болото и выбрав сосенку на ровном месте, замечают надрезом на стволе уровень мохового покрова, вытаскивают сосенку с корнями, измеряют расстояние H от корневой шейки до надреза — поверхности мха — и определяют по годичным отложениям древесины ствола возраст T сосны в годах. Деля H на T , получаем средний годовой прирост мха h

Черт. 4. за T лет: $h = \frac{H}{T}$.

Чем больше период времени, тем меньше окажется средний годичный прирост мха, так как с течением времени мох уплотняется и консервируется в торф.

О величине нарастания мха и методе обработки наблюдений по соснам дает представление нижеследующий материал по Горецкому болоту Оршанского округа Белоруссии:

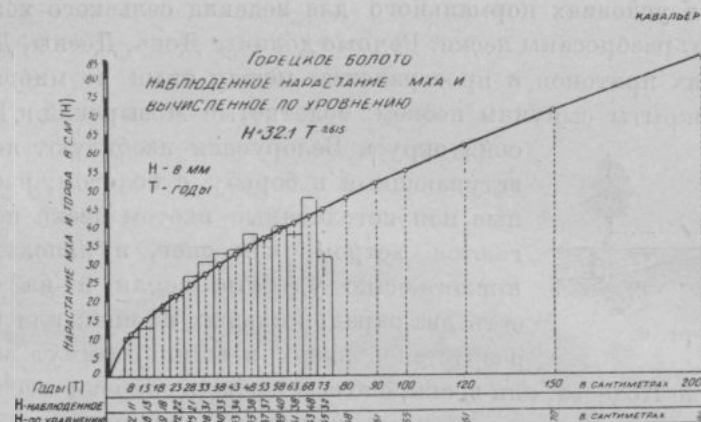
Продолжительность времени в годах T	Нарастает мха за все время H в м.м.	Среднегодовое нарастание h в м.м.
5—10	108	13,5
11—15	135	10,4
16—20	185	10,3
21—25	225	9,8
26—30	279	9,7
31—35	307	9,3
36—40	331	8,7
41—45	340	7,9
46—50	384	8,0
51—55	371	7,0
56—60	400	6,9
61—65	384	6,1
66—70	483	7,1
71—75	321	4,4

Если по горизонтальной оси координат откладывать годы по пятилетним промежуткам и на них построить столбики с высотами нарастания мха за соответствующие годы, то получаем поме-

щаемый здесь график (черт. 5), на котором наглядно видно повышение мохового покрова с течением времени на Горецком болоте.

Проведя через вершину столбиков плавную кривую линию, получаем линию, характеризующую связь между числом лет (T) и высотой (H) нарастающего мха; продолжив эту линию от руки дальше, за пределы отложенных 75 лет, получим экстраполяционную кривую, по которой можно с некоторым вероятием судить о нарастании мха и за большее число лет.

Случайные находки в торфе дают иногда возможность установить по ним время нарастания мха и торфа достаточно точно и за много лет. Так, всегда приводится случай находки на Лейбах-



Черт. 5.

ском болоте в Крайне¹ на глубине 1,2 м под торфом, бревенчатой дороги времен Римской империи с монетой на ней чеканки 41 года; деля глубину торфа на 1800 лет, получают среднее нарастание торфа в 0,7 мм в год.

Согласно нашим исследованиям в Белоруссии моховой покров болота нарастает в высоту в среднем:

за 20 лет на 22 см.
 " 50 " " 40 "
 " 100 " " 50 "

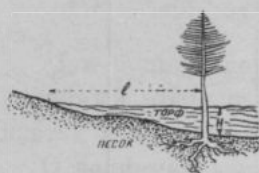
М. Юрьев дает более детальные сведения о нарастании мхов на разных типах болот Ленинградского района: моховые болота с карликовой сосной нарастают за 25 лет на 47 см. Моховое болото с более крупными соснами нарастает за 20—25 лет на 30 см. Мох в сосняке за 30 лет — на 20 см.

¹ Крайна — провинция, входила в состав Австрии.

Неожиданно большим оказывается на болоте ежегодный „урожай“ сухого вещества мха. В условиях климата Белоруссии урожай сухого вещества за год равен пяти тоннам. М. Юрьев указывает годичное нарастание сухого вещества мха до 7,29 т.

Рост болота в стороны можно определять по годичным отложениям древесины застигнутых болотом сосен; с момента окружения ствола взрослой сосны мхом прирост древесины уменьшается, что резко видно на срезах; подсчитав число n угнетенных слоев и разделив на них расстояние l сосны от нынешнего края болота, получим среднее распространение болота вширь (черт. 6).

Пески. Среди удобных земель и среди болот европейской части СССР, в условиях нормального для ведения сельского хозяйства климата, разбросаны пески. Речные долины Дона, Десны, Днепра, Оки и их притоков и пространства между ними во многих случаях покрыты сыпучим песком: болотистые Мозырский и Гомельский округа Белоруссии изобилуют песками, вступающими в борьбу с болотом; распахан- ные или истолченные скотом пески передвигаются ветром, как снег, и наползают на прилегающие удобные земли и на болота;

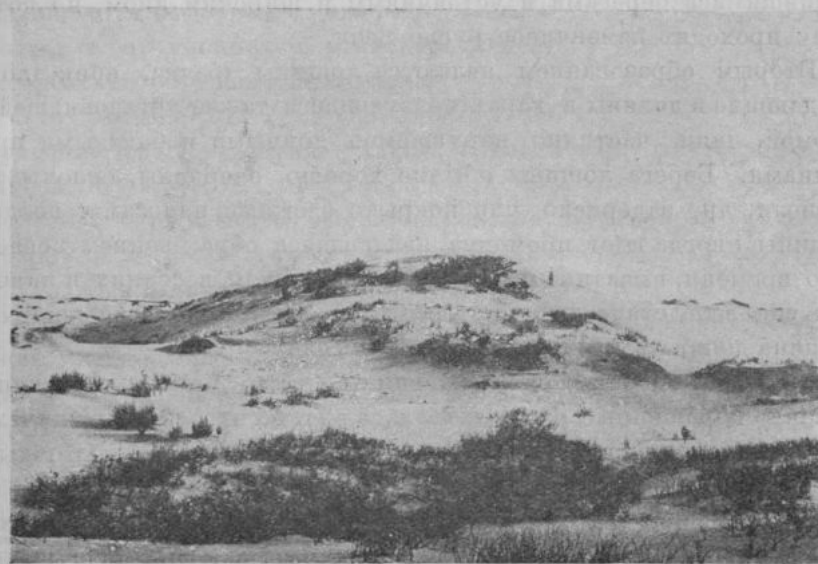


Черт. 6.

есть два парадоксальных мнения: или болота, разрастаясь вверх и вширь, займут все пространство Полесья, или пески, сползая с гряд, покроют все болота. Места выдувания песков (выдуй, кучугуры) являются как бы вулканами, медленно засыпающими прилегающие поля. Поглощая в себя выпадающие атмосферные осадки, пески очень уменьшают поверхностный сток воды; обладая очень малой капиллярной способностью, пески не допускают испарения вошедшей в их толщу воды, вынуждая эту воду идти на равномерное ключевое питание рек. В этом существенное гидрологическое отличие песчаных пространств от торфяных; торф, вследствие большого капиллярного поднятия воды в нем, испаряет значительную долю попавшей в него атмосферной воды и еще берет воду подстилающего его песчаного горизонта. Песок же, например астраханских дюн, в сильной степени сохраняет влагу; летом, когда окружающие почвы совершенно пересыхают, в дюнах песков на глубине 0,6 м сохраняется столько влаги, что песок прессуется, а на глубине 4 м иногда можно иметь колодезь. Площадь сыпучих песков в европейской части СССР—около 2 миллионов гектаров и отдельно в бывш. Астраханской губернии—4,4 миллиона гектаров. Очень много песков в Донском, Терском, Харьковском, Полтавском, Черниговском округах и в Крымской АССР.

Различают три стадии зарастания сыпучих песков. Первая стадия характеризуется редкой травяной и кустарниковой растительностью, не образующей дернины. По наблюдениям А. Колесова в Харьковском округе первым растением, во множестве пробивающимся на сыпучих песках после дождей, является росичка кровокрасная (*Digitalia*), за ней появляются василек (*Centaurea Bibersteinii*), ракитник, кошачья лапка желтая, льнянка благовонная, подорожник, пырей, молочай.

Вторая стадия зарастания характеризуется образованием рыхлого дерна,—неудобная площадь становится сельскохозяйствен-



Бугристые пески в стадии раззавания (фот. А. А. Дубинского).

ным угодьем. Из хороших трав здесь растут в небольшом числе лядвенец (*Lotus*), медунка (*Medicago*), мятлик, клевер, пырей. Очень много растет плохих трав и даже ядовитых для скота, как то: молочай, очиток (*Sedum*), лядник (*Hierochloa*).

Наконец третья стадия—естественное залесение; в Харьковском округе на песках растут: сосна, дуб, осина, ява-шелюга и козья, береза, ольха, бузина и черемуха. Пески степей Астраханской губернии при охране их от пастбы покрываются сначала редким песчаным овсом (*Elymus arenarius*), дающим сносное сено, и негодным кумарчиком (*Agriophyllum*); затем появляется каракамбок (*Salsola*), годный лишь на топливо, и наконец, песчаная степь покрывается видами полыни (*Artemisia*).

Обогащение песка органическим веществом культурного люпина, внесением навоза или прибавлением торфа быстро улучшает его физические свойства; удобренные песчаные почвы являются очень плодородными, и на них особенно хорошо выращиваются овощи и ягоды; есть мнение, что именно мелкозернистая сыпучая песчаная почва представляется той средой, которую сведущий сельский хозяин может полностью подчинить своим потребностям.

Овраги. Равнинные поверхности СССР прорезаны под действием текущей воды образованиями тройного порядка по величине и по возрасту. Первым по времени, древним, доледниковым образованием являются речные долины, характеризующиеся установившимися берегами и устойчивым и широким дном, по которому проходит изменчивое русло реки.

Вторым образованием являются лощины (балка, ерик, лог), впадающие в долины и характеризующиеся также установившейся формой, лишь частично нарушаемой донными и боковыми промоинами. Берега лощины обычно хорошо очерчены, склоны задернели, дно задернело или покрыто свежими наносами; по дну лощины иногда идет промоина, являющаяся образованием последнего времени, вызванным усилившимся стоком весенних и ливневых вод вследствие вырубки лесов с площади водосбора лощины. Лощина покрыта лесом или является сенокосом.

Крутизна обоих берегов лощины часто бывает различна. Склоны, обращенные на юг и на запад (т. е. нагреваемые лучами солнца днем и к вечеру), обычно круче северных и восточных, что вызывается различными условиями нагревания их:

1) Под действием солнечных лучей с южного склона происходит более быстрый сток весенних вод, вызывающих разрушение склона.

2) Вследствие попеременного прогревания солнцем и промерзания ночью ослабляется связь между частицами грунта южного склона, что способствует образованию промоин.

3) Летний солнечный жар иссушает южный склон, ослабляет растительность на нем, что уменьшает сопротивление грунта размывам. По наблюдениям А. Козменко в бывшей Тульской губернии и состав растительности на южном и северном склонах лощины иной: на тенистом северном склоне преобладает растительность сыроватых мест, а на южном склоне — растения сухих мест.

Под действием стекающей в лощину воды, весенней и ливневой, в берегах ее образуются местные промоины; из зародившейся промоины, растущей в длину, глубину и ширину, образуется

овраг, характеризующийся неустойчивыми обрывистыми берегами, узким дном и растущей вверх по склону вершиной.

Образованию промоин и развитию их в овраги способствуют:

1) крутизна прилегающих к ложине скатов и большая площадь их;

2) летние ливни и быстрое таяние снега, дающие бурные потоки воды;

3) малая связность грунта с поверхности и на глубине.

Поэтому уничтожение лесов, замедляющих таяние снега и сток воды и укрепляющих поверхность земли, а также проведение пахотных борозд по склонам, пастбища скота и т. п. усиливают вышеперечисленные условия образования оврагов.

Черт. 7.

Как раз все эти условия имеются на черноземе; здесь — засухи и ливни, холод и жар, отсутствие леса, рыхлая почва.

Особенно овражисты: бывшие Тульская, Курская, Воронежская губернии, Харьковский, Полтавский, Киевский, Черниговский округа, бывшая Саратовская губерния и др.

Образование оврага идет снизу вверх и начинается с образования после дождя промоины; вода, падая с образовавшегося уступа и расходясь у дна его веером, подмывает основание уступа, вызывая обвал его (черт. 7). Ход дальнейшего размыва зависит от напластования пород. В Изюмском округе, например



Черт. 8.

при указанном на чертеже напластовании, различают 4 стадии развития оврага (черт. 8).

Первая стадия — медленный размыв

связной верхней моренной глины; промоина с вертикальными откосами и ровным дном быстро растет в длину, медленно — в глубину, очень извилиста.

Вторая стадия начинается с момента образования местных промылов глины до подстилающего ее песка; в этих местах вследствие более быстрого размыва песка образуются углубления — котлы, которые, постепенно удлиняясь, смыкаются, образуя сплошное песчаное дно оврага.

Третья стадия — размыв песчаных отложений третичного периода; углубление оврага идет очень быстро, водоток выпрям-

ляется, идет и расширение оврага, так как вследствие вымывания песка откосы оврага обваливаются; все эти продукты размывания выносятся в речную долину и отлагаются или на лугах или в самой реке, образуя „конусы выноса“.

Четвертая стадия начинается после промыва песка до подстилающих его древних глин и известняков; углубление дна останавливается, прекращается поэтому и обвал откосов; овраг принимает устойчивую форму, задерневает и в конце концов покрывается лесом; на дне такого оврага имеются выходы грунтовых вод из третичных песков.

Поэтому различают овраги действующие и овраги потухшие, переходящие в лощины.

Овраги, прорезывая поля, уменьшают площадь пашни, затрудняют обработку, увеличивают расстояние между селениями,



Золотые пески (фот. А. А. Дубянского).

собирают в себя сдуваемый с полей снег. Бурные потоки вод выносят из оврагов песок и глину, отлагая их в реках; такие овражные выносы вызывают обмеление судоходных рек, особенно Дона и Донца.

По образному определению С. Чумакова овраг есть рана — рана, в несколько сажен глубины, из которой капля по капле, как кровь из организма, уходит драгоценная влага¹.

Пустыни. Продолжительное жаркое лето с прохладными ночами, короткая суровая зима, очень малое годовое количество осадков (до 100 мм) и почти полное отсутствие летних осадков, при чистом небе и ветрах — обращают страну со всякою материнской почвенной породой в пустыню — область, где сельское хозяйство невозможно без коренных изменений водного режима

¹ С. Чумаков, „Лесной журнал“, 1900 г., вып. II.

почвы и воздуха. Почвы пустыни могут быть каменистые, песчаные, глинистые и солонцеватые. На территории СССР пустыня Кара-кум (черный песок) занимает огромные пространства между Каспийским морем и Аму-дарьей; пустыня Кызыл-кум (красный песок) — пространство между рр. Аму-дарьей и Сыр-дарьей, и пустыня Муюн-кум — между р. Сыр-дарьей и р. Чу. В европейской части Союза к пустыне могут быть причислены пески вокруг Каспийского моря.

Песчаные пустыни Жадовский характеризует таким ландшафтом:

„На громадном пространстве путешественник видит довольно однообразную картину безбрежного песчаного моря с бесконечными, словно застывшими, волнами — буграми сыпучего песка; местами эти волны сменяются как бы полосами штиля, „тактырами“ и „шорами“, ровными и гладкими, как паркет, площадями, иногда в десятки верст длиною, то с высохшей и потрескавшейся глиной, настолько плотной, что она звенит под копытом, словно металл, то с жидкой горько-соленой и топкой грязью — жалким остатком весенних вод; местами среди тех же волн виднеются небольшие островки скудной пустынной растительности, которая своим песочным цветом мало нарушает однообразную картину пустыни.

„Образованные из сыпучего песка холмы, волны песчаного моря, носят название барханов. Под влиянием ветра они передвигаются по пустынному простору. У каждого бархана два склона: пологий, обращенный к ветру, или наветренный, и крутой, подветренный. Песчинки, гонимые ветром, непрерывным роем вкатываются по пологому склону вверх и, достигнув гребня, сваливаются за ним, образуя крутой подветренный склон, в результате чего весь бархан движется по направлению ветра.

„Небольшие барханы передвигаются довольно быстро и за сутки успевают пройти иногда до 20 м. Крупные барханы, высота которых достигает до 15, а в редких случаях до 25 м, передвигаются в среднем всего около 2 м в год. Кочуя по пустыне, отдельные холмы-барханы часто соединяются друг с другом, образуя непрерывные гряды, располагающиеся параллельно одна другой“.

Среднеазиатские пустыни нашего Союза проходят ряд стадий в своей жизни. Свежеобразующиеся из развеваемых горных пород или отложений наносов после спада весенних вод пески собираются ветром в барханы, лишенные всякой растительности; эти барханы передвигаются ветром до тех пор, пока вследствие постепенного отделения более крупных частиц не уменьшатся настолько, что на них может укрепиться кое-какая растительность, получив возможность дойти своими корнями до грунтовой воды; выпадающее в пустыне ничтожное количество осадков целиком проходит в песчаный грунт, опускаясь до подстилающего непроницаемого грунта, например глины; вследствие отсутствия в песке капиллярного поднятия эта грунтовая вода не может испаряться

и потому надолго сохраняется в песке; поэтому во многих случаях в пустыне в 2 м от поверхности раскаленного песка можно находить пресную воду.

Первым растением на песке в пустыне является дерево — песчаная акация с ланцетными пушистыми листьями и кустарник „кандым“ (*Calligonum*) с многочисленными зелеными ветками без листьев. Из трав появляется селин (*Aristida*) и песчаный овес (*Elymus*) с очень длинными корнями, связывающими песок, что дает возможность селиться затем и другим растениям. Зеленый покров иссушает бывший в песке запас грунтовых вод, и первоначальные растения, скрепив сыпучий песок, уступают место наименее требовательному к воде растению — дереву саксаулу (*Haloxylon*) с чешуйками вместо листьев. Саксауловые леса вырубаются на топливо и уничтожаются скотом. Между саксаулом появляется травяной покров (песчаная осока) — пастбище для скота, особенно в котловинах; весной такая степь за счет весенней воды покрыта ярким и густым растительным покровом, но весенняя влага быстро через растения испаряется, и степь к лету мертвеет до следующей весны.

Сделать эти пространства годными для сельскохозяйственной культуры возможно только орошением их водами Сыр-дарьи, Аму-дарьи, Чу, Мургаба и др. рек.

Солонцовые почвы. В областях с малым количеством атмосферных осадков, на юго-востоке европейской части Союза, в Туркестане и Закавказьи, вследствие слабого промывания почвы водою создаются на поверхности земли и близ поверхности ее скопления легко растворимых солей в таком количестве, что растения обычных почв не могут выдержать создавшейся концентрации солей и уступают место редкому травостой солевых видов. Процессу засоления почв благоприятствует еще трудно проницаемый грунт. Самые соли собираются сюда или наносом — ветром или водою, стекающей в пониженные места, или при близком уровне грунтовых вод они поднимаются на поверхность из нижних почвенных горизонтов, особенно в условиях искусственного орошения. Солонцовые почвы разделяются на солонцы и солончаки.

Солонцы образуются в небольших понижениях на сухих пространствах при условии незначительного промывания сверху; верхний горизонт их выщелочен, и соли из него отложились на глубине 15—20 см; под этим солевым горизонтом образуется плотный, трудно проницаемый для воды слой грунта столбчатого строения, богатый органическими веществами. Весною и после

дождей вода здесь застаивается, образуются лужицы с кофейно-бурой жидкостью, а в сухое время растительность выгорает.

Растительность солонцов в черноземной зоне¹ характеризуется распространением полыни (*Artemisia maritima*), овсяницы (*Festuca sulcata*) и кермика (*Statice Gmelini*). А для полупустынной зоны крайнего юго-востока СССР характерны *Artemisia pauciflora* и камфоросма (*Camphorosma monspeliacum*).

Второй тип солонцовых почв — солончаки — образуется в пониженных влажных местах концентрацией солей на самой поверх-



Корковый столбчатый солонец (фот. Б. А. Келлера).

ности почв в результате испарения влаги, поднимающейся вместе с раствором солей из нижних слоев или попадающей в низину с прилегающих возвышенностей. Преобладает сернокислый и хлористый натрий, меньше магния; эти соли образуют на поверхности земли белые налеты. Естественную флору резких солончаков являются: мясистая солянка (*Salicornia herbacea*), шведка (*Suaeda maritima*), сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*), астра (*Aster tripholium*), подорожник (*Plantago maritima*) и многие другие. Из кустарников растет тамариск. Существуют постепенные переходы между солонцами и солончаками. На слабо засоленных почвах

¹ Б. А. Келлер, Растительный мир русских степей, полупустынь и пустынь.

еще возможны культуры сорго и некоторых сортов пшеницы. Плодовые же деревья и лес гибнут.

В черноземной полосе засоленные почвы занимают небольшие площади, большей частью пятна, вкрапленные среди остальных почв; к юго-востоку, в области каштановых почв, площади их увеличиваются, занимая в некоторых районах 25—45% общей площади; обычными почвами они являются в Туркестане и Закавказьи.

Заключение. Болота, пески и овраги ведут себя, как простейшие организмы: болото растет вверх и вширь, пески развеваются вширь, а овраги выпускают щупальцы в стороны и вперед. Развалины в среднеазиатских частях СССР говорят, что и пустыни не дремлет. Образно поэтому можно сказать, что с севера и с запада на нас надвигаются болота, с юго-востока — пески, а в центре страна разъедается оврагами. Если мы хотим только обороняться от врага, остановить его движение, то должны прорыть по краям болот магистральные каналы, прекратить распашку и пастьбу скота на песчаных почвах, прекратить распашку в районах оврагообразования; но эта пассивная оборона — участь страны с остановившимся ростом населения, с отсутствием желания поднять свое благосостояние. Параллельно с интенсификацией хозяйства на удобных землях в культурных странах должно идти упорное завоевание неудобных земель под сельскохозяйственную культуру приемами, составляющими содержание мелиорации, или учения о коренных земельных улучшениях. Огромное удовлетворение испытывает тот, кому удастся победить природу, приобщить к культурным землям площадь болота, песка, оврага, а тем более — пустыни.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ОБЩИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для планомерной организации мелиоративных работ в естественно-исторической или административной области необходимо предварительное изучение этой области в отношении ее к мелиорации, а для планирования работ в государстве необходимо знание всех областей его в отношении экономических потребностей, а также естественных, технических и юридических возможностей проведения мелиоративных работ.

На основе такого общего изучения области и государства производятся затем, при намечании конкретных мелиоративных работ, детальные инструментальные изыскания в районе и на месте самых работ. Приемы инструментальных изысканий различны для различного рода мелиорации, и потому они будут рассматриваться в соответствующих отделах курса. Общие же исследования районов в целях изучения условий мелиораций в них производятся по общему плану, с детализацией лишь отдельных вопросов в зависимости от характера преобладающего в данной области вида мелиораций: осушения, орошения, обводнения, укрепления оврагов и песков и прочее. Общее исследование района складывается из изучения его: метеорологического — климата, гидрологического — наземных вод, гипсометрического — высот поверхности, гидрогеологического — подземных вод и пород, их включающих, гидротехнического — существующего и возможного использования вод, геоботанического — почвы и растений, экономического — распределения земли по угодьям и их использования, юридического — законов и обычаев области, содействующих и препятствующих мелиорации. Общее изучение области никогда не может считаться законченным, и в районах, уже изученных и мелиорируемых, дальнейшее накопление материала происходит в процессе производства мелиоративных работ.

Для всех видов исследования района необходимо иметь карту его. В худшем случае это должна быть карта масштаба 1:420 000 (10 верст в дюйме), имеющаяся для территории почти всего

Союза. Но крайне желательно иметь карту в масштабе 1:126 000 (3 версты в дюйме), имеющуюся для большей части губерний РСФСР, для всей Украины и Белоруссии; это карты старых съемок 60-х годов военного ведомства, и в последующих изданиях они лишь дополнены проведенными железными дорогами; вследствие этого на них нет многих грунтовых дорог, оврагов и селений, но все же они необычайно ценны при всяких исследованиях и поездках. Всякая поездка по реке, железной или грунтовой дороге с трехверстной картой в руках оживляет поездку, давая возможность сравнивать карту с местностью, ожидать овраг, речку и селение, отлоситься критически к маршруту извозчика, — словом карта делает путника зрячим и сведущим в любом новом районе. Такие карты свободно продавались до войны, свободно продаются и теперь в картографических магазинах Военно-топографического управления; представляется удивительным их малое распространение среди агрономов и даже уверенность многих в их секретности. На трехверстке ясно показаны все ручьи, овраги, дороги, селения, болота, леса, горы; местами обозначены высоты над уровнем моря.

Для бывшей Московской губернии продавалась до войны карта масштаба 1:84 000 (2 версты в дюйме), т. е. еще более детальная. Наконец имеются карты европейской части СССР в масштабе 1:42 000 (1 верста в дюйме); они считаются секретными, и в продаже их нет, но учреждение всегда достать их сможет; они полезны для детального исследования небольших районов.

Теперь рассмотрим сущность отдельных видов изучения района в отношении его к мелиорации.

Метеорологическое изучение начинается с ознакомления с имеющимся материалом по данной области. Из летописей Главной геофизической обсерватории или из „ежегодников“ ее выясняется и наносится на карту положение основных метеорологических станций района и станций, прилегающих к нему. Из метеорологических элементов мелиоратора интересуют более всего осадки: их распределение по виду и по месяцам, их максимум и минимум. По всей европейской части Союза сводные сведения об осадках за 1888—1912 гг. имеются в труде С. Небольсина¹, где приведены результаты наблюдений по 320 станциям. Но по некоторым областям имеются и более детальные материалы. Так, по бывшей Московской губернии имеется книга „Материалы по

¹ С. Небольсин, Средние количества атмосферных осадков в Европейской России, „Геофизический сборник Главной физической обсерватории“, 1916 г., т. III.

климатологии Московской губернии“ В. Власова; по Западной области и Белорусской ССР данные об осадках опубликованы А. Кайгородовым в выпуске: „Осадки, снеговой и ледяной покров Западной области“.

По Небольсину годовые осадки в главнейших пунктах СССР за 1888—1912 гг. выражаются следующими величинами в миллиметрах:

Архангельск	466	Нежин	517
Астрахань	162	Одесса	367
Валдай	595	Олонец	536
Василевичи	606	Орел	545
Великие Луки	543	Оренбург	542
Вологда	509	Пенза	467
Воронеж	457	Пермь	596
Вышний-Волочек	581	Полтава	442
Вятка	554	Ростов-на-Дону	456
Горки Белорусск.	524	Рязань	476
Гурьев	165	Самара	331
Свердловск	429	Саратов	359
Днепропетровск	486	Симферополь	423
Житомир	534	Смоленск	650
Златоуст	501	Соловки	398
Казань	431	Ставрополь	621
Каменец-Подольск	549	Сталинград	313
Киев	584	Сызрань	346
Кола	355	Таганрог	416
Кострома	522	Тамбов	479
Курск	560	Тверь	537
Ленинградск. обсерв.	522	Тула	541
Луганск	465	Ульяновск	405
Мезень	292	Умань	499
Минск	613	Уральск	299
Могилев	633	Уфа	572
Москва, С.-х. ак.	544	Харьков	507
Н.-Новгород	531	Феодосия	333
Николаев	387	Ялта	577

Наглядное представление о распределении годовых и месячных атмосферных осадков по территории страны дает проведение на карте так называемых изогийт-линий, проходящих по местам с одинаковым количеством осадков. Изогиты европейской части СССР представлены Небольсиным в следующем виде (черт. 9).

При отсутствии в исследуемом районе достаточных данных необходима организация новых метеорологических станций в нем.

Законченная метеорологическая сеть включает в себя следующие элементы:

Метеорологические станции III разряда, ведущие точные наблюдения лишь над выпадающими атмосферными осадками; оборудованы они лишь дождемерами и иногда рейкой для очень мало точных наблюдений над снежным покровом. При мелиоративных исследованиях стараются эти

дождемерные пункты совмещать с водомерными постами для наблюдения над уровнем воды в реках и водоемах, временем их замерзания и вскрытия.

Метеорологические станции II разряда 2-го класса — наблюдают выпадающие осадки, температуру воздуха, ветры и облачность; они оборудованы дождемерами, термометрами, флюгером.



Черт. 9. Изогеты европейской части СССР.

Метеорологические станции II разряда 1-го класса — ведут точные наблюдения над осадками, влажностью воздуха, испарением воды, температурой воздуха и почвы, атмосферным давлением, ветром, облачностью. Мелиоратор стремится присоединить сюда гидрометрическую станцию, ведущую наблюдения над уровнем воды в реках и водоемах, над расходом воды в реках, над уровнем грунтовых вод, состоянием снежного покрова, замерзанием и вскрытием рек.

Некоторые из станций II разряда 1-го класса выделяются в опорные станции, характеризующиеся долголетним существованием, надежностью наблюдений и иногда установкой самопишущих приборов для непрерывного регистрирования суточного хода элементов погоды.

Завершением метеорологической сети является станция I разряда — обсерватория, ведущая все перечисленные наблюдения самопишущими приборами, дающими суточный ход каждого элемента. Кроме того обсерватория наблюдает метеорологические элементы верхних слоев атмосферы, электромагнитные явления, солнечную радиацию. Обсерватория, по получаемым от метеорологических станций II разряда ежедневным телеграммам выпускает ежедневные бюллетени погоды, делает предсказания ее, выпускает месячные бюллетени и годовичные летописи; ведет научную разработку вопросов метеорологии и инструктирует всю сеть станций.

Мелиоратора и агронома интересует не только среднее годовое за много лет количество осадков, но в очень большой мере для них важны и пределы колебаний годовых осадков: каков минимум годовых осадков в данном районе? Очень важны и месячные осадки: от их средних, наименьших и наибольших величин зависит урожай. Для расчета гидротехнических сооружений важна высота снежного покрова и запас воды в нем. И еще ряд вопросов стоит при изучении осадков района.

Ход всех метеорологических элементов обрабатывается по месяцам, что не всегда удовлетворяет запросы мелиорации и сельского хозяйства. Например для расчета размеров осушительной магистрали или отверстия моста полезно знать наибольшее количество осадков за 30 дней: метеорологические сводки и дают помесечные данные, но именно с 1 по 30 число всякого месяца, между тем как наибольшее количество осадков может выпасть в данном районе за 30 дней, допустим, с 12 мая по 12 июня, а такой метеорологической обработки нет; но именно от любых 30 дней или 10 дней подряд, вне официальных месячных или декадных рамок, зависит максимум расхода воды по каналу и через водослив, зависит рост трав и хлебов.

Кроме того мелиоратора интересует, нет ли разницы между действительным количеством осадков и измерениями дождемера; например оказалось, что за 1888—1912 гг. среднее годовое количество осадков в Москве было:

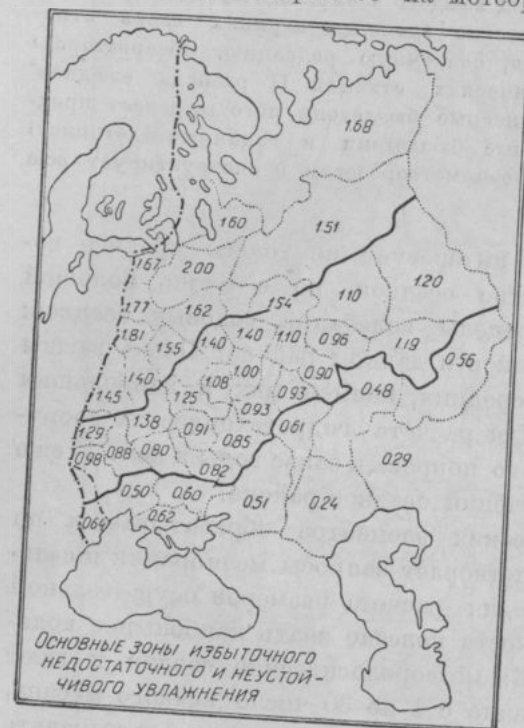
На обсерватории Межевого института 612 мм
" " Тимирязевской с.-х. академии 544 "

Происходит ли эта разница от разных положений дождемеров, или действительно различно количество выпадающих осадков?

Совершенно недостаточно изучено влияние на осадки микрорельефа, т. е. местных мелких повышений и понижений поверхности земли. Для разрешения этого вопроса необходима постановка дождемеров на близких расстояниях в низинах и на возвышенностях.

Вторым важным метеорологическим элементом является испарение воды, измеряемое на метеорологических станциях эвапорометром Вильда. Данные станции об испарении важны для сравнительной оценки этого фактора, абсолютные же величины их совершенно не соответствуют испарению в природе.

Соотношение между осадками и испарением, по А. Н. Костякову — коэффициент прихода-расхода влаги за время летнего роста растений, т. е. за вегетационный период, является очень важной характеристикой данного района. Если это отношение в данном районе всегда больше единицы ($\frac{\text{осадки}}{\text{испарение}} > 1$), то район характеризуется избыточным увлажнением; если это отношение всегда меньше



Черт. 10.

единицы ($\frac{O}{U} < 1$), — район характеризуется недостаточным увлажнением; наконец при $\frac{O}{U}$, колеблющемся между 0,5 и 1,3, район характеризуется неустойчивым увлажнением.

Вычисляя испарение U за вегетационный период по эмпирической формуле $U = 100t \left(1 - \frac{r}{100} \right)$, где t — средняя температура воздуха за вегетационный период, r — средняя относительная влажность воздуха за тот же период, А. Н. Костяков получил следующие средние величины отношений $\frac{O}{U}$, так называемый коэффициент прихода-расхода влаги¹.

¹ Данные эти взяты из книги А. Н. Костякова, Перспективы мелиорации в СССР, 1925 г., и приведены для административных делений довоенной России.

Бывшие губернии	Коэффициент	Бывшие губернии	Коэффициент
Архангельская	1,68	Тульская	1,05
Вологодская	1,51	Московская	1,35
Олонецкая	1,60	Владимирская	1,40
Ленинградская	1,67	Рязанская	1,01
Новгородская	2,00	Нижегородская	1,10
Псковская	1,77	Тамбовская	0,93
Тверская	1,62	Пензенская	0,93
Витебская	1,81	Казанская	0,96
Минская	1,55	Вятская	1,10
Могилевская	1,45	Пермская	1,20
Смоленская	1,55	Уфимская	1,19
Костромская	1,55	Оренбургская	0,56
Волынская	1,23	Самарская	0,48
Подольская	0,98	Саратовская	0,60
Киевская	0,88	Астраханская	0,24
Черниговская	1,35	Донская обл.	0,51
Полтавская	0,80	Екатеринославская	0,68
Орловская	1,20	Таврическая	0,65
Курская	0,80	Херсонская	0,50
Харьковская	0,82	Бессарабская	0,60
Воронежская	0,85	Уральская обл.	0,27

Губернии избыточного увлажнения

Губернии неустойчивого увлажнения

Губернии недостаточного увлажнения

Губернии недостаточного увлажнения

Эти результаты, представленные на картограмме (черт. 10), делят европейскую часть СССР на три полосы, соответствующие делению по проценту неудобных земель.

Надо заметить, что значительная часть метеорологических станций устроена и содержалась не Главной физической обсерваторией, а разными ведомствами и организациями путей сообщения, земледелия, земствами.

Гипсометрическое исследование области. Общие сведения об уклонах рек, об уклонах поверхности земли, о водоразделах и низменностях, о высших и низших точках района — являются необходимыми при соображениях о мелиоративных работах области. Такие сведения можно получить из разных источников.

Военно-топографическое управление, производя горизонтальные съемки страны для составления карт масштаба 1 и 3 версты в дюйме, производит попутно и вертикальную съемку, нанося результаты

ее на карту штриховкой и надписями высоты местности над уровнем моря.

Железнодорожные изыскания дают по этому вопросу также обильный и достаточно точный материал, но в разрозненном виде. Еще более разрознены материалы нивелировок, произведенных мелиоративными организациями. Весь имевшийся надежный материал по нивелировкам СССР был обработан Тилло и опубликован с выпуском так называемой гипсометрической карты, на которой различной краской показаны высоты местности.

Эти материалы дают лишь общее представление. При развитии работ по регулированию рек, по проложению крупных водопроводных и водоотводных каналов необходима точная нивелировка, увязанная с уровнем моря и закрепленная прочными опорными реперами, от которых затем должна производиться детальная местная нивелировка.

Нивелировка для установки опорных реперов, требующая особой точности, называется прецизионной нивелировкой; репера такой нивелировки заделываются в каменные стены зданий в виде железных фасонных болванок или устанавливаются в земле в виде каменных массивов с железным стержнем. На реперах выделяется год их установки, номер репера и название учреждения.

Меньшую точность дает простое, так называемое геометрическое, нивелирование обычными нивелирами с перекладными трубами. При пересечении нивелировками рек и при прохождении близ озер и колодцев необходимо занивелировывать уровень воды в них.

При замкнутом полигоне или при двойном ходе, по инструкции 1914 г. бывшего Отдела земельных улучшений Министерства земледелия, величина невязки точного нивелирования с установкой основных реперов не должна быть более

$$\Delta = 0,006 \cdot \sqrt{L} + 0,0006 \cdot L,$$

где Δ — невязка в метрах, L — число пройденных километров. При нивелировке второстепенных линий

$$\Delta = 0,01 \cdot \sqrt{L} + 0,001 \cdot L.$$

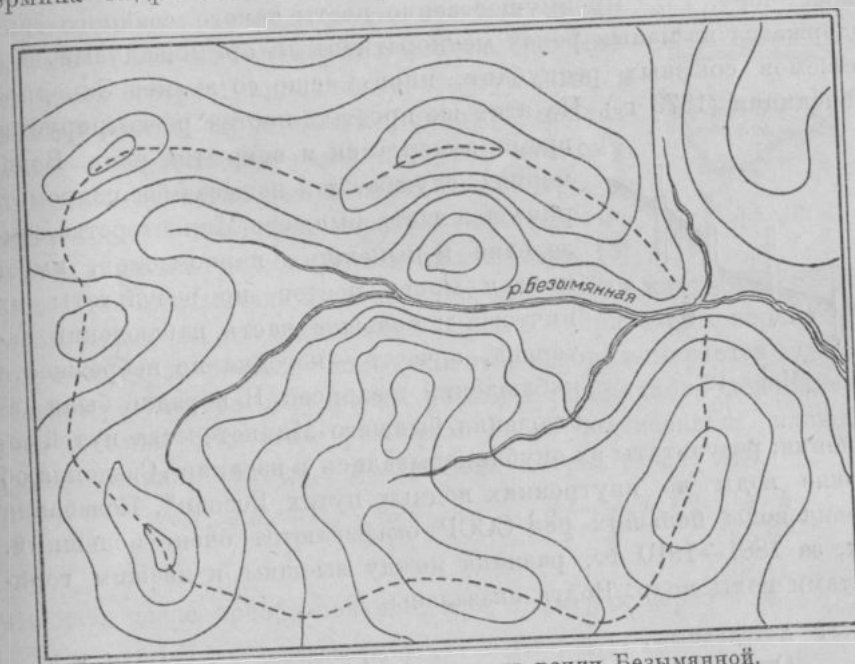
Например при длине пройденной линии в 5 км допускаемая невязка:

$$\Delta = 0,01 \cdot \sqrt{5} + 0,001 \cdot 5 = 0,027 \text{ м.}$$

Наконец наименьшую точность, но большую быстроту дает барометрическое нивелирование. Сущность этого нивелирования заключается в том, что на нескольких близких точках земной

поверхности производится одновременно определение атмосферного давления, а из физики известно, что 1 мм разности давления барометра соответствует 10,5 м разницы в высоте точек. Поэтому, зная высоту над уровнем моря исходной точки, так называемой основной станции, определенную прецизионной нивелировкой, можно получить по разности атмосферного давления высоты окружающих точек.

Гидрологическое изучение области. В узком понимании этого термина гидрологическое изучение состоит в изучении жизни



Черт. 11. Водосборная площадь речки Безымянной.

наземных вод: рек, озер, ключей; оно должно дать количественную и качественную характеристику этих объектов. Реку характеризуют следующие главные гидрологические факторы: а) водосборная площадь, б) колебания уровня воды, в) расходы воды, г) коэффициент стока.

Водосборная площадь реки есть та площадь, с которой стекает вода в данную реку. Она обычно определяется по имеющимся картам масштаба 3 версты в дюйме и реже по специальным нивелировкам; внимательно рассматривая карту, проводят на ней линию водораздела (см. выкопировку, черт. 11), и величину очерченной таким образом площади определяют планетром.

Колебания уровня воды в течение всего года изучаются на водомерных постах. Обоснованный проект мелиорации по осушению или орошению возможен лишь при знании высоты воды в реке в разное время. Простейший водомерный пост состоит из рейки с делениями, прикрепленной к свае моста или к специально вбитой свае. Такие рейки имеются при всех железнодорожных мостах, где и производятся наблюдения. Более сложный водомерный пост состоит из вбитых по откосу берега реки свай, на которые в моменты наблюдений ставится переносная рейка (черт. 12). Преимущественно посты такого свайного типа содержатся на малых реках мелиоративными организациями наркомземов союзных республик, иногда еще со времен Западной экспедиции (1873 г.). На этих же простых постах регистрируется время замерзания и вскрытия реки. Водомерная служба, так называемая гидрометрическая часть бывшего Министерства земледелия и нынешних наркомземов, имеет хотя и много постов, но результаты их ничтожны; большая часть наблюдений затеряна, а часть — негодна по небрежности наблюдений и записей. В порядке были наблюдения бывшего Министерства путей со-



Черт. 12.

общения; результаты их опубликовывались в издании „Сведения об уровне воды на внутренних водных путях России“. Колебания уровня воды больших рек СССР оказываются очень большими. Так, за 1881—1910 гг. разница между высшим и низшим горизонтами воды по р. Волге оказалась:

У Астрахани	4,5 м	У Ярославля	12,1 м
„ Сталинграда	11,2 „	„ Рыбинска	12,5 „
„ Саратова	15,3 „	„ Твери	11,4 „
„ Самары	15,0 „	„ Зубцова	12,9 „
„ Ульяновска	15,0 „	„ Ржева	6,4 „
„ Н.-Новгорода	12,9 „	„ оз. Селигера	1,8 „
„ Костромы	12,0 „		

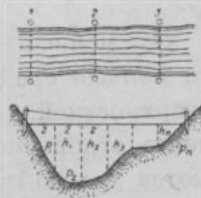
Наибольшая амплитуда оказалась на р. Оке в Калуге—18,2 м.

Чем больше колебание уровня реки, тем с большими затруднениями связана мелиорация в долинах их.

Расход воды. Понятие о расходе воды в реке чуждо обывателю и даже агроному. Между тем именно расходом, т. е. объемом воды, проходящим в секунду через данное сечение реки, характеризуется величина реки. Различают средний годовой расход воды в реке, летний (меженный) расход, наибольший и наимень-

ший расход. Знание расходов воды реки во всякое время года особенно необходимо при проектировании орошения. Каждый орошаемый гектар земли требует за вегетационный период определенное количество воды, и потому от расхода воды в реке зависит возможная к орошению площадь земли. При проектах осушения это менее важно, но и здесь установление надлежащего размера сечения регулируемой реки возможно лишь в результате знания действительного расхода воды по ней; здесь приходится иметь дело с малыми реками.

Определение расхода воды в реках производится на тех же водомерных постах. Оно производится тремя способами: поплавками, вертушками и нивелировкой. Простейший способ — поплавками — на небольших реках доступен каждому. На прямом участке речки через 10—20 м, а на реках средней величины через 50—100 м, отмечаются кольями три поперечные линии (черт. 13).



Черт. 13.

На каждой из намеченных поперечин по очереди протягивается поперек речки канат с делениями через 2 м (привязаны веревочки), против которых рейкой с лодки или стоя в воде измеряется глубина воды; в результате получаются размеры поперечного сечения водного потока. По этим размерам легко вычисляется площадь живого сечения потока в квадратных метрах (черт. 13):

$$F = \frac{2 \cdot h_1}{2} + \frac{h_1 + h_2}{2} \cdot 2 + \dots + \frac{h_{n-1} + h_n}{2} \cdot 2 + \frac{2 \cdot h_n}{2},$$

что дает после преобразования, при промерах через 2 м:

$$F = (h_1 + h_2 + \dots + h_n) \cdot 2;$$

и так называемый смоченный периметр потока:

$$P = p_1 + p_2 + \dots + p_n.$$

Из трех площадей и из трех смоченных периметров вычисляются средние величины их.

Затем надо определить наибольшую поверхностную скорость потока. Для этого бросается на середину речки, выше взятого первого поперечного сечения, поплавок — деревяшка или, самое лучшее, полунаполненная водою и заткнутая пробкой бутылка. По секундной стрелке часов, а при точных наблюдениях по особому секундомеру, определяют время прохождения поплавка по середине речки между 1 и 3 сечениями; делается это раза три; деля расстояние l между сечениями на время t прохождения

поплавка между ними, получают наибольшую поверхностную скорость течения воды v в секунду в метрах. Но скорость течения воды у берегов и у дна реки меньше поверхностной. Для вычисления расхода воды нужно знать среднюю скорость потока; она получается умножением наибольшей скорости на коэффициент α , меньший единицы и зависящий от характера русла реки и от так называемого гидравлического радиуса потока. А гидравли-

ческий радиус есть $\frac{\text{площадь живого сечения}}{\text{смоченный периметр}} = R = \frac{F}{P}$.

Чем меньше гидравлический радиус потока и грубее русло, тем меньше средняя скорость потока по сравнению с наибольшей поверхностной. Базен дает формулу для вычисления коэффициента отношения α , в результате вычисления по которой получаются для обычного речного русла такие значения

$$\alpha = \frac{v_{\text{средняя}}}{v_{\text{наибольшая}}}$$

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

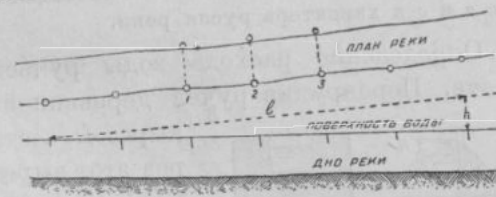
Зная площадь F поперечного сечения водного потока и среднюю скорость его v , получают секундный расход воды $Q = F \cdot v$.

Определение расхода воды рек вертушками состоит в том, что скорость потока воды определяется погружением в воду штанги с вертушкой-пропеллером на ней против течения воды; движением воды пропеллер приводится во вращение, как ветряное колесо ветром; по числу оборотов вертушки определяется, по особой формуле, скорость потока воды в точке погружения вертушки; погружая вертушку в разных местах и на разную глубину потока, получаем среднюю скорость потока. Умножением ее на площадь сечения получают расход воды.

Третий способ определения скорости воды — нивелировкой — исходит из величины уклона поверхности воды в реке. У берегов реки через каждые 50 м, всего на протяжении 200 м, вверх и вниз от выбранного и измеренного основного поперечного

сечения забивают кольца с зарубками вровень с водою. Ставя на эти зарубки рейки, нивелиром определяют разность высот уровня воды через каждые 50 м (черт. 14). Разность уровней в двух точках называется падением поверхности воды между этой парой точек. Деля падение h между двумя точками на расстояние l между ними, выраженное в тех же мерах, что и падение, получают уклон I поверхности воды между данными точками ($I = \frac{h}{l}$).

Зная уклон I поверхности воды и гидравлический радиус сечения потока, по важнейшей в гидравлике формуле Шези $v = c \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{I}$, вычисляют среднюю скорость потока в метрах в секунду, а по ней и расход воды в потоке ($Q = F \cdot v$). В приведенной формуле Шези коэффициент c , так называемый скоростной коэффициент, определяется по сложным формулам и графикам; для рек с обычным руслом величина его может браться из таблицы, составленной по формуле Базена, помещенной в конце книги.



Черт. 14.

Пример. Определение расхода воды в р. Воронеже, у города Воронежа, 24 мая 1925 года. Промерено три сечения русла, в 100 м одно от другого. Площади живых сечений оказались:

1 — 33,50 м²
2 — 32,41 „ Среднее 33,05 м².
3 — 33,23 „

Смоченные периметры сечений оказались:

1 — 36,4 м
2 — 39,6 „ Среднее 36,7 м.
3 — 34,0 „

Средний гидравлический радиус $R = \frac{33,05}{36,7} = 0,90$ м. Поверхностная скорость по измерению поплавками = 0,8 м. Поправочный коэффициент Базена при земляном русле для вычисления средней скорости:

$$\alpha = 0,74.$$

Средняя скорость потока:

$$v_{\text{ср.}} = 0,74 \cdot 0,8 = 0,592 \text{ м.}$$

Расход воды:

$$Q = v \cdot E = 0,592 \cdot 33,05 = 19,57 \text{ м}^3 \text{ в секунду.}$$

Средняя скорость потока, определенная по уклону поверхности воды получилась несколько иной: на протяжении 140 м падение уровня воды в реке оказалось 0,0295 м.

Уклон поверхности воды:

$$I = \frac{0,0295}{140} = 0,00021,$$

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

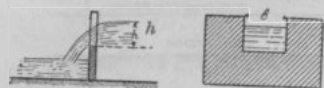
Скоростной коэффициент c при R в 0,9 м, для земляного русла, по формуле Базена (таблица в конце книги) равен 36,7; поэтому:

$$v = 36,7 \cdot \sqrt{0,90} \cdot \sqrt{0,00021} = 0,49 \text{ м},$$

$$Q = 0,49 \cdot 33,05 = 16,42 \text{ м}^3 \text{ в секунду}.$$

Заметное расхождение расходов воды, вычисленных по скорости течения, измеренной поплавками, и по скорости течения, определенной по уклону, происходит вследствие невозможности точного учета коэффициентов c и s и характера русла реки.

Определение расхода воды ручьев и ключей производится иначе. Перепрудив ручей деревянной стенкой с прямоугольным



Черт. 15.

вырезом, заставляют воду протекать через этот вырез, так называемый водослив в тонкой стенке (черт. 15); когда уровень воды перед стенкой установится, то нивелиром определяют напор h — высоту воды над ребром водослива; расход воды в секунду вычисляют по формуле гидравлики:

$$Q = m \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh},$$

где

$$m = 0,405 + \frac{0,003}{h},$$

b — ширина отверстия, h — напор (см. чертеж), $g = 9,81$. Все размеры в метрах.

Есть иные типы водосливов, например с трапецидальным, с треугольным и с круглым отверстиями.

Наконец небольшие расходы воды могут определяться непосредственным измерением. Подставляя под водослив ведро, замечают время в секундах наполнения ведра водою; зная объем ведра, получают расход воды в секунду $Q = \frac{v}{t}$; объем воды в сосуде точнее всего определяется весом воды: 1 кг воды соответствует 1 литру.

Наиболее важное значение дело измерения расходов воды, гидрометрия, имеет при

Туркменская, Узбекская ССР и др. — точно меряют отпускаемую на каждый земельный участок воду.

Сток. Выпадающие на водосборную площадь реки атмосферные осадки частью испаряются, частью просачиваются в глубокие слои грунта и по ним уходит за пределы водосбора, частью стекают по поверхности и по грунту в реку. Доля стекающей в реку воды от всего количества выпадающих осадков называется коэффициентом стока с бассейна данной реки. Коэффициент стока является важной величиной в деле изучения круговорота воды в природе, но непосредственного практического приложения к мелиорации имеет мало. Коэффициент стока с бассейнов некоторых европейских рек таков:

Днепр у Киева . . .	0,25
Висла	0,26
Эльба	0,26
Рейн	0,52
Дунай у Вены	0,53

Для мелиорации, особенно для осушения и обводнения, важна абсолютная величина стока с единицы водосборной площади. Фактический материал по величине стока с водосборных площадей небольших речек, оврагов и канав за длительные периоды времени невелик, так как материалы многочисленных водомерных постов бывшего Министерства земледелия или утеряны, или негодны для обработки. Имеется хорошо обработанный и опубликованный Е. Оппоковым материал таких наблюдений лишь по одному водомерному посту — именно в с. Дерновичах по Моховскому осушительно-сплавному каналу Гомельского округа.

Сток зависит от очень многих природных факторов: от выпадающих на водосборную площадь осадков, от среднего уклона площади, от величины и формы площади, от растительного покрова, от рода грунта. Рассматривать вопрос о стоке здесь в общем виде мы не будем вследствие сложности его. За скудностью фактического материала он очень различно решается в осушении и обводнении и потому будет рассмотрен в соответствующих отделах.

Гидрогеологическое изучение области в приложении к мелиорации состоит в исследовании жизни подземных водоносных горизонтов. Это исследование наиболее важно в областях массо-

срубные колодцы; 2) то же — второго от поверхности водоносного горизонта, из которого питаются обычно бетонные и буровые колодцы; 3) то же, если имеется, третьего горизонта, которым питаются глубокие буровые колодцы, иногда с самоистекающей водой; 4) последовательность залегания геологических отложений и характер их; условия прохождения их бурением и устройства колодцев; содержание в них

стику жизни этих источников орошения в течение всего года. Гидротехника должна выяснить технические условия отвода воды из реки: грунт, берега, скорость течения, движение наносов и т. п.; примерную возможную площадь орошения как по количеству воды в реке, так и по характеру поверхности района; примерную стоимость орошения.

исследования для хозяйственных и

	Число колодцев	В процентах
6—9 м	233	12,09
9—11	137	7,11
11—13	63	3,27
13—15	48	2,49
15—17	11	0,57
17—19	11	0,37
19—28	4	0,23

5. Срубы сплошь из дуба имеют — 71,4% колодцев, смесь дуба с другой породой — 9,14%, без дуба — 19,46%.

6. Подъем воды из колодца:

В процентах	
Журавлем	28,28
Воротом	8,46
Блоком	6,32
Насосом	0,05
Без устройств	56,00

Прикреплена бадья на 14% колодцев. Имеет крышку или навес 6% колодцев.

7. Буровых колодцев к 1912 г. было 12. Наибольшая глубина — 79 м наименьшая — 47 м.

8. Площадь зеркала воды в прудах:

	Число прудов	В процентах
Менее 700 м ²	41	22
От 700 до 1400 м ²	37	19
" 1400 " 2700 "	34	18
" 2700 " 6800 "	47	25
" 6800 " 14000 "	20	10
" 14000 " 27000 "	2	1
" 27000 " 46000 "	4	2
	185	

9. Водосливов:

Каменно-бетонных	9
Деревянных	11
Мощенных	39
Задернованных	15

4) *Типы и основные размеры будущих сооружений.* Сюда относится исследование качества воды для орошения и водоснабжения, выбор способа мелиорации: орошения — лиманного, чекового, по бороздам и др.; осушения — открытыми канавами, обвалованием, дренажем и др.; типов колодцев — буровых, бетонных и др.; способов подъема воды для орошения — паровыми насосами, водяными колесами и др. Основаниями к решению этих вопросов является пример и состояние ранее произведенных крупных и мелких работ: осушительных — преимущественно в Белоруссии и западных губерниях РСФСР, оросительных — в Узбекской ССР,

В 1906—1908 гг. производились общественные работы.

Средней Азии, на Кавказе и отдельных местах юго-востока РСФСР, обводнительных — в Черноземной полосе, юго-востоке РСФСР, и на Украине. При перенесении опыта работ из одного района в другой необходим учет местных природных и бытовых условий.

5) *Расчетные нормы пополнения недостатка или отвода излишка воды.* Разрешение этих вопросов составляет задачу особой так называемой гидромодульной части. Гидромодульная часть изучает фактические нормы (модули) орошения и осушения, т. е. сколько в действительности потребляется воды на орошение гектара какой-либо культуры, и оптимальные нормы, т. е. сколько в данной области нужно растению воды для своего лучшего развития. Изучается оптимальный модуль на опытных станциях. Так как количество воды в реках в районах орошения ограничено, то всякий лишний расход воды на гектар уменьшает число орошаемых гектаров. Поэтому при проектировании орошения выбор расчетной нормы орошения — основной вопрос, от которого зависят орошаемая площадь и размеры основных устройств: каналов и шлюзов. Важно конечно не только общее количество потребляемой воды, но и распределение этого потребления во времени.

Кроме того на опытных же станциях и путем наблюдений над действием осушительных мелиораций вырабатываются наиболее целесообразные расстояния между осушительными или оросительными канавами, наиболее целесообразная глубина канав и уклон их по дну.

6) *Жизнь неудобных земель.* Болота растут вверх и в стороны от накапливающегося на них органического вещества; пески растут в стороны под действием ветра; овраги размываются действием воды, — лицо земли меняется под действием природных факторов. Мелиоратор должен знать жизнь объектов своих работ в области, в частности динамику их. О приемах изучения роста болот изложено в отделе описания неудобных земель.

Почвенное и ботаническое изучение области в связи с мелиорацией должно дать общие сведения о почвах области и подробные сведения о почвах, нуждающихся в мелиорации. По почвенным исследованиям имеются свои инструкции и приемы работ, далекие от специальности мелиоратора. При составлении проектов мелиорации необходимо знать, какова глубина почвенного покрова, и что под ним; какова будет потребность почвы в удобрении; каковы физические свойства почвы, особенно по отношению к воде: капиллярность, проницаемость, влагоемкость; не произойдет ли ухудшения физической структуры почвы; каков химический состав почвы; имеется ли опасность засоления.

А. Л. Дубах.

ния. При исследовании должны быть вырезаны без нарушения структуры образцы почв в виде вертикальных столбов.

Ботаник должен дать сведения о растительных сообществах на землях, удобных и неудобных, изучаемого района, о составе и количестве урожая трав в различных водных, почвенных и топографических условиях произрастания их, о ходе развития растений в разных условиях, о сорных травах на полях и лугах. В результате ботанического исследования должны быть составлены гербарии растений для всех характерных естественных условий области. Ботаник должен приложить два метода исследования: стационарный, сосредоточив свое внимание в течение всего времени исследовательской работы на жизни растений на избранных типовых участках, и рекогносцировочный, изучая распределение флоры по всей территории удобных и неудобных земель области.

Экономическое изучение области в отношении ее к мелиорации дает сведения о распределении земель по угодьям: поля, луга, леса, болота, пески, солонцы, овраги, воды; о приемах эксплуатации разных видов удобных и мелиорированных угодий; о производительности угодий в естественном виде их и при культуре; о форме и величине землепользования; об условиях сбыта продуктов; об экономических результатах произведенных и будущих мелиораций.

Приемы исследования: анкетный путь — рассылка вопросных листов, и экспедиционный — опрос на местах; при этом может быть сплошное и выборочное обследование.

Заключение. Таким образом всестороннее общее изучение области в отношении ее к мелиорации требует изыскательской партии, состоящей из многих специалистов. За последние перед войною годы, когда делу мелиорации стало придаваться большое значение, в числе мероприятий по развитию сельского хозяйства было сформировано несколько таких больших партий и значительное число партий уменьшенного масштаба. Такая мощная исследовательская организация была создана в 1914 г. в Нижнем Поволжье; она успела издать несколько выпусков по своим работам. Особенно всестороннее развитие получили изыскания в Туркестане, в районах предполагаемого орошения; однако многие материалы работ туркестанских партий за время войны пропали, и поэтому ныне исследовательская работа там интенсивно возобновилась¹.

¹ Комплексная партия производит сейчас изыскания по орошению Заволжья, комплексная партия работает по мелиорации земель при реке Кубани, по осушению болот на реке Орессе в БССР и др.

Не следует однако думать, что без общего всестороннего изучения области нельзя приступать к текущей мелиорации в ней. Изучение области идет попутно с работами, а установление наиболее целесообразных типов работ и расчетных норм только и может быть сделано в процессе действительных мелиоративных работ. Действительное знание области и мелиоративная опытность достигаются специалистом только детальным ознакомлением с материалом чужих исследований, личными осведомительными объездами и производством работ. *Исследование не должно на много предшествовать работам*, иначе ко времени приступа к работам оно окажется устаревшим, образно говоря: лопата не должна отставать от нивелира.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ОСУШЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ

Общие соображения и типы осушения. Избыток воды в почве влечет за собой целый ряд неблагоприятных последствий¹.

1. Вода, занимая промежутки между частицами почвы, затрудняет доступ воздуха в почву, что не только замедляет и останавливает химические и биологические процессы перехода содержащихся в почве неусвояемых растениями веществ в формы усвояемые, но и вызывает явление обратное — переход содержащихся в почве готовых питательных для растений веществ в вещества неусвояемые и даже вредные (закисные соединения) для растений.

2. Из почвы, более богатой влагой, больше ее и испаряется, а при испарении воды поглощается значительное количество тепла из остающейся воды, прилегающих слоев воздуха и из самой почвы. Низкая же температура почвы влечет ряд неблагоприятных для хозяйства последствий: а) процессы перехода неусвояемых для растений веществ в почве в усвояемые формы замедляются; б) прорастание семян растений происходит значительно медленнее; в) дальнейший рост культурного растения идет также медленно, что увеличивает опасность зарастания пахотного участка менее требовательными сорными травами; г) при ночном понижении весной общей температуры воздуха ниже нуля и температура воздуха у поверхности почвы опускается ниже этого предела, вследствие чего молодые растения гибнут от заморозков.

3. Весенняя обработка полей может быть начата на низменных сырых местах только значительно позднее нормального времени и кроме того сопряжена со значительными трудностями, а обработка мокрых лугов, не говоря о болотах, оказывается совершенно невозможной.

4. Качество сена на лугах и корма на пастбищах не может быть хорошим на сырых местах, так как здесь преобладают грубые травы из семейства осоковых; засеянный злаками и дру-

¹ Извлечено из книги Дубах и Спарро, Осушение болот открытыми канавами, 1918 г.

гими кормовыми растениями сырой искусственный луг вновь покрывается дикими травами в более короткое время.

5. Некоторые из культурных растений вовсе не мирятся с избытком влаги в почве, и потому культура их на этого рода почвах исключается.

6. Значительные пространства почв вследствие избытка влаги обращаются в болота, недоступные не только для какой-либо культуры, но и для прохода и проезда.

7. Районы с обширными заболоченными пространствами для человека не только не здоровы вследствие ежедневных туманов, но бывают и губельны вследствие развития опасных болезней (малярия и разные другие местные болезни).

8. Наконец неканализованные болота, высыхая в засушливые годы путем испарения не менее, чем канализованные болота, но будучи в то же время менее плотными, чем последние, легче воспламеняются в эти годы с поверхности и быстрее пропускают пламя вглубь; распространению же пламени в горизонтальном направлении на неканализованном болоте вовсе нет преград.

В зависимости от причин заболачивания и рельефа поверхности, а также от самой цели мелиорации, на данной местности для осушения ее или для прекращения роста заболачивания применяется один из нижеследующих типов осушительных работ:

1) Преграждение доступа как верховой, так и грунтовой воды на участок извне окопкою его по периферии так называемыми нагорными канавами, попадая в которые все эти воды будут отводиться в ближайшую реку, магистральный канал и т. п.

2) Отвод преимущественно верховой воды с участка редкой сетью открытых каналов-каналов, выводимых в речку.

3) Отвод преимущественно грунтовой воды с участка густой сетью подземных дрена (дрены фашинные, торфяные, каменные, деревянные, глиняные трубы).

4) Уничтожение всех искусственных заграждений реки: мельничных плотин, узких отверстий мостов, лесных завалов, заграждений для рыбной ловли и пр., а также углубление и спрямление русла реки.

5) Ограждение затопляемого речной (озерной и морской) водой участка дамбою с выпуском воды с него самотеком во время низкого стояния горизонта воды в реке или с искусственным перекачиванием ее в реку.

6) Абсолютное повышение поверхности земли участка кольматажем (осаждением взмученных частиц земли из воды, которой

затопляется участок), навозкою земли со стороны или насыпкою широких параллельных гряд-полос земель, вынимаемой на том же участке при рытье канав между грядами.

7) Бурение подпочвы до водопроницаемого слоя, который мог бы принять в себя через пробуравленное отверстие воду с поверхности (голландский способ), причем может быть устроено или одно хорошо обделанное отверстие, к которому подводятся воды канавами, или масса отверстий малого диаметра.

8) Посадка растений, сильно испаряющих воду, например подсолнечника, эвкалипта.

В обычных условиях сельского хозяйства у нас находят применение пока только четыре первые типа работ, каждый в отдельности и все вместе взятые; так например при устройстве подземного дренажа всегда необходимы и открытые каналы в роли приемников воды, и иногда оказывается нужным понижение уровня воды в реке, прилегающей к дренируемому участку. Осушение открытыми каналами-канавами и осушение подземными каналами-дренами суть два наиболее распространенных вида осушения; поэтому вопрос о недостатках и преимуществах осушения канавами и дренами ставится обычно на первом месте, причем указывается ряд недостатков и неудобств осушения канавами:

1) Открытые каналы занимают некоторую площадь земли, пропадающую в смысле сельскохозяйственного использования ее.

2) Сообщение по участку, прорезанному канавами, и обработка его значительно затрудняются, несмотря даже на устройство переездов, требующих притом особых затрат.

3) Для поддержания канав в исправности требуется частый ремонт их, как вследствие сползания откосов их, так и зарастания дна и стенок растениями.

4) Откосы и берега канав являются рассадником сорных трав, которые быстро переходят на поля и развиваются здесь в ущерб культивируемым растениям.

5) При морозах дренирующее действие канав иногда совершенно прекращается, а между тем в это время (зимой и раннею весною) оно наиболее необходимо.

В силу указанных недостатков многими авторами признается, что осушение канавами есть прием устаревший, вообще нерациональный, и потому его следует избегать, применяя лишь подземные дренажи; исходя из этого в руководствах по сельскохозяйственным мелиорациям изложению осушения открытыми канавами уделяется обычно весьма мало внимания. Однако это распространенное мнение о нерациональности осушения канавами непра-

вильно как вообще, так и в частности по отношению к экстенсивным условиям нашего хозяйства.

Неправильно вообще потому, что устройство открытых каналов необходимо и иногда не заменимо подземным дренажем в местах:

1) где нужен быстрый отвод большого количества поверхностной воды, собирающейся от дождей и таяния снегов не только на данном участке, но и притекающей со стороны;

2) где поверхность земли имеет уклон недостаточно большой для движения воды по подземным трубам;

3) где нет приемников для дренажной воды — рек, оврагов и т. п., в которых горизонт меженной воды стоял бы достаточно низко от поверхности земли;

4) где наряду с осушением необходим, при засухе, и искусственный подъем воды для орошения; при осушении канавами это достигается простым шлюзованием их; при осушении подземными дренами это возможно только путем устройства сложных приспособлений, и притом с опасностью быстрого засорения дрена;

5) где по условиям экономическим (условия сбыта, наличие капитала и пр.) или физическим (свойства почвы и пр.) возможна только экстенсивная форма хозяйства, и потому лишь малые затраты на мелиорацию, и где необходима легкость наблюдения и простота ремонта.

Общее игнорирование приемов осушения открытыми канавами неправильно в частности и потому, что все перечисленные ранее недостатки и неудобства, проистекающие от проведения канав, имеют место только в условиях интенсивного хозяйства; в условиях же экстенсивного хозяйства указанные отрицательные стороны открытых канав совершенно ступшеваются, а некоторые обращаются даже в положительные, так как:

1) При осушении значительных торфяных болот в целях обращения их в сенокосы осушительные каналы проводятся обычно на таком расстоянии (см. далее о расстоянии между осушительными канавами) друг от друга, что при ширине канавы по верху в 3—4 м потеря площади, притом весьма малоценной, совершенно ничтожна; даже при интенсивном осушении лугов под культуру с расстоянием между канавами до 50 м потеря площади при ширине канав по верху 2 м составляет всего 4%.

2) Вынимаемая из канав земля может служить для устройства вдоль канав, на некотором расстоянии от них, сеновозных дорог, вследствие чего проведение открытых канав не затруднит, а на-

против облегчит сообщение по болоту; устройство моста через обычную канаву обходится не дороже 75 рублей.

3) При периодическом ремонте канав через каждые 4 года с затратой не более 35 рублей на километр протяжения осушительная сеть будет вечна, причем всякое засорение канавы в отдельных местах легко устранимо; подземный же дренаж, редко требуя частичных ремонтов, приходит через некоторое время (20—30 лет, а в условиях неблагоприятных и при фашинном дренаже и гораздо скорее) в совершенное расстройство и требует перекладки заново.

4) На торфяных болотах дренажное действие канав часто не прекращается всю зиму; вода в канаву просачивается через дно и нижнюю часть откосов, которые обычно не замерзают, так как, во-первых, защищены снегом, наполняющим канавы доверху, а во-вторых, непрерывный ток просачивающейся грунтовой воды содержит в себе достаточно тепла, чтобы предохранить дно канавы в торфяном болоте от замерзания.

Из изложенного ясно, что в условиях хозяйства СССР, где насущнейшей мелиорацией является осушение болот в целях обращения их в культурные луга и пастбища, устройство открытых осушительных каналов на них является приемом мелиорации не устаревшим, а, напротив, и экономически, и технически рациональным, а во многих случаях даже единственно возможным.

Инструментальные изыскания. При осушении небольших площадей и узких полос, когда сток воды в речку или ложбину ясно виден, возможно иногда обойтись без предварительных инструментальных изысканий, но и в этом случае для получения средств на работу необходим промер линий, описание осушаемой площади, соображения о стоимости и о результатах работы, схематический чертеж и т. п.

В общем же случае требуется подробное инструментальное исследование, состоящее в съемке, нивелировке и зондировке мелиорируемой площади и в детализации для данной площади сведений по метеорологии, гидротехнике, ботанике, экономике и другим вопросам, требующимся при общих исследованиях.

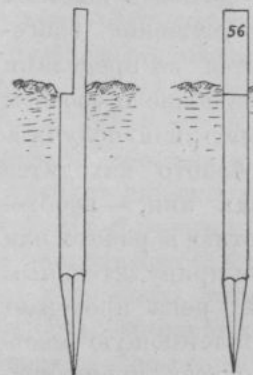
Точная геодезическая съемка обходом нужна лишь в случае выделения мелиорируемой площади из общей площади землепользования, и тогда она производится по общим правилам съемки. Обычно же возможно ограничиться той съемкой, которая получается в процессе нивелировки площади.

Решающее значение для выбора способа осушения имеют цель осушения и характер водоприемника; с этого последнего и необходимо начать изыскания.

Если по исследуемой площади протекает речка в высоких берегах или проходит ложбина, — условия для осушения благоприятны. Если такая речка и ложбина находятся за пределами данного землепользования, — надо войти в соглашение с соседом о прорытии водоотводной канавы через его землю или получить это право через земельные органы. Если болото находится в пользовании многих отдельных юридических лиц, — необходимо привлечь их всех к добровольному участию в работе или провести это участие через земельные органы с принудительным привлечением несогласного меньшинства. Если река протекает в низменных берегах, и вода ее затопляет прилегающую местность, то осушение болота возможно лишь после прочистки, а иногда и спрямления реки, что очень удорожает работу. Если на реке имеется мельничная плотина, заставляющая воду выступать из берегов реки, то работа очень осложняется; необходимо доказать невозможность осушения местности без уничтожения мельницы и провести это дело через судебные или административные органы. Подобные затруднения юридического характера очень часты, и большие площади болот в довоенное время оказывались недоступными для осушения; советское законодательство по этим вопросам не завершено; водный кодекс еще вырабатывается, и отдельные случаи о сносе мельниц решаются пока в административном порядке — постановлениями окружных и уездных исполкомов, а население для проведения мелиорации объединяется в мелиоративные товарищества, установленные декретом Совнаркома от 22 декабря 1923 года. При надежде на удовлетворительное разрешение юридической части приступают к самым изысканиям.

Пикетаж и нивелировка. Приблизительно по середине площади прокладывается вешением и забивкою пикетов основная ось нивелировки, — делается пикетаж; расстояние между пикетами в 100 или 200 м, в зависимости от характера поверхности и величины площади осушения, отмеряется землемерной лентой; пикет состоит из двух кольев: одного — забиваемого в уровень с поверхностью земли (точка), другого — рядом с ним, торчащего над землею (сторожок), с надписью номера; на торфяных болотах забивается часто по одному колу с вырезанным уступом вровень с прижатой ногою поверхностью болота (черт. 16). Грунт торфяного болота упруг, иногда зыбок, и потому для необходимой устойчивости

пикета приходится употреблять колья диаметром до 7 см, длиною до 1,75 м. На больших болотах через 500 и даже через 1000 м, а на малых болотах и на минеральном грунте — через 100 м, прокладываются от основной оси поперечные ходы, выводя их по обе стороны на суходол с расстановкою пикетов, как по оси (черт. 17). Чтобы избежать двойной нивелировки по осям, часто прокладывают замкнутые полигоны, по которым ошибка контролируется невязкой в полигоне (черт. 18).



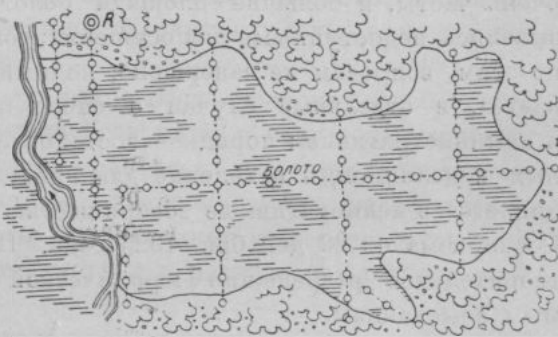
Черт. 16.

Нивелировка производится обычно нивелиром системы ЭГО с перекладной трубой; это очень простой и достаточно точный нивелир, поверки и исправления которого доступны на месте технику; его довоенная цена 150 руб.; недостаток его — громоздкость ящика, занимающего объем 0,0256 м³. Поэтому перед войною стал входить в употребление нивелир Цейса с объемом ящика 0,0072 м³ (большой Цейс), т. е. в 3 1/2 раза меньше ящика нивелира Герляха. Стоимость „Цейса“ довоенная 225—руб., установка его быстра, но поверки и исправления трудны. Хотя процесс нивелирования элементарен, но безошибочная работа требует навыка техника и добросовестности рабочих, держащих рейки. Допускаемая невязка при нивелировке ходовых линий указана в отделе общих исследований, допустимая невязка для поперечных и прочих детальных ходов может быть вычислена по формуле:

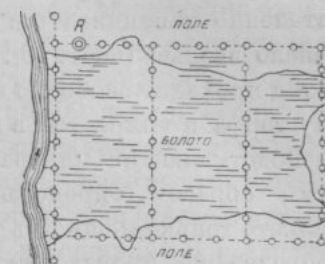
$$S = m \cdot \sqrt{2n},$$

где m — допускаемая ошибка при отсчете по рейке; она равна 0,004 м при расстоянии между пикетами в 100 м и 0,008 м при расстоянии в 200 м; n — число стоянок инструмента.

Каждая нивелировка должна быть привязана к реперу с условной отметкой, обычно в 10 м, если нет высоты его над уровнем



Черт. 17.



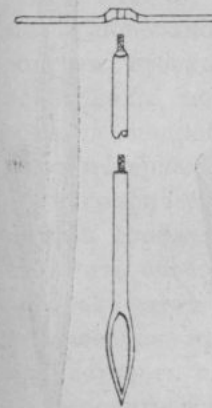
Черт. 18.

моря. Репером является зарубка на пне срубленного дерева, зарубка на специально врытом в землю столбе, заметки на фундаментах здания и т. п.; на нем должен быть написан номер и год установки.

Размеры протекающих по участку речек и существующих канав должны быть измерены, уровень воды в них и берега занивелированы; водоприемник промеряется и нивелируется до того места, где он уже никакой расчистки не требует.

Определение ширины по дну русел и старых канав может быть произведено лишь с очень малой точностью; для этого с обеих сторон канавы опускают наклонно рейки, скользя ими по откосу до тех пор, пока они упрутся в дно. Нащупав таким образом дно канавы, ставят рейки вертикально и промеряют поперек канавы расстояние между ними.

Зондировка. Знание грунта осушаемого участка необходимо. Если осушается минеральный грунт, то исследование его производится вырытием пробных ям — шурфов, на вертикальных стенках которых можно видеть и замерить положение слоев грунта и взять образцы его для механического анализа; анализ считается необходимым при проектировании подземного дренажа, так как расстояние между дренами назначается в зависимости от крупности частиц грунта. В дополнение к шурфам на минеральном грунте могут высверливаться тарелочным американским буром цилиндрические скважины, из которых извлекается буром грунт в нарушенном состоянии; тарелочным буром возможно идти вглубь и со дна вырытого шурфа. Если шурфы и скважины взяты на каждом пикете, т. е. через 100 м, то получится хорошее представление о грунте, разны



Черт. 19.

разные горизонты которого можно будет выражать графически в горизонталях. При всем этом необходимо отмечать уровень грунтовой воды на участке; при рытье ям или при дальнейшем углублении их буром на стенках ямы или скважины показывается вода; через сутки просачивающаяся в яму вода заполнит яму до определенной высоты; вот эта поверхность установившейся в скважине воды и считается уровнем грунтовой воды — уровнем как бы подземного моря.

Если осушается торфяное болото, то зондировка его состоит в определениях глубины торфа и рода торфа на разных глубинах. Простейший торфяной зонд состоит из остроконечной железной штанги, на которую может по-

степенно навинчиваться любое число звеньев (черт. 19). Такой зонд проходит свободно через всю толщину торфа и упирается в дно болота, т. е. в подстилающий минеральный грунт; таким образом определяется на каждом пикете только мощность торфа, взятие же образца не производится. Если необходимо взятие образцов торфа с разных глубин для исследования, то наиболее совершенным для этой цели является зонд Гиллера (черт. 20); он имеет наконечник в виде внутреннего пустого цилиндра с вертикальной щелью, которая при вращении зонда в одну сторону автоматиче-



ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЕЗ



Черт. 20.

чески закрывается оболочкой внешнего цилиндра, вращающегося на внутреннем цилиндре; при вращении в другую сторону внешний цилиндр открывает щель внутреннего; манипуляцией вращения мы можем на любой глубине погружения в торф открыть щель наконечника и забрать образец торфа, затем щель закрыть и вытащить на поверхность образец. Необходимо захватить наконечником и образец подстилаю-

щего грунта, особенно если он расположен недалеко от поверхности. Простейший анализ торфа — это определение зольности его. Промежуточным между зондами простейшим и Гиллера является торфяной зонд Сытина (черт. 21), наконечником которого является заостренный книзу и открытый сверху пустотелый конус; при опускании зонда вниз полость остается пустой,



Черт. 21.

при поднимании полость конуса заполняется торфом; недостатком этого зонда является то, что в полость может попасть торф с разных глубин.

Обработка результатов изысканий. Способы вычисления отметок поверхности и производства анализов образцов, определения растений и т. п. известны из соответствующих курсов геодезии, химии и ботаники. На план масштаба 1:5000 натур. величины (50 м в 1 см) наносят ходовые линии нивелировки, отмечают точками места пикетов, пишут при каждом пикете его номер, отметку поверхности земли и глубину торфа или иного грунта. Таким образом получают „рабочий план“ изысканий. В развитие его составляется затем беловой план с проведением на нем линий одинаковой высоты поверхности — горизонталей, или изогипс поверхности, по которым, с учетом глубин торфа и иных условий, проектируется расположение осушительной сети.

Для более детального изучения характера исследованной площади следует еще на особом плане показать: 1) глубины торфа или иного грунта — глины, песка, провести линии, соединяющие точки с одинаковой глубиной данного грунта — изобаты торфа, глины и т. п.; 2) вычислив отметки дна торфяного болота (отметка поверхности минус глубина торфа), можно провести горизонталю, изогипсы, дна болота; 3) имея отметки уровня грунтовой воды, можно провести изолинии грунтовой воды. Таким образом подробно произведенные инструментальные изыскания дают материал для всестороннего изучения местности применением графического метода. План в горизонталях с показанием глубин торфа или иного грунта дает возможность окончательно выяснить способ осушения и спроектировать осушительную сеть, которая затем должна быть намечена на местности кольями; перенесение проектированных по плану линий канав или дрена на местность называется трассировкою линий.

Основные свойства почв по отношению к воде. Этот обширный отдел излагается в курсах земледелия, и потому здесь необходимо лишь напомнить основные для мелиорации положения:

1) Водопроницаемость почвы определяется временем, в которое вода проходит через определенный слой почвы. По проницаемости встречающиеся в мелиоративной практике грунты располагаются в таком порядке: песок, наносный речной грунт, торф луговой, глина, торф моховой. Чем меньше в торфе минеральных веществ, тем меньше его водопроницаемость. Движение воды в грунтах очень медленно и определяется довольно произвольно одним метром в сутки в почвах средней проницаемости.

2) Влагоемкость характеризуется весовым количеством воды, удерживаемой почвою в своих порах, выраженным в процентах от веса сухой почвы. По влагоемкости почвы образуют такой ряд (по Сибирцеву) с округлением:

Глинистый чернозем	44%
Суглинок	33 "
Супесь	22 "
Песок слабоглинистый	18 "
Торф травяной и лесной	300—700 "
Торф моховой	до 1000 "

Это значит, что 1 кг сухого торфа может удержать в себе 10 кг воды. По другим данным влагоемкость мохового торфа доходит до 1500%.

3) Капиллярность характеризуется высотой и быстротой поднятия воды вверх по грунту. Основные почвы характеризуются по Перельсу следующей высотой поднятия воды:

Крупнопесчаная	от 0,25 до 0,3 м
Суглинок	" 0,45 " 0,6 "
Глина	" 1,00 " 1,25 "
Торф	— 6 "

4) Отдача воды растениям. Растения требуют содержания в почве следующих запасов воды по весу:

	Для удовлетворительного роста ¹	Для возможности существования ²
В песчаной	10%	1,5—2%
" глинистой	3 "	7—10 "
" луговой болотной	65 "	} 40—50 "
" моховой	70 "	

Эта табличка показывает, что растению труднее всего выбирать воду из торфа.

Сопоставление проницаемости, влагоемкости и капиллярности торфа и других почв приводит к заключению, что торф много поглощает воды, трудно отдает ее канавам и растениям, много испаряет и может высыхать на большую глубину. Напротив, песок легко пропускает через себя воду вглубь и в осушительные каналы, легко отдает ее корням растений и мало испаряет, так как верхний высохший слой не увлажняется капиллярным поднятием.

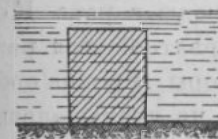
Кроме того торф отличается от минеральных почв своими тепловыми и механическими свойствами. Вследствие своего чер-

¹ По Габерландту.

² По Фоглеру.

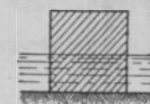
ного цвета поверхность сухой открытой торфяной почвы сильнее нагревается солнечными лучами, и молодые растения на торфяной почве с нарушенной обработкой капиллярностью подвержены большей опасности выгорания. Вследствие плохой теплопроводности торфа нагревание и охлаждение его поверхности очень медленно передается вглубь; наблюдения показывают, что торфяные болота промерзают на значительно меньшую глубину, чем почвы минеральные, но, несмотря на это, оттаивают весной позднее.

Специфичное свойство торфа — сильное уменьшение объема при высыхании и упругость, что имеет результатом осадку торфяного болота после осушения его. В пересыщенном водою сверх его влагоемкости торфяном болоте торф находится в состоянии тела, погруженного в воду, и потому теряет в весе столько, сколько весит вытесняемая им вода (черт. 22). Легкий моховой торф даже всплывает в воде. Но если грунтовая вода,



Черт. 22.

в которую погружен торф, на болоте понизится та часть торфяного слоя, которая окажется выше уровня грунтовой воды, уже ничего не будет терять в своем весе и надавит на нижележащие погруженные в воду слои торфа силою своего веса и веса



Черт. 23.

той воды, которую он удерживает своей влагоемкостью (черт. 23). Вследствие этого произойдет сжатие всей толщи торфа от дна болота до поверхности его, и вбитые в дно болота сваи в уровень с поверхностью торфа после осушения торфяника как бы вылезут из него.

Осушение открытыми канавами. Недостатки и преимущества открытых канав уже были указаны. При осушении открытыми канавами приходится разрешать вопрос о глубине канав и о расстоянии между канавами, о расположении канав, ширине и уклоне канав, о крутизне и креплении откосов, о шлюзах и мостах; важность этих вопросов зависит от величины осушаемой площади.

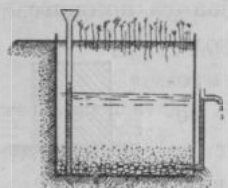
Глубина канав. Развитие растения зависит в сильнейшей мере от содержания влаги в почве, а влажность корневого горизонта почвы зависит в большой мере от уровня грунтовых вод и от капиллярности грунта.

Осушение и является техническим средством для понижения уровня грунтовой воды до наилучшего для растений расстояния от поверхности земли.

По разнородным наблюдениям наилучшим расстоянием уровня грунтовой воды от поверхности земли является: для развития

хорошей луговой флоры 0,50 м, для полевых культур 0,75—1,25 м, для садов 1—1,3 м.

Первыми систематическими наблюдениями над развитием естественной луговой флоры у нас были наблюдения А. Колесова на лугу в долине р. Лопани под Харьковом, опубликованные в 1899 г. Колесов на основании многолетних наблюдений над уровнем воды р. Лопани установил сначала среднюю высоту в реке за апрель—сентябрь месяцы и назвал эту высоту воды ординаром; затем всю исследованную часть поймы р. Лопани в 115 м он разделил по высоте на три зоны: 1) возвышенные места, или горбы, никогда не затопляемые, выше 1,2 м над ординаром; 2) собственно поемный луг, затопляемый весной, но свободный от воды летом, высотой от 0 до 1,2 м над ординаром, и 3) низменные места, лежащие ниже ординара. Наибольшее число ботанических видов растений и наибольший урожай



Черт. 24.

трав оказались на высоте 0,53—0,71 м над ординаром, и потому эту высоту воды в реке Колесов считает самой благоприятной для развития естественной луговой флоры. Уровня собственно грунтовой воды здесь не наблюдалось, и таковой принят в среднем совпадающим с летним уровнем воды в реке. Долгое время эти наблюдения были у нас единственными. Но в настоящее время имеется ряд наблюдений, производимых по иному методу. На болотных опытных станциях поставлены наблюдения над ростом трав в лизиметрах — ящиках, набитых грунтом при искусственно поддерживаемых уровнях грунтовой воды. Лизиметр представляет собою ящик из цемента с поверхностью 80 × 80 см или больше, глубиной 50 см и больше. Ящики наполняются торфом или иным грунтом. Следующий уровень грунтовой воды в 50, 40, 30 и т. п. сантиметров от поверхности грунта поддерживается в лизиметре двумя трубками: по одной вода наливается, по другой — стекает избыток против назначенного уровня (черт. 24). Поставленные таким способом опыты на болотном опытном поле в Иенчепинге (Швеция) дали следующий результат для высеванных на торфяном грунте лизиметров травяных смесей (см. табл. на стр. 65).

Так как 1911 г. был жаркий, то по этим наблюдениям можно считать, что наибольший урожай в обычное лето получается на торфяной почве при уровне грунтовой воды на 50 см от поверхности.

Наконец третий метод установления наиболее благоприятного для роста растений уровня грунтовой воды состоит в посеве

Урожай с площади 80 × 80 × 4 см²

Уровень грунтовой воды от поверхности в сантиметрах	1910 г.		1911 г.	
	Смесь трав для сухих лугов в г	Смесь трав для мокрых лугов в г	Для сухих ²	Для мокрых ²
50	1 525	1 466	1 460	975
40	1 296	1 488	1 555	1 080
30	1 130	1 175	1 320	1 265
20	970	907	1 470	1 075

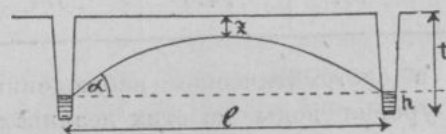
трав на опытных делянках и в систематическом наблюдении помощью смотровых колодцев уровня воды на этих делянках. Опыты на Баглачевском болотном опытном поле (Владимирская губ.) в 1916 г. дали следующие урожаи с делянок в 4,5 м²:

	Средняя глубина грунтовых вод за вегетационный период в сантиметрах	Урожай сена в тоннах с гектара
Тимофеевка	38	7,0
	41 лучшая	7,5
	60	6,9
Лисохвост луговой	38 лучшая	3,1
	40	1,9
	49	1,1
Клевер красный	38	0,7
	39	1,1
	48 лучшая	1,3
Смесь (красный клевер, тимopheевка, шведский клевер, лисохвост)	36	5,2
	39	5,6
	43 лучшая	6,4
Смесь: те же плюс овсяница и костер	38	4,2
	38 лучшая	6,8
	43	6,2
Смесь: те же плюс полевица	37	4,5
	39	6,3
	44 лучшая	6,9

Имеется обильный материал по таким наблюдениям и на других болотных станциях, но и приведенных данных по учету

урожаю сена с лугов на разной высоте над уровнем летних вод в реке, в лизиметрах при разных постоянно поддерживавшихся уровнях грунтовой воды и на опытных участках при колебавшихся естественных уровнях воды — достаточно для того, чтобы считать наилучшим стоянием грунтовой воды для луговой флоры расстояние в 50 см от поверхности земли.

Действие канав на уровень грунтовой воды двойное — косвенное и прямое. Косвенное действие заключается в том, что откры-

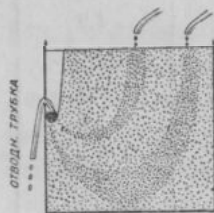


Черт. 25.



Черт. 26.

тые канавы, прорытые хотя бы на большом одна от другой расстоянии, отводят с болота поверхностную воду; как только стекла поверхностная вода, — начинается испарение грунтовой воды, и ясно, что, чем оно раньше началось, тем ниже станет поверхность грунтовой воды. Прямое действие канав на уровень грунтовой воды состоит в том, что вода благодаря водопроницаемости грунта движется по порам его в канаву. Под влиянием косвенного и прямого действия канав уровень грунтовой воды устанавливается по кривой эллиптической линии (черт. 25), понижающейся по мере приближения к канаве. Эта кривая резко выражена, когда слабо испарение, например зимою. В летнее же время преобладает испарение, которое выравнивает уровень грунтовой воды в прямую линию независимо от расстояния между канавами (черт. 26), а в засушливое лето спускает грунтовые воды ниже дна канав, особенно в грунтах с большой капиллярностью (торф).



Черт. 27.

Движение воды в грунте к осушительным канавам происходит по сложному пути. Если насыпать в стеклянный ящик однородного песка (черт. 27), заложить вдоль одной стенки ящика желобок, а у противоположной стенки вводить на поверхность песка окрашенную воду (опыты Пеннинга), то, как показали наблюдения сквозь стеклянную стенку, вода идет через проницаемый песок к водоотводному желобку не по кратчайшему пути — прямой линии, а по кривой — гиперболе, спускающейся своей вершиной ниже дна лотка; вода идет в желоб, поднимаясь снизу

вверх. То же происходит и в природе при осушении грунта открытыми канавами или дренажем; вода в канаву поступает в значительном количестве со дна ее; схема движения воды в канаву на торфяном болоте, подстилаемом песком и глиной, представляется черт. 28.

Схема чертежа делает ясным, почему труднее понизить грунтовую воду на болоте с мощным торфом, чем на болоте мелком. Если мощность торфа 1 м и равна глубине канавы (черт. 27), то капля грунтовой воды, чтобы попасть в канаву, должна пройти вертикальный путь по торфу в 1 м; при глубине же торфа в 2 м вертикальный путь по торфу будет $2 + 1 = 3$ м, что и затрудняет сток грунтовой воды. Действительно на глубоких моховых торфяниках прямое действие канав на грунтовую воду ничтожно и простирается на расстояние не свыше 10 м; тут все значение канав — в отводе верховой воды и в отводе пришлой грунтовой воды, т. е. воды, которая идет под торфом, по песчаному грунту, с прилегающих к болоту пространств. Изложенное показывает, что движение воды в грунте сложно: в силу капиллярности часть грунтовой воды поднимается снова вверх и испаряется, часть же под действием силы тяжести опускается в проницаемый грунт и затем поступает в канавы.



Черт. 28.

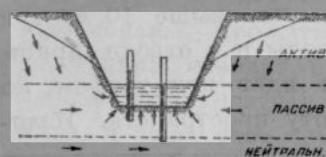
Систематические наблюдения над уровнем грунтовых вод, который устанавливается под влиянием осушительных канав, производятся на опытных станциях устройством по перпендикулярным к канавам линиям смотровых колодцев из вертикально вбитых в грунт досок. Часть этих наблюдений опубликована, обработана и дала весьма интересные результаты, обстоятельное изложение которых не может входить в учебник. Ограничимся лишь указанием, что при глубине канав в 1,2 м в торфяном грунте низовых болот прямое понижающее действие канавы на уровень грунтовой воды по нашим вычислениям совершенно затухает в 160 м, а имеющее хоть самое малое практическое значение влияние канавы на уровень грунтовой воды простирается на 130 м.

За последние годы стали делаться смотровые колодцы в виде простых цилиндрических скважин, высверливаемых тарелочным буром на глубину около 1 м без всякой отделки стенок. Лишь возле колодца кладется доска или деревянная рама.

Изложенное о поступлении грунтовой воды в осушительную канаву дает возможность различать три зоны грунтовой воды:

активную — лежащую выше уровня воды в канаве и действующую поэтому своей силой тяжести, пассивную — движущуюся к канаве под действием силы тяжести вышележащей зоны, нейтральную — не участвующую в питании канав (черт. 29).

Граница между пассивной и нейтральной зонами под дном канавы может быть найдена опусканием пьезометрической трубки; пока нижний открытый конец трубки находится в пассивной зоне, уровень воды в трубке устанавливается выше уровня воды в канаве, так как вода пассивной зоны находится под напором и идет в канаву. На той глубине погружения пьезометрической трубки в дно канавы, при которой вода в трубке установится на одном уровне с водой в канаве, начинается нейтральная зона; простой трубкой этого момента уловить нельзя, и требуются



Черт. 29.

особые приборы — трубки, из которых можно выкачивать воздух.

Чтобы получить наилучшее для растений стояние грунтовой воды в 50 см от поверхности земли, осушительные канавы должны быть конечно глубже полуметра. Вследствие разнородности реального грунта формулы гидравлики не дают возможности получить вычислением глубину канавы, требующуюся для создания наилучшего уровня грунтовой воды. Взамен этого на основании практики можно рекомендовать следующие глубины осушительных канав в метрах:

Род канав	Отвод поверхностной воды для естественного луга и леса	Осушение под улучшение естественные луга	Осушение под луговые культуры с оборотом пласта	Осушение под поля и огороды	Осушение под лесные посадки и сады
Магистральные водоотводные каналы	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Боковые осушительные канавы 1-го порядка	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Боковые осушительные канавы 2-го порядка и дрены	—	—	1,1	1,2	1,3

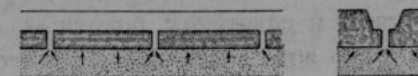
Эти глубины боковых канав должны быть в правильном соотношении с расстояниями между осушительными канавами, так как уровень грунтовой воды зависит даже в большей мере от

расстояния, чем от глубины канав. Глубина магистрального канала здесь дается как наименьшая; по условиям рельефа и по количеству пропускаемой воды глубина их может достигать до 2,2 м.

Встречаются особые местные условия, требующие иногда отступления от приведенных нормальных глубин.

Если на уровне нормальной глубины канавы залегает мелкий песок, то, во избежание подмыва откосов, канаву следует выкопать мельче, чтобы дно ее не доходило до песка. Если подстилает глина, то, наоборот, доведение дна канавы до глины желательно.

Если сырость грунта вызывается напором грунтовой воды снизу, из водоносного горизонта, находящегося на глубине, большей нормальной глубины канав, то желательны местные углубления дна канавы высверливанием тарелочным буром вертикальных шахт до водонапорного горизонта (черт. 30); по таким шахтам, набиваемым хворостом, вода будет подниматься снизу вверх, поступать на дно канала и тем уничтожать напор воды вверх по грунту.



Черт. 30.

Расстояние между канавами. Этот элемент осушительной сети зависит главным образом от цели осушения; не установив твердо того, что предполагается делать на данной площади после осушения, нельзя приступать к составлению окончательного проекта. Если болото будет осушено в предположении например последующей вспашки его и посева трав, а в действительности этого сделано не будет, то такое осушение вызовет уменьшение естественной производительности участка. Выработка цели осушения должна производиться мелиоратором совместно с агрономом и окончательно может быть установлена после окончания изысканий; не всегда можно удовлетворить желание агронома — создать на данном участке луговую культуру или полевое угодье; для этого надо достаточно понизить уровень грунтовой воды на участке, а это иногда в наших условиях требует слишком дорогих работ по регулированию реки и по снесению мельниц.

Цели осушения различны, и при каждой цели вопрос о расстоянии между канавами может быть спорен, но все же предельные нормы расстояний теперь достаточно наметились. Если осушается большая площадь затопляемого водою травяного болота в целях облегчения доступа на него, косы и уборки естественного сена, то расстояние между канавами должно быть



в 600—800 м; меньшее расстояние может вызвать гибель обильной осоковой растительности и слабую замену ее лучшими травами; это самый экстенсивный вид осушения, давший однако вполне удовлетворительные результаты на обширных травяных болотах Белорусского Полесья.

При желании применить после осушения простейшие технические и агрономические приемы улучшения луга, например удаление кочек, боронование поверхности, известкование, дающие улучшенный естественный луг без оборота пласта, расстояние между канавами должно делаться в 200—400 м.

При введении луговой культуры с оборотом пласта и высевом травяной смеси канавы на торфяном грунте должны копаться через 50—80 м. К этим цифрам приводят нас отчеты зарубежных и советских болотных опытных станций. При введении культур зерновых хлебов расстояние между канавами на торфяном болоте должно быть в пределах 40—60 м, и наконец при культуре картофеля, конопли, капусты расстояние между канавами должно быть в 20—40 м, т. е. настолько малым, что канавы следует в этих случаях заменить подземным дренажем.

При осушении мохового болота под сосновый лес следует проводить канавы через 120—200 м; после этого болотные сосны с закругленной кроной, что указывает на остановившийся рост их, вновь пускают верхушечные и боковые побеги; но эту способность сосна сохраняет до некоторого, нам не известного, возраста; старая болотная сосна остается безучастной к мелiorации и должна уступить место новому поколению.

На неглубоком травяном торфе растет в изобилии береза, и достаточно 400—600 м между канавами, чтобы на травяном болоте береза пошла в рост.

Приведем некоторые основания к установлению расстояний между канавами при интенсивных культурах на болоте, пользуясь германскими и русскими данными.

Флейшер в книге „Устройство лугов и пастбищ“ (перевод с немецкого) указывает, что при новых осушениях болот в Германии и при средней степени разложения торфа расстояние между канавами можно принимать в 25—30 м.

Корнелла устанавливает для Галиции расстояние между канавами при луговой культуре в 30—100 м, при полевой культуре — в 20—50 м.

Также для северо-германских моховых болот рекомендует для полевых культур расстояние между канавами в 25—30 м, для луговых культур — до 50 м.

На болотном хозяйстве Рудня-Радовельская Волынского округа наибольшим расстоянием между канавами при культивировании луговых, полевых и огородных растений принимают 60 м.

На Новгородском болотном опытном поле, в 12 км от Новгорода, наибольшее урожаи овса в 1918 г. получались при расстоянии в 21 м.

Одиннадцатилетняя интенсивная культура болота (1914—1924 гг.)¹ Минской болотной опытной станции привела А. Кирсанова к заключению, что все разнообразие производившихся культур — кормовых, зерновых и корнеплодных сельскохозяйственных растений — требует расстояния между канавами в 32 м, причем это расстояние может подвергаться без заметного изменения урожая значительным колебаниям при глубине канав в 0,9—1,1 м.

Так, для смеси клевера с тимофеевкой, высевавшейся по свежей распашке на три года, при ежегодном внесении калия и фосфора, урожаи получались практически одинаковыми, именно: сена за три года 17 т с гектара при расстоянии между канавами от 9 до 64 м; в отдельных случаях и при 150 м расстояния урожай получался тот же, что и при 32 м. Сложная, так называемая бременская, травяная смесь дала одинаковый урожай в 27 т с гектара за 6 лет при расстоянии между канавами в 32 и 75 м.

Овес по минеральному удобрению давал одинаковые урожаи в 1,7 т с гектара зерна при расстоянии между канавами от 9 до 64 м. Озимая рожь по минеральному удобрению дала за 7 лет непрерывной культуры на двух соседних участках такие урожаи зерна в тоннах с гектара:

Расстояние между канавами	1-й г.	2-й г.	3-й г.	4-й г.	5-й г.	6-й г.	7-й г.	Сумма
64 м	1,75	1,67	1,83	1,50	1,83	1,83	1,26	11,7
32 м	1,67	1,67	1,67	1,67	1,38	1,33	1,00	10,4

В данном случае оказался, что расстояния в 64 м между канавами лучше 32 м.

Картофель, конопля и капуста оказались наиболее требовательными культурами, дававшими лучшие результаты при 32 м расстояния, но и для капусты расстояние в 53 м дает практически тот же урожай.

В указанных пределах расстояния между канавами варьируют в зависимости от ряда других факторов — рода грунта, количества атмосферных осадков, уклона поверхности, отклоняясь в стороны от основных средних величин: для экстенсивного осушения луга — 700 м, для улучшаемого луга — 300 м, луговой культуры — 65 м, зерновой культуры 45 м, корнеплодов 30 м. Приведенные расстояния между канавами относятся к площадям в долинах рек и к окраинам, питающимся грунтовыми и напорными водами. При сплошном же осушении больших болотных массивов, когда совершенно устраняется приток грунтовых вод, как показывает практика последних двух лет, возможно значительное увеличение расстояния между осушительными канавами, именно до 200 для кормовых и зерновых культур.

¹ А. Кирсанов, Анализ урожайности главнейших культур на Минской болотной опытной станции, 1925 г.

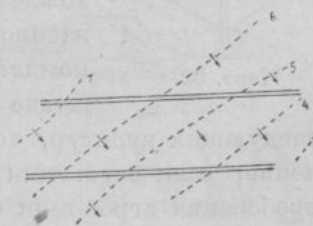
Открытые каналы отводят верховую и грунтовую воду; последнее обстоятельство ясно из того, что на торфяном болоте вода идет по канавам, и в то же время нигде в каналы вода с поверхности болота не стекает, а во многих местах ясно видно поступление воды в канаву на откосах по прослойкам в торфе и через дно канавы; поэтому отмечаем важное значение водопроницаемости грунта в деле поступления воды в канаву. Ясно, что, чем проницаемее грунт, тем расстояние между канавами, в вышеуказанных основных пределах, должно браться меньшим. Глина, моховой торф, травяной торф, суглинки — такова вероятная последовательность водопроницаемости грунтов; глубокий моховик осушается труднее мелкого; моховик на глине осушается трудно; мелкий моховик на песке требует более редкой сети канав и т. д.

Осадки и испарения также учитываются при установлении расстояния между канавами в основных пределах. Осадки в 525 мм можно принять за среднюю норму. Поэтому в истоках Днепра, где среднее годовое количество осадков свыше 600 мм, этот фактор побуждает приближаться к меньшему пределу расстояния между канавами; вообще, где разбиравшееся в отделе общих исследований отношение $\frac{\text{осадки}}{\text{испарение}}$ больше 1,5, там этот фактор требует расстояния между канавами меньше среднего, где это отношение меньше 1,2, там — шире полосы между канавами.

после осушения ниже мест с мелким торфом; естественно поэтому надо намечать водоотводную магистраль по местам наибольшей глубины торфа. Магистраль должна быть по возможности пряма. Протекающие по болоту небольшие речки с извилистым руслом технически целесообразнее при намечании магистрали игнорировать. Повороты на большом торфяном массиве неизбежны лишь при встречах с выступающими на болоте песчаными островами; их надо обходить, так как канава по песку быстро портится.

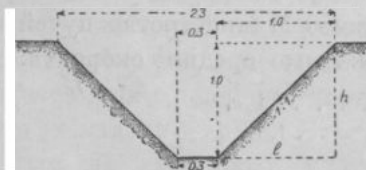
Иногда к техническим соображениям примешиваются юридические; большая магистральная канава — естественная граница землепользования, и если на осушенном пространстве границы землепользования уже твердо установлены, то приходится с ними считаться. Поэтому-то очень желательно, чтобы мелиоративный проект предшествовал землеустроительному, а не наоборот, как часто это происходит.

Боковые каналы по положению своему должны удовлетворять требованиям агрономии и техники. Агрономия требует удобной формы участков для обработки и уборки; такое удобство получается при введении боковых канав в магистраль под прямым углом, без всяких загибов близ устья; при полевой культуре остроугольные углы между стрелками и магистралью



Черт. 31.

ний—0,002, лучший—0,0005—0,001; в некоторых редких случаях уклон осушаемой местности настолько мал, что неизбежно приходится вести магистрали с уклоном 0,0001; такая магистраль требует постоянного надзора и быстрого удаления всяких случайных и умышленных заграждений; ведь подпруды в 0,1 м высоты распространятся при таком уклоне на расстояние 1000 м вверх по каналу; при движении же воды влияние такой подпруды, как учит гидравлика, распространится на расстояние вдвое большее. Из работ 1925 г. с таким уклоном ведется магистраль в долине реки Тихой Осены, притока Дона, Воронежской губернии. Уклон больше 0,002 допускается в отдельных случаях лишь для небольших магистралей, проходящих целиком в торфяном грунте; при остальных условиях необходимы перепады или укрепления дна. Обычно длинная магистраль имеет на своем протяжении участки с различным уклоном. Чтобы приносимая с верхних частей осушительной сети муть не отлагалась в нижней части магистрали, скорость течения воды в магистрали не должна уменьшаться к устью.



Черт. 39.

Для боковых канав уклоны могут быть в пределах 0,0005—0,005; лучший уклон—0,002; в связном торфяном грунте, при небольшом водосборе можно выйти и из этого предела.

Откосы канав. Линия h на черт. 39 есть глубина канавы, или высота откоса, линия l — основание откоса; отношение l/h называется заложением откоса; оно бывает равным 1, $1\frac{1}{2}$ и 2 и называется: одинарное, полуторное, двойное; чем больше заложение откоса, тем, значит, оно положе. В песчаном грунте заложение откосов канав делается двойное, в глинистом — полуторное, в торфяном — одинарное; малые канавы в связном торфяном грунте могут иметь половинное и даже нулевое, т. е. вертикальное, заложение откоса; в мелком песке даже двойной откос требует укрепления. Откосы канав на полях и культурных лугах являются рассадниками сорных трав; двумя разными путями можно устранить это: на полях сделать, если то допускает грунт, крутой откос — половинный, чтобы трава на нем не держалась, или на лугах сделать откос очень пологим (тройной) и засеять его травяной смесью; однако пологий откос очень увеличивает объем земляных работ. Откосы и края канав на лесных и сенокосных болотах обрастают кустарником.

Ширина канав. Боковым канавам дается ширина по дну удобная к исполнению—0,3 м; при этом ширина по верху, при

глубине в 1 м и одинарном заложении откосов, получается в 2,3 м (черт. 39); при таких размерах боковая канава всегда сможет вместить протекающую по ней воду. Выбор надлежащей ширины по дну магистральных канав является для гидротехники одним из основных вопросов проекта; задача эта решается сложнее, чем расчет размеров балок в строительном деле; излишние против расчета размеры балок увеличивают прочность моста или здания и вызывают лишь неэкономия в средствах; излишняя же ширина по дну магистральной канавы, помимо громадной непроизводительной траты труда является вредною для долговечности канавы, так как по излишне широкому дну движение воды очень слабо, и создаются благоприятные условия для отложения ила и развития водяных растений; вследствие этого канава начинает даже заторфовываться.

Кроме того при осушении естественных лугов весеннее затопление их остается весьма полезным, а при слишком широком канале это весеннее затопление луга может прекратиться в ущерб урожайности.

Основные формулы $v = c \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{I}$ и $Q = F \cdot v$ дают возможность гидротехнику, при знании объема проходящей воды, вычислять нужные размеры магистрали; установление объемов проходящей воды входит в задачу гидрометрии и определения гидромодуля (см. ранее). Так как этот объем зависит от очень многих природных факторов: осадков, твердых и жидких, запаса грунтовой воды, уклона водосбора, растительного покрова, густоты канализации и т. д., влияние каждого из которых в отдельности также не всегда можно точно учесть, то гидротехнику предоставляется довольно большой произвол в выборе так называемой расчетной нормы стока, т. е. того количества литров воды в секунду с гектара водосбора, на которое следует произвести расчеты магистрального канала.

Не вдаваясь в подробности этого дела, весьма важного для мелиоратора, сразу приведем выведенную нами из ряда практических норм и наблюдений исходную формулу расчетного стока для осушения в условиях Белорусского Полесья¹:

$$q = \frac{3,08}{\sqrt[3]{F}}$$

где F — водосборная площадь в гектарах;

q — число литров в секунду с 1 га водосборной площади.

¹ Выведено в „Материалах Западной опытно-мелиоративной организации“, вып. III, 1925 г.

По этой формуле получаем:

Водосборная площадь в гектарах	Расчетная норма стока с гектара в литрах в секунду	Сток со всей площади в литрах в секунду
1 000	0,31	310
5 000	0,18	900
10 000	0,14	1 400
20 000	0,11	2 200
40 000	0,09	3 600
100 000	0,07	7 000

Гидравлический расчет каналов по этой формуле для осушения под естественный луг и лес следует вести в предположении, что каналы будут работать в летние высокие воды полным сечением, для осушения под луговые культуры — при условии уровня воды в канале на 0,3 м от поверхности земли. При осушении под полевые угодья — на 0,5 м ниже поверхности. В обычное же летнее время вода в канале будет значительно ниже поверхности земли.

Чтобы пользоваться этой основной формулой расчетного стока, выведенной для условий Полесья, для проектирования работ в других районах необходимо ввести в нее поправочные коэффициенты на атмосферные осадки, испарение и на уклон местности.

К сожалению результаты наблюдений над испарением не обработаны, и можно привести их только по небольшому числу станций за время 1881—1895 гг.¹, но и эти цифры заставляют отказаться от пользования ими, так как по ним оказывается например, что в летние месяцы в Харькове испарение меньше, чем в Полесье.

Поэтому наиболее верно учесть одновременное влияние осадков и испарения возможно, введя в основную формулу стока так называемые коэффициенты естественного прихода-расхода влаги $= \frac{\text{осадки}}{\text{испарение}}$, вычисленные А. Костяковым² и приведенные в главе „Общие исследования“ настоящей книги.

Для бывш. Минской губернии, применительно к условиям которой выведена основная формула расчетного стока, этот коэффициент равен 1,55. Где этот коэффициент α меньше, там расчетный сток должен быть уменьшен, и наоборот.

Таким образом поправка на приход-расход влаги выражается дробью:

$$\frac{\alpha}{1,55}$$

¹ Е. Гейнц. Об осадках, снеге и об испарении в Европейской России, 1898 г.

² А. Костяков, Перспективы мелиорации в СССР.

Уклон поверхности водосбора канала имеет большое влияние на величину стока воды; чем уклон больше, тем быстрее, большим количеством, проходит вода по каналу.

Средний уклон по магистральным каналам Полесья может быть принят равным 0,0003; если средний уклон рассчитываемой магистрали иной и равен J , то к основной расчетной формуле стока вводится поправка на уклон:

$$\sqrt[4]{\frac{J}{0,0003}}$$

Таким образом с введением поправок на осадки, испарения и уклон основная формула расчетного стока для водоотводных каналов принимает вид:

$$q = \frac{\alpha}{1,55} \cdot \sqrt[4]{\frac{J}{0,0003}} \cdot \frac{3,08}{\sqrt[3]{F}},$$

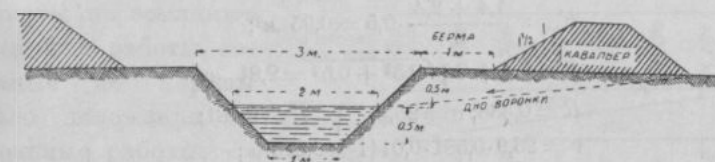
где α — коэффициент прихода-расхода влаги, указанный для всех губерний в главе „Общие исследования“;

J — средний уклон по каналу;

F — площадь водосбора в гектарах;

q — расчетный сток в литрах в секунду с одного гектара.

В таком виде формула дает хорошие результаты для всех областей европейской части СССР.



Черт. 40.

Расчет каналов по этой формуле стока для экстенсивного осушения следует вести в предположении наполнения каналов водой до верха, а при осушении под интенсивные культуры следует принимать расчетный уровень воды в каналах на 0,5 м ниже поверхности земли (черт. 40).

ПРИМЕР РАСЧЕТА. Рассчитать ширину по дну магистрального канала при величине водосборной площади в 1 470 га и среднем уклоне по магистрали 0,0002 для района с естественн. коэф. прихода-расхода влаги в 0,90. Расчетная норма стока с введением поправок на осадки и уклон:

$$q = \frac{0,90}{1,55} \cdot \sqrt[4]{\frac{0,0002}{0,0003}} \cdot \frac{3,08}{\sqrt[3]{1 470}} = 0,143 \text{ л/сек с 1 га.}$$

Расчетный сток со всей площади $Q = 0,143 \cdot 1 470 = 210 \text{ л/сек.}$

Глубина магистрали назначена в 1 м, расстояние уровня воды от поверхности земли 0,5 м; поэтому расчетная глубина воды 0,5 м. Заложение откосов 1:1. Расчет ширины по дну производится очень кропотливым путем — способом постепенного подбора. Пробуем взять ширину по дну 1 м и вычисляем по основным формулам:

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

$$Q = F \cdot v.$$

Каков будет расход воды по такому каналу (пропускная способность)?

$$F (\text{площадь сечения}) = \frac{1+2}{2} \cdot 0,5 = 0,75 \text{ м}^2;$$

$$P (\text{смоченный периметр}) = 1 + 2 \cdot \sqrt{0,5^2 + 0,5^2} = 2,41 \text{ м};$$

$$R (\text{гидравлический радиус}) = \frac{F}{P} = \frac{0,75}{2,41} = 0,311 \text{ м};$$

$$\sqrt{R} = 0,56;$$

$$c (\text{по Базену}) = \frac{87}{1 + \frac{1,3}{\sqrt{R}}} = 26,1;$$

$$v = 26,1 \cdot 0,56 \cdot 0,0141 = 0,206 \text{ м};$$

$$Q = 0,75 \cdot 0,206 = 0,155 \text{ м}^3 = 155 \text{ л/сек.}$$

Получилось, что по каналу шириною по дну в 1 м секундный расход равен 155 л, а расчетный сток с нашей водосборной площади равен 210 л; следовательно принятая ширина по дну недостаточна. Пробуем взять ширину по дну 1,4 м и вновь производим все вычисления:

$$F = \frac{1,4 + 2,4}{2} \cdot 0,5 = 0,95 \text{ м}^2;$$

$$P = 1,4 + 2 \sqrt{0,5^2 + 0,5^2} = 2,81 \text{ м};$$

$$R = 0,338; c = 26,9; \sqrt{R} = 0,581;$$

$$v = 26,9 \cdot 0,581 \cdot 0,0141 = 0,220 \text{ м};$$

$$Q = 0,95 \cdot 0,22 = 0,209 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Получился расход по каналу, почти совпадающий с расчетным стоком, и потому ширину канала по дну в 1,4 м для данного случая считаем подобранной.

Для облегчения расчетов в конце книги приведены таблицы коэффициента c по Базену и таблицы гипотенуз (длины откосов) при разных катетах

Составление проекта. Руководствуясь изложенными соображениями об элементах осушительной сети, составляют проект работ. Полный проект, по которому предполагается получить средства на осуществление работы, должен заключать в себе следующие отдельные части:

1) пояснительную записку, в которой излагается причина составления проекта (постановление совещания, заявление, приговор и т. п.); цель работы; описание мелиорируемой площади: рельеф, растительность, род грунта, род эксплуатации; описание

водоприемника и произведенных ранее мелиораций; описание предположенных работ: протяжение, объем и стоимость их; предполагаемые результаты работ: технические и экономические; юридические условия производства работ;

2) подписки о согласии всех пользователей затрагиваемых работою земель принять участие в работах или оформление участия всех землепользователей постановлением земельных органов;

3) выкопировку из 2- или 3-верстной карты Генерального штаба района работ с нанесением проектируемых магистралей и показанием водосборных площадей их;

4) ведомость гидравлического расчета магистралей;

5) ведомость протяжений, размеров и объема проектируемых канав;

6) сметы на земляные и плотничные работы, составленные по нормам Урочного положения на строительные работы;

7) выписки из справочных цен на рабочие руки и материалы, получаемые из отдела труда;

8) планы проектируемых работ масштаба

1:5 000 с обозначением проектируемых канав, мостов и пр., с надписанием пикетов, глубин торфа, отметок поверхности, характера растительности, границ землепользования и пр.;

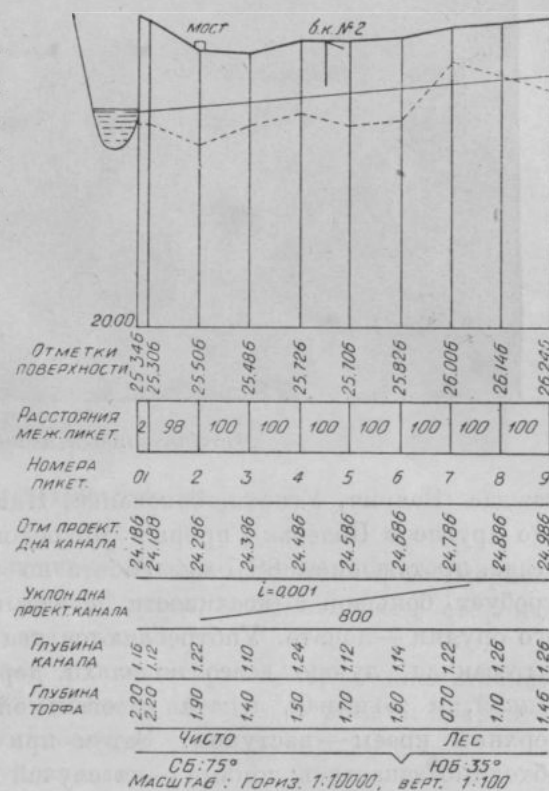
9) продольные профили проектируемых канав и существующих русел с надписанием на каждом пикете их глубин, глубин торфа, воды и пр. (черт. 41);

10) чертежи мостов, шлюзов, укрепления откосов.

Техника выполнения всех этих требований определяется специальными инструкциями.

6 А. Д. Дубах.

ПРОФИЛЬ ПРОЕКТИРУЕМОГО КАНАЛА № 1



Черт. 41.

Производство земляных работ. Все осушительные работы Западной экспедиции с 1873 по 1892 г. произведены ручным трудом; регулировано много речек протяжением свыше 50 км



Осушительный канал.

каждая (Ведрич, Утвоха, Закованка, Иппа, Ненач, Синяя и многие другие в Полесье), прорыт Мохоедовский канал в Речицком уезде, протяжением 88,5 км. Работа по рытью канав на болоте требует большой выносливости и навыка землекопа при одном его орудии — лопате. Употребляются два типа лопат: польская — вытесанная, лучше всего из ольхи, деревяшка с железной насадкой, и железная лопата с овальной лопастью и загнутым верхним краем — наступом. Затем при организации работы необходимо запастись: ломом — на случай встречи ортштейна, сцементированного в камень грунта, железными черпаками — в случае илистого или мелкокаменистого дна, кошками (вилы с загнутыми концами) — для выбирания водяных растений, тачками или носилками — в случае ширины по верху свыше 8 м — для отвозки по доскам вынимаемой земли сразу на место, косою — для выкашивания травы на полосе под канаву, топорами — для вырубки деревьев и кустарника, брезентами — для временного задержания стока воды сверху, ведрами — для откачки воды, натекающей в вырываемую канаву, порохом — для взрывания крупных камней — валунов, попадающих на поверхности и под поверхностью в районах ледниковых полос, всеми мело-

тами, необходимыми для точки и ремонта инструментов. Из измерительных инструментов необходима мерная лента и при крупных работах нивелирный комплект — для точного намечания дна

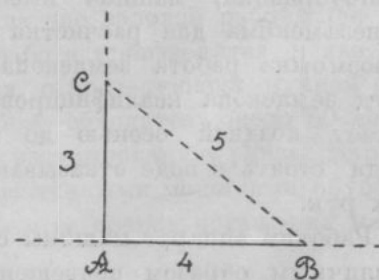


Магистральный канал.

каналов и шаблон для выведения откосов. Вспомним, что мерной лентой можно построить прямой угол, если отмерить стороны треугольника в 6, 8 и 10 м (черт. 42).

Необходимо позаботиться и о санитарных мерах: кипятильниках для воды, бараках для рабочих, аптечке, кухонном оборудовании, палатке для технического надзора. Своевременное удовлетворение организма пищей, питьем и сном создает здоровую атмосферу работы; этому способствует и своевременная выдача заработной платы. Чтобы землекоп был доволен, он должен выработать в настоящее время в день не менее 3 руб. при готовом продовольствии. За день землекоп вынимает около 8 м³ торфа из целинного грунта.

На поперечном профиле технически правильно прорытого канала (черт. 40) различают: дно, откосы, бровку, бермы, кавальеры,



Черт. 42.

воронки для стока воды. Кавальеры, т. е. валы вынудой из канавы земли, оставляются лишь при осушении лесов и естественных болотных лугов; при осушении же под культурный луг вынудая из канав земля разбрасывается по поверхности. Ширина бермы делается не менее 1 м, а иногда ставится требование, чтобы она равнялась глубине канала. Воронки-канавки, проходящие поперек бермы и кавальера, делаются обычно через 20 м для облегчения стока верховой воды в канал.

Работа по речке идет хорошо при удачном отводе воды из нее выше места работ; из болотных массивов вытекает часто несколько речек, и потому, запрудив одну из них выше места работ, удастся иногда воду из нее направить в другую речку. Из крупных работ 1925 г. таким образом удалось облегчить работу по р. Усвижи Оршанского округа и по каналу Найдо-Белевскому Мозырского округа. Иногда удается направить воду из регулируемого русла реки по ложбинчатой поверхности скошенного луга в обход места работы; например при регулировании р. Черной Калитвы в Центрально-черноземной обл.



Черт. 43.

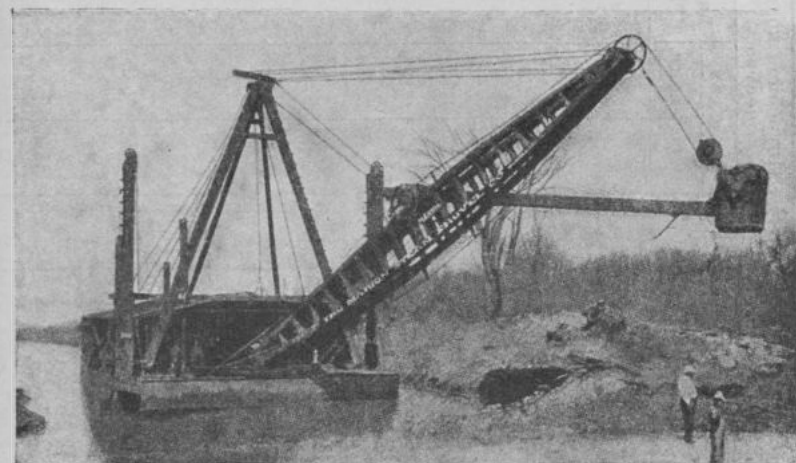
В худшем случае приходится ограничиваться задержкой воды в течение суток временными перемычками, которые удобно делать брезентовыми. При спрямлении русла реки копаются сначала до надлежащей глубины изолированные от русла канал (черт. 43) с откаткой, если нужно, воды из него ручными диафрагмовыми насосами или просто отливанием ведрами; соединение спрямляющих каналов с расчищенным руслом реки производится под конец работы.

Землечерпалки. За последние годы для производства земляных работ при регулировании рек находят применение машины-землечерпалки; машина имеет огромные преимущества: она 1) незаменима для расчистки реки с большой водой, в которой невозможна работа землекопа; 2) заменяет физически тяжелый труд землекопа квалифицированной работой при машине; 3) работает поздней осенью до времени замерзания воды, когда люди стоять в воде отказываются; 4) заменяет недостаток рабочих рук.

Рабочий аппарат машины состоит из одного большого черпака, различным образом подвешенного на металлической стреле помощью проволоочных канатов, на блоках; или же он состоит из многих черпаков, прикрепленных к двум цепям, вращающимся вокруг верхнего и нижнего барабанов. Канаты, цепи и стрела приводятся в движение паровым двигателем или двигателем внутрен-

него сгорания; все это установлено на судне — понтоне, плавающем на воде прорываемого канала и продвигаемом вперед по мере прочистки. Чтобы понтон плавал, приходится работу производить идя по каналу сверху вниз, или же, при ходе снизу вверх, устраивать внизу временные перемычки. После работы машиною необходима ручная отделка откосов.

В 1929 году в СССР на осушительно-мелиоративных работах работало четырнадцать землечерпалок. В 1930 году это количество должно удвоиться, но до настоящего момента производство мелиоративно-землечерпательных машин у нас не налажилось, и эти машины поступают из Сев.-американских соединенных штатов



Пловучий одночерпаковый экскаватор.

(фирма „Марион“) и из Германии (фирмы „Менк“, „Оренштейн“). Стоимость получаемых машин с доставкой и сборкой 40—80 тысяч рублей; производительность за час валовой работы (со всеми простоями) 25—60 м³ выемки; работа производится в две и три смены. Кубический метр выемки, с последующей ручной отделкой, но без укрепительных работ, обходится около 50 коп. по спрямлению и около 65 коп. по регулированию русла. Вариации в исчислении стоимости работ различными машинами обуславливаются главным образом принимаемым сроком погашения машины и стоимостью топлива.

На основе двухлетней работы тремя машинами на реке Орессе, в Белоруссии, стоимость кубометра выемки на 1930 год исчислена следующим образом, при работе машины в три смены:

СМЕТА НА ПРОРЫТИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАВ ВРУЧНУЮ СОСТАВЛЯЕТСЯ ПО УРОЧНОМУ ПОЛОЖЕНИЮ¹ В СЛЕДУЮЩЕМ ВИДЕ:

86

№ по порядку	Описание работ	Урочное положение.	Потребное количество		Стоимость				Примечания	
			рабочих		матер.	единицы		всего		
			пеш.	конн.						
1	Для вырубki с корчеванием пней по линии канала № 1 дровяного леса и заросли лозы средней густоты на протяжении 300 м, при ширине полосы в 9,4 м, на площади 0,282 га — потребно рабочих: 40 × 0,282	§ 99	11,28			Р.	К.	Р.	К.	По справочным ценам . . . отдела труда за месяц года.
2	Для прорытия канала № 1 длиной 1000 м, со средними размерами: глубиною 1,2 м, шириною по дну 1,0 м, по верху 3,4 м, объемом 2640 м³, а за вычетом 510 м³ объема существующей канавы, объемом выемки 2130 м³ торфяного и песчаного грунта с корнями и пнями деревьев — потребно землекопов: (0,20 + 0,05) × 2130	§§ 30 и 31	532,50			2	—	1035	—	
3	Для очистки полосы (берм) на ширине 1 м по обе стороны канала от половины вынутой из канала земли вторичным откидыванием ее в валы вдоль канала (другая половина вынутой земли сразу попадает на место валов) — потребно землекопов: 0,08 × 1065	§ 35	85,20			2	—	170	40	
	Примечание. Если осушение производится под интенсивные культуры, то вся вынутая из канав земля разбрасывается по поверхности участка с добавочной затратой согласно § 36 Ур. пол. по 0,1 землекопа на 1 м³ земли.									
4	Для прорезки по обе стороны канала через каждые 20 м сточных канавок (воронок) длиной по 3,0 м, шириною 0,3 м, глубиною от 0 до 0,4 м, объемом 3 × 0,3 × 0,2 = 0,18 м³ каждая, всего воронок (1000 : 20) × 2 = 100 шт., объемом 18 м³ — потребно землекопов: 0,20 × 18	§ 30	360			2	—	7	20	
	Примечание. При осушении под интенсивные культуры с разброской вынутой земли сточных воронок не делают.									
5	Для планирования под рейку готовых откосов канала при заложении их 1:1, средней глубине канала 1,2 м, длине 1000 м, на площади 1000 × 2 × √1,2² + 1,2² = 6787 м² — потребно землекопов: 0,015 × 6787	§ 47	101,8			2	—	203	60	
6	Всего на основную работу потребно: На вспомогательные и непредвиденные расходы: 2% от основной стоимости	§ 7						1459	70	
	Всего согласно Ур. пол. и справочным ценам:									
7	По данным опыта работу эту можно исполнить вчистую по 50 коп. за куб. метр. объема выемки, т. е. за 0,5 × 2130 = 1065 руб., а с прибавлением 10% взносов на социальное страхование и 1% на культ.-просвет. работу, что составит 117 р. 15 к., всего потребуется по опытной расценке 1182 руб., каковая сумма и испрашивается.							1065	—	
								117	15	
								1182	81	

ОСУШЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ

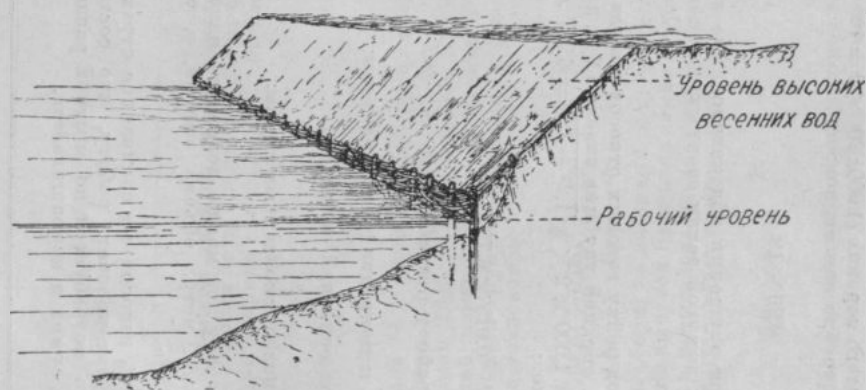
ЗЕМЛЕУЧЕТНИКИ

По справочным ценам отдела

¹ Урочное положение для строительных работ, 1923 г.

	На куб. метр выемки копеек
Обслуживающий персонал, со спецодеждою и квартирами	10,36
Дрова и доставка их на понтон	6,68
Освещение, смазка	1,97
Ремонт машин летний и зимний	5,21
Амортизация машин, считая срок службы при трехсменной работе в пять лет, амортизация инвентаря	10,96
Проценты на вложенный капитал на покупку машины, шаланды, дома и пр., считая 6%	2,37
Ручная доделка в виде очистки бермы, отделки вала земли. Плетневые укрепления	15,00
Ремонт работ предшествующего года после прохода весенних вод	4,00
Административно-технический персонал	2,67
Всего	59,22 коп.

Месячная производительность машины при трех сменах за 24 дня работы 13 605 м³, за сезон с 15 мая по 1 декабря выработка одной машины 85 432 м³. Работали две машины фирмы „Оренштейн и Коппель“ и одна машина фирмы „Менк и Гамброк“.

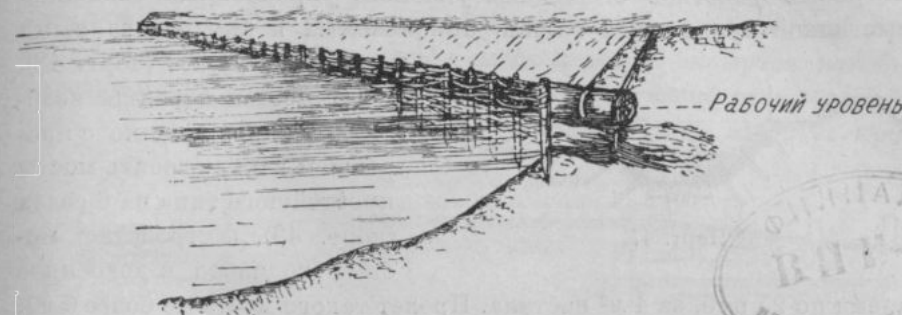


Черт. 44.

Вспомогательные устройства. В песчаном грунте необходимо укрепление откосов, так как вода обычно подтачивает основание откоса, вследствие чего обваливается и вся вышележащая часть. Укрепление может быть произведено: наклонной и вертикальной плетневой стенкой (черт. 44), закладкой fascины за колья (черт. 45), досчатой стенкой на кольях (черт. 46), хворостяным настилом (черт. 47), мощением основания и нижней части откосов камнем.

Чтобы плетневое укрепление откоса было долговечно, необходимо исполнение нижеследующих общих правил:

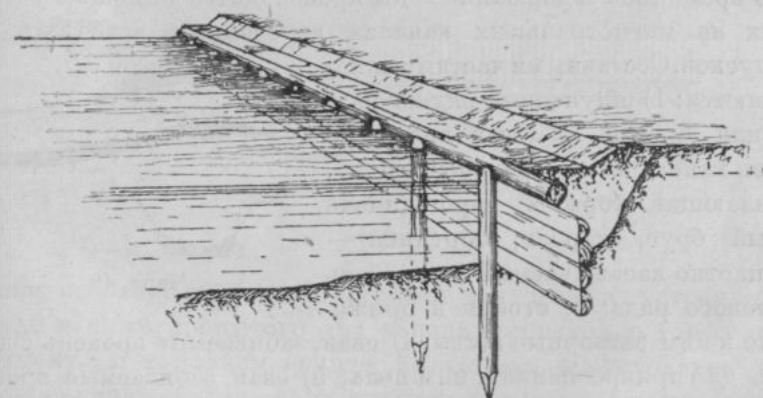
1) забивка кольев на глубину не менее 0,6 м, а не на 0,3 м, как наблюдается в некоторых местах;



Черт. 45.

2) возможно плотное оплетение сосновых или ольховых кольев ивовыми прутьями, употребляя по возможности прорастающий ивняк;

3) закладка за плетень дерна или глины с плотной утрамбовкой, а не ссыпка с кавальеров легко вымываемого песчаного грунта;



Черт. 46.

4) укрепление на крутых поворотах не только откосов, но и дна каналов возле подмываемого берега.

Стоимость одного погонного метра укрепления откоса (по одной стороне канавы) около одного рубля.

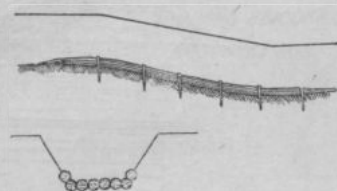
При недопустимо большом уклоне дна, особенно в песчаном и глинистом грунтах, необходимо устройство перепадов: fascинных, каменных и досчатых. В условиях обычного осушения при

отсутствии надзора и текущего ремонта, перепадов, как легко разрушающегося устройства, следует избегать, стараясь подобрать направление магистрали с предельным (0,002) уклоном. Взамен перепадов следует испытать устройство быстотоков — десяти-метровых участков с большим уклоном, укрепленных сплошной выстилкой продольных фашин, прибываемых к дну деревянными кольями с суком (черт. 48).

В местах переезда необходимо одновременно с прорытием канав строить мосты простейшего типа на 6 сваях (черт. 49). Устройство моста обходилось в довоенное время по 25 руб. за 4 м² настила. Пролет такого моста не более 6 м¹.

В некоторых случаях бывает полезно временное задержание воды в канавах, именно: 1) весной для пуска воды по поверхности естественного луга, что создает условия заливного луга; 2) весной при спаде воды для удлинения периода сплава леса по осушительно-сплавным магистралям; 3) летом в засушливое время для задержания стока и без того находящейся в недостаточном количестве грунтовой воды.

Это временное задержание воды производится помощью устраиваемых на магистральных каналах деревянных шлюзов, или водоспусков. Составными частями шлюза являются: 1) шпунтовый ряд из пластин или бревен, забитых вплотную поперек канала в минеральный грунт, подстилающий торф; 2) порог (иначе красный брус, король, бортница) — брус, плотно насаживаемый на гребень шпунтового ряда; 3) стойки и прижимаемые к ним затворные щиты; 4) сваи, забиваемые вровень с дном канала для прикрепления к ним пола; 5) сваи, забиваемые вровень с берегом канала для прикрепления к ним стен; 6) пол и стены из досок; 7) укрепление хворостом дна канала впереди и позади пола водоспуска. Устройство такого солидного шлюза на магистральном канале в довоенное время обходилось в 600—800 руб. Простейший шлюз может состоять из двух колеи, забитых по краям канавы, заложенного за них поперек канавы бруса и присло-

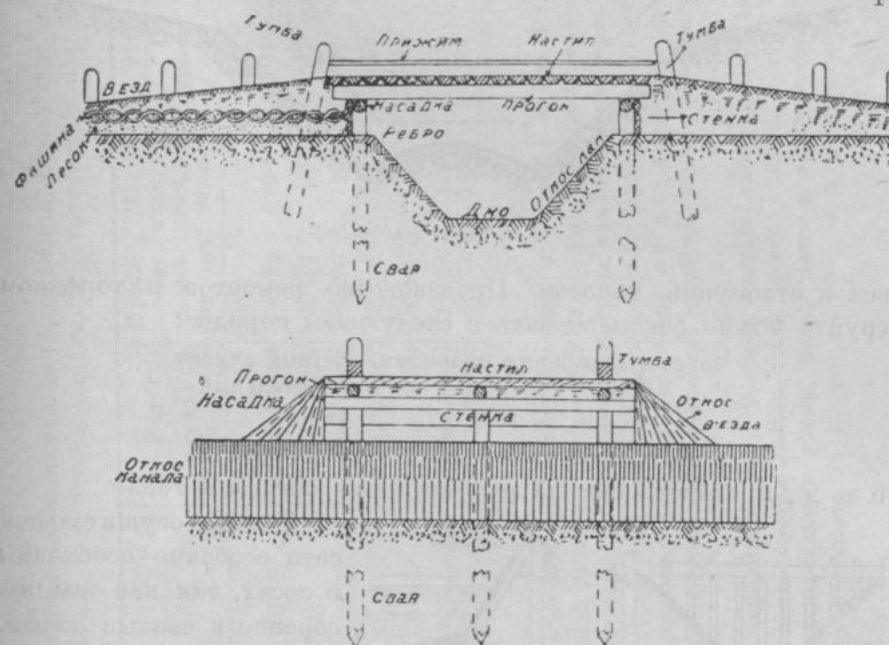


Черт. 48.

¹ Ныне стоимость мостов сильно колеблется в зависимости от условий отпуска лесного материала; ориентировочно можно принять стоимость квадратного метра настила в 15 руб.

женных к этому брусу досок, забитых наклонно вперед в дно канавы; снизу, чтобы доски не всплыли, подсыпается земля.

При устройстве мостов и шлюзов в торфяном грунте необходимо предвидеть осадку торфа, которая происходит по всей толще торфа, а не только в слое выше дна канав, как иногда полагают. Так как сваи моста и шлюза забиваются в минеральное дно торфяника, то после осадки торфа мост и шлюз окажутся как бы вылезшими из торфа; порог шлюза окажется выше осевшего дна канала и будет задерживать течение воды. Чтобы этого не про-

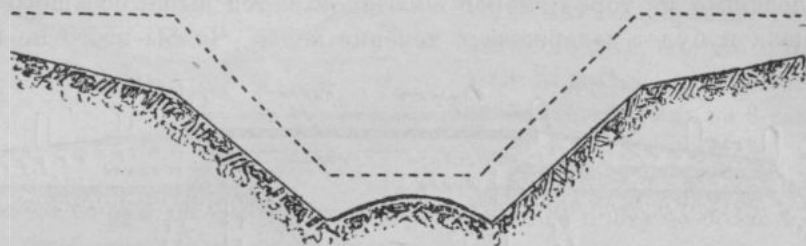


Черт. 49.

изошло, необходимо порог шлюза и пол шлюза устраивать на 0,1—0,2 м ниже прорытого дна канала при глубине торфа до 2 м.

Ремонт. В торфяном грунте вследствие происходящей после прорытия канав осадки торфа глубина канавы уменьшается через несколько лет на 25—50% от первоначальной (черт. 50 и табл. на стр. 93). В песчаном грунте обычно обваливаются откосы, отчего также уменьшается глубина канавы. Кроме того дно канав в осоковом торфе и при малой скорости течения зарастает травой, особенно в воде, идущей с полей и лугов. Дно канав в моховом торфе и в песке зарастает труднее. Недостаток мостов побуждает население к завалу канав в местах переезда хворостом. Особенно же вредна пастьба скота. Сплавные каналы забиваются топляком,

набухшим водою и потонувшим лесом. Поэтому для поддержания осушительной сети в исправности необходим ее ремонт; различают беглый ремонт с расходом рублей 25 на километр, состоящий в удалении из канав посторонних предметов: хвороста, пней, местных отложений наносов и т. д., и капитальный ремонт, состоящий в сплошной земляной выемке для восстановления первоначальных размеров канав, уменьшившихся вследствие осадки торфа, размы-

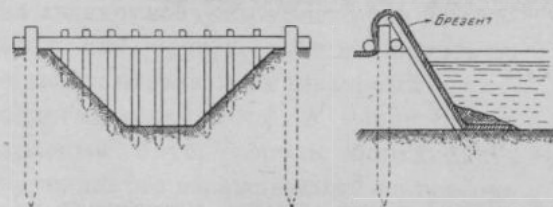


Черт. 50.

вов и отложений наносов. Производство ремонтов в торфяном грунте можно рекомендовать в следующем порядке:

Через 4 года после прорытия	— беглый ремонт
" 8 лет "	" капитальный
" 12 " "	" беглый
" 16 " "	" беглый

и т. д., производя беглый ремонт через каждые 4 года.



Черт. 51.

Ремонт осушительной сети особенно необходим в лесах, так как там засорение и заплыв канав, хотя бы через 30 лет после их прорытия, вызовут угнетение развившегося леса, и тем результаты осушения сведутся к нич-

тожной величине. С луга же за это время собираются урожаи, уже достаточно окупившие произведенные затраты.

Временная задержка воды в канавах для возможности ремонта их производится иногда закладкой в канаву брезента, как указано на черт. 51.

Дренаж, понятие и история

Техника осушения подземным дренажем хорошо изложена в немецких руководствах, а на русском языке имеются переводные издания. Так как небольшая практика дренажа в СССР дала

Цифровой материал по вопросу изменения первоначального профиля осушительных канав, собранный по пяти крупным работам, сводится к следующей таблице (к стр. 91).

Место	Род грунта	Протяжение канав в метрах	Число измеренных сечений	Изменение в %			лет от начала осушения
				по глубине	по ширине	площади попереч. сечения	
Глинкинская лесн. дача Оршанск. округа БССР	Мохов. торф	6 999	69	-31	-9	-31	9
В долине р. Мокрянки близ г. Быхова БССР	Перех. торф	21 918	228	-26	+19	-	11
Пылачская лесн. дача Борисовского окр. БССР	Мохов. торф	13 206	135	-28	-6	-27	11
" " " " "	Мин. грунт	16 021	166	-18	-1	-12	11
Домбровская лесн. дача Бобруйского окр. БССР	Лугов. торф	20 446	211	-34	+33	-23	14-15
Брожакая лесная дача Бобруйского округа (после капитального ремонта)	Лугов. торф	10 554	122	-36	-8	-39	15
" " " " "	Песч. грунт	11 351	148	-33	+3	-31	15

Несмотря на необычайно высокую грубость измерений рейкою глубины и ширины новых и старых канав на болотах, все же массовый материал приведенной таблицы в виде 1 079 отдельных промеров поперечных сечений канав дает возможность высказать вкратце следующее положение о величинах изменения размеров канав.

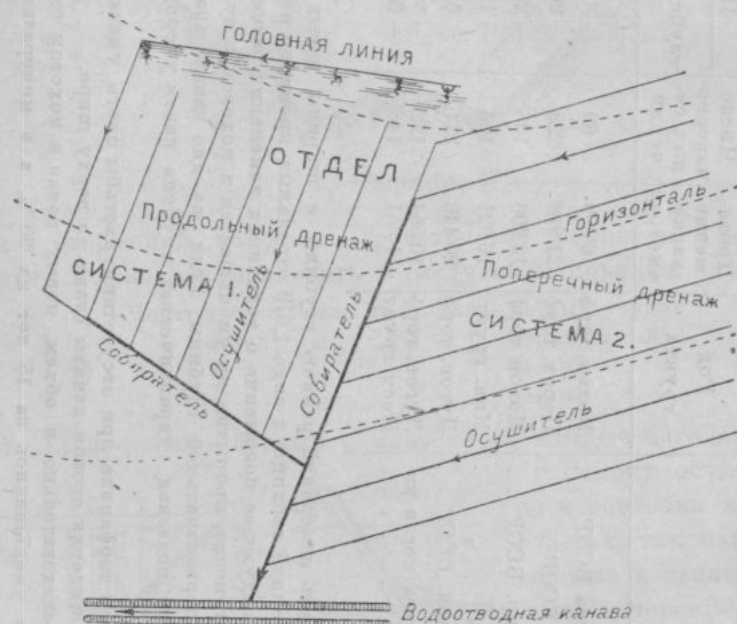
Глубина новых канав за 10 лет после прорытия их уменьшается в моховом и луговом торфянике на 29%, а в минеральном грунте — на 18%, от первоначальной глубины. Если же дно канав зарастает травами, что часто наблюдается по луговому торфянику, то полезная гидравлическая глубина канав уменьшается до 50% от первоначальной.

Ширина канав по верху в моховом торфянике при отсутствии пастбищ скота уменьшилась за 10 лет на 7%, а на луговых болотах вследствие повреждения скотом канавы стали по верху шире.

Площадь поперечного сечения, следовательно и объем, новых канав в моховом торфянике уменьшились за 10 лет на 28%, в травяном торфянике уменьшились за 15 лет на 30%, а в минеральном грунте уменьшились за 11 лет на 18%.

мало нового, специфичного для наших условий, то изложение этого отдела может быть кратким.

Сущность дренажа заключается в том, что по осушаемому участку прорываются возможно узкие канавы, на дно которых укладывается водопроводящий материал: трубы, камни, хворост, жерди, после чего канавы засыпаются. Получается снова сплошная поверхность дуга, пашни, огорода, удобная для обработки. Засыпанная подземная водопроводящая линия — «дрена» — собирает грунтовую воду и выводит ее в открытую канаву.



Черт. 52.

Для заметного действия на понижение грунтовой воды в глинистой и торфяной почве необходимо заложение подземных дрен на близком друг от друга расстоянии, не более 25 м, что влечет за собой высокую стоимость осушения дренами, окупающуюся лишь при интенсивном сельскохозяйственном использовании участка.

Отдельные дренажные линии, собирающие воду непосредственно из грунта (всасыватели), впускаются в магистральные дренажные линии-коллекторы, из которых вода вытекает в канавы или овраги. Коллектор вместе со всеми впадающими в него всасывателями образует дренажную систему (черт. 52).

При производстве дренажных работ делаются предварительные изыскания по указанным ранее для осушительных работ

требованиям, но с большей детализацией их, и составляется проект; при этом особое внимание обращается на уровень грунтовой воды и на физическую структуру грунта; образцы грунта подвергаются механическому анализу.

В дренаже нуждаются глинистые и торфяные почвы во влажных условиях залегания; на таких влажных почвах не удаются самые урожайные сельскохозяйственные растения — корнеплоды, а остальные растения страдают на них от поздней обработки, низкой температуры и сырости. Тяжелые глинистые почвы, влажный климат и интенсивное хозяйство сочетаются вместе в Англии, и именно там зародился и развился подземный дренаж.

В настоящее время дренаж очень развит также в Германии и Галиции, и можно сказать, что дальнейшее увеличение производительности полей достижимо сочетанием дренажа грунта, обработки и удобрения почвы и селекции семян.

У нас первый дренаж современными гончарными трубами был заложен в 1856—1862 гг. на полях и лугах Горы-Горецкого земледельческого института в бывшей Могилевской губернии (ныне Оршанский округ) на площади свыше 100 га проф. Козловским. Первый дренажный пресс был выписан из Англии и доставлен в Горки осенью 1857 г. Нигде не упоминаемая в литературе, значащаяся только в архивных делах, фамилия проф. Козловского должна быть помещена в списках наших видных мелиораторов. Затем в 1862 г. был заложен дренаж на питомнике Петровской земледельческой академии. В частных хозяйствах дренаж, идя с запада, достиг заметного распространения до меридиональной железнодорожной линии: Ленинград, Витебск, Орша, Могилев. Побудительной причиной применения дренажа в частных хозяйствах была культура картофеля для винокуренных заводов; моренные глины были отзывчивы на дренаж. Необычная дороговизна древесины и отсутствие выделки гончарных труб затормозили дренажные работы в настоящее время.

Виды дренажа. Преобладающей формой дрен в настоящее время является гончарная труба, длиною 30 см, внутренним диаметром от 3 до 15 см, процесс изготовления которой из глины сходен с изготовлением строительного кирпича. Заготовленная с осени глина зимует в валах и под действием мороза и перепадения приобретает однородность и связность. Если в глине имеются посторонние примеси, — производится промывание ее и отмучивание в особых бассейнах, а затем перемешивание в специальных глиномялках. Глиномялка состоит из дере-

ванного цилиндра — кадки, внутри которой вращается вертикальный вал с лопастями и резаками, прикрепленными к валу по винтовой линии. Закладываемая сверху глина при вращении вала перемешивается лопастями его, продвигается вниз и выдавливается из кадки через отверстие — мундштук.

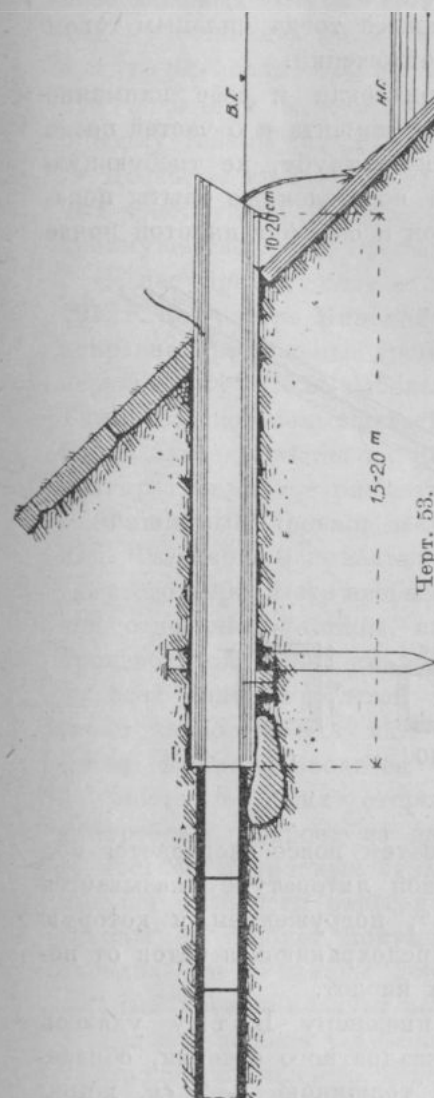
Обработанная таким образом глина поступает в дренажный пресс, из отверстий которого она выдавливается поршнем в виде бесконечной глиняной трубы. Труба при выходе из отверстия поступает на ролики и здесь же проволокой разрезается на куски — трубки по 30 см длиной. Эти трубки раскладываются на полках под навесом для сушки; в случае искривления трубы прокатываются вокруг продетой через них скалки на столе с песком. Высушенные глиняные трубы складываются в печь для обжига (та же печь, что и для обжига кирпича), откуда и получают в окончательном виде гончарные дренажные трубы. Из одного кубического метра глины выходит 1300 трубок диаметром 4 см; производительность ручного пресса одиночного действия — 5000 труб диаметром 4 см. Стоимость его — 500—800 марок. Хорошая труба должна издавать чистый звук, положенная в воду увеличивается в весе не более 15% и не шелушится.

Вес дренажных труб и довоенная стоимость их в Германии:

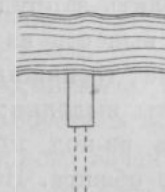
Диаметр отверстия	4	5	6,5	8	10	16	см
Вес 1000 труб	0,95	1,25	1,75	2,35	3,2	7,0	тонны
Стоим. 1000 труб . .	23	23	36	47	64	94	марки

Эти дрены закладывают в прорытую канаву, приставляя и плотно прижимая их одну к другой (черт. 53). Для устойчивого положения труб необходимо твердое дно канавы; поэтому в песке-плавуне и в торфе гончарные дрены соединяют муфтами или же укладывают на подстилку из вереска. На глубоких торфах взамен гончарных труб рекомендуются иные виды дренажа: досчатый и фашинный. Уклон всасывателей делается никак не менее 0,003; коллекторов больших — не менее 0,002; наибольший уклон может доходить для всасывателей до 0,1. Коллектор оканчивается устьем в виде деревянной трубы; устье дренажной системы нельзя выводить непосредственно в берег реки или оврага: берег подвержен обвалам и занесению наносами; поэтому от реки роется метров на десять по направлению к коллектору встречная канава,

в которую и вводится устьевая труба (черт. 54). Устьевая труба должна быть прочно укреплена каменной обделкой, вбитыми с обеих сторон кольями и защищена от повреждений скотом и людьми.



Черт. 53.



Черт. 54.

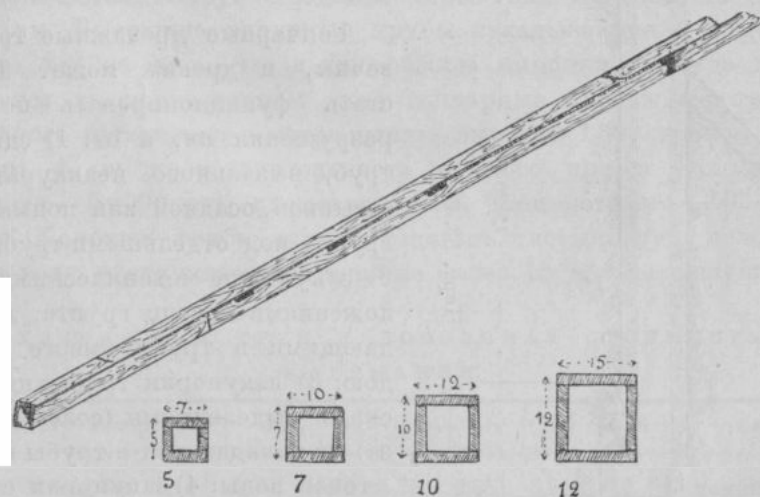
Гончарные дренажные трубы вечны, и дренаж может перестать функционировать не от разрушения их, а от: 1) сдвига труб, вызванного неаккуратной засыпкой, осадкой или подмывом грунта под отдельными трубами; 2) закупорки механическими отложениями частиц грунта, попадающими в трубу вместе с водою; 3) закупорки труб химическими выделениями (солей железа) из попадающей в трубы грунтовой воды; 4) закупорки стыков между трубами химическими и механическими выделениями из воды; 5) закупорки устья дренажной системы наносами реки, осадками солей железа или разрастающимися водяными растениями; 6) вставания в трубы через стыки корней растений.

Произведенные нами в 1922 г. исследования и раскопки дренажа, заложенного в 1856—1862 гг. на

землях Горы-Горецкого земледельческого института, показали, что за 65 лет дренажные гончарные трубы в минеральном грунте местами забиты механическими отложениями, а в торфяном грунте совершенно свободны, и дренаж перестал функционировать лишь там, где занесены и заросли устья.

Замеченное накопление отложений в дренажных трубах можно попытаться удалить вымыванием; для этого следует закупорить коллектор в смотровом колодце или в самом устье или перепрудить встречную канаву и, дав грунтовой воде наполнить всю систему, удалить запруду: образующимся тогда сильным током воды можно вынести из труб часть отложений.

Цементные дренажные трубы привлекли к себе внимание из-за простоты выделки; смесь 1 части цемента и 5 частей песка сразу давала из-под пресса цементную трубу, не требующую кропотливого обжига. Но специально поставленные опыты показали, что цементная труба в торфяной и сырой глинистой почве



Черт. 55.

уже через год теряет твердость, а затем вовсе распадается под действием кислот грунта. В немецкой литературе указывается патентованная жидкость „инерталь“, погружением в которую создается обволакивающая пленка, предохраняющая бетон от непосредственного действия почвенных кислот.

Досчатые трубы. Германскому инженеру Бутцу удалось дать свое имя дренажным трубам квадратного сечения, сбиваемым из досок (черт. 55). Доски толщиной 1—2 см, шириною 5—20 см и длиною по 4 м на станке сбиваются в трубу таким образом, что концы досок на каждой из четырех сторон трубы приходится в разных местах по длине трубы; это дает возможность, наставляя постепенно доски в длину, сбивать трубу какой угодно длины и сразу целиком опустить ее в канаву. Такая сплошная труба может быть без опасности сдвига

заложена в какой угодно грунт (рекомендуется для глубокого торфа).

Вода поступает в нее через отверстия, вырезанные в верхнем крае боковых стенок. Вместо вырезки отверстий лучше видимому оставлять между боковыми стенками и верхней крышкой трубы сплошной прозор — щель в 2 мм, создаваемую тем, что в местах забивки гвоздей подкладываются под верхнюю крышку тонкие квадратики из дерева, асбеста и пр.

Досчатые дрены делаются и треугольного сечения, разнородных конструкций (Шталшмидта, Цункера), но едва ли они имеют преимущество перед прямоугольными.

У нас прямоугольные досчатые дрены заложены впервые в 1912 г. на участке Минской болотной опытной станции и работают исправно; треугольные дренажные трубы заложены в 1908 г. в минеральном грунте на небольшой площади одного из опытных полей Тимирязевской сельскохозяйственной академии; с 1925 г. дрены Бутца закладываются на многих опытных участках и на землях мелиоративных товариществ.

Фашинный дренаж заслуживает сейчас наибольшего внимания. Фашиною называется пук длинного хвороста, плотно перетянутого через метр ивовыми прутьями или проволокой; вяжутся или отдельные фашины, или же хворост навязывается в канат произвольной длины диаметром 30 см, который сразу опускается по всей длине прорытой канавы. Сверху фашина покрывается слоем хвороста, мха или дерна и затем засыпается. В устье конец фашины вводится в деревянную трубу, закрепляемую на месте с обеих сторон кольями. Для фашины следует употреблять хворост из длинных прямых хлыстов, очищенных от листьев и молодых сучьев; чем плотнее стянут хворост, тем меньше опасности занесения фашины отложениями. Фашинный дренаж не требует покупного материала, а вязка хвороста и укладка его в канавы доступны всякому. Поэтому именно фашинный дренаж следует рекомендовать для осушения низменных огородов и вообще усадебных земель.

Продолжительность действия фашинного дренажа по имеющимся немногочисленным наблюдениям может быть определена в 15 лет, хотя в Германии, на Кедингерском болоте, он исправно работает 30 лет. В некоторых случаях фашинный дренаж и технически предпочтительнее гончарных труб; например в зыбких почвах, где нет твердого ложа, в очень тонкозернистых грунтах, где есть опасность быстрого занесения труб, в очень плотных глинах, для лучшего проветривания их.

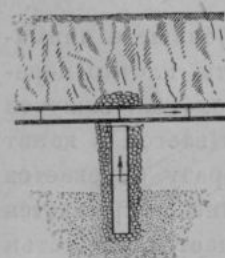
Каменные дрена делаются наброскою в прорытую канаву камней, покрытием их хворостом и засыпкою этого материала землей. Они могут устраиваться лишь там, где камень разбросан по полям и при больших уклонах.

Жердевой, или шведский, дренаж, состоящий из укладываемых в канаву жердей в разных комбинациях, а также дренаж из поленьев и др. материалов применения у нас не имел.

Размерные элементы дренажной сети мотивируются теми же общими соображениями, что и элементы сети открытых канав,— главным образом целью работ и родом грунта, уклоном, осадками, промерзанием грунта и др.

Средняя глубина заложения дрен на лугах 1,2 м, на полях— 1,3 м. На очень плотных глинах дренаж закладывается мельче, до 1 м, так как иначе вода будет надолго задерживаться в грунте.

Наименьшая глубина заложения определяется глубиною промерзания грунта и глубиною проникновения корней растений: так, например при разведении свеклы, хмеля, винограда и фруктовых



Черт. 56.

деревьев глубина заложения должна быть увеличена до 1,5—2 м, чтобы предупредить вращение корней в трубы. При наличии напорных грунтовых вод желательно устройство местных углублений, так называемых восходящих колодцев по терминологии Козловского (черт. 56): в коллектор вводятся снизу вертикально установленные трубы, по которым поступает снизу вверх напорающая грунтовая вода; к такому устройству подходящей снизу трубы близок способ Рерроля, рекомендуемый в местах опасных в отношении вращающихся корней деревьев; в таких местах закладываются длинные сплошные трубы с отводами от них вниз, открытыми ниже глубины прохождения корней.

Расстояние между дренажными линиями за границей делается в узких пределах 10—20 м, варьируя в зависимости от известных уже нам факторов. Для получения культурного луга на торфяном грунте делается расстояние обычно в 20 м. О дренаже минерального грунта в заграничной литературе дано очень много указаний, так как от расстояния между дренами главным образом зависят стоимость дренажных работ и понижение уровня грунтовой воды.

При наличии результатов механического анализа почв Копецкий для Галиции рекомендует такие расстояния:

№ п.п.	Характер почвы	Содержание промывных частиц мельче 0,01 мм в процентах	Содержание глинистых частиц в процентах	Расстояние между дренами в метрах	Расстояние, выраженное в частях глубины заложения
1	Тяжелые глины и суглинки	Свыше 70	Свыше 50	8—9	В 7 раз больше глубины
2	Слабопесчаные глины	70—55	55—40	9—10	7,5
3	Песчаные глины	55—40	40—25	10—12	7,5—9
4	Плотные суглинки или песчаноглинистые слои	40—30	25—15	12—14	9—10,5
5	Сильно песчаные глины	30—20	15—7	14—16	10,5—12
6	Сильно глинистые пески или перегнойно-песчаные почвы (свыше 5% перегнойной)	20—10	7—2	16—18	12—14
7	Слабоглинистый песок	Ниже 10	Ниже 2	18—20	14—15,0
8	Песок	—	—	20—24	—

Крюгер предлагает вносить к этой шкале следующие поправки на известность:

При 15% CaCO_3	расстояние увеличить на 1 м
" 15—30 "	" " " 1—2 м
" 30—50 "	" " " 2—3 м

Наличие 1% окиси железа уменьшает расстояние на 1—2 м.

В Англии при дренаже глинистых почв расстояние между дренами берут в 4—6 раз больше глубины заложения их, в суглинистых почвах— в 6—8 раз больше.

В Белоруссии досчатые и фашинные дренажи закладываются сейчас в торфяном грунте на расстоянии 20—30 м одна линия от другой.

Диаметр всасывающих дрен— наименьший 3 см, но рекомендуется не употреблять трубы меньше 4 см. Коллекторы получают размеры по гидравлическому расчету, в зависимости от водосборной площади и расчетной нормы стока; норма стока в Германии принимается от 0,35 до 2,1 л/сек с гектара: меньшая— для очень плотных глинистых почв, большая— для песчаных. У нас наблюдения над дренажным стоком поставлены на не-

скольких станциях, но результатов опубликовано мало; в 1915 г. на Минской болотной опытной станции дренажный сток из торфяного грунта колебался в пределах 0,02—0,54 л/сек с гектара. В 1925 году на Приладожской мелиоративной станции сток с гектара колебался в пределах 0,13—1,09 л/сек, в среднем был 0,46 л/сек. Расчетный сток в 0,50 л с гектара для нас вероятно будет удовлетворительным.

Размер труб по этой и всякой другой норме стока выбирается для гончарных дренажных труб по готовым графикам, а для деревянных труб системы Бутца — гидравлическим расчетом по основной, уже известной, формуле движения воды по каналам.

Уклоны гончарных дрен должны быть не менее 0,003, досчатых — 0,002, фашинных — не менее 0,005.

Предельный больший уклон указать затруднительно, так как опасности размывания самой дрены быть не может, а есть очень малая опасность размыва грунта под дренами; уклон в 0,05 едва ли опасен.



Черт. 57.

Проект дренажа состоит из тех же частей, что и проект осушения открытыми канавами,

но разрабатывается с большей тщательностью, так как затраты на гектар дренажа гончарного очень велики: 150—300 руб.

Потребность рабочей силы на закладку погонного метра гончарного дренажа исчисляется по следующей таблице¹ (см. табл. на стр. 103).

Расположение дренажной сети проектируется по тем же принципам, что и при открытых канавах. Коллектор — магистраль — должен иметь хороший водоприемник — овраг или речку — и по возможности не затопляться весенними водами; всасыватели — боковые каналы — должны иметь надлежащий уклон (0,003—0,05) и располагаться под острым углом к горизонталям поверхности, наискось к склону; но имеется резкое различие: коллектор нельзя закладывать по дну ложины, а необходимо несколько отступать в сторону к откосу (черт. 57), в противном случае идущая по дну ложины весенняя или дождевая вода размочит засыпанную канаву и дренаж.

Введение всасывателей в коллектор производится сверху или сбоку под прямым или острым углом (черт. 58). Пришлые грунтовые воды должны быть перехвачены нагорными дренажными линиями.

¹ Из книги Friedrich, Kulturtechnischer Wasserbau.

Грунт и глубины заложения	Рытье	Уклад- ка	Засып- ка	Под- сыпка	Всего	
	Рабочих дней					
Глинистый грунт; глу- бина Zalo- жения 1,25 м	0,1414	0,0035	0,0250	0,0085	0,18	Ширина по дну 30 см, по верху 36 см, 10 час. рабо- ты в день. Поперечное се- чение 0,41 м². Вынут в час 0,29 м³; в день 7,07 пог. м уложит в час 100 дрен диам. 5—10 см на про- тяжении 30 м. Засыпка требует 1/6 времени копки.
1,50 м	0,2192	0,0035	0,0366	0,0085	0,268	По дну 0,30 м, по верху 0,47 м, сечение 0,57 м², в час 0,26 м³.
2,00 м	0,41	0,0035	0,068	0,0085	0,49	По дну 0,30 м, по верху 0,55 м, сечение 0,86 м², в час 0,21 м³.
Песчаный грунт, глу- бина Zalo- жения 1,25 м	0,1075	0,0035	0,018	850,00	0,138	По дну 0,30 м, по верху 0,55 м, сечение 0,54 м², в час 0,50 м³, в день 9,3 по- гон. м.
1,50 м	0,154	0,0035	0,027	0,0085	0,192	По дну 0,30 м, по верху 0,65 м, сечение 0,71 м², в час выемка 0,46 м³, в день 6,5 пог. м.
2,00 м	0,280	0,0035	0,047	0,0085	0,319	По дну 0,30 м, по верху 0,75 м, сечение 1,05 м², в час 0,42 м³.

Укладка дрен в вырытую канаву производится с верхнего конца ее, чем предупреждается засорение дренажной линии при работе; если укладывать снизу, то в уложенные дрены пойдет мутная вода при укладке верхней части линии.



Черт. 58.

Детали дренажной сети состоят из устьев, смотровых колодцев, водопадных шахт, муфт, затворов, на чем здесь не останавливаемся.

При устройстве дренажа следует помнить, что затрата в 150—300 руб. на гектар имеет оправдание лишь при интенсивном

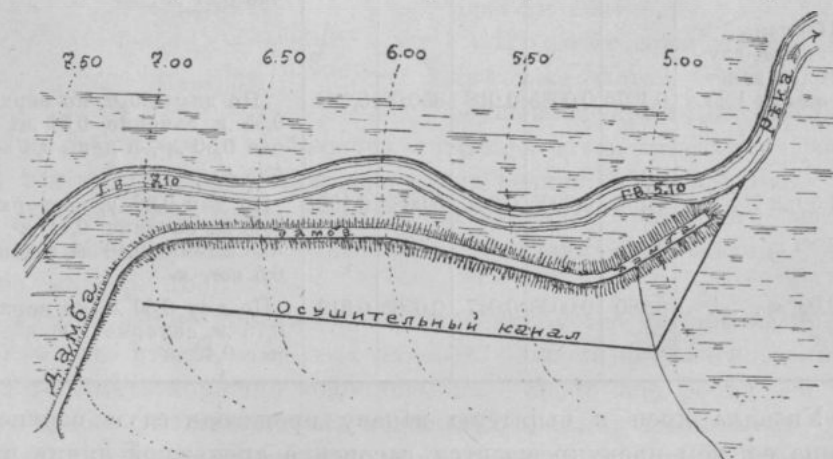
использовании дренируемой площади: корнеплодами, луговой культурой при минеральном удобрении и т. п. Обычные же посевы ржи, овса по обычному навозному удобрению при низких ценах на зерно не сделают дренаж выгодным.

Полная стоимость закладки погонного метра разного вида дрен в довоенное время в Германии исчислена в следующих цифрах¹:

Фашины	0,55	марки за погонный метр
Жерди	0,65	" " " "
Деревянные трубы Бутца . . .	0,50	" " " "
Гончарные трубы диам. 4 см . .	0,30	" " " "
" " " 5 " . .	0,34	" " " "

Стоимость погонного метра фашинного дренажа в условиях Белоруссии составляет по данным практики последних лет—25 копеек.

Специальные способы осушения. Если низменность затопляется водами, выступающими из берегов реки, водами моря или



Черт. 59.

озера, то обращение такой поверхности под культуру возможно лишь после ограждения ее от реки или моря земляными валами—дамбами (черт. 59). Скопляющаяся на низменности дождевая и снеговая вода собирается сетью канав в бассейны, из которых перекачивается насосами через дамбы в реку.

Такие работы развиты в Западной Европе. Устья всех больших германских рек заключены в дамбы, защищающие от навод-

¹ Журнал „Kulturtechniker“ за 1913 г.

нения низменные берега их. Морские берега Голландии и устья рек ее окаймлены такими же дамбами, причем в Голландии ведется такими работами наступление на море. После окаймления дамбой приморского озера из него выкачивается вода, и плодородное дно озера обращается под культуру; таким образом например осушены Гаарлемское озеро и залив Зюдерзее. Работы по обвалованию и выкачиванию озер есть также в Италии и в Египте. Осушенные таким образом пространства называются в Голландии польдерами. Особенно велики работы по обвалованию р. Миссисипи в Северной Америке. В довоенной России были исполнены в бывшей Минской губернии, в той части ее, которая отошла к Польше, две работы по обвалованию низменных болот. На большом протяжении заключены в дамбы реки Терек и Кура на Кавказе. Обваловывается нижнее течение реки Кубани. Ожидают обвалования низменности по большим рекам Полесья и многочисленные острова нижнего течения реки Волги.

Обвалование может быть осуществлено высокими дамбами, в целях полной защиты низменности от наводнений, и низкими дамбами—в целях защиты долины от затопления только летними водами, с тем, чтобы богатые плодородным илом весенние воды по прежнему покрывали речную долину своим разливом, создавая ценные заливные луга.

Накопляющаяся на обвалованной площади грунтовая и поверхностная вода подводится обычной осушительной сетью к насосной станции при выпускном шлюзе. Когда вода в реке стоит ниже уровня воды в подводящем магистральном канале, то выпускной шлюз автоматически открывается, и вода идет самотеком в реку. Когда вода в реке поднимается выше горизонта воды на обвалованной площади, шлюз автоматически закрывается, и удаление излишка воды с обвалованной площади производится перекачкой, обычно центробежными насосами.

Небольшие низменности по рекам могут быть избавлены от затопления постепенным повышением поверхности их отложениями наносов; естественный процесс повышения поверхности отложениями наносов, называемый кольматажем, происходит в устьях многих рек, особенно например рр. Волги, Рейна, Нила. В очень малой мере кольматируются отложениями наносов все заливные луга, чему они и обязаны в значительной степени своим плодородием.

Искусственный кольматаж пуском на низменность взмученной воды в СССР производился лишь в единичных случаях. В Узбекской ССР этим способом пользуются для заполнения галеч-

ных отложений. Как классический пример кольматажа приводится кольматирование тосканских маремм (болот) в Италии, где за 100 лет поверхность поднята отложениями местами на 8 м.

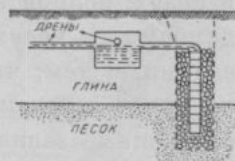
Затопляемые небольшими водами места могут быть обращены под культуру, особенно огородную, устройством высоких гряд, следовательно поверхность их поднимается грядованием за счет земли, вынимаемой между грядами (черт. 60).



Черт. 60.

Замкнутые котловины могут быть осушены или выкачиванием из них воды насосами вверх, или спуском воды вниз, в залегающий водопоглощающий горизонт, через прорываемые вертикальные колодцы; это так называемый голландский вертикальный дренаж (черт. 61). Поглощающие колодцы в целях осушения были устроены в 1856—1862 гг. Козловским на полевых западинах Горы-Горецкого земледельческого института. По этому же принципу секретно спускаются в городах и дачных местах нечистоты в песчаный грунт.

Понижение грунтовых вод и оздоровление местности в некоторых случаях достигаются разведением сильно испаряющих воду растений. Удачные опыты в этом направлении были сделаны в Италии разведением эвкалипта. Из растений нашего климата особенно много испаряет воды подсолнух, и, может быть, плантация подсолнуха в сыром районе оказалась бы действительным средством понижения грунтовой воды.

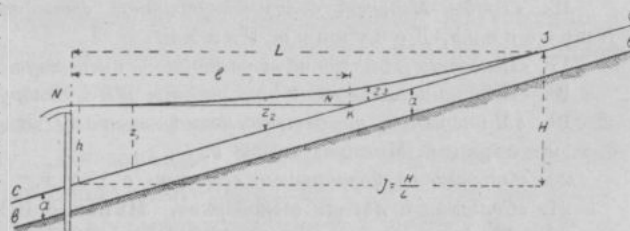


Черт. 61.

Наконец в Северной Америке для понижения грунтовой воды в сельскохозяйственных целях применен новый способ — выкачивание ее центробежными насосами из расставленных по территории буровых колодцев.

Подпор воды плотинами. Реки — приемники воды из магистральных каналов — часто перепружены мельничными плотинами, и вода в них поднята настолько, что покрывает прилегающие луга. Борьба между мельницею и пользователями затопляемых лугов идет длительная и обычно безрезультатная для лугопользователей; во-первых, мельницу поддерживают все прилегающие селения, кроме селения, терпящего ущерб, так как наличие мельницы для всех остальных представляется выгодным; во-вторых, заключения экспертов-специалистов по вопросу о величине затопляемой площади бывают разноречивы, что вызывает сомнение в правильности их. Действительно для вычисления площади и расстояния, на которое простирается вверх по реке подпор воды

от плотины, гидравлика дает несколько формул, в которые входят основными величинами такие элементы, численное значение которых не всегда можно точно установить. Положим (черт. 62), имеется река со свободным течением воды; bb — дно реки, cc — поверхность текущей воды, a — средняя глубина воды в свободной реке. С устройством плотины вода у плотины поднимается на h м, — это так называемая высота подпора у плотины. Обыкновенное представление о влиянии плотины на уровень воды в реке сводится к тому, что влияние плотины прекращается в точке K на высоте NN уровня воды у самой плотины: расстояние l точки K от плотины вычисляется: $l = h:I$, где I — уклон поверхности неподпруженной воды. Это представление для реки ошибочно. Поверхность воды горизонтальна лишь в том случае, когда нет течения воды; правда перед самой мельницей скорость течения воды практически равна нулю, и потому уклон поверхности воды в пруде практически также равен нулю, но вверх пруда, где вода реки идет в берегах, и где заметно хоть малейшее течение, поверхность воды не может быть горизонтальна; она приподнята над первоначальным уровнем, имеет вид параболы и сливается с первоначальным уровнем в какой-то точке S , выше горизонта NN уровня воды у плотины, на расстоянии L от плотины. Сложные формулы гидравлики дают возможность вычертить эту параболу, вычислить положение точки S и вычислить высоту подпора L на всяком расстоянии от плотины.



Черт. 62.

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

ЛИТЕРАТУРА ПО ОСУШЕНИЮ ЗЕМЕЛЬ, ИМЕЮЩАЯ СОВРЕМЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ

1. Костяков, Основные элементы расчета осушительных систем, 1916 г.
2. Дубах и Спарро, Осушение болот открытыми канавами, 1929 г.
3. Брудастов, Осушение болот и регулирование водоприемников, 1928 г.

4. Шпетле, *Осушение почвы подземным дренажем*, перевод с немецкого с дополнениями Дубаха, 1926 г.
5. Жилинский, *Очерк работ Западной экспедиции*, 1899 г.
6. Гергард, *Дренаж*, перевод с немецкого.
7. Колесов, *Поверхностные луга в долине р. Лопани*, 1899 г.
8. Плотровский, *Практика осушения болот*, 1913 г.
9. Кирсанов, *Анализ урожайности важнейших культур на Минской болотной станции*, 1925 г.
10. Опцоков, *Материалы по исследованию рек и речных долин Полесья*, 1916 г.
11. Флейшер, *Устройство лугов и пастбищ на болоте*, перевод, 1922 г.
12. Савкин, *Основы земледелия на торфяных почвах*, 1929 г.
13. «Болотоведение», журнал Минской болотной опытной станции за 1912—1915 гг.
14. «Материалы Западной опытно-мелиоративной организации» за 1922—1924 гг. и за 1928—1929 гг.
15. «Ежегодник Отдела земельных улучшений», бывш. Мин. земледелия.
16. «Труды Минской болотной опытной станции», 1925—1926 гг., статьи Кирсанова, Докукина, Ганжи.
17. «Известия Научно-мелиорационного института», Ленинград.
18. «Научно-исследовательские работы НКЗ Белоруссии», 1926—1927 гг.
19. «Материалы по опытно-мелиоративному делу», выпуска Института с.-х. мелиорации, Москва, с 1928 г.
20. «Опытно-мелиоративный вестник» с 1928 г.
21. «Сельская и лесная гаспаларка», Минск, с 1928 г.
22. «Мелиоративне питання», Харьков, с 1927 г.
23. «Итоги работы Рудня-Радозельской болотной станции за 1923—1926 гг.» Тюленев и Келль, 1927 г.
24. Опцоков, *висушування земель*, 1930 г.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ТОРФЯНОЕ ДЕЛО

Свойства торфа и запасы его. Торф болот, как продукт неполного разложения растительных остатков при отсутствии воздуха и в слабо кислой среде, способен в высушенном состоянии гореть и действительно употребляется для отопления домашних печей и паровых котлов.

Торфяное дело, имеющее целью добычу торфа на топливо и в малой мере на другие надобности, в наших условиях оставляет после себя землю в совершенно неудобном виде и является поэтому работой, коренным образом ухудшающей земельный участок.

Аналогично слову „мелиорация“ можно образовать от латинского термина *deterior* слово „детериорация“, что и значит ухудшение. Лишь в условиях весьма интенсивного хозяйства, как например в Голландии, дно торфяного болота после выработки торфа обращается под полевую культуру; в СССР же место выработки торфа представляет собою водоем с набросанными пнями и перемычками. Но все же торфяное дело вкратце рассматривается в общих курсах мелиорации как связанное с эксплуатацией земель, дающее местное топливо и материал для подстилки.

Процесс природного консервирования отмерших растений в условиях недостатка кислорода характеризуется следующей табличкой химического состава этого продукта в разных стадиях зрелости:

	Углерод %	Водород %	Кислород %
Торф	58	6	36
Бурый уголь	70	3	25
Каменный уголь	80	5	15
Антрацит	95	2	3

Получается следовательно с течением времени продукт с возрастающим процентом углерода, требующий все большего и большего количества кислорода для своего сгорания на воздухе

и выделяющий при сгорании 1 кг вещества все большее количество тепла.

Основным признаком для сравнения различных видов топлива является теплопроизводительная способность, под которой разумеется количество больших калорий, выделяемое при сгорании одного килограмма топлива¹. Употребительные виды топлива характеризуются нижеследующей теплопроизводительностью:

Торф среднего качества	3360
" высокого " 	3850
Березовые дрова	3360
Каменный уголь	7200
Нефть	9870

Следовательно по теплопроизводительности торф и дрова равноценны, уголь в два раза, нефть в три раза выше торфа; отрицательным качеством торфа по сравнению с дровами является его меньший объемный вес. Кубический метр воздушносухих березовых дров весит 470 кг, а торфа машинного — 380 кг.

Под хозяйственной залежью торфа разумеют те части болота, в которых глубина его более 0,7 м, торф достиг надлежащей степени разложения и имеет золы не более 15%. Об образовании болот и о их типах изложено в отделе неудобных земель.

Торфяные ресурсы занимают в европейской части РСФСР, в Украине и Белоруссии около 20 миллионов гектаров; из них годных для выработки торфа можно считать половину — 10 миллионов гектаров, остальная часть или слишком мелка, или зольна, или не спела; приняв среднюю глубину чистого торфа в годных залежах в 1,6 м (0,75 саж.), вычислим объем сырой массы торфа в 160 миллиардов куб. метров, из которой получится воздушносухого торфа в четыре раза меньше — 40 миллиардов куб. метров².

Кроме наземных залежей торфа имеются и подземные отложения его, прикрытые ледниковыми наносами; они встречаются иногда при рытье колодцев, обнажаются на берегах рек и оврагов. Исследование³ такого торфяника в 4 верстах от города Галича, у деревни Лобачи, обнаружило в нем обилие сохранившихся желудей и листьев дуба, коры, семян и пыльцы березы, семян клена и ясени, некоторое количество плодов, древесины

¹ Большая калория — это то количество тепла, которое поднимает температуру 1 кг воды на 1°.

² Исчисления эти предположительны; имеются предположения и о большем запасе топлива в торфяных залежах.

³ „Известия Научно-экспериментального торфяного ин-та“, 1923 г., № 5, статья В. Доктуровского.

и пыльцы ольхи, липы, сосны, ели, граба; эта растительность, именно обилие дуба, клена и ясени, указывает, что во время образования этого торфяника, между 2 и 3 оледенениями, климат у города Галича был мягче, чем теперь. Это согласуется и с остатками найденной травяной флоры.

Исследование торфяной залежи. Перед планомерной организацией какой-либо торфяной разработки необходимо инструментальное исследование залежи, которое вместе с лабораторными анализами должно дать ответ на следующие вопросы, характеризующие торфяник как запас топлива:

1) *Запасы сырой массы* торфяной залежи. Прокладывается осевой ход с пикетами через 100 м¹ и с поперечинами через каждый из них до краев залежи; концы магистрали надежно замечаются столбами и срубкой деревьев с соответствующими надписями. На каждом пикете магистрали и поперечных ходов определяется глубина торфа простейшим торфяным зондом (см. изыскания по осушению земель); на пикетах через 250 м берется образец торфа буром Гиллера, причем пробы берутся на таком пикете через каждые 0,5 м по глубине и доставляются в лабораторию.

Нанеся на бумагу осевой и поперечные ходы в масштабе 1/5 000 и надписав глубины торфа, обводят границу торфяной залежи, считая за залежь площадь, где глубина торфа не менее 0,7 м. Затем можно провести линии одинаковой мощности торфа в 1 м, 1,5 м и т. д., вычертить профили залежи и т. п.

Запас сырой массы получают умножением площади залежи на среднюю глубину ее. Воздушносухого торфа, потребляемого на топливо, с весом 1 м³ в 320—400 кг получается в 4 раза меньше.

2) *Условия осушения.* Ручная и машинная выработка торфа требует понижения уровня грунтовой воды в залежи на возможно большую величину, так как без осушки можно только хищнически выбирать торф с окраин залежи, сделав недоступной для какого-либо пользования главную часть залежи. Идеальная осушка — понижение воды до дна залежи — обычно невозможна, так как для этого необходима канава глубиной в 2—4 м и соответствующий низкий уровень воды в реке. Кусок торфа, вынутый из неосушенной залежи, содержит 90—95% воды, а из осушенной — 80—90%; кажется, разница не велика, но она имеет существенное значение для стоимости выработки. Для получения например тонны сухого вещества торфа из залежи с 95% воды надо вынуть 20 тонн сырой массы по расчету:

¹ По технической инструкции — через 10—100 саж., в зависимости от размеров болота.

из 100 т сырой массы получается 5 т сухого вещества,

$$x = \frac{100 \cdot 1}{5} = 20 \text{ т},$$

а для получения тонны сухого вещества торфа из залежи с 90% воды надо вынуть по такому же расчету всего 10 т сырой массы, т. е. в два раза меньше; следовательно такое осушение уменьшит, грубо считая, в два раза затрату силы на выемку торфа из залежи, на подъем в машину, на возку его на поле сушки. Чем суше болото, тем прочнее стоит на нем машина, тем легче перевозка торфа и все работы. Технические условия осушения залежи выясняются нивелировкой поверхности ее и нивелировкой до водоприемника по общим правилам нивелировки болот.

3) *Условия сушки* выработанного торфа. Вырезанные вручную и выделанные машиной торфяные кирпичи расстилаются по поверхности земли (осушенного болота или по суходолу) для сушки, которая продолжается около месяца; при этом каждая тысяча тонн воздушносухого торфа занимает при сушке значительную площадь в 9—20 га. Такая же площадь необходима для торфяной машины при двукратном использовании поля сушки за сезон. На большом болоте сушка торфяных кирпичей производится на самом же болоте после очистки и осушения требуемой площади; при разработке малых болот является необходимым раскладывать торф на прилегающих суходолах.

4) *Связность* торфа — способность сохраняться в кирпичках — определяется обывательскими выражениями: связный, рассыпчатый; при этом торф из древесных остатков рассыпчат, из пушицы — связан. Чем больше связность торфа, тем он ценнее.

5) *Пнистость* — это свойство торфяной залежи можно бы характеризовать процентом попадания торфяного зонда на пень, деленным на среднюю глубину залежи в метрах. Если например из 400 зондировок в 15 случаях зонд попал на пень, а средняя глубина залежи 1,8 м, то пнистость слоя в 1 м:

$$\frac{15}{400 \cdot 1,8} = 2\%.$$

6) *Зольность* торфа определяется в лабораториях прокаливанием образцов торфа в тиглях. Моховой торф содержит золы до 5%, травяной торф считается хорошим при содержании золы не свыше 10%. Предельное количество золы в торфе как топливе — 15%.

7) *Степень разложения* торфа. Слабо разложившийся торф дает кирпичи малого удельного веса, оказывает большое сопротивление при резке и годен более на подстилку, чем на топливо. Разложение определяется на-глаз и наощупь; разложившийся торф при сжатии в кулаке выделяет через пальцы темную жидкость, а неразложившийся — чистую воду. В. Кудряшевым предложен и лабораторный способ определения степени разложения торфа. Проба торфа разделяется на два равных по влажности и по весу куска: один высушивается, и в нем определяется содержание сухого вещества; другой кусок кладется на сито с диаметром отверстий 0,25 мм и промывается водой; условно принимается, что остаток на сите есть неразложившаяся часть; высушивая ее, взвешивая и сравнивая с первым высушенным куском, вычисляют процент, степень разложения.

8) *Теплопроизводительность* торфа определяется в лаборатории по взятым образцам. Она колеблется около 3500 калорий при 25% влажности.

9) *Паропроизводительность* определяется количеством килограммов воды, которое может быть обращено в пар одним килограммом топлива. Практическая паропроизводительность такова:

Дров	3 — 3,4
Торфа	4,5 — 5
Каменного угля	6 — 7

10) *Условия потребления торфяного топлива* на месте и условия перевозки и сбыта его обусловлены тем, что торф очень объемистый и малоценный продукт.

Ответы на перечисленные пункты дадут возможность торфмейстеру судить о качестве данной торфяной залежи как запаса топлива и о наилучшем способе разработки ее.

Но мелиоратора, агронома и лесоведа должен интересовать еще более сложный вопрос. Допустим, что данное торфяное болото годно под выработку торфа; но оно годно и под луговую культуру, и под огород, и под лес. Как же сделать выбор? В пользу выработки торфяной залежи на топливо говорит необычайно большая концентрация топлива в ней на единице площади, что видно из следующего сопоставления: 1 га торфяной залежи чистой глубины в 2 м дает 20 000 м³ сырого торфа, из которого получится 5 000 м³ воздушносухого торфа по 400 кг, что дает на гектар 2 000 тонн топлива. Один гектар дровяного леса дает около 400 м³ древесины весом 200 тонн; следовательно гектар залежи торфа по количеству содержащихся в нем калорий равен 10 га леса, а гектар торфяника мощностью в 4 м, что

нередко, эквивалентен 20 га леса. Это дает возможность концентрировать на крупных торфяных массивах постоянные станции для превращения тепловой энергии торфа в электричество с передачей его по проводам на дальние расстояния.

Затем конечно там, где нет поблизости леса и угля, а есть торфяная залежь, там нет и выбора — надо добывать торф.

Но в некоторых случаях такой ясности нет. Выработка торфа производится в мае — июле месяцах, т. е. когда сельское население должно работать в поле и на огородах; хотя от посева до уборки в деревне много свободной силы, но план хозяйства страны следует строить так, чтобы летом вся сила шла на производство сельскохозяйственных продуктов, а не на заготовку топлива; нужны полка, окучивание, мотыжение, поливка и т. п. Заготовку же топлива планомерно произвести зимою рубкою дров, тем более, что нарубить в лесу зимою 15 т древесного топлива требует в 4 раза меньшей затраты труда, чем заготовить летом 15 тонн торфа; тут конечно дело осложняется платою за право рубки леса и истреблением лесов; но лесной площади в СССР достаточно, и, может быть, энергичное осушение заболоченных лесов, культурное лесовозобновление и облесение песков потребует меньше затраты государственных сил, чем затрата их на выработку торфа; может быть, осушение торфяных болот под сельскохозяйственную и лесную культуру даст больше продукции, чем выработка из них торфа, обрабатывая участок в водоем с перемычками. Ведь торфяное болото при с.-х. культивировании его дает в отдельных случаях до 10 т сена с гектара. Эти вопросы не разрешены еще в общегосударственном масштабе и требуют вырешения в каждом частном случае: торф, сельскохозяйственная культура или лес?

Выработка торфа. Выработка торфа производится тремя способами: ручным, машинным и гидравлическим.

Наиболее развита добыча машино-механическая, но и ручная выработка кустарного характера для потребления на месте имеет большое значение.

За 1928 год по всему СССР выработано промышленными предприятиями нижеследующее количество торфа:

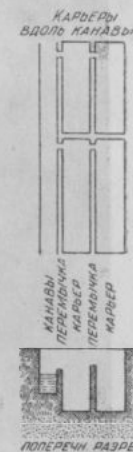
Резного (ручного)	300 000 т
Машинного	3 800 000 "
Гидроторфа	957 000 "
Итого	5 057 000 т

Кроме того выработано населением для своих нужд около 1 500 000 т.

Выработанный торф должен быть употреблен на топливо в первую же зиму, так как, промерзая зимою и оттаивая весною, он рассыпается.

Ручная выработка торфа может быть резная, формовочная и наливная.

С осени по составленному проекту прорывается осушительная канава. Весной для резки торфа намечаются карьеры-полосы вдоль канавы (черт. 63) или перпендикулярно к ней (черт. 64) шириною по 2 м с оставлением между канавой и карьером промежуточной полосы — перемычки. Эта перемычка дает возможность изолировать карьер от канавы и, переливая черпаками воду из карьера, понижать уровень воды в карьере ниже дна водоотводной канавы. Перед началом выработки удаляют верхний неразложившийся слой торфа, называемый очесом, который может быть употреблен на подстилку вместо соломы. Затем различными приемами вырезают из залежи лопатами, обычными или специально торфяными, по намеченному карьеру куски торфа — кирпичи размером $13 \times 13 \times 31$ см ($3 \times 3 \times 7$ верш.) — и отвозят их в тачках на поле сушки, раскладывая там по одному кирпичу; через неделю их складывают в пятки, затем в фонари по 25 штук и наконец в штабели на месте выработки или под навесы в усадьбе; сушка продолжается около 30 дней, в результате чего получается горючий воздушносухой торф с содержанием 20—30% воды. Один резчик при 2 вспомогательных рабочих вырезает в рабочий день около 10 м³ сырого торфа, что дает около 1,2 т воздушносухого торфа, а за 70 дней сезона, с середины мая до конца



Черт. 63.



Черт. 64.

июля, это дает на партию из 3 человек около 84 т воздушносухого торфа, а на человека — 28 т. Резной торф вырабатывается в небольших количествах по всей европейской части Союза для местного домашнего потребления взамен дров.

Лучшего качества ручной торф получается при измельчении лопатами и ногами, размешивании вырезанных из залежи кусков торфа в ямах или ящиках с водою. Промешанный таким образом торф накладывают в деревянные рамы-формы, из которых получают однородные кирпичи (рамочный торф), или разравнивают по поверхности земли на огражденных досками площадках и затем по высыхании режут на куски (наливной

торф), или формуют на станках, как строительный кирпич. Машинный торф лучшего качества по сравнению с резным: он

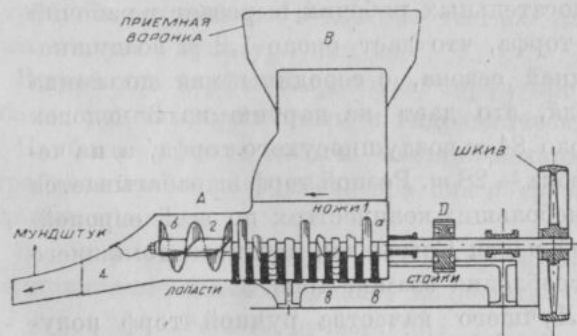


Ручная резка торфа.

однороден, более плотен, но требует больше работы; заготавливается в массе крестьянами в Богородском уезде Московской губернии.

Машинная выработка. Наиболее употребительная торфяная машина у нас системы

Анрен-Копеля состоит из 3 частей: собственно машины — рабочего цилиндра, элеватора и парового двигателя. Рабочий цилиндр (черт. 65) состоит из разъемного прочного железного кожуха длиной около 1 м, диаметром около 0,33 м, с приемной воронкой наверху у одного конца и с выходным отверстием — мундштуком — у другого конца. В кожух твердо вделан на подшипниках вал с насаженными режущими и месильными лопастями и ножами, которые проходят между неподвижно прикрепленными к кожуху стойками



Черт. 65.

верху у одного конца и с выходным отверстием — мундштуком — у другого конца. В кожух твердо вделан на подшипниках вал с насаженными режущими и месильными лопастями и ножами, которые проходят между неподвижно прикрепленными к кожуху стойками

ножами. При вращении вала попадающий через воронку в кожух торф подвергается измельчению с разрывом волокон, перемешиванию и выдавливанию через мундштук в виде однородной массы — бесконечного бруса квадратного 13×13 см сечения, который перерезается ножом на куски длиной 31 см. Торфяные кирпичи перевозятся вручную на вагонетках по рельсам на поле сушки, которая ведется так же, как и при ручной выработке. В приемную воронку торф подается элеватором; это прямоугольный с железными стенками и дном жолоб длиной около 20 м, по кото-



Реака пласта поднятого торфа.

рому движется вверх цепь с прикрепленными к ней перпендикулярно стоящими дощечками-гребками; цепь эта перекинута через зубчатки валов у верхнего и нижнего концов элеватора и вращением верхнего вала приводится в круговое движение: вверх — к приемной воронке по дну лотка и вниз — к карьере под дном лотка; при этом гребки элеватора тащат по дну лотка к воронке машины куски торфа, бросаемые в элеватор лопатами. Вал торфяной машины и элеватор приводятся в движение 12-сильным локомотивом.

За одну смену такая машина пропускает через себя 330 м^3 сырого торфа, что дает около 35 т воздушносухого торфа, а за сезон — около 2100 т при одной смене рабочих.

Рабочие при машине распределяются таким образом:

Берут торф лопатами из залежи и бросают в элеватор	12
У мундштука машины режут, принимают дощечки с кирпичами и кладут их на вагонетки	5
Отвозят вагонетки на поле сушки	8
Снимают дощечки с вагонеток и кладут торфяные кирпичи на поле сушки	5
Иногда внизу элеватора подливают воду и вверху элеватора наблюдают за поступлением кусков торфа в воронку	2
Машинист	1
Сторож	1
Сушильницы-торфушки	18
Всего	52 человека,

не считая надзора.
В сезон на человека это дает выработку $2\ 100:52=40$ т.

Сравнивая производительность человека на ручной резке в 28 т и машинной добыче—40 т, видим очень малую разницу, а, приняв еще во внимание труд, затраченный на создание комплекта самой машины, около 10 000 руб., расход на топливо и пр., которые конечно должны быть разложены на выработку, получим одинаковую стоимость тонны машинного и ручного торфа—около семи рублей.

Причиной этого является примитивность торфяных машин; из описанного процесса работы видно, что при машинной выработке торф приходится все же брать из залежи 12 лопатами, отвозить на поле сушки 8 возчиками, раскладывать 5 рабочими, перекладывать при сушке 18 женщинами, т. е. вся работа делается вручную; машина только улучшает качество торфа вследствие измельчения и перемешивания его и координирует работу всех 50 человек, ставя их в связь друг с другом.

Механизация торфоразработки. Имеется много попыток к уменьшению ручного труда при обычной торфяной машине путем механизации выемки торфа из залежи, транспорта его на поле сушки и процесса сушки. Выемка торфа из залежи на беспнистом болоте может производиться, как и при кошке канав, баггерами—механическими черпаками, которых предложено много систем.

Транспорт торфяных кирпичей от машины на поле сушки механизуется так называемыми транспортерами нескольких систем; сущность например транспортера Персона состоит в следующем. Два параллельных бесконечных проволочных каната натянуты на шкивы двух концевых станков, из которых один у ма-

шины и приводится во вращение от локомобиля, другой—в конце поля сушки, на расстоянии 100 м и более, прочно крепится к земле; чтобы натянутые проволочные канаты не провисали на расстоянии более 100 м между станками, они поддерживаются роликами на стойках, расставленных между концевыми станками. Выходящий из мундштука на подставляемые дощечки торф вместе с дощечками кладется на натянутую пару канатов и едет при непрерывном движении канатов к полю сушки, где снимается рабочими; имеются еще более совершенные транспортеры, с которых доставленный на место сушки торф сбрасывается автоматически. Однако баггеры и транспортеры в СССР распространены еще очень мало.

Менее всего разрешен вопрос о механизации сушки торфа, не приведший еще при машинной выработке ни к каким практическим результатам, хотя предложений имеется много.

Гидравлический способ добычи торфа, предложенный и энергично проводившийся с 1918 г. Классеном и Кирпичниковым, практически разрешил для крупных разработок, обеспеченных водою, механизацию взятия торфа из залежи и транспорта его на поле сушки; самый процесс сушки также механизировался в значительной мере. Сущность гидравлического способа заключается в размыве залежи торфа и вымывании торфа даже из переплета пней при помощи водяной струи высокого давления, во всасывании полученной жидкой массы в машину, переработке ее там и в транспорте ее на поле сушки по трубам в виде густой жидкости.

Размыв торфа производится струями из двух укрепленных на подставках брандсбойтов (вроде пожарных наконечников), в которые вода вгоняется по трубам сильными центробежными насосами из естественного водоема; вымытый струей воды торф течет по карьеру к торфососу, причем крупные пни остаются на месте, а мелкие плывут с торфом и должны перед торфососом вытаскиваться особым краном—грейфером. Всасывание массы в машину производится опущенной в массу трубою, в которой вращается забирающий винтовой турбинный вал, а перед входом в трубу вращается пропеллер, отгоняющий подплывающий с торфом мусор. За всасывающим винтом масса попадает в трубу, по которой гонится далее центробежным насосом, подвергаясь измельчению. Пройдя через трубы машины, торфяная масса действием насосов гонится по трубе диаметром 0,33 м на поле сушки, где разливается по отдельным отгороженным площадкам-картам слоем в 0,2 м толщины. Трубы легко наращиваются и

разбираются; поле сушки может отстоять от машины на целый километр. Разлитая по проницаемой почве торфяная масса через несколько дней теряет всю не связанную с торфом массу воды и становится твердой, после чего ручными цапками или пропуском большого колеса с гнездовым ободом разрабатывается на кирпичи, сушка которых ведется обычным порядком. Производительность торфососа — до 20 000 т воздушносухого торфа за сезон. Установка гидроторфа представляет собой двухэтажную платформу на гусеничном ходу на железной, устанавливающейся в отдельных местах, получающих ток от центральной электростанции.

Потребление торфа в сельском хозяйстве. Весь добываемый в СССР торф идет на топливо, притом преимущественно на отопление паровых котлов. В крестьянском хозяйстве некоторых районов Центрально-промышленной области торф является единственным домашним топливом; он сжигается как в специальных колосниковых печах, так и в обыкновенной русской печи.

Но кроме топливного назначения торф частично, хотя еще в очень малом количестве, идет на приготовление подстилки для скота. Слабо разложившийся высушенный моховой торф хорошо впитывает и удерживает в себе влагу и газы; эти свойства у торфа выражены сильнее, чем в подстилочной соломе. Д. Н. Прянишников¹ указывает, что 100 частей соломы удерживают 180—280 частей воды, а 100 ч. торфа — 500—700 ч. воды. Исследования П. Купреев² показали, что торфяная подстилка поглощает углекислоту в большей мере, чем соломенная, а аммиак поглощается торфом полностью, и этим помещения для животных очищаются от запаха. Поэтому замена соломы торфом на подстилку уменьшает улетучивание и сток удобрительных веществ из помещений для животных, сохраняя их для удобрения полей. Кроме того потребление торфа на подстилку даст возможность употребить солому на корм и тем увеличить количество скота и навоза в хозяйстве.

Торф ослабляет потери аммиака в навозной куче и кроме того является лучшей средой для нитрификационных процессов³ (образование соединений азота). Поэтому действие торфяного навоза на урожай выражается не в меньшей, а повидимому, в большей мере, чем навоза соломенного.

Хороший подстилочный материал из торфяной залежи полу-

¹ „Учение об удобрении“.

² „Вестник торфяного дела“, 1922 г.

³ И. Якушкин и П. Константинов, „Вестник торфяного дела“, 1915 г.

чается следующим образом¹. Поздней осенью торф на болоте режется плитками и оставляется на зиму на месте сушки, где подвергается действию мороза, приобретая вследствие этого рассыпчатость. Весной плитки несколько раз переворачиваются и по мере высыхания складываются на хранение в сарай. Перед употреблением на подстилку эти плитки раздробляются ручной или конной „волк-машиной“, состоящей из двух зубчатых вращающихся валов, между которыми пропускаются плитки.

Другой способ добытия торфяной подстилки, не требующий применения машин, начинается с вспашки хорошо осушенного болота на зиму плугом. Получающиеся гребни поднятого торфа зимой промерзают, становятся рыхлыми. „Весной, как только гребни несколько подсохнут, последние хорошо боронуются. Достаточно подсохший верхний слой собирают в кучи, а оставшийся мокрый пласт снова боронуются, и так повторяется в течение лета несколько раз. В хорошую погоду кучи сухого торфа убирают в сарай на хранение. Полученная таким образом подстилка при употреблении требует размельчения некоторых более плотных комьев, что легко достигается обыкновенными ручными орудиями; большая же часть такой подстилки идет непосредственно в употребление“.

Торф на подстилку идет в заметном количестве в Германии и Швеции. В СССР это дело лишь начинается, хотя Наркомземом оборудовано для изготовления торфяной подстилки несколько заводов.

В больших производствах торфяная масса из дробильной машины идет на сита, на которых торфяная подстилка отделяется от мелкого торфяного порошка, идущего на ассенизационные и др. надобности. Очищенная же раздробленная торфяная подстилка при изготовлении ее на продажу прессуется в тюки, как сено.

Количество употребляемого на подстилку торфа в благоустроенных дворах определяется в 2,5—3,5 м в день на голову скота. Употребление торфяной подстилки удобно в смеси с соломой.

Использование выработанного торфяника. На месте торфяной залежи после выработки торфа из нее остается водоем, обычно с многочисленными перемычками из невыработанного торфа. В таком неприглядном виде в наших условиях торфоразработка предоставляется опять природе. Процесс заторфования идет очень медленно: требуется тысячелетие для образования нового торфа. Такое положение возможно лишь там, где нет земельной тесноты, где земля не окупает еще вкладывания больших средств. В иных же условиях является необходимым про-

¹ Из книги И. Вихляева. «Торфяные болота», 1914 г.

странства с выработанным торфом обращать под сельскохозяйственные угодия, мелиорировав их.

По минеральному дну выработанных площадей проводятся открытые осушительные каналы с выводом воды из них в реку самотеком или механическим подъемом насосами; в открытые каналы вводятся подземные дрены. Песчаный грунт дна торфяной выработки смешивается с малоразложившимся торфом верхнего слоя залежи, сбрасываемым на дно карьера еще во время выработки торфа. Смесь песка и торфа обладает благоприятными для роста растений физическими свойствами, но бедна питательными веществами; поэтому для интенсивной культуры с.-х. растений требуется навозное или минеральное удобрение дна торфяника. Такие интенсивные культуры на выработанных торфяниках имеют распространение в Голландии, где они называются культурами на фенах.

Естественный выпуск воды самотеком со дна выработанного торфяника, а тем более понижение грунтовой воды дренажем, у нас в большинстве случаев невозможен вследствие низкого положения дна торфяника относительно уровня воды в реках. Осушение дна выработанного торфяника в условиях рельефа СССР требует понижения уровня воды в реках или механической перекачки. Поэтому использование дна выработки под с.-х. культуры у нас возможно лишь в редких случаях. Вопрос о возможности рыбного хозяйства на остающихся после выработки торфа водоемах остается еще не разработанным.

ЛИТЕРАТУРА

«Вестник торфяного дела». Периодич. издание Министерства земледелия с 1914 г. и Наркомзема РСФСР.

«Известия Научно-экспериментального торфяного института». Изд. Центр. упр. торф. пром. с 1922 г.

«Торфяное дело». Изд. ЦУ торф. пром. с 1924 г.

Сборник «Торф». Изд. Науч.-эксп. торф. ин-та, 1920 г.

«Труды опытной торфяной станции». Изд. ЦУ торф. пром. с 1923 г.

«Болотоведение». Изд. Минск. оп. ст. с 1912 г.

Соловьев, Разработка торфа на топливо, 1894 г.

Вихляев, Торфяные болота, 1914 г.

И. Вихляев, Торф и его обработка простыми способами, 1922 г.

Гехт, Торф, 1914.

Класен, Кирпичников и др. Гидроторф, 1923 г.

Меншиков, Механизация торфодобычания, 1923 г.

Бартель, Торфяное хозяйство. Пер. с нем. 1924 г.

Богданов, Кустарные способы выработки торфа на топливо, 1918 г.

Горячий, Основы проектирования торфяных хозяйств, 1926 г.

Цайлер, Торфяная подстилка, Перевод 1927 г.

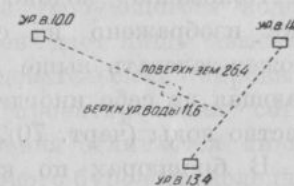
ГЛАВА ШЕСТАЯ

СЕЛЬСКОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ. КОЛОДЦЫ

Вода в деревне для питья и хозяйственных надобностей берется из рек, прудов, ключей и колодцев. От условий добывания воды зависит характер расселения жителей по стране; где много непересыхающих рек или близко грунтовая вода, там селения немногочисленны и расположены часто, например Центрально-промышленная область и Западная область; где же большая часть рек летом пересыхает, и грунтовые воды далеки от поверхности, там селения расположены редко, но селения эти многочисленны, по нескольку тысяч жителей, например Нижнее Поволжье, бассейн Дона; здесь жители, отправляясь на полевые работы, везут с собою бочки воды.

Изыскание на питьевую воду. Перед приступом к устройству колодца необходимо иметь заранее представление о вероятной глубине его. Чтобы иметь в колодце воду, надо углубить колодезную шахту на 1,0—1,5 м в водоносный горизонт, которым для срубовых, бетонных и мелких буровых колодцев является обычно песок, насыщенный водою и подстилаемый водонепроницаемым грунтом — глиной. Следовательно мы должны приблизительно знать положение этого водоносного горизонта.

Если место для колодца находится в районе существующих колодцев, а поверхность земли плоская, то в этом простейшем случае вероятное расстояние водоносного горизонта от поверхности земли определяется по глубине соседних колодцев. Если поверхность земли волнистая, то необходимо помощью нивелира связать уровни воды в существующих колодцах и, выяснив таким образом положение зеркала грунтовой воды и высотное положение места предполагаемого колодца, вычитанием определить вероятную глубину колодца. На черт. 66 указано: положение существующих трех колодцев с отметками уровня воды в них



Черт. 66.

над условным горизонтом, положение проектируемого колодца с отметкой поверхности земли при нем и две линии нивелирных ходов; по данным чертежа можно вычислить вероятную



Черт. 67.

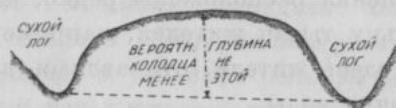
отметку грунтовой воды на месте предполагаемого колодца в 11,6 м над условным горизонтом; поэтому вероятная глубина до воды будет $26,4 - 11,6 = 14,8$ м.

При отсутствии существующих колодцев вероятную глубину проектируемого колодца можно попытаться определить по выклинивающимся в ложбинах грунтовым водам. Схемы показаны на чертежах и не требуют пояснений (черт. 67, 68).

Если имеются в районе предполагаемого колодца лишь сухие овраги, то по ним выяснить вероятную глубину колодца нельзя, но все же можно выяснить, что вода будет не ближе столько-то метров от поверхности, что видно по схеме (черт. 69).



Черт. 68.



Черт. 69.

Положение водоносного горизонта не бывает так просто, как изображено на схемах. Между двумя сухими оврагами может залегать выше дна их местная прослойка глины, задерживающая на себе иногда достаточное для простого колодца количество воды (черт. 70).

В брошюрах по колодцам указывается ряд эмпирических, приемов определения вероятной глубины воды.

Изучение залегания горизонтов грунтовых вод страны, выяснение их мощности и условий образования входит в задачу гидрогеологии. Но нужно очень интенсивное изучение страны, чтобы получить возможность пользоваться данными гидрогеологии при устройстве отдельных колодцев. В каждой местности имеется несколько водоносных горизонтов: „верховодка“ — ненадежный пересыхающий горизонт на первой от поверхности водонепроницаемой прослойке, иногда случайной и местного характера; в этой „верховодке“ обычно встречаются деревенские простые



Черт. 70.

колодцы, вода находится в сообщении с грязными поверхностными водами. Второй водоносный горизонт надежно питает глубокие бетонные колодцы и мелкие буровые; вода этого горизонта отделена от поверхности земли или верховодкой, или достаточно мощным слоем грунта, проходя через который она очищается от примесей и микроорганизмов; питание этого водоносного горизонта может происходить как местными водами, так и просачивающимися с дальних районов. В некоторых районах, например почти по всей Центрально-черноземной области, залегание этих вод изучено настолько, что вероятная глубина бурового колодца может быть обычно предсказана. Однако это знание района связано часто с определенным специалистом и не может быть воспринято в деталях новым лицом по имеющимся печатным или рукописным материалам.

Наконец на больших глубинах, в 200 и более метров, часто залегает глубокий водоносный горизонт, в котором вода находится иногда под большим напором; доводимые до этого водоносного горизонта буровые колодцы иногда дают самоизливающуюся воду; это — так называемые артезианские колодцы, питаемые водами из древних геологических отложений (часто девонских известняков); вода в них совершенно обеззараженная, иногда сильно минерализована.

Достоверный ответ о глубине залегания требующегося водоносного горизонта при отсутствии колодцев дает лишь изыскательное бурение до воды; сеть исследовательских буровых скважин — наиболее надежная база для проектирования сети колодцев. Процесс исследовательского бурения отличается лишь в деталях от бурения для устройства глубокого бурового колодца и потому здесь отдельно не излагается¹.

Анализ воды. На качество питьевой воды в сельской обстановке мало обращается внимания, лишь бы она не была горька от очень большой примеси минеральных веществ и не имела сильного запаха от примеси органических веществ. Но конечно при работах по водоснабжению деревни полезно иметь более точные сведения о качестве воды, которые получаются в результате лабораторного исследования. Для характеристики качества питьевой воды требуется определение²:

1) **температуры** — термометром, опускаемым в воду на бечеве с привязкою груза; шарик термометра обертывается ватой или

¹ „Изложение“ параграфов об устройстве буровых колодцев.

² „Инструкция для производства полевого анализа воды“, изд. Отд. зем. улучш., 1914 г.

паклей, чтобы положение ртути не успело измениться за время вытаскивания термометра из колодца;

2) *вкуса* — при температуре 15—20° С;

3) *запаха* — при нагревании в колбе до 50—60° С;

4) *цвета* — сравнением слоя воды в 10—20 см с равным слоем дистиллированной воды в цилиндрах, поставленных на белую бумагу;

5) *мутности* — отстаиванием в продолжение 12 часов 100 см³ воды в градуированном цилиндре с определением занимаемого осевшими частицами объема;

6) *химической реакции воды* — лакмусовой бумагой в течение 5—10 минут;

7) *жесткости воды*, зависящей от содержания солей кальция и магния; жесткость сырой воды называется общей жесткостью, а кипяченой — постоянной жесткостью. 100 см³ воды вливают в стеклянный цилиндр с притертой пробкой и прибавляют бюреткою сначала по 1 см³ титрованного спиртового раствора марсельского мыла, а затем по каплям до тех пор, пока при взбалтывании будет оставаться в течение 5 минут пена. По объему потребленного мыла по таблице находят число градусов жесткости. Один градус жесткости соответствует содержанию в 100 см³ воды 1 мг окиси кальция и магния. Один немецкий градус соответствует 1,79 французского и 1,25 английского градуса. Воду с жесткостью до 8 немецких градусов считают мягкой, свыше 20 градусов — жесткой; для питья пригодна и более жесткая вода, для варки пищи — не свыше 20 градусов;

8) *содержания железа*, так как при содержании 1,5 мг на литр вода имеет неприятный вкус; для городских водопроводов допускаются не более 0,3 мг на литр;

9) *содержания азотистой кислоты*, которой вовсе не должно быть, и азотной кислоты — не свыше 20 мг в литре;

10) *содержания аммиака* — допускаются лишь следы его, так как присутствие его в воде неглубоких горизонтов указывает на происходящее в воде гниение органических веществ;

11) *содержания сероводорода* — как результат разложения органических веществ в питьевой воде, а из глубоких скважин — как результат разложения сернистых металлов. В открытых резервуарах сероводород улетучивается;

12) *окисляемости* — не свыше 10 мг марганцевокислого калия на 1 л;

13) *содержания серной кислоты* — не свыше 100 мг ангидрида серной кислоты на литр воды;

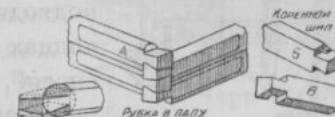
14) *содержания хлора* — не более 150 мг на литр.

Типы колодцев. В сельскохозяйственной обстановке распространены три типа колодцев: срубный колодезь, бетонный и буровой. Номенклатура эта не выдержана по какому-либо признаку и потому обывательского характера, но она наиболее употребительна. Если положить в основу классификации материал, из которого сделан колодезь, то следует различать колодцы: деревянные, каменные и железные, а по способу устройства следует различать: копанные, забивные и буровые колодцы.

При проектировании новых колодцев общего пользования в районах землеустройства или просто в целях благоустройства селений следует принимать необходимым один колодезь на 10 дворов. При проектировании колодца в степи в целях водопоя пасущегося скота следует считать район пользования колодцем не более 2 км в каждую сторону.

Потребность воды в сутки при расчете обслуживаемого населения следует считать по 40 л на всякие нужды одного человека, по 40 л на голову крупного скота и по 15 л на голову мелкого скота.

Срубные колодцы. Этот вид колодца делается населением всюду без какого-либо указания со стороны; имеют деревянные колодезники, кото-



Черт. 71.

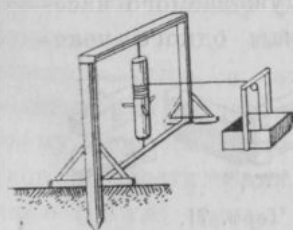
рые опускают деревянные срубы на глубину до 25 м, а в редких случаях и до 32 м. Материалом для сруба может служить дуб, хорошо сохраняющийся над водой и еще более твердеющий в воде; но дуб трудно обделывается, и стволы его неправильны. Сосна имеет правильный ствол, легко обделывается и сохраняется в воде и над водою лет двадцать. Береза сохраняется под водой лет 10, над водою же начинает гнить через 5 лет¹. Ольха долго держится в воде и слаба над водой. Материалом для сруба являются пластины, распиленные вдоль бревна, толщиной 22 см (5 верш.), или цельные бревна толщиной 16 см (3—4 верш.), длиною по 1,6 м, очищенные от коры.

Из заготовленного таким образом материала рубится на поверхности земли сруб колодца с соединениями на углах, как указано на черт. 71, в лапу, с потайным шипом. Каждые четыре пластины образуют венец; отдельные венцы соединяются между собою вставными шипами.

На месте колодца роется яма поперечным размером несколько больше внешних размеров сруба, глубиною — насколько то ока-

¹ Синельников, Колодцы, 1924 г.

зывается возможным без риска обвала стенок грунта, но вообще говоря, не глубже 4 м. Со дна этой ямы, называемой технически шахтой, или котлованом, собирается по венцам приготовленный на поверхности сруб. Доведя сборку со дна до поверхности, спускают в сруб на веревке колодезника-землекопа. Этот колодезник продолжает углубление дна колодца; землю вытаскивают бадьей 2—3 рабочих на канате, перекинутом через блок над колодцем и прикрепленном к вертикальному вороту в стороне от колодца (черт. 72). Детали этих устройств пропускаем. Место работ следует огородить.



Черт. 72.

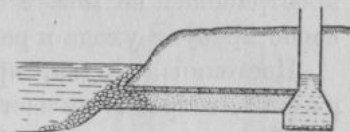
Наращивание сруба производится двояко. Весь сруб по мере выемки земли со дна шахты опускается и наращивается венцами сверху; при этом нижнее звено должно быть несколько шире остальных, и еще лучше, если к нему прикреплен режущая полоса железа. Или делается иначе: установленный на дно вырытой шахты сруб закрепляется на месте, а по мере подкопа и выемки земли под него подводятся бревна снизу. При глубоких колодцах приходится применять этот последний способ. Чтобы во время работы звенья сруба не разошлись, они скрепляются прибиваемыми изнутри продольными досками-рейками, а чтобы весь сруб не осел при подкопе, закладывают в некоторые венцы более длинные звенья с выступающими в стенки шахты концами.

Сруб опускается на 1—1,5 м ниже уровня грунтовой воды, в зависимости от размеров ожидаемого потребления воды и от интенсивности притока; на дно колодца следует насыпать небольшой слой мелкого камня, чтобы вода не мутилась при опускании ведра. Пространство между срубом и стенкой котлована плотно забивается глиной (глиняный замок) с обделкой у поверхности конусом вокруг колодца и, желательно, с мощением поверхности камнем: этими мерами стараются предупредить просачивание в колодезь грязной воды с поверхности.

При разборе из колодца воды уровень ее понижается, вследствие чего колодезь притягивает к себе грунтовые воды прилегающих горизонтов. Если колодезь устроен близко от скотного двора, выгребной ямы и т. п., то до него доходит, просачиваясь через грунт, загрязненная вода. Поэтому колодезь следует рыть в 20 и более метрах расстояния от помещений для животных и выгребных ям, стараясь притом поместить его на небольшом бугре, чтобы в него не попадала поверхностная вода.

При устройстве колодца может встретиться ряд затруднений: песок-плывун, камень, удушливые газы; об устранении их говорится в главе о бетонных колодцах.

Величина притока грунтовой воды в колодезь почти не зависит от поперечного размера колодца, т. е. будет ли поперечное сечение сруба $1,5 \times 1,5$ м или 2×2 м, количество даваемой колодцем воды не изменится. Существенное значение для питания колодца имеет погружение сруба в водоносный горизонт: чем больше колодезь опущен в водоносный горизонт, тем конечно с большим напором будет пополняться выбираемая вода. Однако от поперечного размера колодца зависит объем скопляющейся за ночь воды; если утром водоразбор велик, то большой запас воды в колодце полезен. Поэтому иногда нижнюю часть сруба, погруженную в воду, делают расширенной в виде колокола. При малом водоразборе глубокое погружение сруба в воду и широкая шахта нежелательны, так как слабо разбрасываемая вода застаивается и от соприкосновения с деревом портится.



Черт. 73.

При глубоком залегании грунтовых вод возможно устроить простой колодезь с питанием его водою из пруда. Для этого соединяют колодезь с прудом глубокой канавой, насыпают в канаву щебня и песка и засыпают с поверхности вновь землей. Грязная вода пруда несколько очищается, проходя через фильтр из камня и песка (черт. 73).

Подъем воды из колодцев в сельской обстановке производится веревкой или цепью, вытягиваемой просто руками, или перекидываемой через блок, или наматываемой на ворот, или наконец привязываемой к „журавлю“. Распространенность этих приемов поднятия воды в обследованных уездах бывшей Тульской губернии¹ характеризуется данными таблицы на стр. 130.

По тому же обследованию, санитарное состояние колодцев оказалось:

	Новосильск. у.	Ефремовск. у.
Удовлетворительное	19,30 %	7,66 %
Неудовлетворительное	56,36 „	70,54 „
Плохое	24,34 „	27,80 „

Санитарные соображения требуют, чтобы вода из колодца поднималась насосом или, в худшем случае, постоянно закрепленной на цепи бадьей общего пользования; сверху колодезь

¹ А. Козменко, Описание водоснабжения селений Тульской губернии, 1917 г.

² А. Д. Дубах.



Способ подъема воды	Новосильский уезд ¹		Ефремовский уезд	
	Число колодцев	В процентах	Число колодцев	В процентах
Без устройств	1 096	56,88	674	66,21
Журавлем	545	28,28	269	26,42
Блоком	122	6,33	50	4,91
Воротом	163	8,48	23	2,26
Насосом	1	0,05	2	0,20
	1 927	100,00	1 018	100,0

должен быть закрыт крышкой. Действительная обстановка не соответствует этим требованиям.

Установка насосов на сельских колодцах совершенно не распространена и не может быть в обычных условиях рекомендована; насос требует ухода и ремонта, чего при обычных условиях нет.

Постоянная бадья, прикрепленная к цепи ворота или журавля, встречается часто; например в бывш. Новосильском уезде в 14% от всех колодцев. Но своего санитарного назначения бадья не исполняет, если она ставится на грязную землю или из нее поят лошадей. Чтобы устранить поилку непосредственно из бадьи, необходимо верх бадьи защитить крестовиной из железных полос. Но все же, если в селении на одном из колодцев имеется прикрепленная бадья, то при этом колодце с бадьей больше грязи и заразы, так как здесь останавливаются все. Необходима еще крышка колодца, мощение вокруг него и тумба для бадьи.

Крышки на колодцах встречаются редко; в бывш. Новосильском уезде всего на 6% колодцев. Изложенное показывает, что формальное исполнение санитарных правил не всегда приводит к цели.

Бетонные колодцы. Устройство бетонных колодцев в деревнях начато было в заметных количествах в 1912 г. в показательных и в поощрительных целях при землеустройстве. Сначала работы производились целиком за средства казны, а за последний перед войною год предоставлялся бесплатно лишь цемент, а местами лишь техническое руководство.

Устройство бетонного колодца складывается из двух отдельных процессов: 1) изготовления бетонных колец, 2) установки колец на место.

¹ Новосильский уезд ныне отнесен к Орловской губ.

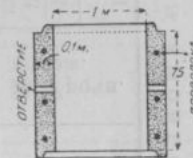
Изготовление бетонных колец. Бетон есть затвердевшая смесь цемента, песка, щебня и воды. Объемное отношение этих составных частей колеблется в зависимости от свойств песка и щебня. Исходить можно из таких основных объемных соотношений: цемента 1 часть, песка 3 части, щебня (битый камень) 4 части, или: цемента 1 часть, песка 3 части, щебня 3 части. Песок должен быть чистый, без глины, по возможности угловатый; щебень — из твердого камня, битого булыжника или гальки. Употребление битого кирпича недопустимо, так как пористый кирпич является слабой составной частью смеси.

Тщательно перемешанная на досчатом настиле сухая смесь цемента и песка постепенно добавляется водою при дальнейшем перемешивании лопатами до однородной, слегка влажной массы. К этой массе добавляется требуемое количество смоченного водою щебня, и смесь вновь тщательно перемешивается лопатами. Получившаяся масса и есть бетон, набиваемый в формы.

Формы для изготовления колодезных бетонных колец бывают деревянные и железные. Железные формы выписывались из Варшавы или из Германии. Стоимость их была около 150 руб.

Каждая железная форма состоит из разборных, внешней и внутренней, цилиндрических стенок, из железного подкладочного кольца и из верхнего накладочного кольца.

Собрав и установив обе оболочки формы на подкладку, смазав внутренние стенки их и подкладку олеонафтом, кладут между ними лопатой слой приготовленной бетонной массы и уплотняют специальной трамбовкой; на первый слой кладут второй и т. д. до наполнения всего промежутка между оболочками до верха; после этого накладывают и прижимают верхнюю накладку. Через час снимают накладку, разбирают наружную и внутреннюю стенки и оставляют получившееся бетонное кольцо (черт. 74) стоять на нижней подкладке в течение нескольких дней, пока быстро происходит внутренний процесс схватывания цемента. Это продолжается 2—4 дня, в течение которых, особенно первое время, кольцо необходимо держать в тени во влажном состоянии, покрывая его мокрыми рогожами или мешками. Совершенно ошибочно в целях ускорения затвердения колец выставлять их на солнце, рассчитывая, что на солнце они скорее высохнут. Дело в том, что кольцо затвердевает не от высыхания, а от внутреннего в цементе процесса „схватыва-



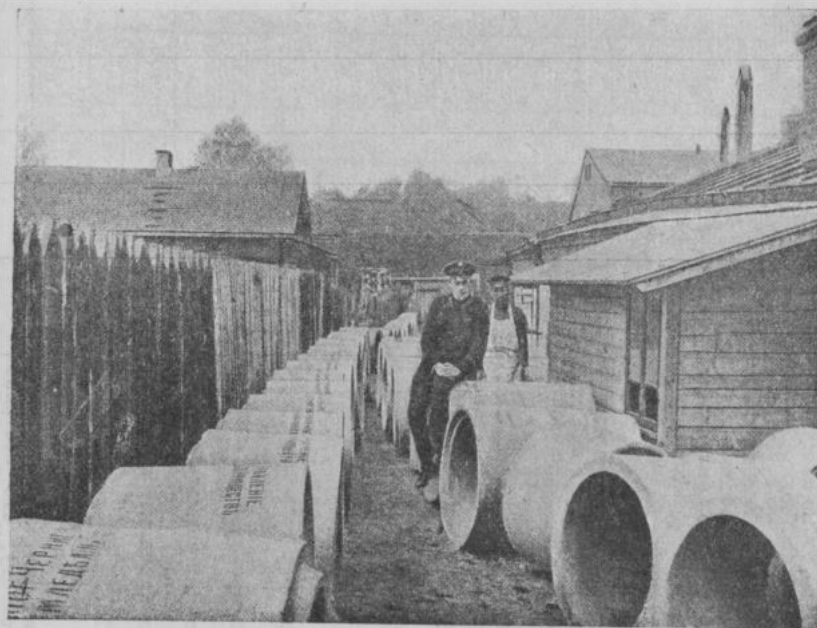
Черт. 74.

Потребная рабочая сила и материал для устройства срубового колодца внешнего поперечного сечения $1,6 \times 1,6$ м, глубиной от поверхности земли до воды 10 м, до дна — 11,5 м, определяется по Урочному положению следующим образом:

№ по порядку	Описание работ	Урочн. полож.	Потребное количество			Стоимость				Примечание
			рабочих		материалов	единицы		всего		
			пеших	конных						
1	Для копания плотной глины в надводной части шахты на глубину 10 м, сечением 1,6 × 1,6 м, объемом 25,6 м³, с накладкой земли в бадье, — потребно землекопов: 0,3 × 25,6	30	7,68			Р.	К.	Р.	К.	Груда за месяц 1926 года.
2	Для подъема бадьей из шахты 25,6 м³ глины весом одного куб. метра 1,7 т, всего 43,52 т, со средней глубины 5 м — потребно рабочих: 0,046 × 5 × 43,52	673 и 33	10,01			1	20	12	01	
3	Для копания и вычерпывания разнородного грунта на подводной части шахты на глубину 1,5 м, сечением 1,6 × 1,6 м, объемом 3,75 м³, с накладкой в бадье, — потребно землекопов: 0,6 × 3,75	29	2,25			2	—	4	50	
4	Для подъема бадьей из шахты 3,75 м³ грунта общим весом 6,38 т со средней глубины 10,8 м потребно рабочих: 0,08 × 10,8 × 6,38	673 и 33	5,51			1	20	6	61	
5	Для заготовления колодезного сруба длиной с надземной частью 12,5 м из дубовых пластин длиной 1,6 м, шириной 22 см, толщ. 11 см, — потребно: пластин погонн. метров 228 × 1,6, плотников 0,12 × 365	153	41,8		364,8	—	30	109	44	
6	Для опускания готового сруба в шахту глубиной 11,5 м и обделки 1 м надземной части сруба потребно: землекопов-колодезников 0,46 × 12,5 рабочих 1,38 × 12,5	по опыту	5,75 17,25			2 1	— 20	11 20	50 70	По справочным ценам отдела
7	Для выртия котлована вокруг колодца на глубину 1 м сечением 2,5 × 2,5 м, объемом, за вычетом объема колодезной шахты, 6,25 — 2,56 = 3,69 м³, — потребно землекопов: 0,3 × 3,69	30	1,11			2	—	2	22	
8	Для забивки 3,69 м³ котлована глиной с плотной утрамбовкой ее и добавочной насыпки конусом вокруг колодца 3 м³ глины и песка потребно землекопов: 0,2 × (3,69 + 3)	44	1,34			2	—	2	68	
9	Для замощения камнем 20 м² вокруг колодца потребно: мостовщиков 0,08 × 20 камня кубич. метров 0,19 × 20	604	1,60		3,80	2 —	— 40	3 1	20 52	
10	Всего на основную работу На вспомогательные и непредвиденные расходы: 6 % от основной стоимости							277 16	24 64	
	Всего согласно Урочн. положению и справочным ценам							293	98	
11	По данным опыта работу эту можно исполнить по 25 руб. за пог. метр сруба: 23 × 12,5 = 287 р. 50 к. А с прибавлением 10 % взносов на социальное страхование и 1 % на культ.-просвет. работу, что составит 31 р. 62 к., всего потребуется, по опытным расценкам, 319 р. 12 к., что и испрашивается							287 31	50 62	
								319	12	

ния" — соединения с водой; этот процесс идет хорошо во влажном состоянии. Выставленное же на солнце свежее, не созревшее кольцо высыхает и становится рыхлым.

Через 3—4 дня, по достаточном затвердении бетонного кольца, оно осторожно кладется на бок, и нижняя подкладка сбивается с него. Внутренний диаметр бетонного кольца обычно 1 м, толщина стенок 10 см, высота кольца 0,8 м, вес 550 кг. Так как в день форму можно набить раз 6—8, и каждое кольцо стоит на подкладке 3—4 дня, то к одной форме необходимо



Мастерская бетонных колодезных колец.

иметь 20—30 нижних подкладок, довольно дорогих. Поэтому вместо выписных железных подкладок употребляют самодельные деревянные кольца или, еще проще, устанавливают форму на утрамбованную землю с вырезанным по веревке круговым желобком. После снятия с подкладки трубу полезно поливать еще в течение нескольких дней; перевозить и употреблять в дело бетонную трубу можно через 4 недели после выделки.

Нижняя подкладка и верхняя накладка имеют изогнутую в поперечном сечении форму таким образом, что они выдавливают на бетонном кольце по всей округлости его выступ (фальц, закрайку); это дает возможность при сборке колодца одно кольцо на другое не просто ставить, а насаживать на фальц.

Для придания кольцам большей прочности, что очень важно при перевозке, следует при формировании колец закладывать в тело их три проволочных кольца — одно близ основания, другое в середине и третье близ верха. Проволока прочно соединяется с бетоном и предохраняет от распада даже треснувшие кольца; проволока колючая дает еще более прочное сцепление с бетоном.

Нижнюю и верхнюю части бетонного кольца, воспринимающие удары и давления, желательно делать из бетона без примеси щебня (1 часть цемента, 3 части песка). Для удобства переворачивания и переноса бетонных колец желательно устраивать в них по диаметру пару отверстий, в которые можно было бы просовывать железный стержень. Отверстия эти получаются закладкой в форму при набивке ее бетоном до половины двух деревянных пробок по линии диаметра; по разборке формы эти пробки выбиваются, и на месте их остаются в бетонном кольце отверстия: устройство таких отверстий очень облегчает переворачивание и перенос бетонных колец. Так как каждое кольцо высотой 0,80 м весит около 550 кг, т. е. требует особой подводы, содержа в себе лишь 64 кг чистого цемента, то обычно бывает необходимым выработку колец производить в самом районе колодезных работ. Если этого сделать невозможно за отсутствием подходящего песка и щебня, то перевозка бетонных колец издали делает устройство бетонного колодца непомерно дорогим.

Опускание бетонных колец. На месте предполагаемого колодца роется яма диаметром метра два и глубиной, поскольку то является безопасным в данном грунте. На дно вырытой ямы устанавливается первое бетонное кольцо колодца тем концом его вниз, на котором закрайка идет снаружи; она должна быть в этом бетонном кольце особенно надежна. Иногда указывается на необходимость класть первое кольцо на деревянную подкладку с режущей железной полосой по периферии. Опускание кольца производится помощью блока, подвешиваемого на треногу над вырытой ямой; самое кольцо захватывается под низ тремя крюками; при наличии в кольце боковых отверстий по диаметру, будет удобнее вставлять крюки в эти отверстия.

На правильно установленное первое нижнее бетонное кольцо опускается и насаживается второе кольцо и т. д., поднимаясь на одно кольцо выше поверхности земли; закрайки смазываются свежим цементным раствором. Образованная таким образом бетонная труба должна стоять вертикально и не иметь выступов наружу.

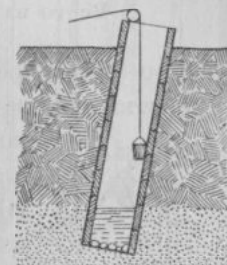
После этого кругом устраивается прочный помост, а внутрь трубы опускается на том же блоке и канате землекоп-колодезник, который подрывает землю под стенкою нижнего кольца; земля поднимается бадьей кверху; по мере вынута земли вся труба опускается вниз; сверху наставляются следующие кольца. Поднятие бадьи с землей может производиться или блоком, или вертикальным воротом, устанавливаемым в стороне от колодца. Таким образом работа продолжается до воды и на 1—1½ м ниже ее. Убедившись вычерпыванием, что количество притекающей воды достаточно, заканчивают этим опускание колодца и производят чистовую отделку его. Промежуток между бетонной трубой и грунтом засыпают сначала вынутым грунтом с пропихиванием его шестом, а затем в верхней части колодца этот промежуток забивается глиной с возможным уплотнением ее, чтобы не протекала внутрь поверхностная грязная вода. Вокруг колодца земля обсыпается бугром, плотно трамбуется и вымачивается. Верхнее бетонное кольцо должно быть прочным, сделано только из цемента и песка без верхней закрайки или должно быть обделано деревом. На дно колодца следует насыпать небольшой слой гравия, гальки или камня, что предупреждает взмучивание воды при черпании ведрами.

Нормальная глубина бетонного колодца 10—20 м; глубина в 30 м уже большая, но в отдельных случаях опускались бетонные колодцы в сельской обстановке на 35—40 метров. Вообще же говоря, при ожидаемой глубине колодца свыше 30 м переходят на буровой колодезь. При глубине колодца до 8 м бывает возможно вырыть ему сразу до воды, установить в нее бетонные кольца и обсыпать их вынутой из ямы землей; тогда процессы опускания бетонной трубы подрывом земли под нижним кольцом отпадают.

Подъем воды производится, как и из деревянных колодцев: помощью блока, ворота или журавля. Конечно гигиеничнее всего отверстие колодца заделывать крышкой и воду поднимать устанавливаемым на крышке насосом; но в наших сельских условиях насос скоро перестает работать, и, считаясь с этим, едва ли его можно рекомендовать.

Затруднения при опускании бетонных колодцев. Уже при глубине в 20 м вес бетонной трубы составляет 12 т, и манипулировать с такой трубой трудно. Часто случается, что труба пойдет не по отвесу, а вкось; если перекося таков, что сверху еще видно зеркало воды, а снизу колодца видно небо, то колодезь еще годен, хотя и неправильно сделан; если вода уже

скрывается косою стенкой, то подъем воды из колодца неудобен (черт. 75). Запущенный перекося трубы поправить трудно. Во время опускания колодца может произойти обвал вертикальных стенок грунта; обвалившийся грунт защемляет трубу и может задержать ее дальнейшее опускание, а если защемление произойдет выше нижнего кольца трубы, то нижние свободные кольца могут, свободно опускаясь при подрыве грунта под ними, оторваться от защемленной верхней части, — произойдет разрыв трубы колодца. Песчаный грунт в этом отношении наиболее опасен.



Черт. 75.

По линии колодца при прохождении ледниковых наносов может встретиться крупный камень — валун, который, попав сбоку, легко влечет за собой искривление трубы (черт. 76).

Камень можно разбить и извлечь по частям.

При опускании трубы можно встретить мелкий мокрый песок-пывун, который затягивает только что сделанную выемку и тем почти останавливает работу. Дойдя до пывуна, необходимо, если желательно получить надежный колодезь, ниже всей внутренней окружности бетонного колодца сделать сплошную стенку из досок: забивая их в песок заостренным книзу концом (черт. 77). Забив на возможную глубину такое сплошное кольцо из досок, вычерпывают из него изолированный от остальной массы песок-пывун, набрасывают на дно выемки камень и таким образом получают более или менее надежный резервуар воды. Работа в пывуне требует специального опыта.



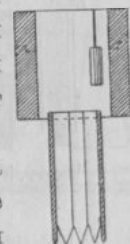
Черт. 76.

За время ночного перерыва в работе на дне шахты могут скопиться удушливые для человека газы, делающие невозможным спуск вниз колодезника. Если в колодце гаснет фонарь, то конечно спускать чело-

века туда нельзя. Надо предварительно удалить скопившиеся газы. Сделать это можно накачиванием в шахту свежего воздуха пожарной трубой или спуская и подымая несколько раз пустую бадью.

Изложенное о бетонных колодцах показывает, что опускание их требует мастера и при глубине более 20 м связано с риском неудачи.

Стоимость бетонного колодца. При внутреннем диаметре бетонного кольца в 1,0 м и внешнем диаметре в 1,2 м объем бетонной массы трубы высотой в 1 м равен 0,34557 м³.



Черт. 77.

Для приготовления $0,34557 \text{ м}^3$ бетонной массы с отношением цемента к песку и щебню, как 1:3:3, потребно:

Цемент портландского	0,08294 м^3	весом 104 кг
Песка	0,24881 "	" 341 "
Щебня	0,24881 "	" 398 "

Всего на изготовление 1 пог. м кольца материала . . 843 кг

Одно бетонное кольцо обычной высотой в 0,78 м весит в действительности около 550 кг; проволоки на одно бетонное кольцо расходуется около 3,5 кг. Партия из 4 рабочих и 2 подростков вырабатывает в месяц, при 20 подкладках и одной форме, с битьем щебня и уходом за кольцами, 150—200 колец, высотой по 0,78 м.

Потребная рабочая сила на опускание колец в шахту нормами Урочного положения не предусмотрена; приблизительно можно считать ее такою же, как при опускании деревянного сруба.

Денежная стоимость погонного метра готового бетонного кольца равнялась в 1926 году 25 рублям.

Буровые колодцы. Составными частями бурового колодца являются: обсадная труба, обычно из оцинкованного железа, фильтр из медной луженой сетки на нижнем конце этой трубы и насос. Насос состоит из всасывающей трубы, насосного цилиндра с поршнем и клапанами, нагнетательной трубы, насосных штанг, насосного привода или рычага (черт. 78). Глубина бурового колодца — от 30 м и выше, доходит часто до 200 м, а иногда и значительно больше.

Бурение глубоких колодцев — процесс медленный и самый кропотливый из всех гидротехнических работ. Буровой комплект для этой цели состоит из (черт. 79):

1) рабочих наконечников разных систем: а) буровая ложка с эксцентрично насаженным в нижнем конце винтом для вращательного бурения в грунтах средней связности; б) змеевик для вращательного бурения в глинах; в) желонка — пустой внутри цилиндр с отверстием сверху и внизу; к нижнему отверстию привернуто кольцо с острыми краями; внутри цилиндра — шаровой клапан, закрывающий нижнее отверстие; употребляется для прохождения ударами через песчаный грунт; г) долото для пробивания скважины в каменистом грунте;



Черт. 78.

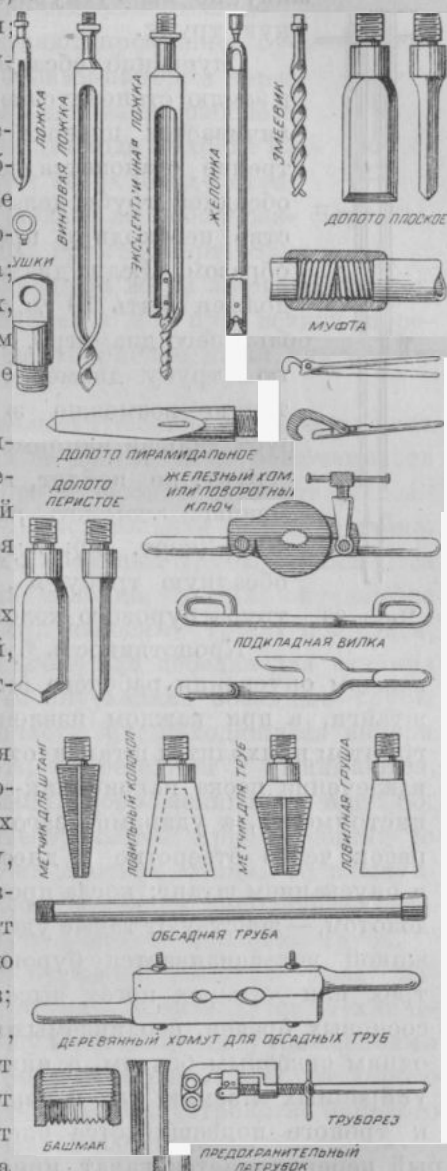
2) штанг — железных цилиндрических труб длиной до 2 м с винтовыми нарезками на концах, которыми они ввертываются в соединительные муфты, образуя стержень любой длины; к штангам привертываются буровые наконечники;

3) обсадных труб для закрепления буровой скважины от обвала — железных труб, в которые должны свободно входить наконечники бурового инструмента; трубы с нарезками на концах, которыми они подобно штангам ввертываются в соединительные муфты;

4) фрезера, коронки, или башмака с зубцами, привертываемого к нижнему концу нижней обсадной трубы для облегчения опускания обсадной трубы;

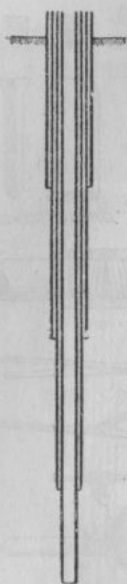
5) набора вспомогательных инструментов: клещей, ключей, хомутов, крюков, ловильных метчиков и др.

Сущность процесса бурения сводится к следующему: привернув к штанге один из рабочих наконечников, смотря по грунту, и закрепив на штанге железный хомут, двое рабочих ставят инструмент вертикально на землю и вращают его с нажимом вниз; когда наконечник уйдет в землю, его вытаскивают и очищают от захваченного грунта; опускают снова, вращают, вытаскивают и т. д.; когда вся первая штанга будет уходить в землю, на нее наворачивается вторая и т. д. Дойдя до глубины скважины в 4—6 м, ставят над нею обсадную трубу с привернутым внизу башмаком и надетым деревянным хомутом. Вращая и нажимая за ручки хомута, опускают



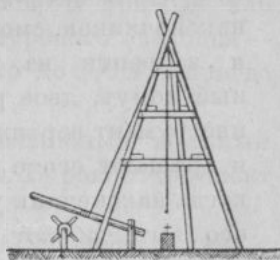
Черт. 79.

обсадную трубу до дна скважины. После этого опускают в установленную обсадную трубу буровой инструмент и углубляют скважину; по мере углубления скважины опускают и обсадную трубу.



Черт. 80. труба бурового колодца.

Кропотливость бурения заключается в том, что при каждом опускании рабочего наконечника приходится наворачивать штанги, а при каждом извлечении наконечника с захваченным грунтом приходится штанги отвертывать. Когда наворачивают для извлечения песка наконечник-желонку, то работают не вращением инструмента, а ударами, загоняя в желонку песок через отверстие в дне ее поднятием и опусканием штанг; когда пробивают камень долотом, — действуют также ударом. Над скважиной устанавливается буровая вышка на трех или четырех ногах высотой в 10 м из сосновых бревен, соединяемых сверху вместе одним сквозным болтом, а нижними концами упираемых в землю или в деревянную раму; к треноге подвешивается блок, через который перекидывается канат, привязываемый к ушку на верхней штанге; тягою за этот канат и производится извлечение из скважины бурового инструмента с захваченным грунтом. Натягиванием и спуском каната производится ударное бурение желонкой и долотом. Натягивание каната для извлечения бура из скважины производится лебедкою, а для создания ударов — рыча-



Черт. 81.

гом (балансиром) (черт. 81). Такова схема работ изыскательного и окончательного для устройства колодца бурения до надежной грунтовой воды. При глубоком бурении подъем и опускание инструментов в скважину производятся двигателем.

При глубоких скважинах применяют промывное бурение, пуская воду сверху под большим напором через трубчатые штанги вниз скважины; у основания рабочего наконечника, через отверстие в нем, эта вода выходит из трубчатых штанг и, быстро гонимая вверх между стенками штанг и обсадной трубы, увлекает за собой раз-



Черт. 82.

мельченные наконечником частицы грунта (черт. 82). При всякого рода бурении необходимо вести журнал бурения, брать образцы грунта регулярно через 1 м и при всякой перемене грунта. Образцы передаются в губернские или иные мелиоративные отделы.

Если производилось бурение изыскательное, то, убедившись в доброкачественности и достаточной обеспеченности достигнутого водоносного горизонта, извлекают из скважины обсадные трубы, и изыскательная работа кончена. Если бурился колодезь, то обсадные трубы остаются в скважине как стенки колодца; в них опускаются фильтр, насосный цилиндр, насосные трубы и штанги, а наверху укрепляется рычаг или лебедка для качания воды. Если при бурении опускались обсадные трубы разных диаметров, то части их, находящиеся внутри труб большого диаметра, подрезаются и вынимаются, так что колодезь имеет вид, изображенный на черт. 83.

Много затруднений встречается при бурении: то попадает камень, то очень плотная глина, то плывун-песок, то сорвется резьба штанги и наконечник останется в обсадной трубе, то завязнет обсадная труба.

Поэтому устройство бурового колодца дело настолько специальное, что оно производится техническими конторами или государственными учреждениями с помощью опытных буровых мастеров и требует дорогостоящих инструментов. Довоенная стоимость устройства бурового колодца глубиной 43 м была около 1500 рублей.

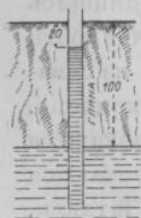
Так как вода в глубоких водоносных горизонтах находится обычно под напором, то в обсадной трубе бурового колодца вода устанавливается выше уровня водоносного горизонта; например водоносный горизонт залегает на расстоянии 50 м от поверхности земли, а вода в буровой скважине устанавливается на рас-



Черт. 83.

стоянии 10 м от поверхности (черт. 84). Это обстоятельство очень облегчает подъем воды насосом. Если же напор так велик, что вода в скважине поднимается выше поверхности земли, то получается весьма ценный колодезь с самоизливающейся водою, так называемый артезианский колодезь¹.

Древнейшие буровые колодцы известны в Китае. Колодцы с самоизливающейся водой начали устраиваться впервые в Европе в провинции Артуа (Франция) в XII веке, почему и названы они артезианскими. Их очень много устроено в Алжире для орошения, в Америке и других странах. Первый самоизливающийся колодезь в России был устроен в нынешнем Детском селе под Ленинградом в 1832 году, затем в Ленинграде во дворе Экспедиции заготовления государственных бумаг в 1861 г., глубиной 200 м; в Москве первый такой колодезь устроен в 1867 г. Под всем московским районом залегает на глубине 100 м слой



Черт. 84.

известняков каменноугольной системы, насыщенный напорной водою, собирающейся с Валдайской и Орловской возвышенностей; из этого слоя вода поднимается по скважине до высоты 125—130 м над уровнем моря; поэтому здесь на всяком месте, лежащем ниже 125 м над уровнем моря, можно сделать колодезь с самоизливающейся водою. Для целей орошения юго-востока СССР самоизливающейся водою возможно пользоваться лишь в редких случаях, так как здесь вода выходит на поверхность только в пониженных местах рельефа.

Простых буровых колодцев без изливающейся воды в настоящее время очень много. Так, в одном городе Минске в 1916 году по организованному нами обследованию оказалось 376 буровых колодцев, из которых:

Имели глубину до 32 м	81
„ более 32 м, до 53 м	197
„ более 53 м	21
Неизвестной глубины	77

В сельской обстановке буровые колодцы глубиной в 30—70 м делались за последние перед войной годы на средства государства в целях поощрения землеустройства, но большого успеха в этих условиях не имели, так как буровой колодезь требует охраны и ремонта, чего не осуществлялось.

¹ В технической литературе артезианскими колодцами называются все колодцы, в которых вода находится под естественным напором и поднимается выше водоносного горизонта, независимо от того, доходит она до поверхности земли или нет.

Колодцы с самоизливающейся водою встречаются у нас единично; лишь на юге: в Крыму, на Северном Кавказе их устроено значительное число. Устройство нового колодца в районе уже существующего ослабляет подачу воды в существующем, что и стало наблюдаться в указанных районах распространения артезианских колодцев. Особенно это истощение происходит потому, что изливающаяся вода в большей своей части пропадает зря, стекая в реки. Это обстоятельство понижает влияния одного колодца на дебит другого заставило поднять вопрос о государственном регулировании дела устройства и эксплуатации самоизливающихся колодцев. Необходимо для возможности устройства большого числа колодцев беречь воду глубоких слоев от напрасных трат.

Простейшей формой трубчатого колодца является абиссинский колодезь. В мягкий или рыхлый грунт, при условии залегания грунтовой воды не далее 7 м, забивается или ввертывается железная труба, диаметром 2½—7 см; углубляемый в землю конец этой трубы снабжен или прочным острием, или винтом. Нижняя часть трубы, опускаемая в грунтовую воду, имеет отверстия для пропуска воды, обтянутые луженой сеткой. На поверхности земли труба соединяется с поршневым насосом.

Достоинство абиссинских колодцев в том, что они быстро устанавливаются и по миновании нужды могут быть так же быстро извлечены из земли; своим названием они обязаны тому обстоятельству, что устраивались англичанами во время войны в Абиссинии (1867 г.). В СССР они большого распространения не имеют.

Стоимость устройства бурового колодца глубиной 43 м складывается из следующих расходов по довоенным расценкам¹:

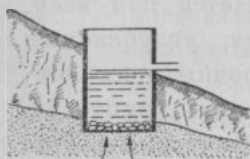
Устройство буровой вышки и разборка ее, износ вспомогательных труб, ворота, каната и пр.	400 руб.
Бурение скважины, установка труб и насосов — 640 рабочих дней	840 „
Стоимость труб обсадных диаметром 11,4 см	224 „
„ труб нагнетательных диаметром 5 см	90 „
„ медного насосного цилиндра	60 „
„ качалки	48 „
„ клапана заборного, воздушного клапана, тиг. железных к поршню и пр.	80 „
Плотничные работы по устройству деревянной будки над колодцем и стоимость материала	105 „
Мощение вокруг колодца	20 „
Всего около	1 600 руб.

¹ По смете в „Пособии для сельского водоснабжения“ Р. Спарро, 1927 г.

Каптаж грунтовых вод заключается в собирании выходящих на поверхность земли грунтовых вод в целях использования их для питья и хозяйственных нужд. Грунтовая вода выходит на поверхность земли различно: а) ясно выраженной, сильной или слабой, струей чистой воды (жизла) у подножия склона; б) слабым выклиниванием полосой вдоль подошвы склона с выделением в этих местах ржавчины и образованием иногда болота; в) слабым током, равномерно проникающим через грунт на отдельных, иногда даже повышенных, площадках, образуя на них зыбь или глубокую топь.

По направлению движения в грунте выклинивающейся воды различают струи восходящие, нисходящие и горизонтальные.

При наличии восходящей ясно выраженной струи воды (ключа) работа по каптажу ее заключается в следующем: вокруг ключа осторожно роют яму, дают образовавшейся мути отстояться и проверяют в просветлевшей воде, действительно ли со дна ямы выбивается струя воды. Затем опускают в яму заготовленный деревянный сруб или вбивают четырехугольником вертикальные ряды пластин, или устанавливают бетонное кольцо или бочку с вынутым дном. После этого продолжают со дна вычер-



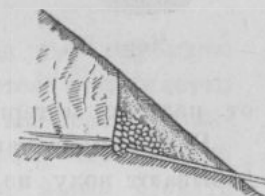
Черт. 85.

пывать песок, осаживая постепенно сруб, кольцо и т. п. вниз настолько, чтобы вода, наполняющая очищенное пространство, могла вытекать через боковое отверстие в стенке (черт. 85). Чтобы подача воды (дебит) ключом не уменьшилась, или, хуже того, ключ не пробил себе другого выхода, высота воды в каптирующем колодце не должна быть значительна; на дно шахты желательно насыпать гравия (мелкого камня) или щебня (битого камня). Вода для потребления берется или непосредственно из каптирующего колодца, что нежелательно, или выводится из него по трубе в запасный резервуар; в этом случае каптирующий колодец должен быть сверху закрыт, и крышка его может быть засыпана землей.

При наличии ясно выраженного бокового, горизонтального или нисходящего, источника на склоне поверхности земли откапывается у места выхода его вертикальная стенка с углублением подошвы ее в водонепроницаемый грунт; подводят к месту выхода струи гончарную или из иного материала трубу и засыпают расчищенное место щебнем или гравием, а поверх — землей; вода по трубе направляется в резервуар (черт. 86).

Если грунтовая вода выходит наружу полосой вдоль подошвы склона, то для целей каптажа следует предварительно точно

выяснить условия залегания водоносного слоя: его толщину, его основание, наклон, протяжение вдоль балки. Для этого бурят одну скважину ниже места выклинивания воды, другую скважину — выше места выклинивания воды, по возможности до породы, подстилающей водоносный горизонт; если подстилающая водоупорная порода лежит глубоко и достать ее простым бурением трудно, то ограничиваются констатированием этого обстоятельства. Для каптажа воды, выходящей вдоль подошвы склона, роют несколько выше линии выхода воды канаву с таким расчетом, чтобы откос ее пересекал медленно движущийся подземный поток воды, а дно, если возможно, доходило до водоупорного грунта. На дно этой канавы с небольшим уклоном укладываются впритык друг к другу дренажные гончарные трубы или деревянные трубы с отверстиями для прохода воды, или фашины. Уложенная водопроводная линия засыпается до верхнего уровня водоносного слоя камнем или щебнем, а сверху до поверхности земли забивается глиной; вырытую канаву возможно засыпать щебнем и без укладки каких-либо труб; дно канавы в проницаемом песке полезно бетонировать. Собирающаяся в подземной траншее грунтовая вода подходит к выходному отверстию и поступает в сборный обделанный резервуар — яму или проводится по трубам в нужные места.



Черт. 86.

На подземных линиях свыше 60 м длиной устраиваются через каждые 40 м¹ смотровые колодцы: деревянные, сложенные из камня или кирпича, или из гончарных труб большого диаметра.

Обыкновенно колодцы эти закрываются на глубине 0,5 м от поверхности крышкой и засыпаются землей.

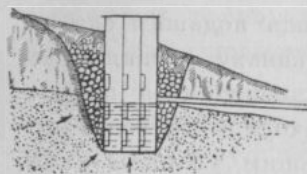
„Эти смотровые колодцы устраиваются с целью выяснения места засорения дренажа, если таковое засорение случится. Дно колодцев устраивают несколько ниже дна дренажа и начало нижней дрены устраивают несколько ниже устья верхней дрены с тем, чтобы сверху можно было заметить движение воды“.

Сборные резервуары, в которые стекает вода из каптирующих устройств, делаются из деревянного сруба, шпунтовых рядов, камня или бетона; место вокруг них, как и вокруг обыкновенных колодцев, обделывается камнем.

¹ По Р. Спарро, Пособия к сельскому водоснабжению.

При выступлении воды снизу и с боков для каптажа ее может быть вырыта яма, в которую ставится деревянная труба, сколоченная из вертикально поставленных досок с прорезами для прохода воды; опущенная труба снаружи обсыпается камнем; вода из нее выводится по боковой трубе меньшего диаметра (черт. 87).

„Встречаются случаи, что вода при выходе из водоносного горизонта пропадает затем в проницаемых породах. В таких случаях под выходом источника устраиваются замки, пересекающие водопроницаемую породу. Такими замками во многих случаях на практике удалось восстановить первоначальный дебит источника и значительно поднять уровень воды в бассейне. Замки устраиваются обычно глиняные, в некотором расстоянии ниже бассейна“¹.



Черт. 87.

Каптаж грунтовых вод представляет много разнообразия, и приемы его зависят от наличия материалов, условий выхода воды и потребления ее.

В Туркменистане, на Кавказе и в различных странах Азии добывают воду из подземных горизонтов помощью прорытия в водоносном горизонте подземной галлерей, по которой вода выводится на земную поверхность (черт. 88).

От галлерей идут, метров через 20 и чаще, к поверхности земли вертикальные колодцы, необходимые для подъема земли при прорытии галлерей и для вентиляции; совокупность подземной водосборной галлерей, вертикальных колодцев, водоотводной галлерей, открытой водоотводной канавы составляет кяриз; таких кяризов особенно много в Персии и в пограничном с ней Полторацке; водоотводная галлерей может собирать воду в сборный колодец, из которого она поднимается вверх двигателем. Кяриз может состоять и из нескольких водоносных галлерей, имеющих один выход на дневную поверхность; в слабом грунте галлерей требует крепления деревом и камнем. Устройство кяриза начинается с прорытия вертикальных колодцев, в которые затем спускаются кяризники и соединяют их галлерей, рабо-



Черт. 88.

¹ Р. Спарро, Пособие к сельскому водоснабжению.

тая при отсутствии воды встречно; размер галлерей таков, что работать в ней можно только сидя; землю поднимают через колодцы в мешках помощью ворота. Работают по пробойке галлерей группами по 4 человека: забойщик, нагрузчик земли в мешок и подтаскивающий к колодцу, двое рабочих наверху для подъема мешка и отброса земли. Уклон галлерей — 0,002—0,005. Длина галлерей в Персии и Афганистане — от 1 до 50 км, в Туркмении — не выше 10 км, из которых на долю водосборной галлерей приходится иногда меньшая часть. Глубина заложения галлерей около 20 м. Проводка нового кяриза длиной около 2130 м в обычных условиях грунта Туркмении продолжается целый год и требует затраты около 10 000 руб., давая около 40 л воды в секунду.

Снежники¹. „В Сибири, в южных районах, для обеспечения водою на время полевых работ часто устраиваются снежники; это — своего рода искусственные ключи.

Снежник представляет из себя продолговатую яму глубиной около 2 м и емкостью около 30 м³. Яма роется в глинистом плотном, водонепроницаемом грунте; при этом выбирают возвышенное место на склоне балки с таким расчетом, чтобы вода, образовавшаяся на дне ямы от таяния снега, могла стекать в колодезь глубиной около 1,5 м. Ранней весной, когда снег уплотняется, набивают яму снегом и последний трамбуют. Сверху снег прикрывается слоем соломы толщиной 2,5 м и земли около 0,75 м. Летом, при таянии снега, вода скопляется на дне ямы и оттуда при помощи заложенного в канаву бревна с просверленным отверстием может после вынута из него деревянной пробки — чона — поступать в бак. Вместо бака применяют обыкновенную бочку; ее опускают на 0,7 м ниже уровня выходного отверстия“.

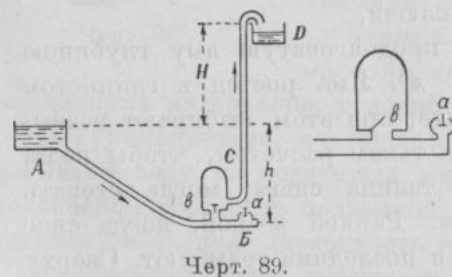
Один кубический метр утрамбованного снега может дать до 200 л воды.

„В снежниках с плотно утрамбованным снегом и тщательно прикрытых снег может держаться до 3 месяцев. Необходимо следить, чтобы вода, поступающая от таяния снега, постепенно отводилась в колодезь и не скоплялась в яме, так как тогда таяние снега идет быстрее“.

Таран. В сельском водоснабжении часто рекомендуется устройство тарана — непрерывно и автоматически действующего механизма для подачи воды вверх из пруда или из источника. Автоматическая работа тарана основывается на следующем.

¹ Из книжки Н. Синельникова, Отыскивание подземных вод, 1926 г.

В конце трубы AB (черт. 89), идущей от напорного резервуара — пруда, устроен клапан, который в состоянии покоя занимает такое положение, что отверстие a трубы открыто. В другом месте той же трубы имеется второе отверстие b , ведущее в нагнетательную трубу CD , клапан при котором в состоянии покоя это отверстие закрывает. Если пустить по трубе AB из пруда струю воды под напором h , то вода, начав выбиваться из отверстия a , силой течения поднимет клапан при нем (ударный клапан) и захлопнет отверстие. Вследствие несжимаемости воды произойдет толчок, от которого подскочит клапан b , и некоторое количество воды выбросится через него в нагнетательную трубу CD ; но вслед за этим, при наступившем в конце трубы AB покое, ударный клапан a опустится, и вода вновь устремится через него наружу; в этот момент клапан b закроет отверстие, после чего процесс повторяется. Вода выбивается по



Черт. 89.

очередно из обоих отверстий.

Сила ударов такова, что нагнетательная труба CD наполняется водою до горизонта значительно выше уровня воды в пруде и начинает толчками выливаться через конец D в резервуар. Чтобы смягчить толчки воды, в начале

трубы CD устраивается колпак, наполняемый воздухом. Таран устанавливается возле плотины, у дна оврага и помещается в будке; вода в него поступает по питающей трубе, проведенной через тело плотины, а подает он воду по нагнетательной трубе в бак, господствующий над местами потребления воды; обе трубы должны быть заложены в земле ниже уровня промерзания. Пущенный в работу таран действует, по имеющимся указаниям, без ремонта десятки лет; изнашивается лишь ударный клапан, и уходит воздух из колпака.

Поднятие тараном воды выше уровня ее в пруде требует затраты работы; эту работу производит вода, выливающаяся наружу через отверстие a , падающая по питающей трубе с высоты h . Если из отверстия a вытекает в овраг Q литров воды в сек., а по нагнетательной трубе подается в бак q литров в сек., то между этими величинами устанавливается следующее взаимоотношение:

$$a \cdot Q \cdot h = p \cdot H,$$

где a есть коэффициент полезного действия тарана; величина его зависит от отношения $\frac{H}{h}$ и по таблице Эйтельвейна равна:

$\frac{H}{h}$	a	$q:Q$	$\frac{H}{h}$	a	$q:Q$
1	0,920	0,92	9	0,555	0,07
2	0,837	0,12	10	0,488	0,05
3	0,774	0,26	12	0,427	0,04
4	0,710	0,18	15	0,345	0,02
5	0,674	0,14	20	0,226	0,01
6	0,630	0,11	—	—	—

Пример. Требуется подавать в 1 секунду $q=3$ л воды на высоту $H=10$ м над уровнем воды в пруде при имеющемся напоре из пруда в 2 м. Какова должна быть потеря воды через клапан a ?

Отношение $\frac{H}{h}=5$; поэтому $a=0,674$. Подставляем в уравнение числовые значения:

$$0,674 \cdot Q \cdot 2 = 3 \cdot 10;$$

$$Q = 22,3 \text{ л в секунду.}$$

Следовательно, чтобы подать 3 л воды на 10 м высоты, надо выпустить из пруда $3 + 22,3 = 25,3$ л воды.

По указаниям гидравлика Эйтельвейна, который произвел более 1000 опытов над таранами, диаметр питающей трубы должен быть в два раза больше диаметра нагнетательной трубы, и наиболее полезное действие тарана достигается при следующих размерах отдельных частей установки:

Длина питательной трубы	13,3 м
Диаметр " "	0,059 м
Диаметр нагнетательной трубы	0,027 м
Число ударов в одну минуту	30—75.

По указанию Р. Спарро соотношение между высотой падения воды из резервуара и длиной водопроводной трубы должно быть 1:3 и до 1:4; наименьшее падение — 1 м. Довоенная стоимость самого тарана была, в зависимости от размера, 100—900 рублей, не считая стоимости труб и установки.

ЛИТЕРАТУРА ПО УСТРОЙСТВУ КОЛОДЦЕВ

- Винокуров, Кайков, Филатов, Буровые изыскания и оборудование
трубчатых колодцев, 1914 г.
- Бельский, Сельскохозяйственная гидротехника, 1926 г.
- Рытель, Приспособления для подъема воды, 1899 г.
- Цимбаленко, Кяризы Закаспийской области, 1896 г.
- Черепашинский, Водоснабжение, 1905 г.
- Глушков, Бурение скважин, 1906 г.
- Галецкий, Артезианские колодцы и их оборудование, 1918 г.
- Папенгут, Колодцы, 1906 г.
- Синельников, Колодцы шахтные с деревянным креплением, 1924 г.
- Ежегодники Отдела земельных улучшений.
- Долинино-Иванский, Ручное штанговое бурение, 1926 г.
- Козменко, Описание водоснабжения селений Тульской губернии, 1917 г.
- А. Суриц, Водоснабжение, 1926 г.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ПРУДОВЫЕ ПЛОТИНЫ

Общие соображения. Пруды устраиваются двоякого рода — выкопанные в грунте, называемые „копань“, и подпорные, создаваемые задержанием снеговой и дождевой воды помощью плотин.

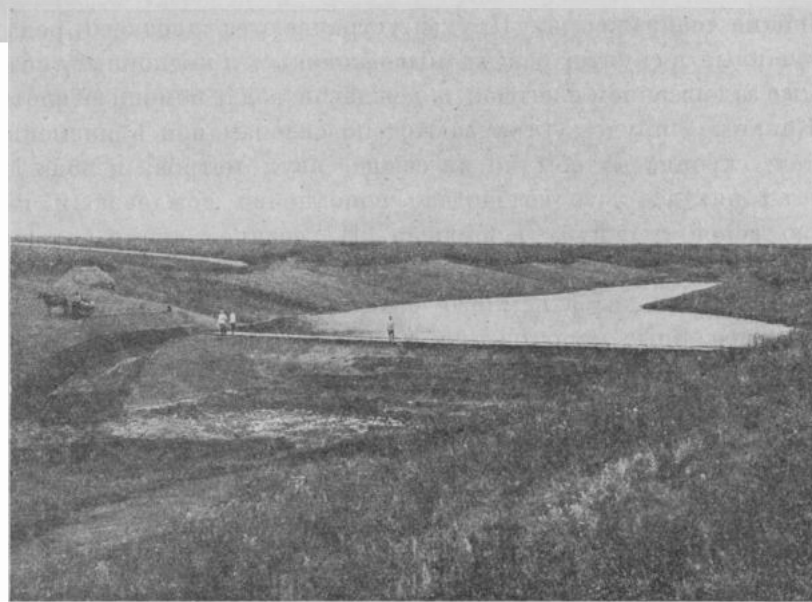
Копаные пруды устраиваются по склонам или в низменных местах; глубина их обычно не выше двух метров, и вода держится в них все лето вследствие пополнения дождевой и ключевой водой и малого испарения. В весеннее время большого прохода воды через них нет. Эти пруды обычно обсажены ветлами, в них водится немного рыбы. Цель их — водопой скота, противопожарные мероприятия, хозяйственные нужды.

В южной же и юго-восточной части РСФСР мелкий копаный пруд к середине лета остался бы без воды вследствие значительного испарения и потребления воды; здесь необходимы пруды большие по глубине и по площади поверхности воды; их возможно создать, только устроив на глубоком овраге (балке, яру, логе, ерике) плотину для задержания весенней воды в таком количестве, чтобы ее хватило на все лето и зиму без расчета на летнее пополнение от дождей. Такой пруд на юго-востоке РСФСР и почти по всему чернозему является обычно необходимым условием для образования поселка или для пастьбы скота; пруд и колодец дополняют друг друга — первый служит здесь для водопоя скота и на случай пожара, второй дает питьевую воду. Понятно, что устройство такого пруда на черноземе и юго-востоке сводится к устройству надежной плотины, задерживающей весеннюю воду.

Плотины вообще делаются из земли, дерева, камня и железа. В дальнейшем изложении разумеются только земляные плотины, устраиваемые в целях водоснабжения селений и орошения земель накопленными весенними водами. Плотины же, устраиваемые на реках в целях установки водяных двигателей, улучшения условий судоходства и отвода воды для уличания, рассматриваются на специальных курсах гидротехнических сооружений.

Исходные нормы. Вопросы распределения сети прудов в землеустраиваемых районах в зависимости от рельефа местности и форм хозяйства не разработаны. Местоположение прудов и расстояния между ними довольно случайны. Поэтому приводимые ниже нормы, указанные Съездом деятелей общественных работ 2 февраля 1925 г. в гор. Саратове, являются лишь ориентировочными.

На съезде принято, что в Центрально-черноземной полосе пруд может обслуживать район в 1,5 км в каждую сторону, в Са-

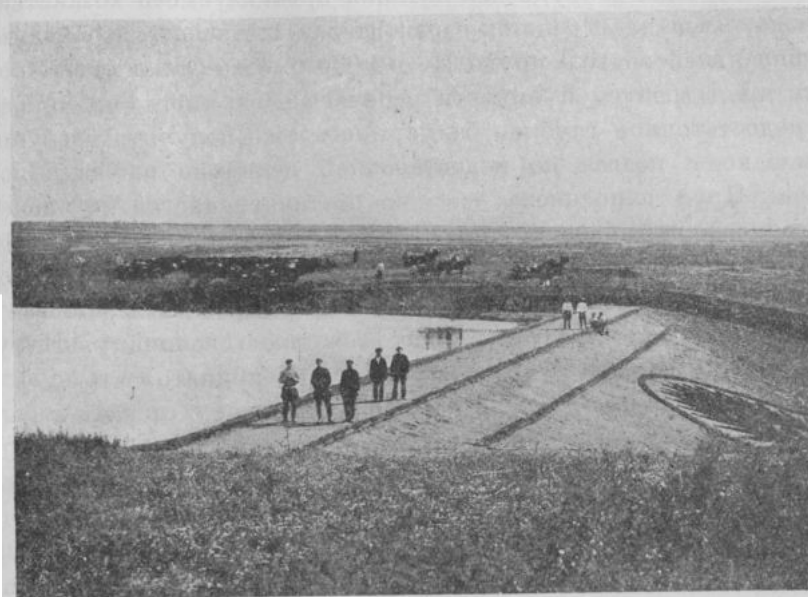


Пруд при земляной плотине с земляным водосливом. (Фот. А. Л. Зенкевича).

ратовской, Самарской губ., в Немреспублике—2 км, в Сталинградской губ. и в Заволжья—3 км, в Уральской и Астраханской губ.—5 км.

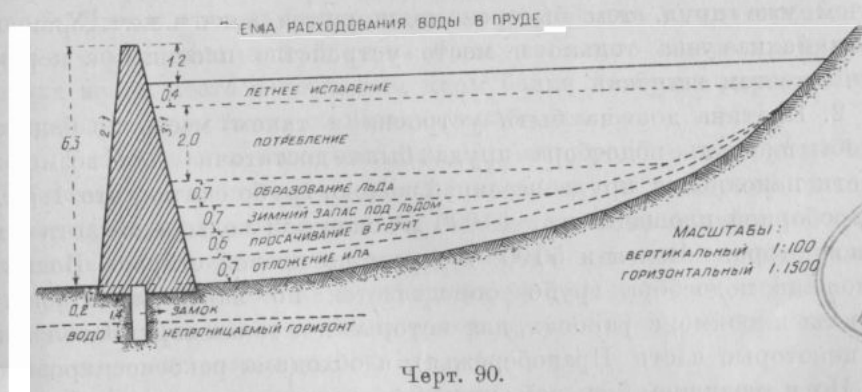
Глубина воды в пруде после весеннего наполнения его должна быть не менее 5—5,5 м, смотря по району, исходя из следующего расчета: 1) за лето испарится в атмосферу и просочится в грунт в Центрально-черноземной полосе 0,9 м, в Среднем Поволжья—1,1 м, в Нижнем Поволжья—1,3 м; 2) обратится зимой в лед слой в 0,7 м; 3) необходимо на зиму запас воды для сохранения рыбы в 0,7—1,0 м; 4) отложится с течением времени на дне пруда слой наносов толщиной 0,7 м; 5) на летнее потребление скотом и людьми необходим рабочий слой воды в 2 м.

Этот последний слой, ради которого и делается пруд, правильнее исчислять конечно не высотой, а объемом содержащейся в нем



Земляная плотина. (Фот. А. Л. Зенкевича).

воды (черт. 90). Нормы глубины пруда уменьшаются при наличии ключевого питания, но оно наблюдается лишь в редких случаях.



Черт. 90.

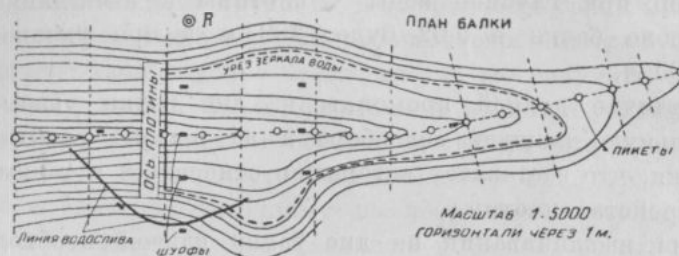
Потребление воды из пруда определяется численностью населения и количеством скота, пользующихся прудом. Следует принимать, что при полеводственном хозяйстве крестьянский двор потребляет в течение года 200 м³, а при скотоводческом хозяйстве—300 м³ воды. Исходя из этих цифр возможно рас-

считывать размер хозяйства, которое может быть устроено при существующем пруде, или, чаще, каков должен быть объем рабочего слоя воды в пруде для питания организуемого хозяйства. А

3. Продольный уклон балки перед плотиною должен быть возможно мал. Чем меньше этот уклон, тем длиннее будет пруд; а это увеличивает запас воды в пруде и замедляет

Так много обстоятельств надо учесть при проектировании ответственной плотины.

Инструментальные изыскания. Когда место для плотины намечено, производят инструментальные изыскания на этом месте,

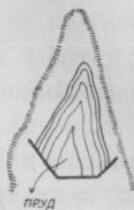


Черт. 91.

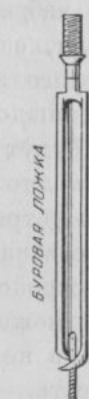
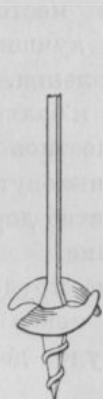
состоящие в исследовании грунта, нивелировке и в детальном выяснении положения оси плотины и водопропуска.

Исследование грунта производится вырытием лопатой пробных ям, так называемых шурфов, на дне и по откосам балки. Не менее трех шурфов закладывается по оси будущей плотины, затем один — по дну балки ниже плотины и несколько шурфов — по дну балки на месте будущего пруда; расположение их показано на черт. 91. По вынимаемому из ямы грунту точно судят о роде его, а по стенкам ямы — о структуре грунта; в этом состоит преимущество шурфования перед исследованием бурением, при котором структура грунта не видна.

Если шурфование покажет, что до глубины 1,5 м залегает все еще ненадежный в отношении водонепроницаемости грунт (нанос, песок, мел), а место для плотины во всех остальных отношениях подходяще, то исследование грунта на большую глубину следует производить или ударным буром-стаканом (черт. 92), или американским тарелочным буром (черт. 93), или буром Войслава (черт. 94) еще метра на два. При нахождении и на такой глубине проницаемого для воды грунта придется отказаться от устройства земляной плотины в этом месте.



Черт. 92.



Черт. 93.

Черт. 94.

Если предполагается брать землю для насыпки тела плотины со дна будущего пруда, то необходимо установить род грунта, который будет открытым на дне после производства выемки.

Ось плотины обычно проектируется в виде прямой линии, перпендикулярной к оси балки (черт. 91), но в некоторых случаях объем земляных работ бывает меньше при устройстве плотины с загнутыми вверх по балке концами (черт. 95).

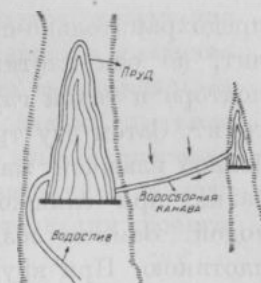
Место под водослив должно быть исследовано дополнительно шурфами или бурением на всю глубину выемки под водослив. Обычное расположение водослива — на одной из сторон балки с выводом его на дно балки позади тела плотины (черт. 91). Но в равнинных местностях иногда бывает возможно более удачное расположение водослива, с выводом воды в примыкающую боковую балку или в вершину отходящей балки.

В случае недостаточной величины площади водосбора для наполнения пруда весенней водой по указанным выше нормам стока иногда бывает возможно увеличить приток воды в пруд, направляя в него воду по специальным водосборным канавам с близлежащих поверхностей (черт. 96) и даже вершин соседних оврагов.

После того как исследованиями грунта будет установлено, что вода в пруде будет держаться, и потому плотина здесь может быть устроена, приступают к нивелировке.

По дну балки намечают ось нивелировки с постановкой на ней пикетов через 50 м и особо на поворотах; нивелировка должна захватить протяжение метров 200 ниже плотины и быть проведена вверх по балке на протяжении 200 м дальше зеркала воды будущего пруда. Через 50—100 м берутся до краев балки поперечные ходы с постановкой пикетов через 10—40 м, соотносясь с рельефом (черт. 91). Угломерным инструментом является при этих работах гониометр.

Нивелировка должна быть привязана к основному реперу — столбу или камню — близ линии намечаемой плотины. В результате пикетажа, нивелировки и камеральных вычислений получается план балки с нанесенными на нем ходовыми линиями, границами оврага, пикетами и с надписями на пикетах условных высотных отметок. По этим данным проводятся затем на плане горизонтали местности, и составляется технический проект.



Черт. 96.

Если площадь водосбора пруда не может быть определена достаточно точно по 3-верстной карте или по планам, то является необходимым пройти с мерной лентой и с нивелиром до водораздельной линии в продольном и поперечном направлениях водосбора.

Составные части плотины. Плотина состоит из трех основных частей: замка, тела плотины и водопропуска.



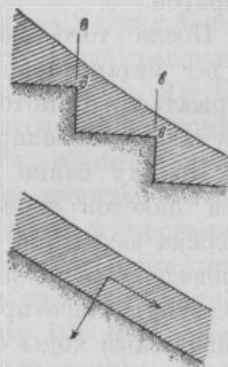
Черт. 97.

Замок устраивается под основанием плотины, и с него собственно начинается работа. Так как обычно балки, на которых устраиваются пруды, летом сухи, то плотина делается без всяких предохранительно-подготовительных работ. Поперек балки, значит, по оси плотины, роется траншея — канава шириною метра полтора и такой глубины, чтобы врезаться в водонепроницаемый грунт. Затем эту траншею заполняют послойно с плотной утрамбовкой влажной жирной глиной, выводя ее немного выше дна балки; при слишком сухой глине желательно spryskивать ее водой. Замком создается непроницаемая для воды стенка под плотиною. При крутых склонах балки траншея роется уступами, и замок получается уступчатый, при пологих склонах — дно траншеи делается параллельным поперечному профилю балки — криволинейный замок (черт. 97).

Есть сторонники желательности уступчатого замка; есть специалисты, предпочитающие всегда криволинейное дно замка. При уступчатом замке с горизонтальными ступенями набиваемая в траншею глина получает на ступенях надежную опору в горизонтальной плоскости, а при наклонном дне траншеи набиваемая глина должна иметь теоретически стремление сдвига по наклонной поверхности.

Зато при уступчатом замке теоретически возможно образование сдвига по вертикалям bb над уступами замка вследствие разной высоты набитого слоя глины (чер. 98).

Приведенные соображения едва ли имеют практическое значение: ни по наклонной поверхности, ни по вертикали сдвига вероятно не происходит, так как набиваемая глина находится в хорошем сцеплении с материком и сверху покрыта насыщенным телом плотины. Поэтому можно считать вследствие меньшей сложности работы и вычислений предпочтительным устройство замка с криволинейным дном, идущим параллельно поверхности поперечного сечения балки.



Черт. 98.

Если водонепроницаемый грунт лежит глубоко, и докопать до него траншеею трудно, а плотину необходимо делать в данном месте, то устраивают замок из шпунтового ряда досок или бревен. Прорыв на возможную глубину обычную траншеею, вбивают в дно ее ручной бабой вертикальный ряд толстых досок с плотной пригонкой их друг к другу; концы досок такого шпунтового ряда вгоняются в лежащий глубже дна прорытой траншеи водонепроницаемый грунт. Это будет надежный замок под плотиной, но в таких условиях приходится опасаться фильтрации воды из пруда в стороны балки, в обход плотины.

Тело земляной плотины ограничено основанием, откосами и гребнем; оно бывает однородным и с включением ядра. На всей площади основания плотины снимается верхний растительный слой на глубину 0,2 м, обнаженная поверхность грунта балки взрыхляется; только после этого начинается насыпание тела плотины; снятием растительного слоя достигается удаление из-под плотины органического вещества вместе с возможными норами животных; взрыхление грунта имеет целью создание большей связи между материком и насыпной землей плотины. Ширина основания плотины в разных точках различна, зависит от высоты плотины и вычисляется заранее, при составлении проекта, о чем будет дано понятие ниже.

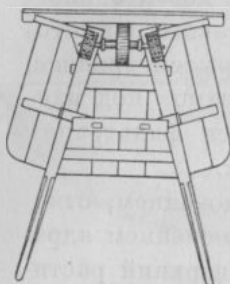
Насыпание тела плотины должно производиться горизонтальными слоями по всей ее длине и ширине. Обычно с одного конца плотины въезжают подводы с землей, опоражниваются, где надо, и, проехав по всей плотины, выезжают порожнем с другого конца. Такой организацией работы достигается уплотнение насыпного грунта; одновременно с этим работают и ручными трамбовками.

Механическое уплотнение насыпаемого грунта является самой существенной стороной работ по сооружению земляной плотины¹. Но оно может быть хорошо выполнено лишь при употреблении для насыпки тела плотины влажного грунта; поэтому для надлежащего уплотнения насыпаемого сухого грунта его следовало бы обрызгивать водой. Употребление легких катков бесполезно, оно дает лишь обманчивый внешний результат. Особенно тщательная утрамбовка насыпаемого грунта должна производиться по концам плотины, в местах сопряжения с материковым грунтом балки.

Ручная возка земли производится тачками по катальным доскам шириною 20—23 см, толщиной 6 см; выгодно уклады-

¹ Бассель, Земляные плотины.

вать доски с уклоном 0,04 (четыре метра вниз на 100 м длины), чтобы груженные тачки шли под гору; считается, что при расстоянии до 120 м выгоднее ручная возка, при расстоянии более 215 м — выгоднее конная возка грунта.



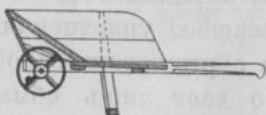
Черт. 99.

Рекомендуемая В. Курдюмовым обычная тачка имеет следующую конструкцию. Две ручки *ab* длиной по 1,6 м соединены между собой двумя распорками *k* и *k'* таким образом, что в переднем конце расстояние между ручками получается 26—35 см, в заднем, где берется рабочий, — 110 см. В переднем конце укрепляется чугунное колесо диаметром 22—30 см, вращающееся на железной оси. На трети длины тачки от переднего конца в ручки вделаны ножки *cd*, связанные между собой у нижнего конца поперечной насадкой *ff*. Этой насадкой и колесом тачка стоит на земле. На ручках укрепляется ящик вместимостью 0,2 м³; стенки ящика ставятся наклонно и прибиваются к продолжению ножек тачки, которые проходят сквозь ручки или обхватывают их снаружи. Лучшим материалом для ручек и ножек служит дуб, береза или сосна. На ручки, для лучшей упругости их, следует брать стволы молодых деревьев, а не выпиленные бруски. При опоражнивании тачка опрокидывается вперед на переднее ребро *mn* ящика.

При подъеме пути выше 0,09 в помощь тачечнику дается крючок, который захватывает тачку спереди крюком и везет ее.

Конная возка производится у нас обычно на четырехколесных телегах, кузовом которых является или специальная опрокидывающаяся полукруглая коробка, свободно привязанная к дрогам, или кузов образуется заложенными за выступающие брусья съёмными досками.

Лучшим грунтом для однородного тела плотины является суглинок; чистая глина не годна, так как она, напитываясь водою, разбухает, а высыхая образует трещины. Грунт берут или сбоку плотины со склонов балки, или со дна балки, отступая вперед метров на 20 от основания плотины; в последнем случае выемкой земли со дна увеличивается глубина воды в пруде, что конечно полезно; но если дно балки ненадежно в отношении водонепроницаемости, то снятием верхних слоев можно увеличить фильтрацию воды из будущего пруда и тем нанести ущерб надежности водного запаса.



Черт. 100.

Место выемки грунта называется в технической литературе карьером. Вес кубического метра земляного грунта находится в пределах 1000—2000 кг и редко доходит до 2500 кг.

Тело плотины сужается кверху и ограничивается откосами. Откос плотины, обращенный к низу балки, так называемый „сухой откос“, получает обычно двойное заложение: это значит, что длина *s* основания откоса в два раза больше высоты *h*. Откос, обращенный к воде, так называемый „мокрый откос“, имеет тройное заложение, т. е. положе сухого откоса; это делается потому, что рунт, смачиваемый водою пруда и подтачиваемый прибоем воды, менее устойчив, чем сухой; он легче сползает и обваливается.

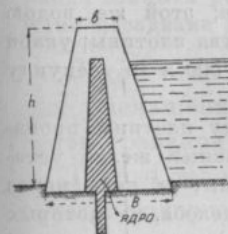


Черт. 101.

Ширина плотины по верху делается обычно в 4 м для возможности проезда. Высота насыпи делается первоначально на 15% большей, чем должна быть высота плотины; этим предвидится неизбежная осадка насыпного грунта. Окончательная же высота плотины после осадки должна быть на 1,2 м выше уровня воды в пруде к моменту спада весенней воды.

После окончания насыпки тела плотины производится трамбовка и выравнивание откосов, называемое планированием откосов.

Таков самый простой способ насыпки земляной плотины; ни хвороста, ни навоза класть не следует.



Черт. 102.

Земляные работы должны быть закончены в первой половине лета, чтобы до наступления морозов насыпь уже достаточно осела. Если же плотина окончена осенью, и ее поверхность замерзнет, то продолжающая оседать внутренняя часть плотины отстанет от замерзшей части; получающиеся вследствие этого пустоты опасны при весеннем напоре воды (черт. 101).

Иногда рекомендуется устраивать плотину с ядром из более непроницаемого грунта, например в простейшем случае из глины; это — так называемый английский способ устройства плотин (черт. 102). Вообще говоря, в наших небольших плотинах этого делать не нужно, лучше делать их однородными. Но и при устройстве высоких ответственных плотин закладка особого ядра из более плотного грунта может считаться нежелательной: если тело плотины будет неоднородно, то неоднородна будет и осадка, а это последнее обстоятельство может повлечь за собой образо-

ванне трещин в плотине. В высоких американских плотинах глиняное ядро обычно отсутствует. Устройство глиняного ядра может иметь оправдание при недостатке хорошего материала для всей плотины, но и тогда переход от ядра к остальному телу плотины должен быть постепенным. Но конечно ядро в виде диафрагмы из сплошного листа железа или из шпунтовой' деревянной стенки было бы для высокой плотины с большой высотой напора воды полезно.

Имеется еще так называемый французский] способ устройства земляных насыпных плотин, состоящий в том, что слой насыпаемой в тело плотины земли опрыскивается вязким раствором: известью, цементом; получается нечто вроде слабого монолита.

Наконец в Северо-американских соединенных штатах теперь применяется в возможных случаях при устройстве больших

ГЛЕНА

Черт. ЮВ.

ответственных плотин намывной способ, дающий наиболее непроницаемое земляное тело плотины. Сущность этого способа сводится к тому, что тело плотины слагается оседающим из воды взмученным грунтом, который приносится на место устраиваемой плотины потоком воды, направляемым сюда искусственно по каналу и по желобам.

Разработка грунта в карьерах в этом случае производится струей воды выбивающейся под сильным напором из иаконечников; этой же водой грунт гонится по деревянному желобу к месту устройства плотины; уклон желобов — от 0,02 до 0,1; при расходе воды от 150 до 500 л в секунду переносится за сутки 2—5,5 лй грунта².

Распределение притекающего с водою грунта по телу плотины производится по вспомогательным желобам. Приводящий главный желоб устанавливается на эстакаде по оси устраиваемой плотины; от него через определенные расстояния отходят в стороны боковые желоба, из которых притекающая масса выливается у краев будущей плотины: принесенный гравий отлагается на месте выхода из желоба, песок продвигается на некоторое расстояние внутрь, а глина отлагается в центре плотины. В результате получается плотина из трех отсортированных основных элементов (черт. 103).

Мокрый откос земляной плотины должен быть укреплен по линии соприкосновения с поверхностью воды пруда. Укрепление может быть разнородно: плетнем, состоящим из линии кольев,

х

¹ Названия эти — „английский" „французский" — стары и не обозначают, что обязательно так делается в Англии и Франции.

² Д. Силантьев, „Вестник ирригации", 1925 г.

обвитых прутьями, или стенкой из досок, или каменным мощением. Иногда прочным плетнем на кольях укрепляется и основание мокрого откоса, что уменьшает возможность сползания земли с откоса на дно пруда.

Для укрепления мокрого откоса рекомендуется посадка на нем кустарниковых ив. Крупные же деревья хорошо связывают своими корнями тело плотины, но эти же корни при отмирании могут создать пути для фильтрации воды через плотину. Поэтому посадка деревьев на плотинах в технических руководствах не рекомендуется, но обычай этот прочно укрепился в сельской практике и, может быть, имеет за собой основания, так как деревья защищают откосы и гребень плотины от непосредственного действия дождя и жара.

Б. А. Можаровским сообщены нам по этому вопросу следующие цифры, полученные в результате обследования 1921—1925 годов прудовых плотин по Пугачевскому уезду Самарской губернии:

	Число плотин	Из них процентов			
		действующих	поврежденных	пропорванных	Всего процентов
Плотин с посадками	562	37	25	38	100
Плотна без посадок	413	17	19	64	100

Из таблички видно, что вообще процент исправных плотин после периода войны и революции оказался невелик, но все же плотины с деревянными посадками в Пугачевском уезде оказались более устойчивыми.

Сухой откос оставляется обычно без технических укреплений; для уменьшения размывания дождевыми водами его полезно засеять травяной смесью.

Таково тело и профиль наших земляных плотин, устраиваемых в целях водоснабжения деревни. Наибольшая высота наших земляных плотин — до 14—16 м. При плотинах выше 10 м поперечный профиль их усложняется устройством на обоих откосах уступов — берм (черт. 104), уменьшающих возможность сползания мокрого откоса и возможность размывания сухого откоса стекающими по нем дождевыми водами. На оч

ШШк,

~~

— ш////////шш

Черт. 104

Объем тела земляной плотины может вычисляться грубо, приблизительно и точно. Грубое вычисление предварительного характера производится следующим образом.

Вычисляют площадь поперечного сечения плотины в самом глубоком месте балки (черт. 103):

$$F = \frac{b+B}{2} \cdot h$$

и умножают ее на половину длины плотины:

$$\frac{b+B}{2} \cdot h \cdot \frac{L}{2} = w.$$

Это и есть грубо вычисленный объем плотины, но дающий часто близкие к истине результаты.

При двойном заложении сухого откоса и тройном заложении мокрого откоса вместо B можно подставить $b + (2+3) \cdot h$, и тогда:

$$w = \frac{2 \cdot b + 5 \cdot h}{2} \cdot h \cdot \frac{L}{2}.$$

Приближенный способ вычисления объемов плотины состоит в вычислениях объема насыпи между каждой парой пикетов. Если площадь поперечного сечения плотины на 2-м пикете равна F_2 , а на 3-м смежном пикете — F_3 , а расстояние между пикетами l , то приближенный объем насыпи между этой парой пикетов:

$$v = \frac{F_2 + F_3}{2} \cdot l.$$

Суммируя объемы между каждой парой пикетов, получают объем всей плотины. Это и есть обычный способ вычисления объемов плотины, применяемый при составлении проектов.

Наконец геометрически точное вычисление объема насыпи между парой смежных пикетов производится с учетом того обстоятельства, что тело насыпи между двумя смежными пикетами есть призматойд; точный объем призматойда получается, если из выражения:

$$\frac{F_2 + F_3}{2} \cdot l$$

вычесть поправку

$$t \cdot \frac{m+n}{12} \cdot l,$$

где t есть разность высот на двух смежных пикетах, m и n — заложения мокрого ($m=3$) и сухого ($n=2$) откосов, l — расстояние между смежными пикетами.

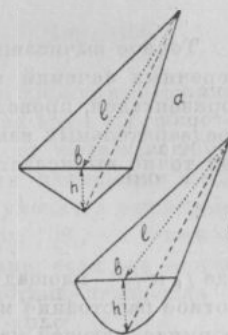
Высота плотин. Самыми высокими земляными плотинами в мире являются две плотины в Калифорнии в 73 и 61 м.

В СССР из работающих и описанных земляных плотин наибольшую высоту имеет плотина на балке Малая Тингута в 32 км от г. Красноармейска (бывш. Сарепта), образующая скопление воды для правильного орошения в течение всего лета тысячи гектаров культур. Высота плотины около 15 м, длина — 450 м, ширина по верху — 10 м. Сухой, или низовой, откос имеет полуторное заложение без промежуточной бермы и без укрепления; мокрый откос тройной, с промежуточной бермой — уступом, укрепленной камнем, плетнем и посадкой ивы; нижняя часть мокрого откоса укреплена фашинами. Плотина эта впервые была устроена в 1881 году меньших размеров, но после того времени несколько раз ремонтировалась и увеличивалась в высоту до указанных размеров.

Из новых земляных плотин, построенных у нас после революции, наибольшую высоту имеют: плотина для водоснабжения у с. Бруненталь в Немецкой Республике, высотой 11 м, длиной 192 м, шириной по верху 6 м, сухой откос с заложением $2\frac{1}{2}$, водный откос имеет промежуточную берму шириной 2 м, заложение выше бермы — двойное, ниже бермы — четверное.

Плотина для лиманного орошения 2730 га на балке Облив у села Дмитриевки Новоузенского уезда Саратовской губернии высотой 10,2 м, длиной 792 м, шириной гребня 8,5 м; плотина имеет одну промежуточную берму в 2,1 м по сухому откосу и две бермы по 2,1 м на водном откосе; в основании плотины заложено три замка.

В Астраханской губернии самая большая земляная плотина построена в 1924/25 году для водопоя скота и орошения на балке Джиглы, в 4 км от с. Ново-Николаевки Болхунского района. Высота — 11,8 м, длина — 130 м, ширина гребня — 6,8 м, водосборная площадь — около 40 км².



Черт. 105.

Объем воды в пруде вычисляется при предварительных соображениях приблизительно, в предположении, что вода в балке перед плотинной принимает форму пирамиды, положенной на боковое ребро; основание этой пирамиды — площадь поперечного сечения воды у плотины, а вершина — в верхнем конце пруда (черт. 105 а); сечение пруда у плотины приблизительно принимают за треугольник, тогда площадь основания пирамиды равна $\frac{b \cdot h}{2}$, где b — ширина зеркала воды у плотины, h — глубина воды там же. Объем пирамиды равен площади ее основания, умноженной на треть высоты; высота пирамиды в данном случае

¹ Приведенные сведения сообщены заведывающими отделами мелiorации Афанасьевым, Барминым и Лоренцом.

есть длина пруда l , и потому приближенный объем воды в пруде равен:

$$w = \frac{b \cdot h \cdot l}{6}.$$

Этот способ вычисления дает преуменьшенный результат, так как сечение пруда у плотины не треугольник, а фигура большей площади.

Большое число произведенных приближенных вычислений и сопоставление их с результатами точных вычислений указывает, что результат получается ближе, если принимать очертание берегов балки у пруда за параболу (черт. 105 б); тогда площадь сечения воды у плотины равна $\frac{2 \cdot b \cdot h}{3}$, а объем воды в пруде:

$$w = \frac{2 \cdot b \cdot h \cdot l}{9}.$$

Точное вычисление объема пруда производится по площадям его поперечных сечений в разных расстояниях от плотины или по площадям горизонталей, проведенных на плане балки в результате съемки ее при предварительных изысканиях; объем воды между каждой парой горизонталей точно вычисляется по формуле объема усеченного конуса:

$$w = \frac{h}{3} (f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 \cdot f_2}),$$

где f_1 и f_2 — площади, охватываемые парой смежных горизонталей, h — высотное расстояние между горизонталями. Или вычисляют по более простой формуле, дающей мало отличающийся результат, беря полусумму площадей:

$$w = \frac{h}{2} (f_1 + f_2).$$

Вычисления объема воды в пруде при разных глубинах h располагаются в следующую табличку:

h	f_1	$\sqrt{f_1 \cdot f_2}$	$f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 \cdot f_2}$	$\frac{h}{3}$	Объем между парой горизонт.	Весь объем w
0	38	1 194	5 032	0,66	3 321	3 321
2	3 800	5 692	18 017	0,66	11 891	15 212
4	8 525	14 423	47 348	0,66	21 249	36 461
6	24 400	32 050	98 550	0,66	65 043	101 504
8	42 100	45 395	136 445	0,27	24 315	125 819

По вычисленной таблице строится график объемов пруда.

Принципы расчета тела земляных плотин. Наши земляные плотины, при ширине по верху в 4 м, никакого инженерного поверочного расчета

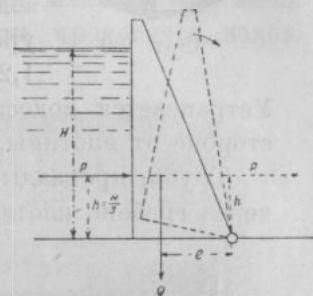
не требуют; они вполне удовлетворяют требованиям прочности. Но все же полезно усвоить, каким, вообще говоря, условиям прочности должна удовлетворять всякая плотина. Этих условий три:

1) Плотина должна противостоять опрокидывающему действию воды: вода давит на одну сторону плотины с силой P (черт. 106), которая стремится всю плотину повернуть около точки O в направлении, показанном стрелкой; этому опрокидывающему действию воды противостоит сила Q — вес плотины. Выражаясь математически, момент силы Q относительно точки O равный $Q \cdot l$, должен быть больше момента силы P , равного $P \cdot h$ относительно той же точки. Как вычисляется величина сил P и Q в тоннах и плечи их h и l в метрах — излагается в специальных курсах.

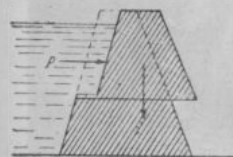
2) Плотина по любой из горизонтальных плоскостей в теле ее должна противостоять сдвигающему действию P бокового давления воды на стену плотины (черт. 107). Этому сдвигу противодействует вес Q тела плотины и коэффициент трения внутри грунта плотины.

3) Под действием напора из пруда вода просачивается в тело плотины и образует в плотине уровень как бы грунтовой воды; этот уровень воды, или линию насыщения в теле плотины, можно наблюдать обычным для грунтовой воды способом — смотровыми колодцами a, a (черт. 108) из деревянных или железных труб. При предварительных расчетах принимают уклон линии насыщения в 0,3.

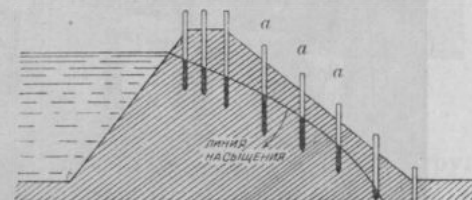
Если линия уровня напорной воды в теле плотины уходит в основание плотины, не пересекаясь с сухим откосом (как на черт. 108), то плотина надежна в отношении размыва просачивающимися водами; если же линия уровня напорной воды пересекает сухой откос, то плотина ненадежна — она фильтрует через свое тело.



Черт. 106.



Черт. 107.

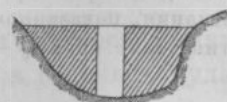


Черт. 108.

Водопропускное устройство. Земляная плотина пропала, если вода начнет идти через гребень ее. Избыток снеговой воды должен безопасно для плотины отводиться через специальный водопропуск. Различают три типа водопропуска: водоспуск, водослив и труба.

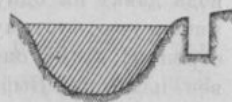
Водоспуском называют отверстие, обычно в самом теле насыпной плотины, через которое можно спустить всю воду из пруда (черт. 109); это отверстие делается во всю высоту плотины и прочно обделывается деревом или камнем; в нужное время оно

закрывается щитами. Водоспуск есть самое опасное место плотины; он должен быть устроен так, чтобы вода не подмывала его ни с боков, ни снизу; под ним и сбоку его обязателен шпунтовый ряд.



Черт. 109.

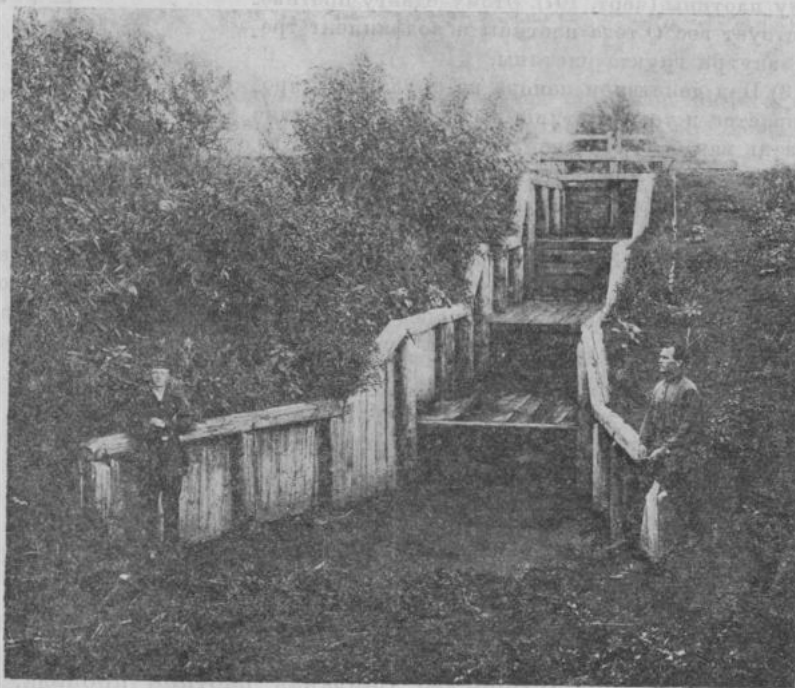
Водосливом называется водопропуск — отверстие, через которое может слиться из пруда вода лишь до определенного уровня, обычно до уровня на 1,2 м ниже гребня плотины.



Черт. 110.

Устраивается водослив в виде обводной канавы, проходящей в стороне от плотины, в материковом грунте (черт. 110).

Труба, прокладываемая в теле плотины или перекидываемая через гребень плотины (сифон), служит обычно не для весеннего

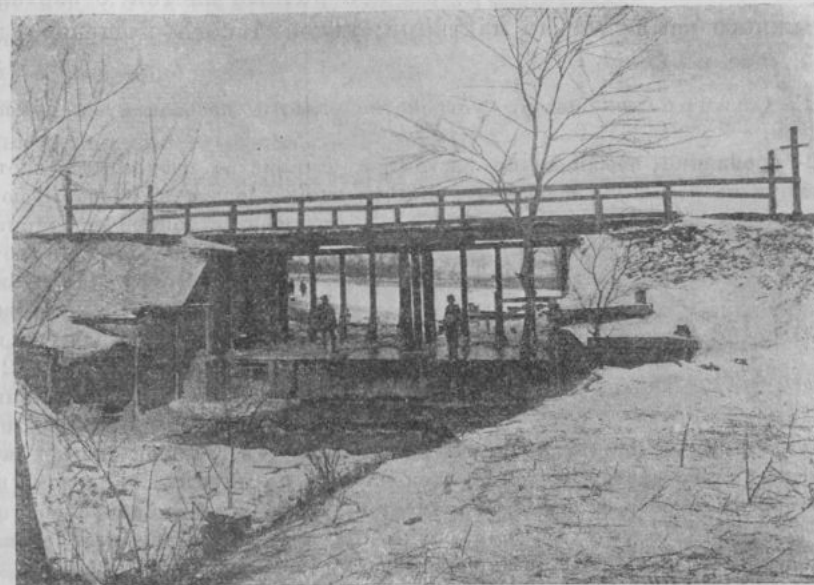


Водослив уступчатый, деревянный. (Фот. А. Зенкевича).

пропуска воды, а для выпусков воды из пруда в летнее время — для орошения нижележащих земель, для очистки пруда, для лова рыбы.

Когда же надо делать для прохода весенней воды водоспуск и когда водослив? Водоспуск, вообще говоря, сделать труднее; он обычно дает течь, и при отсутствии надлежащего ухода по-

вреждение его опаснее. Но все же водоспуск неизбежен в двух случаях: 1) когда водосборная площадь пруда настолько велика, что только через водоспуск, т. е. через отверстие во всю высоту плотины, сможет успеть пройти вся масса весенней воды; какая эта площадь, — будет показано дальше; 2) когда в пруд сносится столь много земли с прилегающих полей, что она могла бы вызвать быстрое обмеление и даже занесение всего пруда; лишь при отверстии до дна плотины вся эта муть проносится водою вниз по балке, не задерживаясь в пруде.



Водоспуск деревянный. (Фот. А. Зенкевича).

Водослив в виде простой обводной канавы в земляном грунте устраивается лишь при мало ответственных плотинах или при площадях водосбора менее 100 га; такой водослив, вообще говоря, подвержен опасности размыва; размыв водослива начинается обычно с нижнего конца его, где вода поступает из водосливной канавы на дно балки; начинается этот размыв с какого-нибудь малого уступа — перепада — и идет аналогично образованию оврага; падающая с уступчика вода ударяет в дно, расколотится воронкой и этим подмывает основание уступа; уступ обваливается. Если грунт тверд, то падающая вода, ударяясь о куски обвалившегося уступа, бьет рикошетом по основанию, и тем еще увеличивается размывающее действие. Таким процессом промывина продвигается постепенно вперед и доходит до пруда; пруд

стекает. Этот прорыв после спада вод населением засыпается, а рядом делается новая водосливная канава, по которой через несколько лет образуется опять прорыв. Много можно видеть прудов с несколькими пересыпанными промытыми водосливами и наконец забрасываемых. Однако много можно видеть прудов и очень долго существующих с земляными водосливами. Дно земляного водослива должно иметь уклон не более $1/50$, т. е. на протяжении 50 м может быть падение по водосливу не более 1 м.

Более прочным водосливом является канава, по наклонному дну и откосам которой устроены поперечные плетни с настилом булыжного камня между плетнями; уклон такого мощеного дна водослива не более 0,1.

Р. Спарро¹ описывает устройство такого водослива следующим образом:

„Укрепление обыкновенно состоит в устройстве квадратных клеток, имеющих не более 2 м в стороне. Для установки плетней прокапываются траншеи глубиной и шириной в 0,4 м и в них забиваются колья длиной около 1 м с таким расчетом, чтобы верх их возвышался над дном канавы и над поверхностью откосов на 0,2 до 0,24 м. Колья как продольные, так и поперечные, плотно опле-



Черт. 111.

таются хворостом от дна траншеи до верха; затем траншеи плотно забиваются глиной, клетки замазываются камнем по мху, мягкой соломе или соломистому навозу. Следует непременно камень ставить на ребро, тщательно подгоняя один к другому; случайные промежутки следует расклинивать, причем каменные клинья вгоняются трамбовками. По откосу канавы такое же укрепление устраивается полосой шириной в 0,65—0,85 м. Плетневые клетки устраиваются в шахматном порядке. Дну канавы следует придавать легкую вогнутость, вид желобка.

„Такая укрепленная канава состоит из трех частей: верхней — горизонтальной площадки длиной 4 м, средней — наклонной части длиной 16—21 м и нижней, на уровне дна тальвега, горизонтальной площадки длиной 4 м. Таким водосливным канавам придается падение не выше 3 м. В некоторых случаях плетневые клетки устраиваются косые, линия их режет ось водослива под углом в 45° .

Наклонное дно водослива может быть сделано досчатым, с шпунтовым рядом, и бетонным, с бетонным замком и полом (схема на черт. 111).

Второй класс водосливов — это водосливы ступенчатые; они также могут быть мощеные, деревянные и каменные. Устройство их сложно и ответственно.

¹ Р. Спарро, Познание для сельского водоснабжения, 1915 г.

В водосливе с одним перепадом, или ступенью, различают следующие части (черт. 112):

1) понурный пол, начинающийся гидравлически там, где начинается понижение уровня воды перед водосливом; практическая длина его $l = 2H$. Передняя часть обычно укрепляется каменным мощением, а задняя часть делается из материала, из которого сделан весь водослив, — дерева или камня;

2) перепад высотой в деревянных и каменных водосливах при прудовых плотинах СССР — в 0,7—1,5 м;

3) водобойный пол, испытывающий удар падающей воды, сделанный из материала всего перепада, — дерева или камня; принимают, что длина этого пола должна быть не менее $L = 2(H + p)$ или по Этчевери $L = 3$ (или 4) $\cdot p$;

4) за водобойным полом устраивается рисберма — крепление каменным мощением длиной, равной водобойному полу. Водобойный пол с рисбермой вместе образуют так называемый флютбет водослива;

5) при перепадах большей высоты делается для смягчения удара воды так называемая водная подушка, или водяной тюфяк (черт. 113). Длина водной подушки по Этчевери $P = 3\sqrt{H \cdot Z}$, глубина $a = 0,5 \cdot \sqrt{H \cdot Z}$.



Черт. 113.

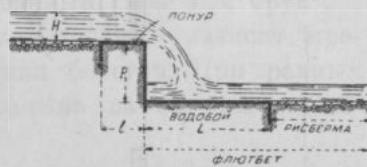
В обычных многоперепадных деревянных водосливах при прудовых плотинах высота уступа делается в 1 м, а длина каждого из водобойных полов в 4 м.

Чертеж деревянного водослива заимствуем из атласа чертежей „Сельское водоснабжение“ Р. Спарро (черт. 114) с упрощением его до схемы одного перепада.

Весь водослив (черт. 114) устраивается в материковом грунте.

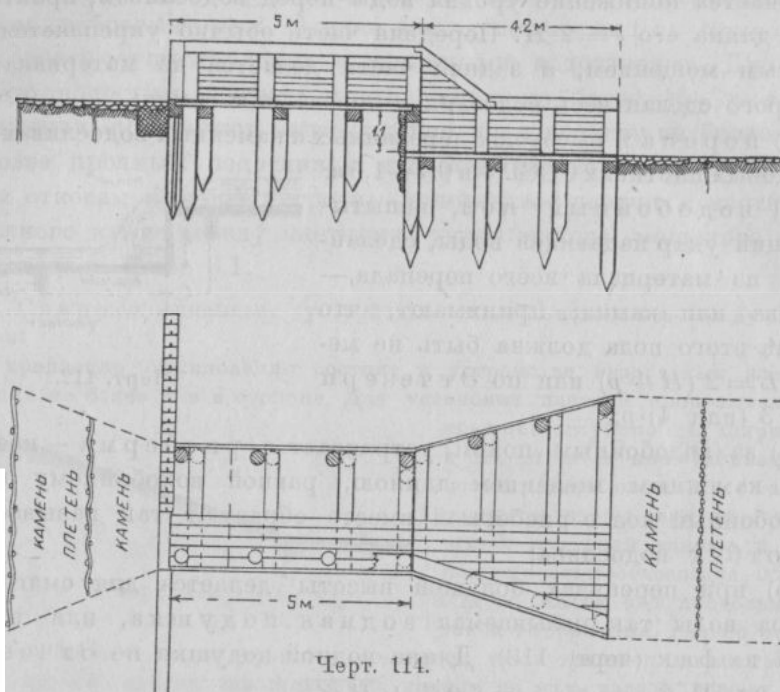
Перед понурным полом — каменное мощение в плетневых клетках на длину 4 м, под началом пола поперек водослива забит шпунтовый ряд из бревен диаметром 22 см на глубину 2 м; шпунтовый ряд продолжается на 2 м в каждую сторону от стенок водослива, образуя откосы. На обделанный гребнем на уровне несколько ниже понурного пола верх шпунтового ряда плотно, с прокладкой войлока, насаживается и притягивается скобками красный брус (черт. 115) из обделанного 26-сантиметрового бревна; перед шпунтовым рядом делается еще небольшая глиняная забивка.

Для устройства пола водослива забиваются через 2 м поперечные сваи длиной по 4 м из 18-сантиметровых бревен; на шипы свай насаживаются и



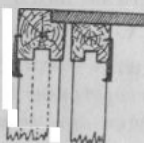
Черт. 112.

закрепляются поперечины-насадки, к которым вдоль водослива прибиваются гвоздями поперечные доски толщиной 6—9 см. Под полом насыпается слой песка или щебня, чтобы предохранить доски пола от выпирания при замерзании мокрого материкового грунта. Для стен водослива забиваются



Черт. 114.

через 2 м сваи диаметром 22 см, к которым с наружной стороны прибиваются доски толщиной 6—9 см; высота стен водослива над полом — 1,3 м. В углу, по линии соединения стен водослива с полом, плотно укладываются продольные брусья, создающие непроницаемость для воды места соединения. Перепад делается высотой в 1 м; вертикальная стенка его забивается пластинами из 22-сантиметровых бревен.



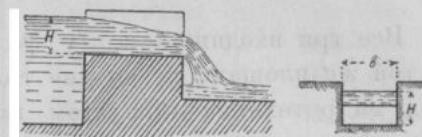
Детали бетонных водосливов и водоспусков всякого рода разбираются в специальных курсах по устройству плотин, выходящих за пределы общего курса мелиорации.

При выборе материала для водослива возникают соображения противоположного характера. Водослив должен быть сделан таким, чтобы в сельской обстановке его можно было легко починить, — это говорит за деревянный водослив. Но деревянные части водослива в безлесных районах, где обычно и делаются прудовые плотины, являются нужными и заманчивыми предметами для хозяйственных надобностей населения. Каменно-бетонный водослив, при надзоре за ним, должен по видимому считаться наиболее надежным устройством.

Основное требование ко всем водосливам заключается в том, что: 1) нижний пол водослива должен быть на уровне дна балки; если это требование не соблюдено, и нижний пол выше дна балки, то с образующегося за нижним полом уступа начинается подмыв всего водослива; 2) передняя верхняя часть водослива должна быть совершенно защищена шпунтовым рядом от прохода воды снизу или сбоку его; вода должна идти только по полу водослива, переливаясь через так называемый „красный брус“.

С какой стороны балки устраивать водослив, — зависит преимущественно от геологического строения берегов. При равных условиях предпочтительнее делать водослив на затененном северном склоне балки.

Гидравлический расчет. Назначение водопропуска — пропускать избыток воды из пруда, не допуская переливания воды через гребень плотины. Эта задача выполняется тем надежнее, чем шире водослив или водоспуск. Но с увеличением ширины водопропуска увеличивается и без того большая стоимость его. Поэтому в задачу гидротехники при проектировании плотины входит установление наиболее целесообразной ширины отверстия пропуска. Путь решения этого вопроса для водослива следующий (черт. 116):



Черт. 116.

Гидравлика дает формулу секундного расхода воды через водослив — лоток прямоугольного сечения:

$$Q = 0,35 \cdot b \cdot H \cdot \sqrt{2gH}.$$

Эта формула, если вместо g подставить его значение 9,8 м, может быть упрощена до вида:

$$Q = 1,5 \cdot b \cdot H \cdot \sqrt{H};$$

здесь Q — расход воды через водослив в секунду в кубических метрах,

b — ширина водослива в метрах,

H — высота напора воды перед водосливом.

Из этой формулы ширина водослива

$$b = \frac{Q}{1,5 \cdot H \cdot \sqrt{H}}, \text{ при измерениях в метрах.}$$

Напор воды H перед водосливом плотины не должен быть больше 0,9 м, так как гребень плотины выше дна водослива

всего на 1,2 м, и необходим запас в 0,3 м. Подставляя 0,9 взамен H , получаем:

$$b = \frac{Q}{1,5 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{0,9}} = \frac{Q}{1,28}, \text{ при метровом исчислении.}$$

Остается в формуле b и Q ; для определения искомой ширины b водослива надо знать Q — наибольшее количество кубических метров воды, притекающей к плотине во время весеннего таяния снегов. В нахождении действительного Q и заключается суть решения вопроса о ширине водослива.

Если известны обычный запас воды в снеге, лежащем на площади водосбора пруда, обычная продолжительность таяния этого снега и коэффициент стока, т. е. доля доходящей до пруда воды от всего запаса ее на водосборной площади, то получим средний весенний приток воды к плотине в секунду:

$$q = \frac{\text{запас в снеге}}{\text{время таяния}} \cdot \text{коэф. стока} = \frac{h}{t} \cdot k.$$

Все три входящие в эту формулу величины даже на одной и той же площади не вполне точно уловимы и меняются каждый год; гидротехника при этом интересуется не средним за весну, а наибольшим стоком, который может образоваться от таяния снега на время хотя бы одного часа, ибо этому наибольшему расходу воды и должен соответствовать водослив. Производство наблюдений над действительным стоком в разных условиях является поэтому пока наиболее надежным основанием для расчета водосливов.

Такие наблюдения были организованы Р. Спарро в бывшей Тульской губернии и Воронежском уезде, Тарловским — в бывш. Саратовской губернии и Небольсиним — в искусственной обстановке под Москвой, Долинино-Иванским в бывш. Тульской губернии. Р. Спарро организовал наблюдения над проходом весенних вод через 30 водосливов в плотинах, построенных во время общественных работ в Тульской губернии и в Воронежском уезде; вычисления расхода воды через эти водосливы дали возможность принять следующие величины наибольшего стока с 1 a в 1 секунду в кубических метрах (см. табл. на стр. 175):

Из этих данных Р. Спарро вычислил по формуле расхода воды через водослив нижеследующую таблицу ширины отверстий водосливов при допущении напора воды H в 0,80 м (см. табл. на стр. 175).

Водосборная площадь в гектарах	Наибольший сток в секунду с гектара в куб. метрах	Водосборная площадь в гектарах	Наибольший сток в секунду с гектара в куб. метрах
100	0,031	500 — 600	0,022
100—200	0,029	600 — 700	0,021
200—300	0,027	700 — 800	0,020
300—400	0,025	800 — 900	0,020
400—500	0,023	900 — 1 000	0,019
		1 000 — 1 500	0,018

Водосборная площадь в гектарах	Отверстие водослива в метрах	Водосборная площадь в гектарах	Отверстие водослива в метрах
100—125	2 — 2,50	725 — 800	7,5 — 8,0
125—175	2,5—3,0	800 — 875	8,0 — 8,5
175—225	3,0—3,5	875 — 975	8,5 — 9,0
225—275	3,5—4,0	975 — 1 050	9,0 — 9,5
275—325	4,0—4,5	1 050 — 1 150	9,5 — 10,0
325—375	4,5—5,0	1 150 — 1 200	10,0 — 10,5
375—450	5,0—5,5	1 200 — 1 250	10,5 — 11,0
450—525	5,5—6,0	1 250 — 1 300	11,0 — 11,5
525—575	6,0—6,5	1 300 — 1 400	11,5 — 12,0
575—650	6,5—7,0	1 400 — 1 450	12,0 — 12,5
650—725	7,0—7,5	1 450 — 1 500	12,5 — 13,0

Г. Тарловский организовал наблюдения над стоком воды при таянии снега с небольших огражденных площадок в Саратовской губернии и на основании этих и других наблюдений предложил принимать сток в 1 секунду с 1 km^2 (100 a):

при площади водосбора меньше 15 km^2 — в 1,6 m^3 ;

при площади водосбора больше 50 km^2 — 0,8 m^3 ;

при промежуточных площадях вычислять по формуле:

$$q = 1,6(1 - 0,06 \sqrt{F}),$$

а со всей площади $Q = 1,6(1 - 0,06 \sqrt{F}) \cdot F$,

где Q — расход в кубических метрах в 1 секунду, F — площадь водосбора в квадратных километрах.

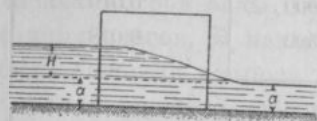
Ширина же отверстия водослива вычисляется по указанной уже основной формуле:

$$b = \frac{Q}{1,5 \cdot H \cdot \sqrt{H}}, \text{ принимая } H \text{ за } 0,9 \text{ м.}$$

Ширина отверстия водоспуска рассчитывается по сложной формуле гидравлики. Введя упрощения, получаем формулу:

$$b = \frac{Q}{0,9 \left(\frac{2}{3} h + a \right) \cdot v}, \quad (\text{черт. 117 а}),$$

где v — скорость воды по полу водоспуска, допускаемая в 3—4 м, h — напор в 0,45—0,8 м, a — глубина весенней воды в овраге ниже плотины; она различна и устанавливается сложными вычислениями; грубо можно принять $a=1$ м, а в узком овраге с большим водосбором $a=1,5$ м.



Черт. 117а.

Описание и расчет водопропускных труб в теле плотины приведены в главе об орошении.

Добавочные работы при устройстве пруда. Если прилегающие к пруду склоны распаханы, на балке имеются боковые промоины, или в нее впадают уже образовавшиеся действующие овраги, то пруд подвержен опасности *заиления*. В предупреждение этого, не говоря уже о закреплении и облесении действующих оврагов, рекомендуется в верховьях пруда и в местах попадания в него мутных дождевых вод устраивать ряды частых поперечных плетневых запруд, которые уменьшали бы скорость течения воды и тем вызывали бы отложение мути из нее до впадения в пруд. Другой мерой предупреждения заиления пруда является устройство плоотводных канав (черт. 117б), по которым устремляющаяся в пруд мутная вода отводится непосредственно в водослив; когда же по балке идет чистая вода, канава перепруживается и не работает.



Черт. 117б.

Кроме заиления нужно предупредить и *загрязнение* пруда сточными водами с улиц и дворов селения (см. табл. на стр. 177, верхн.).

Меры предупреждения против загрязнения: перехватывание сточных вод канавами, разведение на склонах древесной и густой травяной растительности, устройство пруда на балке перед входом ее в селение.

Пруд должен быть удобно *доступен* для подгона скота и подъезда с бочками за водой; лучше всего это достигается устройством мощеного спуска с уклоном в 0,1.

По обследованиям в бывш. Тульской губернии санитарное состояние прудов оказалось следующим:

	Ефремовский уезд		Новосильский уезд ¹	
	Число	%	Число	%
Не загрязнены. сточными водами из селений	43	10,70	17	8,90
Слабозагрязненных	37	9,24	24	12,57
Сильнозагрязненных	321	80,06	150	78,53
	401	100,00	191	100,00

Действительное состояние подъездов характеризуется следующими цифрами:

	Ефремовский уезд	Новосильский уезд ¹
Удовлетворительное	74,16 %	56,01 %
Плохое	25,84 „	43,99 „

При недостаточной глубине пруда очень важно уменьшить летнее испарение воды из пруда, зависящее главным образом от ветра; для уменьшения его рекомендуется по краям всего пруда засадить древесную защитную полосу. Можно лишь с вероятностью полагать, что это полезно, так как пока нельзя доказать, что испарение через листву защитной полосы будет меньше, чем испарение с водной поверхности при отсутствии защитной полосы.

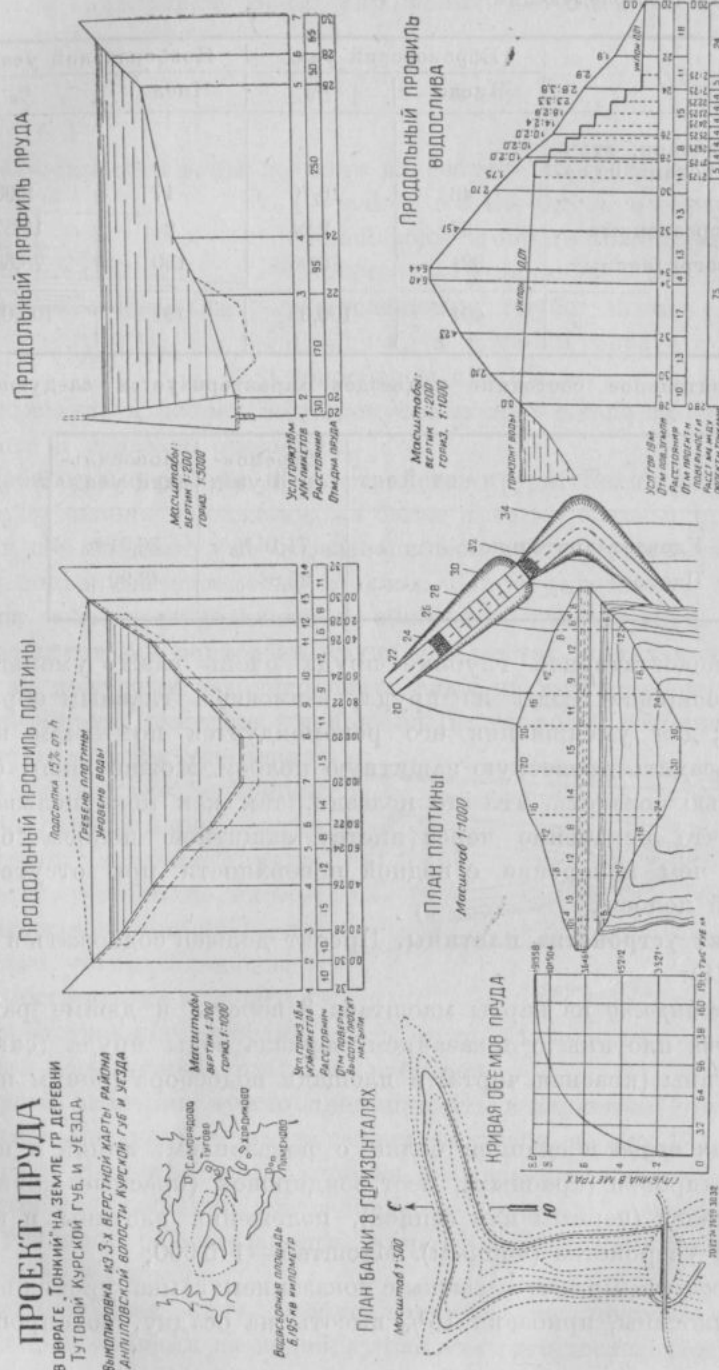
Проект устройства плотины. Проект должен содержать в себе (черт. 118):

1) *выкопировку* из карты масштаба 3 версты в дюйме района устройства плотины с показанием: зеркала воды пруда (синим), оси плотины (красная черта) и площади водосбора (синим пунктиром);

2) *план пруда* и склонов балки с показанием: линий и пикетов нивелировки (красным), мест зондировок (красные кружки), горизонталей (черным или сепией), положения плотины и водосливного устройства (черным). Масштаб — 1:5 000;

3) *продольный разрез плотины* с показанием: замка, уровня воды, гребня плотины, прибавки 15% высоты на осадку, водопропуск-

¹ Новосильский уезд находился в бывшей Тульской губернии.



Черт. 118.

ного устройства. Масштаб: горизонтальный — 1:1 000, вертикальный 1:200;

4) *поперечный разрез плотины* в месте наибольшей высоты ее, с показанием: замка, снятого растительного слоя, горизонта воды при полном наборе, способа укрепления откоса, запаса на осадку. Масштаб: вертикальный — 1:200, горизонтальный — 1:1 000 (растительный слой земли снимается на глубину 20—30 см; глубина замка — не менее 1 м, ширина 1,5—2 м. Гребень плотины на 1,2—1,5 м выше уровня воды в пруде при полном наборе);

5) *план плотины* с показанием: гребня, замка, площади основания, зеркала воды, водосливного устройства, подъезда. Масштаб — 1:1 000;

6) *продольный профиль* поверхности земли по оси намеченного водослива с показанием дна водопроводной канавы и уступов водослива. Масштаб: горизонтальный — 1:1 000, вертикальный — 1:200;

7) *график объемов* пруда при разных глубинах наполнения (точный запас воды в пруде определяют или по горизонталям, или по поперечным профилям балки);

8) *расчет ширины отверстия водосливного устройства*. Ширину отверстия водослива в зависимости от площади водосбора можно брать из вышеприведенной таблички, составленной Р. Спарро. Если же исходить из иных расчетных расходов воды, то, вычислив расход Q воды через водослив, ширину водослива определяют по гидравлической формуле:

$$b = \frac{Q}{0,35 H \cdot \sqrt{2gH}},$$

принимая H , напор воды перед красным брусом водослива, не более 0,9 м;

9) *чертеж продольного профиля* и плана водослива в масштабе 1:100, с показанием всех деталей его устройства;

10) *ведомость земляных работ*, содержащую вычисления: а) объема замка, б) объема выемки под основание плотины, в) объема насыпи плотины по приближенной формуле:

$$w = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot l$$

и по возможности по точной формуле призматоида, вычитая из результата вычислений по приближенной формуле между каждой парой пикетов поправку:

$$k = t^2 \cdot \frac{m+n}{12} \cdot l,$$

где t есть разность высот на двух смежных пикетах, m и n — заложения мокрого и сухого откосов, l — расстояние между смежными пикетами;

11) *смету на устройство плотины*: на земляные работы по Урочному положению, на водослив — по соображению с типовыми сметами в книге Р. Спарро „Пособие для сельского водоснабжения“;

12) *пояснительную записку*, в которой указать:

а) строение берегов и дна балки, цель устройства пруда, основные выборы места для плотины, место выемки земли и род грунта;

б) число дворов, или численность коллектива, который будет обслужен прудом, считая для хозяйства с полеводственным уклоном 200 м³, для хозяйства с животноводственным уклоном — 300 м³ воды на каждый двор в год. На испарение и фильтрацию считать слой воды в 0,9 м высотой;

в) количество воды, ожидаемое к поступлению в пруд со всей площади водосбора его при весеннем таянии снега, считая весенний сток воды с квадратного километра водосбора в 30—50 тысяч куб. метров в зависимости от района;

г) размер пруда: длину, площадь зеркала воды, глубину воды у плотины, наибольший запас воды;

д) тип водосливного устройства и основания к его выбору (водослив, водоспуск, труба, род материала);

е) стоимость работ, стоимость куба земляной плотины, стоимость куба воды, стоимость 1 км² зеркала воды. Источники средств для работы и способ производства работ.

Состояние плотин, уход за ними и ремонт. Построенные в очень большом числе правительством прудовые плотины формально передавались населению и оставались обычно не только без дальнейшего надзора, но и без всякого учета, так что о судьбе их мало известно.

В 1899 году было произведено обследование в Тамбовском и Усманском уездах 93 плотин, устроенных в период общественных работ 1892 года. Плотины были устроены или с земляными водосливами, или вовсе без водосливов; обследование выяснило¹, что в первый же год прорвало 33% плотин, а через 7 лет оказалось:

прорванных плотин и не возобновляемых населением	29%
прорванных, но кое-как ремонтируемых населением	26 „
плотин, оказавшихся без прудов (мал водосбор, фильтрация)	5 „
непрорванных, исправных плотин	40 „
	100%

¹ А. Фок, Отчет по осмотру обводнительных сооружений, 1900 г.

Из 40% непрорванных к моменту обследования плотин ожидался по состоянию их размыв еще 7 плотин, т. е. еще 8%, так что процент исправных плотин после восьми лет со времени устройства составил всего 32%.

По обследованию 1925 года в Пугачевском¹ уезде бывш. Самарской губернии из 975 плотин оказалось исправных, перенесших годы войны и революции, всего 23%, прорванных оказалось 49%, поврежденных — 23%.

По обследованиям 1909 года, произведенным в бывш. Тульской губернии, состояние прудовых плотин оказалось следующим²:

	Ефремовский уезд	Новосильский уезд ³
Удовлетворительное	30,17%	38,74%
Не вполне удовлетворительное . .	25,69 „	15,70 „
Плохое	34,16 „	45,56 „

Приведенные справки указывают на очень плохое состояние прудовых плотин во всех районах их устройств.

За кампанию общественных работ 1925 и 1926 годов значительное число прудовых плотин по всему юго-востоку России, Центрально-черноземному району и по Украине было восстановлено, и весьма необходимо теперь их поддерживать в исправном состоянии.

Уже указывалось, что если вода пойдет через гребень земляной плотины, то плотина пропала. Поэтому к весне водослив плотины должен быть очищен от снега, а водоспуск открыт. Осенью, до заморозков, необходимо осмотреть, нет ли оседания грунта у стенок водослива и под полом его; свежим грунтом эти повреждения надо затрамбовать.

Надо еще наблюдать за гребнем плотины и подсыпать на него земли в пониженных местах. На случай все же возможного прорыва следует весной иметь при плотине несколько мешков талой земли: тяжелый мешок надежно закроет начавшийся промыв.

Вот и все, что можно реально требовать от населения, и если отверстие водослива рассчитано правильно и гребень плотины везде на 1,2 м выше верхнего пола водослива, то, при отсутствии строительных дефектов, плотина должна уцелеть.

¹ По сообщению Б. Можаровского.

² А. Козменко, Описание водоснабжения селений Тульской губ.

³ Ныне Орловской губ.

СМЕТА НА УСТРОЙСТВО ЗЕМЛЯНОЙ ПЛОТИНЫ

182

№№ по порядку	Описание работ	Уроч. положения	Потребное количество			Стоимость				Примечание
			рабочих		материалов	Единицы		Всего		
			не-ших	кон-ных						
1	Для снятия верхнего слоя земли под основание плотины на площади 6 000 м ² на глубину 0,3 м, всего объемом 1 800 м ³ растительной земли потребно землекопов: 0,15 × 1 800	30	270			Р.	К.	Р.	К.	... губер. отд. труда за ... мес. ... года
2	Для отвозки на тачках снятой земли весом 1 800 т на расстояние 20 м и складывания ее валом на верховой и низовой стороне плотины потребно рабочих: 0,041 × 1 800	673 693	73,8			1	—	73	80	
3	Для вырытия замка по оси плотины глубиною 1 м, шириною 1 м, длиною 200 м, объемом 200 м ³ , с откидкой ее под основание плотины потребно землекопов: 0,2 × 200	30	40			1	25	50	—	
4	Для выкопки 9 500 м ³ земли из резервов для насыпки тела плотины и забивки замка потребно землекопов: 0,15 × 9 500	30	1 425			1	25	1 781	25	
5	Для подвозки на лошадях 9 500 м ³ земли весом 150 т к плотине на среднее расстояние в 200 м потребно подвод одиночных: 0,06 × 16 150	676		969		2	—	1 938	—	
6	Для разравнивания 9 500 м ³ подвозимой земли с утрамбовкой ее потребно землекопов: 0,05 × 9 500	43	475			1	25	593	75	

ПЕРУОВЫЕ ПЛОТИНЫ

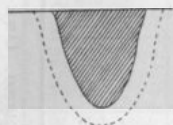
7	Для планирования откосов плотины под рейку на площади 1 000 м ² потребно землекопов: $0,015 \times 1000$	47	15			1	25	18	75	со справочным ценам на рабочие руки и строит. материалы
8	Для выстилки дерном 500 м ² по мокрому откосу плотины потребно: дерноткладчиков $0,034 \times 500$ дернин $8 \times 500 = 4000$ спиц $32 \times 500 = 16000$	78	17			1	25	21	25	
9	Для резания 4 000 дернин потребно рабочих: $0,30 \times 40$	75	12			1	—	12	—	
10	Для делания 16 000 спиц потребно: рабочих 2×16 дров $0,35 \times 16 \text{ м}^3$	74	32		5,60	1 5	— —	32 28	— —	
11	Для накладки на подводы и подвозки на расстояние в 200 м 4 000 дернин объемом 42 м ³ , весом 56,7 т, потребно: рабочих $0,06 \times 42$ подвод $0,06 \times 56,7$	76 673 676	2,52 3,40			1 2	— —	2 6	52 80	
12	Всего на основную работу потребно А на вспомогательные и непредвиденные расходы: 2% от основной стоимости							4 895	62	
	Всего согласно Уроч. полож. и справочным ценам	7						97	90	
13	Начисление на социальн. страхование 10% и на культ.-просвет. работу 1% Всего							547	34	
	Стоимость 1 м ³ тела плотины 5 401 руб.: $9500 = 57$ коп.							5 543	06	

СОСТОЯНИЕ ПЛОТИН, УХОД ЗА НИМИ И РЕМОНТ

Сметы на устройство водосливов по Урочному положению составляются очень сложно. Они приведены в книге Р. Спарро „Пособие к сельскому водоснабжению“.

183

Размыв плотины летними ливнями происходит лишь в редких случаях, в условиях глинистого грунта бассейна: на песчаном грунте и самые сильные ливни настолько поглощаются в грунт, что могут лишь поднять уровень воды в пруде до водослива. Но когда пруд замерзает на зиму переполненным летними водами, то опасность размыва плотины весенними водами значительно увеличивается.

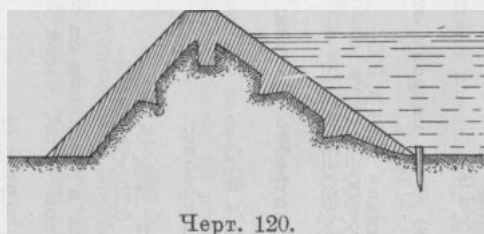


Черт. 119.

Если после прохода воды надо засыпать прорыв в плотине, то предварительно прорыв выравнивают и делают в дне и откосах его также глиняный замок, которым связывается тело старой плотины с свежей засыпкой (черт. 119).

Кроме весенней подготовки плотина нуждается и в систематическом наблюдении и ремонте. Действием воды мокрый откос плотины постепенно разрушается, и поэтому у старых плотин гребень становится все уже и уже. Если приходится ремонтировать гребень старой плотины или увеличивать высоту плотины, то нельзя сделать просто насыпку свежей земли; следует сначала поверхность старой плотины взрыхлить, устроить на старом гребне ее глиняный замок, а на размывом откосе — уступ; только после этого насыпается свежая земля с надлежащей утрамбовкой (черт. 120).

Если окажется, что вода из пруда просачивается через тело плотины и выступает на низовом откосе, то необходимо прекратить фильтрацию воды устройством на низовом откосе плотины глиняного замка толщиной около 2 м, с углублением его до материкового грунта балки.



Черт. 120.

При обнаружении усыхания пруда, вследствие фильтрации воды из него в дно и бока самой балки, возможной мерой устранения этого является глинование дна пруда — пуском в пруд взмученной глины, которая, оседая на дно, должна уменьшить его проницаемость. Но бывает лучше в таких случаях устроить новую плотину на более надежном месте.

Состояние сельских плотин в Центрально-черноземной области по данным обследования 1927 года. В 1927 году автором было организовано обследование всех имевшихся сельских прудовых плотин в шести уездах Центрально-черноземной области: Воронежском, Валуйском, Липецком, Борисоглебском, Белгородском

и в части Новохоперского. Во всех этих уездах не раз проводились общественно-мелиоративные работы в связи с повторявшимися неурожаями. Поэтому явилась необходимость выяснить, в каком состоянии находятся произведенные в предшествующие годы работы, в чем выразились повреждения работ, и какой тип прудовых плотин для сельского водоснабжения оказался наиболее устойчивым. Всего было осмотрено 1344 плотины с заполнением по каждой из них подробного анкетного листа.

Состояние прудовых плотин, несмотря на то, что значительная часть их была построена в предшествовавшие обследованию два года, оказалось неудовлетворительным, что видно из следующей таблички:

Уезды	Число обследованных сооружений	Процент исправных	Процент промытых	Процент поврежденных
Борисоглебский . . .	75	34,7	41,3	24,0
Липецкий	60	56,6	16,7	43,4
Белгородский	90	14,4	24,5	61,1
Валуйский	86	11,6	16,2	72,2
Новохоперский . . .	374	38,0	25,0	37,0
Воронежский	659	24,7	37,9	37,4

Табличка показывает, что третья часть всех прудовых плотин оказалась не только поврежденной, но и прорванной. Исправных оказалось также около трети от всех имеющихся плотин.

По наличию и роду водопропускных устройств плотины характеризуются следующими цифрами в процентах:

Уезды	Без водопропусков	Канавы без крепления	Канавы одернованные	Канавы, укрепленные плетнями	Канавы мостовые	Водослив деревянный	Водослив каменный	Водоспуск	
в процентах									
Борисоглебский	9,3	24,0	—	21,3	2,7	42,7	—	—	100
Липецкий . . .	28,4	30,0	—	—	33,3	3,3	5,0	—	100
Белгородский .	35,6	16,7	—	2,2	1,1	43,3	1,1	—	100
Валуйский . . .	4,6	72,1	7,0	—	—	16,3	—	—	100
Новохоперский	9,4	56,6	14,4	—	—	18,5	1,1	—	100
Воронежский .	20,7	55,9	—	12,2	4,5	2,8	1,8	2,8	100

Наиболее распространенным типом водопропуска оказалась простая канава без всяких укреплений.

Обработка всего материала обследования 1344 прудовых плотин приводит к следующим выводам:

1. Прудовые земляные плотины, построенные в кампанию общественно-продовольственных работ в довоенное и послевоенное время, являются совершенно неудовлетворительными сооружениями по сопротивляемости размывам, так как третья часть этих сооружений оказывается промытой или по телу самой плотины, или по водопропуску.

2. Наиболее устойчивым типом водослива в сельской обстановке является незакрепленная канава в земляном грунте, проведенная с малым уклоном по северному (вероятно) склону балки. Принятый техникой тип деревянного уступчатого водослива в сельских условиях оказался весьма недолговечным; или самый тип такого водослива, или техника устройства его являются не совершенными.

3. Под устройство прудовых плотин обычных размеров в 50—100 м длиной следует выбирать места в тех частях балок, где величина водосборной площади будущего пруда находится в пределах 50—100 га.

4. Древесная растительность на земляной плотине значительно увеличивает сопротивление тела плотины разрушению водой, скотом и повозками, но в то же время несколько увеличивает и фильтрацию воды через тело плотины.

5. Плотины на землях малолюдных селений оказываются в значительно лучшем состоянии, чем плотины на землях крупных селений; относится это положение в одинаковой мере к полевым и к селенным прудам в отдельности.

6. Прибавление весьма малых доз цемента, начиная от 0,1% к суглинистому грунту заметно увеличивает связность этого грунта, определяемую сопротивлением внедрению.

ЛИТЕРАТУРА ПО УСТРОЙСТВУ ПЛОТИН

- Дейч, *Гидротехнические работы. 1894—1896 гг., экспедиции Докучаева.*
 Дингельштедт, *Сельскохозяйственная гидравлика*, 1904 г.
 Спарро, *Бетон и его применение при устройстве водосливов*, 1906 г.
 Спарро, *Пособие для сельского водоснабжения*, 1927 г.
 Пржемыцкий, *Гидротехнические работы по обводнению селений Курской губернии*, 1908 г.
 Бельский, *Сельскохозяйственная гидротехника*, 1927 г.
 Бассель, *Земляные плотины*. Перевод с англ. 1917 г.

Анисимов, *Плотины вододержательные и водоподъемные*, 1923 г.

Ежегодники Отдела земельных улучшений.

„Вестник ирригации“. Ежем. журнал Туркест. упр. водн. хоз. с 1923 г.

„Известия Научно-мелиорационного института“ в Ленинграде с 1921 г.

Козменко, *Описание водоснабжения селений Тульской губернии*. Выпуски 1909, 1915 и 1917 гг.

Силантьев, *Конструкции земляных плотин и способы их устройства*. Статьи в журнале „Вестник ирригации“, 1925 г.

Курдюмов, *Земляные работы*, 1905 г.

Дубах, Жданов, Лядов, *Материалы по вопросам прудовой техники*, 1928 г.

Попов, *Земляные плотины*, 1928 г.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

УКРЕПЛЕНИЕ ОВРАГОВ

Изыскания. Составление технически обоснованного проекта укрепления оврага требует инструментальных исследований, которые должны охарактеризовать самый овраг, причину его роста, его водосборную площадь, его бассейн. Обычно понятия водосборной площади и бассейна реки или оврага смешиваются, между тем эти два понятия различны как геометрически, так и по своему гидрологическому значению. Имеются три разного порядка величины: водораздел — это линия, проходящая по местам перелома скатов поверхности, водосбор — это поверхность, с которой стекает вода в данный овраг, бассейн — это геометрическое тело, ограниченное сверху поверхностью земли, а снизу — тем горизонтом, ниже которого грунтовые воды не участвуют в жизни оврага.

Водораздельная линия характеризуется абсолютной длиной и длиной относительно площади водосбора. Наименьшее отношение периметра к площади фигуры имеется у круга: $\frac{P}{F} = \frac{2\pi r}{\pi r^2} = \frac{2}{r}$; поэтому длину водораздельной линии какой-либо площади водосбора характеризуют сравнением длины ее с длиной периметра равновеликого круга и называют отношение этих длин коэффициентом удлинения. Если например площадь водосбора равна 2,1 км², а длина периметра ее равна 8 линейным километрам, то коэффициент удлинения водораздельной линии вычисляется таким образом: радиус круга площадью 2,1 км² из формулы площади круга $F = \pi r^2$ равен: $r = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = \sqrt{\frac{2,1}{3,14}} = 0,8$ км; периметр (окружность) такого круга равен: $s = 2\pi r = 5,024$ км; коэффициент удлинения

$$k = \frac{8}{5,024} = 1,59.$$

Водосборная площадь характеризуется:

1) величиной в квадратных километрах, от которой главным образом зависит абсолютное количество воды, попадающей в овраг, и наибольшие величины ее в секунду во время таяния снегов и ливней, важные для гидротехнического расчета укрепительных сооружений на овраге;

2) уклоном по оси оврага и по линиям главных стоков воды к оврагу, что имеет влияние на скорость подхода воды к оврагу, следовательно на размер опасности размыва грунта и на наибольший расход воды по оврагу во время ливня или таяния снега: чем уклон больше, тем быстрее собирается вода к оврагу со всей его водосборной площади, тем больше расчетный секундный расход. При начале дождя или таяния снега вода наполняет неровности и смачивает самый верхний слой поверхности почвы, — это первая фаза стока — задержание стока; затем начинается сток в овраг сначала с самых ближних частей водосбора, потом все с большего и большего расстояния, причем количество подходящей к оврагу воды все увеличивается до того момента, как подойдет к оврагу вода с самой дальней точки водосбора; этим моментом заканчивается вторая фаза — увеличение стока; третья фаза — полный сток, когда к оврагу во время дождя идет вода со всех частей его водосбора; с момента окончания дождя начинается четвертая фаза — уменьшение стока, заканчивающаяся прекращением его. Если водосборная площадь большая, то фазы полного стока не бывает, так как, пока идет вода с дальних частей водосбора, дождь уже прекращается. Но при обычно укрепляемых оврагах расчетная норма расхода при гидротехнических устройствах на мелких оврагах должна соответствовать фазе полного стока, т. е. равняться величине выпадающих в секунду во время дождя на водосбор осадков минус неизвестная величина на просачивание в грунт;

3) протяжением водосборной площади, определяемым длиной линии, проводимой от устья оврага до самой дальней точки водосбора;

4) средней шириной водосбора, определяемой делением площади водосбора на длину.

Практически расчетные нормы стока воды для укрепления оврагов могут вычисляться по формуле:

$$q = 10\,000 \, m \cdot k,$$

где q — сток с гектара за час в м³;

m — слой выпавшей при ливне воды в метрах; принимают за час 40 мм = 0,04 м высоты;

k — коэффициент стока, зависящий главным образом от длины водосборной площади оврага и ее продольного уклона; величина k берется из нижеследующей таблицы ¹:

Уклон водосб. площ.	Длина водосбора в километрах						
	до 0,5	0,5—1	1—1,5	1,5—2,0	2—2,5	2,5—3	3—3,5
	Значения коэффициента стока k						
0,20	0,95—0,85	0,85—0,80	0,80—0,74	0,74—0,68	0,68—0,62	0,62—0,56	0,56—0,50
0,15	0,79—0,71	0,71—0,66	0,66—0,61	0,61—0,57	0,57—0,52	0,52—0,47	0,47—0,41
0,10	0,66—0,60	0,60—0,55	0,55—0,51	0,51—0,48	0,48—0,44	0,44—0,40	0,40—0,34
0,05	0,50—0,52	0,52—0,47	0,47—0,44	0,44—0,41	0,41—0,38	0,38—0,34	0,34—0,29
0,005	0,49—0,46	0,46—0,42	0,42—0,39	0,39—0,36	0,36—0,33	0,33—0,30	0,30—0,26
0,005	0,45—0,43	0,43—0,40	0,40—0,37	0,37—0,34	0,34—0,31	0,31—0,28	0,28—0,25

Уклон считается от водораздела до вершины оврага.

При водосборах длиной свыше 3,5 км даются следующие значения k :

Длина водосбора	k
3,5—7 км	$\frac{3}{8} - \frac{2}{8}$
7—10,5 "	$\frac{3}{16}$
10,5—14 "	$\frac{2}{16}$
14—17,5 "	$\frac{1}{16}$

Если например площадь водосбора 20 га, длина 1 км, средний продольный уклон 0,05, то k из таблицы равно около 0,47 и часовой сток с гектара:

$$10\,000 \cdot 0,04 \cdot 0,47 = 188 \text{ м}^3 \text{ в час,}$$

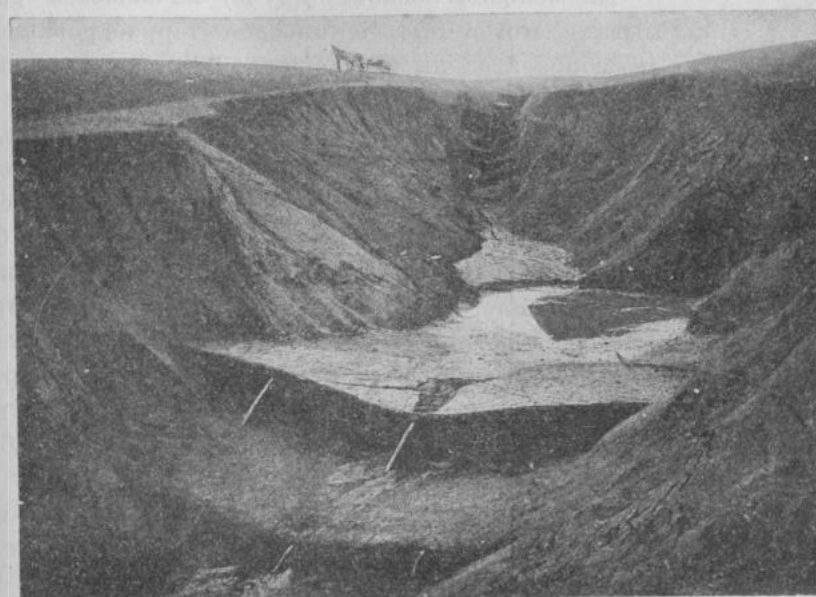
а со всего водосбора $188 \times 20 = 3\,760 \text{ м}^3 \text{ в час.}$

Бассейн оврага образуют те почвенные породы, грунтовые воды которых участвуют в жизни оврага; дном бассейна является тот горизонт, ниже которого грунтовые воды в питании оврага не участвуют (ср. с нейтральной зоной грунтовых вод в отделе осушения). Этим горизонтом часто должна являться подморенная глина. Бассейн характеризуют: 1) глубина и объем его, редко поддающиеся точному определению; 2) породы, его слагающие, с точки зрения их размываемости водою, влагоемкости и водопроницаемости; 3) растительный покров.

¹ В. Борткевич, Укрепление оврагов водосборными валами и канавами, 1915 г. Сборник статей по песчано-овражным вопросам.

Средством к выяснению указанных элементов водосборной площади и бассейна оврага является: 1) геодезическая съемка границ оврага и его водосборной площади с показанием угодий на ней; 2) нивелировка по дну оврага, по краям оврага и, насколько возможно, по водосборной площади оврага; 3) геологическое исследование, шурфование и бурение дна оврага и, насколько возможно, его бассейна, описание сложения берегов и т. п.

В результате изысканий получаем план оврага с горизонта-



Закрепление оврага плетнями (фот. А. А. Дубянского).

лями прилегающей местности, продольный и поперечные профили оврага.

Укрепление. Чтобы остановить рост оврага, применяют три типа технических работ, которые рассмотрим весьма кратко, так как на то есть специальные руководства.

1. *Уменьшение разрушительной силы попадающей в овраг и текущей по дну его воды*, что достигается замедлением течения воды.

Начавшуюся промоину заполняют хворостом, вершинами против течения воды, прижимая его к дну вбиваемыми кольями с поперечинами; если хворост забьется отложениями наносов, то промоина укреплена навсегда; засыпка промоины камнем также останавливает ее рост.

На более крупных промоинах устанавливаются поперечные плетни на ивовых кольях с подкладкою под плетень продольного

слоя хвороста, чтобы не было подмыва под плетнем; вместо плетня могут укладываться на промоине поперек лощины фашины; мутная вода у плетня теряет свою скорость и потому осаждает взвешенную муть. Если ивовые колья и прутья плетня приживутся, то образуется густая сеть корней, навсегда останавливающая размыв дна. Взамен ивовых запруд по дну промоины могут устраиваться запруды из камня, бревен и досок.



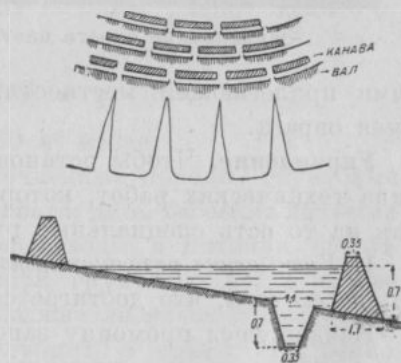
Черт. 121.

На большом склоне (круче) начавшееся размывание может быть остановлено террасированием его горизонтальными площадками с закреплением террас дерном, камнем и пр.

2. Собираение стекающей к оврагу воды к одному месту и спускание на дно оврага по укрепленным лоткам. Если вода подходит к оврагу сильными естественными потоками, то в этом месте устраиваются: а) мощный наклонный лоток; б) деревянный или бетонный наклонный лоток с шпунтовым рядом сверху, горизонтальными полами вверху и внизу, аналогично водосливам при плотине (черт. 111); в) деревянный или каменный уступчатый лоток — водослив; г) каменная или кирпичная отвесная стенка, через которую вода переливается и падает вниз с любой высоты на прочный каменный пол (устроено во многих местах усадьбы Воронежского сельскохозяйственного института).

Если вода подходит к оврагу рассеянными струями, то их следует предварительно собрать обводной канавой с валом и выбрать наиболее удачное место для выпуска канавы в овраг по лотку (черт. 121).

3. Уменьшение количества стекающей в овраг воды. На прилегающей к оврагу поверхности по горизонталям ее проводится несколько рядов водосборных канав с устройством за ними валов из вынутой земли высотой по 0,7 м (черт. 122). Число их должно быть таково, чтобы по возможности вся вода, подходящая к оврагу, задержалась в канавах и перед валами, просачиваясь постепенно в грунт. Для стока неместившейся воды устраивают в валах пропуски — водосливы в виде одернованных понижений вала на 0,13 м от гребня; таких пропусков в каждом валу делается



Черт. 122.

по несколько, чтобы вода переливалась разбитой на слабые струи и попадала в овраг в нескольких местах тонкими, малой силы потоками. Водосборные канавы делаются с поперечными перемычками, чтобы в случае прорыва в одном месте опорожнилось только небольшое протяжение канавы. Прорытые канавы постепенно заполняются наносами, что не особенно беспокоит, если поддерживать в порядке земляные валы, так как с течением времени вершина оврага должна задернеть, облеситься, и опасность размыва ее вообще уменьшается. Изложенный способ устройства водосборных канав усиленно рекомендуется В. Борткевичем, доказывающим не только техническое совершенство его, но и дешевизну по сравнению со способом устройства прочных водосливов.

Вспашка прилегающих полей по горизонталям и затенение склонов балки древесной растительностью в местах опасности образования береговых промоин являются мерами, также уменьшающими сток воды в балку и закрепляющими берега ее.

Работы по укреплению оврагов с применением всех трех типов их ведутся во всех черноземных губерниях. При закреплении оврага мы защищаем от размыва прилегающие площади пашни, от заноса отложениями — лежащие при устье оврага луга и защищаем от обмеления реки.

Однако конечной задачей мелиорации является не окончание технических работ, а дальнейшая эксплуатация неудобной земли. Техническая работа укрепления оврага, осушение болота и т. п. есть только оборона от врага, а нам необходим переход в наступление, выражающийся в сельскохозяйственном, лесном или техническом использовании земельного пространства. Закрепленный гидротехническими приемами овраг должен быть облесен или засеян травой. Облесение оврага производится лучше всего сосновыми, березовыми или другими породами в таком последовательном порядке: лиственница, дуб, ясень, вяз, клен, ель, пихта, ольха¹.

Сажают 1—3-летними сеянцами под кол. Для весенней посадки копают с осени по склонам и дну оврага ямки через 1,5—2 м линия от линии и через 0,35—1,5 м одна ямка от другой по каждой линии. Посаженные весной деревца желательно обложить камнями для сохранения влажности и защиты от вымывания. При желании получить на скатах древесную растительность скорее, разводят осину, заделывая в разрыхленную землю корневые черенки ее. При древесных посадках стараются чередовать по-

¹ По Керну.

роды деревьев, например ряд сосны и ряд березы. По крутым склонам высадки производят на сделанных предварительно уступах или даже террасах.

Первым врагом древесных посадок является скот; жердевые изгороди или обводные канавы с валами, засажеными ивняком, являются защитными полосами для молодых древесных насаждений. Вторым врагом считается снег, сдуваемый в овраг большими массами и ломающий посадки.

ЛИТЕРАТУРА

- Э. Керн, *Овраги, их закрепление и облесение*. Несколько изданий.
В. Масальский, *Овраги Черноземной полосы России*, 1897 г.
Рабцевич, *Укрепление действующих оврагов*.
Гельфер, *Овраги и борьба с ними*, 1901 г.
Бернацкий, *Об укреплении овражных вершин*, 1906 г.
В. Борткевич, *Укрепление оврагов водосборными валами и канавами*, 1915 г.

Сборники статей по песчано-овражным работам под редакцией А. Костяева.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

УКРЕПЛЕНИЕ ПЕСКОВ

Борьба с песками может быть пассивная и активная. В главе о неудобных землях изложен процесс естественного зарастания сыпучих песков; ограждение песка от пастбы и распашки вызывает природное задернение его; наоборот, вырубка леса, пастба и распашка вызывают к жизни задерновые пески. Даже пески Астраханской губернии и арало-каспийских пустынь имеют естественное стремление к задернению, что может наводить на мысль о происшедшем смягчении континентальности климата. Но пассивно бороться с песками, ожидая их задернения, — это значит отказаться от эксплуатации огромных площадей в 6 миллионов гектаров одной лишь европейской части Союза.

Активная борьба с песками заключается в обращении их в площадь, дающую сельскохозяйственную или лесную продукцию. Песчаные поля должны быть обогащены органическим веществом — посевами люпина, которые можно видеть даже на крестьянских полях. Процесс задернения песков можно ускорить рядовым и разбросным посевом культурных трав, приспособленных к этой почве: лядвенца, пырея, медунки, мятлика, песчаного овса, а на крайнем юго-востоке — посевом песчаного овса и кумарчика в ямки под кол.

Испытанным приемом быстрого укрепления сыпучего песка со скорым возвратом произведенных расходов является по всей территории европейской части Союза *посадка ивы-шелюги*.

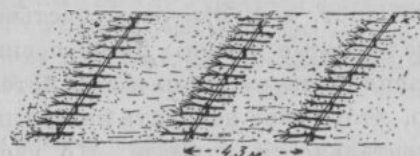
Разведение шелюги на песке по описанию А. Аргамачева для бывш. Черниговской губ. производилось следующим образом:

„Шелюгу сажают преимущественно осенью, начиная приблизительно с половины сентября, и продолжают до того времени, когда наступает период более или менее сильных заморозков. Практиковавшийся прежде способ посадки шелюги черенками в настоящее время оставлен совершенно. Для посадок употребляют 4–5-летние побеги, закладываемые в дно плужных борозд, проводимых поперек главного направления ветров и в расстоянии 2 аршин друг от друга. При таком способе размещения рядов и плотном примыкании одного хлыста к другому на десятину расходуется до 19 куб. метров шелюги. Если закрепляемая площадь несколько задернела, то, в

видах лучшего роста посадок, вместо одной плужной борозды их проводится до 6 вместе, и уже в середине полученных полос запахивают шелюгу. Главный залог успеха — хороший, гонкий посадочный материал, выросший на материковых песках. Позна же с плавень очень часто, несмотря на великокопный внешний вид, склонна к заболеваниям, и вообще в первые 3—4 года она значительно отстает в росте“.

Таким же образом всегда с успехом производилась посадка в остальных районах, в том числе по описанию Ф. Аверьянова и в Астраханской губернии. Через 3—4 года расход в 7—11 руб. на гектар возвращается эксплуатацией ивовых посадок на прутья.

Посадка ивы черенками теперь всюду оставлена.



Черт. 123.

ки, состоящий по описанию (черт. 123):

„На поверхности песка в направлении, перпендикулярном господствующим ветрам (с севера на юг или с северо-запада на юго-восток), расстилается рядами, в расстоянии 2 м ряд от ряда, свежезрубленный шелюговый хворост, так чтобы он сплошь покрывал землю и концами был обращен на восток. Поперек настланного хвороста, отступая 25 см от конца, укладываются непрерывно одна за другой шелюговые же притужины, которые прибавляются к земле через каждые 1 м накрест поставленными живыми шелюговыми колышками. Посадка производится поздней осенью или ранней весной. На один га употребляется около 45 складочных м³ хвороста.“

Преимущество устилочного способа состоит в следующем: устилочный хворост, задерживая движущиеся песчаные частицы, затягивается более или менее толстым слоем песка, благодаря чему он, а также и колышки, которыми прибиты притужины, сохраняются от выдувания и, прорастая, образуют вполне надежное насаждение. Один га устилки обходится от 25 до 30 руб., в зависимости от удаленности доставки посадочного материала.

Для того чтобы удешевить посадку, устилка производится не сплошь, а полосами в 50 м ширины с промежутками между ними в 60 м. Теоретические соображения и практический опыт показали, что оставление междуполосных пространств шириною в 64 м вполне безопасно.

На таких междуполосных пространствах, благодаря задерживающему влиянию шелюговых зарослей, движение песка постепенно прекращается,

В очень засушливых районах, например в Ставропольском округе, простая заделка ивовых хлыстов плугом не дает надежного результата, так как посадка выдувается ветром и хлысты засыхают. Поэтому там с 1905 г. практиковался способ устилки. В. Глезднева в следующем

а затем появляется травянистая растительность, окончательно скрепляющая подвижную песчаную поверхность.

В дальнейшем задернелые площади между полосами шелюгового устилки могут быть использованы для посадки твердых пород, разведения виноградников и разных других сельскохозяйственных культур“.

Однако ива недолговечна, живет 10—15 лет, и потому плантация ив на песке имеет временный характер и во всех районах должна быть заменена долговечным лесом, обычно сосновым, еще до вымирания ивы. Замена описывается для Черниговского округа Аргамачевым таким образом:

„Поздней осенью 4-го года шелюга рубится, после чего приступают к облесению или сосной или сосной с дубом; последний вводится конечно в подходящих участках посевом через каждые три ряда сосны. На десятину высаживается от 10 000 до 16 000 семян. Если посадка идет в междурядьях шелюги, то сосну сажают в ямки под меч Колесова, наблюдая



Посадка сосны на песке, 10 лет. (Фот. от В. И. Иванова.)

за тем, чтобы вокруг семени не было сорных трав. Обычно первый рабочий срезает дерн и рыхлит землю, второй делает мечом Колесова щель и зажимает семя, который подается работницей. В большинстве случаев корни обмакиваются в очень жидкий раствор супесчаной земли. Такой прием гарантирует отвесное положение корней семени, что весьма важно для дальнейшего его роста. Необходимо наблюдать конечно за тем, чтобы раствор для обмакивания был надлежащей консистенции. Если же посадку производят на задернелом песке и следовательно на открытых местах, то сосну сажают на дно плужных борозд без предварительного разрыхления посадочного места. Разгонка полос осенью, за год до посадки, не практикуется. Главные работы по облесению приурочиваются к весне, в среднем от 10 апреля по 10 мая, а на севере, в благоприятных случаях, — даже до 18 мая. Это время посвящается исключительно производству новых посадок, все же поправки откладываются на осень“.

Сосна — универсальная порода; она растет одним видом на торфяном болоте и на сыпучем песке, в низине и на бугре, на крайнем севере и на крайнем юге. Но для полного своего развития она требует все же некоторых минимальных условий, и имеются уже наблюдения, что прекрасно идущая на сыпучем песке сосна в некоторых посадках начинает в зрелом возрасте страдать и даже вымирать.

Кроме сосны на песках растут и многие другие породы; на юге подходит быстро растущий ооскорь, там же быстро растет и легко разводится белая акация; растут дуб, береза, клен, кустарник-лох.

Укрепление песков производится во всех районах СССР особыми „песчано-овражными“ партиями из лесоводов. К этим работам широко привлекалось и привлекается население, которое получает из казенных питомников посадочный материал и техническое руководство.

ЛИТЕРАТУРА

- А. Колесов, *Природы песков и их облесение*, 1904 г.
 А. Костяев, *Укрепление и облесение сыпучих песков*, 1902 г.
 Ф. Аверьянов, *Пески Астраханской губернии*.
 А. Аргаматов, *Работы по укреплению песков в Черниговской губернии*.
 В. Глезднева, *Очерк работ по укреплению сыпучих песков в Ставропольской губернии*.
 Статьи в „Сборнике по песчано-овражным работам“, изд. Лесным департаментом в 1913—1915 гг.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

ОРОШЕНИЕ

Потребность растений в воде и устойчивость урожаев. Вода в почве необходима для роста растений по трем основным причинам:

1) вода на 80% входит в состав тела растений и потому является для растения непосредственно необходимым питательным веществом;

2) вода является посредником между почвой и растениями, так как корни растений принимают минеральную пищу из почвы только в очень слабых водных растворах;

3) вода является средством транспорта питательных веществ от корней во все органы растения, что вызывается значительным испарением воды в атмосферу через листовую поверхность растений; для построения 1 кг сухого вещества растение пропускает через себя 200—500 кг воды.

При всем вышеуказанном потреблении воды растениями влажность почвы для хорошей производительности должна сохраняться в пределах 40—60% от полного насыщения на полях и 60—80% на лугах.

Грубо принимается, что районы с количеством годовых осадков выше 500 мм достаточно обеспечены потребной для растений влагой, при осадках от 500 до 250 мм сельское хозяйство может вестись обычными культурно-агрономическими приемами, но с неизбежными перебоями на неурожай, и наконец при количестве осадков менее 250 мм хозяйство делается невозможным без искусственного пополнения влаги почвы. Более точное определение потребности районов в искусственном пополнении влаги дал А. Костяков введением прихода-расходного коэффициента

$\frac{\text{осадки}}{\text{испарение}}$ за вегетационный период, по величине которого каждый район должен быть отнесен в зону избыточного, неустойчивого или недостаточного увлажнения (см. главу общих исследований).

Во всех трех районах годовые количества осадков подвержены сильным колебаниям.

Но в районах влажных эти колебания не имеют катастрофических следствий, так как сравнительно невысокая температура и слабые ветры оставляют в почве запас влаги и полного неурожая на западе и севере не случается. На юго-востоке при недостатке летних осадков все условия урожая находятся в оптимуме: плодородие чернозема, высокая температура и достаточная влажность дают большой урожай всех культур, и твердо держится убеждение, что черноземный край и юго-восток являются житницами СССР. Но через каждые десять лет этот район в какой-либо обширной части его страдает от полного неурожая: 1880, 1891, 1911, 1920—1921 годы были годами очень тяжелыми; пропущенный 1901 год также не обошелся без частичного неурожая, а 1924 год был голодным сверх нормы. Эта случайная или, по неизвестным причинам, закономерная периодичность неурожая юго-востока сводит на-нет высокую урожайность благоприятных годов. Нижеприводимая табличка, вычисленная из данных урожайности крестьянских земель, помещенных в „Сборнике статистико-экономических сведений по сельскому хозяйству“ (издание мин. землед., 1917 г.), показывает средний годовой урожай за 1901—1915 гг. в трех губерниях, характеризующих юго-восток, средний чернозем и западные пески и подзолы:

Губернии	Озимая рожь	Яровая пшеница	Овес	Картофель
	Тонн с гектара			
Саратовская	0,64	0,55	0,58	5,1
Воронежская	0,85	0,69	0,79	6,8
Бывш. Минская	0,74	0,72	0,76	7,2

Из таблички ясно видно, что Воронежская губерния значительно перегнала Саратовскую губернию, а песчаный и подзолистый Минск стоит по урожайности на крестьянских землях на уровне воронежского чернозема; это удивительное обстоятельство остается еще мало известным.

Опытные станции Черноземной полосы дают урожайность, значительно более благоприятную по величине и по устойчивости. Так например средний урожай яровой пшеницы в Поволжье можно считать достигнутым простыми мерами обработки и сево-

оборота на опытных станциях в 0,8—1,0 т с гектара¹, а средние урожаи ржи на опытных станциях можно считать достигнутыми в размере 1,7 т с гектара.

Но особенно интересны урожаи за 30 лет, опубликованные для бывшей Павловской экономии в 38 км от Воронежа².

Г о д ы	Озимая пшеница	Озимая рожь	Овес
	Тонн с гектара в среднем за год		
1880—1889	1,07	1,22	1,15
1890—1899	1,13	1,62	1,19
1900—1909	1,46	2,40	1,89

Эти урожаи вдвое выше крестьянских.

Какими же путями достигается увеличение и выравнивание урожаев на черноземе и на юго-востоке РСФСР? Это достижение возможно мероприятиями четырех видов:

1) Культурой *засухоустойчивых растений*, из которых особенно пропагандируются просо, кукуруза и суданская трава; в частности последняя новинка — суданская трава — завоевывает себе положение, и уже в 1925 году нам удалось видеть в Богучарском уезде бывш. Воронежской губ., в 50 км от ж.-д. станции, несколько гектаров этой травы, посеянной поселковцем на семена.

2) Работами *по сохранению в почве влаги*, запасаемой при таянии снега и при дождях, что достигается содержанием поверхности земли в рыхлом и свободном от сорной растительности состоянии.

Эти два пункта мероприятий имеют чисто агрономический характер, и благодаря им получены приведенные выше прекрасные результаты на опытных станциях и в бывших частных хозяйствах Черноземной полосы. На землях Черноземной полосы эти агрономические мероприятия могут получить распространение в связи с землеустройством населения, с образованием коллективов и выделом советских хозяйств.

Но по мере продвижения на юго-восток недостаток влаги становится все более непреодолимым для агронома, и наряду с *сохранением* получают важное значение меры *пополнения* в почве недостатка влаги. К сожалению, экономические условия единоличных хозяйств по мере продвижения на юго-восток становятся

¹ Н. Тулайков, Сборник: „Устойчивое хозяйство в засушливых областях“, 1924 г.

² Г. Каргин, Очерк тридцатилетнего хозяйства на черноземе, 1911 г.

все хуже и хуже; их экономика конечно не предполагает вложения труда на коренное улучшение водных условий.

3) Более простыми мероприятиями по *пополнению* недостатка влаги в почве является серия увлажнительных работ, которые сводятся к задержанию выпадающих зимних и летних осадков на месте их выпадения.

Задержание снега оставлением на зиму стеблей подсолнуха, установкой на полях снегозадержательных щитов, снегопахание, вспашка поля на зиму, проведение по горизонталям борозд с валиками для задержания стока снеговых вод — все это меры однолетнего действия и потому не подлежащие рассмотрению в курсе мелиорации, разумея под последней учение о „коренных земельных улучшениях“.

Но к этой категории относится один многолетний, давший очень хорошие результаты прием, подлежащий, хотя и одностороннему, рассмотрению в курсе мелиорации, — это *лесные посадки* на полях.

4) Наконец, последний ряд мероприятий, самый коренной и потому составляющий предмет с.-х. мелиорации, — это *орошение земель*, состоящее в подаче на орошаемую площадь и в распределении по этой площади воды, собранной или собранной на стороне.

Такова четырехзвенная цепь технических мероприятий по созданию увеличенных и устойчивых урожаев: культура засухоустойчивых растений, сохранение влаги в почве, задержание выпадающих осадков, подача воды со стороны, т. е. орошение.

Лесные посадки на полях. В Бобровском округе Центрально-черноземной области имеется единственный по величине территории и замечательный по результатам опыт увлажнения почвы искусственным лесонасаждением, это — Каменно-степная опытная станция имени Докучаева. За 1893—1905 годы на площади около 1000 га безлесной степи были посажены полосы леса, главным образом дуба, клена, ильма, березы, желтой акации и многих других, шириною 40—60 м с оставлением между лесными полосами чистых пространств в 400—600 м¹, которые обращены под распашку (черт. 124). За истекшие 25—30 лет, к настоящему времени, лесные посадки достигли зрелого возраста, и результат их должен был вполне выявиться.

¹ Имеются площади и других размеров. См. Г. Тумина, Опыт борьбы с засушливыми условиями степного хозяйства, 1923 г.

По исследованию Г. Тумина оказалось, что: 1) характер структуры чернозема между лесными полосами указывает на то, что увлажнение и промачивание здесь больше, чем в открытой степи; 2) осадков на залесенном пространстве выпадало по наблюдениям за 1918—1922 гг. в среднем на $459 - 404 = 55$ мм больше, чем в открытой степи; 3) испарение между лесными посадками за те же годы было в среднем на $815 - 582 = 233$ мм меньше, чем в степи; 4) влажность воздуха за апрель — сентябрь была на $9,0 - 8,6 = 0,4\%$ больше между посадками, чем в степи.

Столь решительный перевес климата между лесными посадками в благоприятную сторону по сравнению с климатом степи отразился и на урожаях ржи, овса, люцерны и коостра при одинаковых приемах культуры. Особенно велика разница оказалась в засушливый 1921 год. Получилось с гектара тонн:

К у л ь т у р а	Между лесными полосами	Открытая степь	Разность
Рожь (зерна)	0,89	0,23	0,66
Овес (зерна)	1,07	0,43	0,64
Люцерна (сена), среднее за 1919—1921 гг.	3,00	1,00	2,00

Значение древесных защитных полос продолжительное время учитывалось и на Краснокутском опытном поле бывш. Саратовской губернии (за Волгой), причем получились за 5—6 лет прекрасные результаты (тонн с гектара)¹:

К у л ь т у р а	Между лесными полосами	Открытая степь	Разность	Примечание
Рожь озимая	1,58	1,42	0,16	Среднее за 5 л.
Пшеница озимая	0,79	0,49	0,30	" " " "
Пшеница яровая	0,79	0,63	0,16	" " " "
Корм. травы — 2-й, 3-й и 4-й гг.	2,56	1,96	0,60	" " 6 "

¹ Лобанов Н., Засуха и меры борьбы с ней, 1923 г.



Черт. 124.

Благоприятные результаты получены и на Костычевской опытной станции, находящейся также в Заволжье.

Значение лесных полос на Каменно-степной станции и повидному вообще в степи не столько снегозадержательное, сколько ветрозащитное. При буйном ветре в степи между полосами — тихо, и этого достаточно для получения благоприятного результата. Отсутствие ветра резко уменьшает испарение влаги из почвы, и потому как влага от таяния снега, так и влага летних дождей удерживается между полосами значительно дольше, чем в открытой степи, что и является целью мелиорации юго-востока.

Состоявшееся 28 и 29 марта 1929 года в гор. Харькове совещание о полевых полосах приняло следующие принципы устройства их:

1. Направление полос — с севера на юг с поперечными перемычками с востока на запад, с возможностью отступлений в зависимости от местных условий.

2. Ширина продольных полос 15 м, поперечных — 10 м.

3. Расстояние между продольными полосами 250 м, между поперечными — 500 м.

4. Общая площадь, занимаемая полосами, должна составлять 6—8% площади защищенного оазиса.

5. Для северной части степи рекомендуется древесно-теневой тип посадок, а для южной — древесно-кустарниковый с желтой акацией, татарским кленом и лохом (по краям); на крайнем юге, в наименее благоприятных условиях, разводить гледичию, шелковицу, дикую грушу, дикую яблоню и пр.; опушки делать из колючих кустарников.

6. Для доходности полос вводить в них ценные по древесине или по плодам породы: яблоню, грушу, манчжурский орех и др.; в южной части — крымскую, австрийскую сосну, виргинский можжевельник.

7. Семенами пользоваться местного сбора.

Вопросы орошения. Решительной мерой поподнения влажности почвы является распределение в почве воды, приведенной со стороны, т. е. орошение почвы. Орошение является древнейшим видом мелиорации, и на нем базировалась жизнь как раз самых цветущих стран древней истории: Египта, Месопотамии, Индии, о чем уже говорилось в вступительном разделе курса. Основными вопросами орошения являются: 1) откуда добыть воду, требуемую для орошения, — найти источник орошения; 2) каким техническим приемом брать воду из найденного источника орошения — избрать

способ подачи воды на орошаемую площадь; 3) каким способом распределять воду по орошаемой поверхности — избрать способ орошения.

Источники воды для орошения. Условия рельефа поверхности, распределение атмосферных осадков и распределение водного режима рек области, залегание подземных водоносных горизонтов и ряд других естественных условий, рассмотренных в отделе общих исследований, определяют тот источник воды, на котором должно быть основано орошение: река, искусственное водохранилище, грунтовая вода.

1. *Реки.* Обычным источником получения воды для орошения в пустынных районах является река, берущая свое начало в горах или далеко от орошаемой площади, вообще в районе, резко отличающемся по своим естественным условиям от орошаемого района, так как в реке должно быть много воды как раз в то время, когда в орошаемом районе в ней наиболее нуждаются, т. е. обычно летом.

Пустыни среднеазиатской части Союза орошаются из рек, берущих начало в высоких горах Памира и Тянь-Шаня. Самой мощной рекой Туркестана является Аму-дарья, общим протяжением 2515 км, берущая начало в Афганистане и впадающая в Аральское море; средний расход воды в ней около 1613 м³/сек, наибольший — до 10000 м³/сек, наименьший из бывших — 700 м³/сек. Что это огромные расходы — видно из сопоставления с Днепром, который несет в среднем 1500 м³ воды в секунду. По сравнению с реками европейской равнины Аму-дарья и другие реки Туркестана имеют два важных преимущества: первое — то, что наибольший расход воды в них проходит в конце июня и в начале июля от таяния снегов в горах, а второе — большой уклон, дающий возможность выводить из них водоотводные каналы для орошения. Вторая река Туркестана — Сыр-дарья, впадающая также в Аральское море, уже значительно меньше Аму-дарьи; средний расход воды в ней 671 м³/сек. Затем по величине расхода идут самостоятельные реки: Или, впадающая в озеро Балхаш, теряющиеся в песках реки Заравшан, Чу, Мургаб и Теджен; последние две реки имеют начало в Афганистане, и остаток воды их, входящий в пределы наших окраинных республик, целиком расходуется на орошение лежащих по ним оазисов.

Закавказье орошается водами рек Аракса, Куры и многих притоков их, берущих начало в снеговых вершинах Кавказского хребта и потому обильных водою в жаркое время. В Крыму

орошение производится из ручьев, питающихся грунтовыми водами с гор.

Орошение Египта базируется на тропических дождях, идущих в верховьях Нила, в Центральной Африке, отстоящих от орошаемой области на 2500 км. Тропические дожди идут летом, а наибольший разлив Нила в Египте происходит в конце сентября, причем в отдельные месяцы года количество воды, протекающей в Ниле, изменяется в секунду в куб. метрах следующим образом:

Месяц	м ³	Месяц	м ³
Январь	1 660	Июль	1 890
Февраль	1 210	Август	7 180
Март	900	Сентябрь	9 170
Апрель	610	Октябрь	6 310
Май	480	Ноябрь	3 410
Июнь	510	Декабрь	2 250

Действие Нила на плодородие Египта выражается не только в орошении, но и в удобрении почвы. Воды Нила обычно желтовато-грязного оттенка; в июне достигают Ассуана (Верхний Египет) зеленые воды Нила, окрашенные так многочисленными остатками растений, увлекаемых Белым Нилом из экваториальных болот Судана. Эти воды смеяются в середине июля красными водами с илом, смываемым с гор тропическими дождями Абиссинии и приносимым оттуда Голубым Нилом. Красный ил и есть источник плодородия 2 330 000 га орошаемых земель Египта.

В Северной Америке вода для орошения берется из притоков р. Миссури, стекающих в Атлантический океан, и из рек Колумбии, Колорадо и других, стекающих со Скалистых гор в Великий океан. Кроме того в Северной Америке есть большие пространства без стока в океан, орошаемые сравнительно небольшими реками.

Е. Скорняков в заключении описания рек Соединенных штатов, водами которых пользуются для орошения, пишет¹:

„Большинство рек, стекающих по сухой половине страны, принадлежит к числу рек горных, оттаивающихся большим уклоном и как бы самой природой предназначенных для искусственного орошения земель. В этом

¹ „Орошение и колонизация пустынных земель Северо-американских соед. штатов“, 1911 г.

отношении они имеют все преимущества перед равнинными и тихими реками Южной России и очень похожи на реки Туркестана и Кавказа. Однако по сравнению с туркестанскими и кавказскими реками они имеют важный недостаток. Тогда как эти последние (реки Туркестана и Кавказа), стекая с покрытых вечными снегами и ледниками гор, имеют половодье среди лета, в то время когда вода их наиболее нужна для орошения, большинство американских рек, почти не имеющих вечных снегов и ледников в истоках, пропускает свои паводки или весной или в первую половину лета“.

Поэтому для развития орошения американцам необходимо устраивать на реках водохранилища для накопления весенних вод и постепенного расходования их летом.

Орошение степей юго-востока водами рек Дона, Волги и Урала, несмотря на водоносность этих рек во всякое время года, встречает технические трудности вследствие малого уклона этих рек и большой высоты прилегающих земель над летним уровнем воды в реках, вследствие чего из этих рек воду для орошения можно получить лишь поднятием ее помощью насосов.

2. *Искусственные водохранилища.* Скопление снеговых осадков за зиму и большие весенние воды при таянии их дают возможность собирать эти воды в искусственные резервуары — пруды, откуда возможно постепенно расходовать их на орошение ниже лежащих земель в течение засушливого лета. Правильное орошение юго-востока СССР главнейшим образом должно базироваться на этом источнике. Нижне-волжские степи изрезаны балками и ярами, пронесшими весной бурным потоком по 50 000 (в среднем) кубических метров с каждого кв. километра водосбора, а летом совершенно сухими, при длине их, доходящей до нескольких десятков км по правобережью Волги и в сотни км по левобережью. А между тем каждые 5 000 м³ задержанной весенней воды могут здесь орошать в течение всего лета 1 га поля, огорода или сада; значит, вода, собранная с одного квадратного километра, может орошать до 10 га земли.

Задержание весенней воды с образованием запаса ее на орошение в течение всего лета требует устройства на балке солидной плотины с весьма ответственной частью ее — водосливом для прохода лишней весенней воды, притом с очень большой площади водосбора. Прочным и солидным опытом такой работы являются устроенная в 1881 году плотина на балке Малая Тингута в 30 км от гор. Красноармейска, удерживающая 5 500 000 м³ воды для летнего орошения 546 га полей и бахчей, и плотина по р. Соленой Кубе в 28 км от станции Гмелинская по линии железной дороги Саратов — Астрахань (за Волгой), задерживающая также 5 500 000 м³ воды. Обе эти плотины и еще ряд других, здесь не

упоминаемых, начаты были в 1881 году экспедицией под руководством И. Жилинского на средства, ассигнованные на общественные работы.

Несмотря на большие возможности, этот способ получения воды для летнего орошения на юго-востоке находится только в стадии зарождения по понятным причинам: дешевизна продуктов сельского хозяйства парализовала возможность больших единовременных затрат; сложность юридической стороны водо- и землепользования после таких работ также не содействовала их развитию. Поэтому в Заволжье более распространено задержание весенней воды для орошения земли в течение только 5—15 суток весеннего периода устройством невысоких валов на небольших водосборах для получения так называемых лиманов.

Запасание весенней воды для летнего орошения очень распространено в Америке, где техника устройства земляных плотин достигла высокой степени совершенства. В Мексике на р. Рио-Гранде у станции Энгле устроено в 1916 г. наибольшее в мире водохранилище с объемом воды в 3,3 миллиарда куб. метров. Этим же способом значительно увеличена полезная работа реки Нила; в 800 км выше главного ядра орошаемых земель Египта построена в Ассуане инж. Вилькоксом плотина для образования запаса воды на орошение в течение всей зимы и лета; работы были закончены в 1902 году, но затем первоначальные размеры были увеличены; с 1912 года так называемый Ассуанский барраж — каменная плотина через Нил — имеет длину 2 км, создает подъем воды в 27 м, длину озера в 212 км и образует запас воды в 2,3 миллиарда куб. метров. Лишняя вода проходит через отверстия в теле плотины; кроме того для распределения воды по оросительной сети в Египте имеется еще несколько невысоких барражей, в результате чего там производится теперь правильное орошение земель в течение всего года.

3. *Грунтовые воды.* Оазисы в пустыне образуются у естественного ключа или у искусственного артезианского колодца, питающихся подземными водами, притекающими по водоносному горизонту из далеких областей. По африканскому берегу Средиземного моря этот источник воды для орошения распространен и имеет как будто огромные перспективы для африканских пустынь. В простейшем случае всякий срубовый, каменный и буровой колодцы дают воду для полива огорода и сада.

В Туркменистане грунтовую воду дают қаризы (см. главу об обводнении). Следует иметь в виду, что грунтовая вода из подземного источника и колодца имеет низкую температуру и дол-

жна перед употреблением на полив нагреться на солнце в баках, обделанных ямах и тому подобных резервуарах.

Подача воды на орошаемую площадь. Между источником воды — прудом, рекой или колодцем — и орошаемой площадью должен быть механизм, который берет воду из источника ее и подает на орошаемую площадь. Этот передаточный механизм при полном своем развитии состоит из головной части, находящейся у источника воды, из водопроводного и распределительного каналов, по которым идет вода к орошаемой площади, из оросительных канав, по которым вода поступает на орошаемую площадь, и из вспомогательных устройств.

Головная часть передаточного механизма оросительной системы различается в зависимости от рода источника воды для орошения.

1. Основная схема получения воды для орошения — это отвод ее самотеком из реки (черт. 125). Если в долине с пологими берегами течет река в неглубоком русле, то, отводя например в точке *a* от реки канал с продольным уклоном, меньшим, чем уклон реки, можно, ведя этот канал все дальше и дальше от



Черт. 125.

реки, вывести его из долины реки на плоскогорье, создав впечатление, что вода потекла вверх. Вода может удовлетворительно идти по каналу при уклоне 0,002; поэтому река должна иметь уклон больше этого. Кроме того берега должны быть низки, долина реки очень слабо выражена, иначе надо очень большое протяжение водоотводного канала, чтобы получить заметную площадь между отведенным каналом и рекою — так называемую площадь командования канала. Место отхода канала от реки является очень ответственной частью оросительной системы; берега рек часто неустойчивы, и водный поток может отойти, обойти и занести наносами головную часть отводного канала.

В простейших туземных устройствах Туркестана и Кавказа, а иногда в довольно крупных сооружениях канал отводится от реки без особых укреплений; просто по земляному руслу, устройством временных размываемых паводками дамб из камня, фашии и дерева. Общие правила для таких отводных каналов выражены С. Тромбачевым¹ следующими пунктами:

¹ С. П. Тромбачев, Орошение и осушение, 1925 г.

„1) голова канала помещается в той части реки, где она описывает дугу, врезающуюся в берег;

2) голова канала размещается так, чтобы ось канала направлялась по возможности по касательной к кривой, которую описывает фарватер реки;

3) не следует располагать голову против песчаной отмели, так как она скоро будет занесена песком;

4) каналы, расположенные под углом от 45° до 90° к направлению течения реки, быстро заиляются по всей своей длине, начиная от головы;

5) вследствие изменчивости ложа реки головные регуляторы не следует строить на самом берегу реки; нужно отодвигать их на расстояние 200—300 м от берега;

6) обыкновенно головную часть каналов одевают камнем и по возможности закрепляют фарватер реки шпорами или отсыпкой“.

Второй тип устройства отводных каналов от реки — это постоянная головка канала — каменное, на весьма прочном фундаменте, инженерное сооружение с затворами для

регулирования пропуска воды (черт. 126). Примером его у нас служит голова магистрального канала, отводящего воду из Сыр-дарьи для орошения Голодной степи. Берега реки должны быть устойчивы, укреплены фашинами и камнем; отложения наносов должны быть предупреждены.

Наконец третий тип головных сооружений дополняется плотиной на реке для поднятия в ней уровня воды (черт. 127). Подъем воды плотиной увеличивает площадь орошения из реки и дает возможность накопления воды в периоды низких горизонтов, но значительно удорожает и осложняет головное устройство; увеличивается опасность размыва берегов и отложений наносов.

С. Тромбачев так определяет положение плотины на реке:

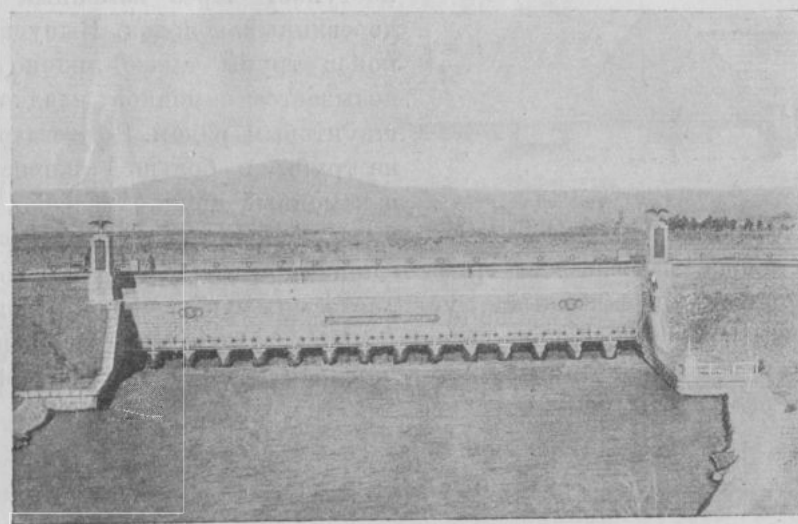
„Самое подходящее место для плотины и головных сооружений — это прямой участок реки, имеющий однообразную скорость и однообразные поперечные сечения на всем протяжении. Узкое место реки на первый взгляд кажется очень выгодным для устройства головных сооружений, но большая глубина, а следовательно и большой напор требуют массивной



Черт. 126.

плотины, тяжелых шлюзовых затворов, усложняют постройку, и, с другой стороны, в равнинной местности скорость реки уменьшается, и вследствие этого река отлагает перед плотиной в большом количестве наносы, песок и гальку, которые иногда затрудняют доступ воды к головному сооружению“.

Плотины устраивают каменные и железные с возможностью пропуска через них всей паводковой воды.



Головной шлюз для выпуска воды из р. Сыр-дарьи в канал для орошения Голодной степи. (Фот. Б. А. Келлера.)

Уклон больших рек русской равнины значительно меньше, чем допускаются уклоны водоотводных каналов, и поэтому вывод из этих рек воды самотеком по каналам для целей орошения невозможен даже при устройстве высоких водоподъемных плотин. Самотеком из рек вода берется на орошение в наших средне-азиатских республиках. Там многие из стекающих с гор рек целиком разбираются по отводным каналам — арыкам, а из них по мелкой сети канав вода распределяется по орошаемой площади. Таким же способом получается из рек вода на орошение на Кавказе, в Крыму, в Индии, Америке и Египте.

Из водоемов юго-востока, наполняемых лишь весенними водами, вода для орошения выпускается через чугунные трубы, заложенные у основания плотины, и таким образом вся вода за лето может быть постепенно выпущена и использована для оро-



Черт. 127.

шения (черт. 128). К выходному концу трубы подводится начало канала, по которому вода течет на орошаемую площадь. В этом случае балка должна иметь большой уклон, иначе не удастся вывести из нее канал с водой на прилегающие площади орошения.

Приемный конец трубы прочно обделывается каменной кладкой на цементе или деревянным шпунтовым рядом, и вода в него поступает через каменный или деревянный колодец. Выпускной конец трубы также прочно обделывается каменной кладкой и шпунтовым рядом. Вода выходит из трубы с большой скоростью в каменный ящик — бассейн, откуда спокойно поступает в главный канал. Закрывается труба в приемном или выпускном конце разнородными запорными устройствами, как в водопроводах. Площадь F поперечного сечения трубы зависит от наибольшего объема воды Q , который должен проходить через нее в секунду, и от скорости v воды в трубе:

$$F = \frac{Q}{v};$$

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{1 + 0,5 + 0,025 \frac{l}{d}}};$$

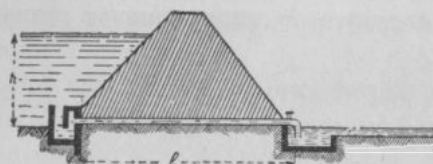
здесь H — напор воды в метрах (черт. 129), l — длина трубы в метрах, d — диаметр трубы в метрах.

$$\text{Для круглой трубы } F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}.$$

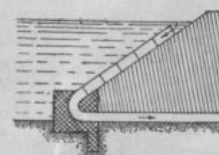
Расчет размера трубы производится постепенным подбором d аналогично тому, как постепенно подбирается ширина по дну при расчете осушительных каналов.

На черт. 129 показана труба с загнутым приемным концом, разбирающимся по мере понижения уровня воды в пруде.

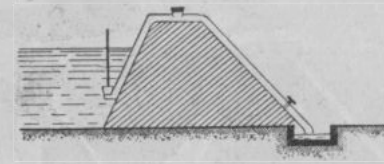
Вместо заложения прямой трубы в основание плотины, что связано с опасностью течи воды, надежнее перекидывать через плотину трубу — сифон (черт. 130). Для начала действия сифона он должен быть наполнен водой через отверстие сверху при за-



Черт. 128.



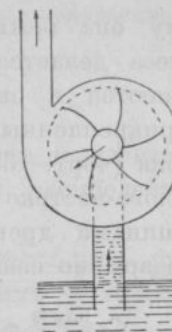
Черт. 129.



Черт. 130.

крытых кранах на приемном и выпускном концах трубы, после чего отверстие сверху закрывается, а отверстия в концах трубы открываются. Напомним, что выпускной конец трубы сифона должен быть ниже уровня воды в пруде. Скорость движения воды в сифоне вычисляется как и в прямой трубе, с введением лишь небольших поправок на два колена, которыми при грубом расчете можно пренебречь.

Механический подъем воды. На земельные участки, непосредственно прилегающие к пруду, реке или колодцу, вода может быть поднята насосом или иной водоподъемной машиной. Из насосов наибольшее применение для этой цели имеют центробежные, как отличающиеся простотой и производительностью (черт. 131). Центробежный насос в простейшем виде состоит из крыльчатого вала, заключенного в камеру; при быстром вращении вала вода, заполняющая камеру, отбрасывается крыльями к периферии и с большой силой гонится из камеры по приделанной к ней по касательной линии трубе; взамен выгоняемой воды непрерывно всасывается свежая, поступающая в середину камеры снизу по трубе, опущенной в водоем. По всасывающей трубе вода может быть поднята всяким насосом не выше 8 м, что обусловлено атмосферным давлением, равным столбу воды в 10,3 м, а по нагнетательной трубе высота подъема воды зависит от силы двигателя и насоса. Нормальная высота подъема — до 20 м. Центробежные насосы требуют наличия парового, керосинового, нефтяного двигателя или электромотора.

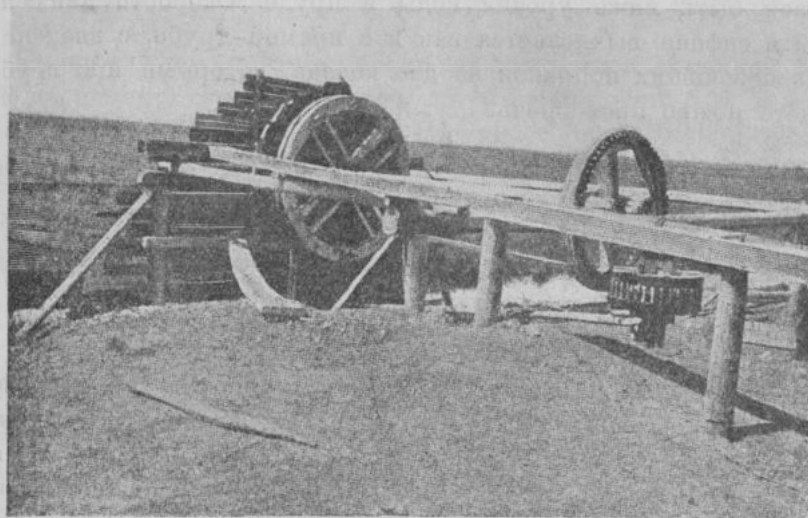


Черт. 131.

На небольшую высоту для орошения малых площадей хорошо подают воду ручные диафрагмовые насосы.

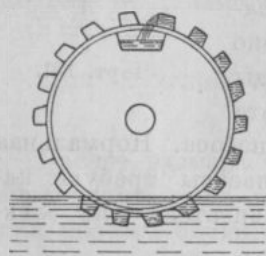
В СССР при орошении небольших плантаций, бахчей, огородов и садов вода поднимается из пруда и реки чаще всего чигирем (черт. 132). Это — большое диаметром 2—6 м деревянное колесо, опускаемое нижним краем в воду, к краю обода которого

прикреплены черпаки; колесо насажено на вал, который приводится во вращение силою лошади, верблюда или вола, запрягаемых в привод. Вода из черпаков выливается в жолоб, по кото-



Чигирь для подъема воды. (Фот. А. Н. Костякова.)

рому она бежит на орошаемую площадку. Взамен большого колеса делается часто небольшое колесо, через которое перекидываются и свешиваются в воду цепи, канаты, с прикрепленными к ним черпаками; это — чигирь-нория (черт. 133). Чигири, которых очень много на юго-востоке СССР, являются водоподъемными машинами древнейшего происхождения: с ними неразрывно связано древнее орошение Туркестана, Китая, Египта, Алжира, Испании. Чигирь может быть самодействующим, если водяное колесо снабжено лопатками и опущено в текущую воду реки.



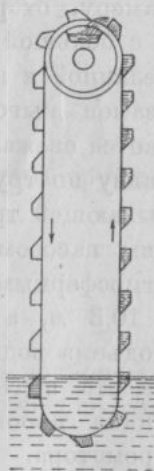
Черт. 132.

В Туркестане насчитывается до 80 000 чигирей, которыми орошается около 200 000 га земли¹. Стои-

мость устройства там чигиря — 85 руб.

Стоимость приводного чигиря на юго-востоке — 100—300 руб. По произведенному перед войною обследованию орошения в бас-

¹ Тромбачев, Вестник ирригации.



Черт. 133.

сейне р. Большого Узена Новоузенского уезда оказалось, что на одну водоподъемную установку приходится следующие площади орошения¹:

Род установки	Число установок	Орошаемая площадь в гектарах	Гектаров на одну установку	Количество подаваемой воды в час одной установкой
Насосы с паровыми и внутреннего сгорания двигателями . . .	13	492	38	50—500 м ³
Чигири	70	389	5,6	8—74 „

Какой силы должен быть паровой двигатель, чтобы подавать 500 м³ воды в час на высоту 8 м?

Сила двигателя определяется числом лошадиных сил, развиваемых им в секунду, а лошадиная сила производит в секунду работу в 75 кг/м. В нашем задании секундная работа равна:

$$\frac{500 \cdot 1000 \cdot 8}{3600} = 1111 \text{ кг/м} = 15 \text{ л. с.},$$

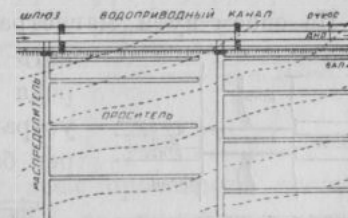
а введя поправку на неполное полезное действие насоса, оцениваемое коэффициентом полезного действия в 0,8, получим:

$$\frac{15}{0,8} = 19 \text{ л. с.}$$

Водоприводный канал. Вода от реки или пруда передается на орошаемую площадь по водоприводному каналу, распределяется по отдельным участкам площади распределительными каналами и выпускается на площадки по оросительным канавам (черт. 134). Из оросительных канав в почву вода поступает различно, в зависимости от чего различают несколько способов орошения. Водоприводный канал, называемый в Туркестане „сай“ и „арык“, ведется от источника воды, т. е. от головного шлюза на реке, с возможно малым уклоном — от 0,0002 до 0,0004, чтобы получить наибольшую площадь командования.

Если уклон поверхности велик, то и уклон канала может быть увеличен до предела, устанавливаемого гидравлическим

¹ Н. Фролов, Орошение в Новоузенском уезде, 1915 г.



Черт. 134.

расчетом; именно скорость течения воды в канале не должна превышать 0,75 м/сек в песке, 0,9 м/сек в лессе, 1,2 м/сек в глине. На короткое время допустима скорость в 1,5 м. Расчет скорости и расхода воды производится по основной формуле:

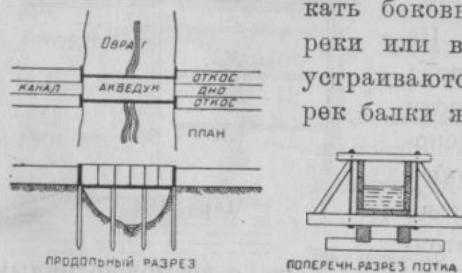
$$v = c \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{J}.$$



Арык в Голодной степи. (Фот. Б. А. Келлера.)

Горизонт воды в магистрали принимается на 0,2 м ниже поверхности земли.

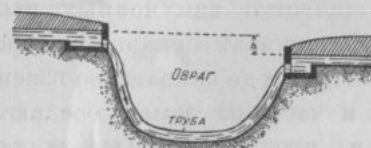
На своем пути магистральный канал обычно должен пересекать боковые балки, впадающие в русло реки или в главную балку; в этих местах устраиваются акведуки — перекидные поперек балки желоба, по которым вода канала переливается на другой берег балки и там вновь идет по каналу (черт. 135). Акведуки делаются из дерева, железа и бетона на опорах, как мосты. Вместо акведука



Черт. 135.

через балку может быть проложен обратный сифон — непроницаемая труба, идущая с одного берега на другой по дну балки (черт. 136). Небольшие понижения местности магистральный канал пересекает в насыпных берегах (черт. 137).

Для определения размеров канала необходимо установить объем воды, который он должен пропускать в секунду, что является еще более ответственной задачей мелиоратора, чем при проектировании осушения. Надо установить, какая наибольшая площадь будет поливаться одновременно и какое поступление воды при этом должно быть в секунду на 1 га поливаемой площади. Если например вся орошаемая площадь занимает 1000 га,



Черт. 136.



Черт. 137.

то это не значит, что на всю площадь надо подавать воду сразу. Разные растения требуют полива в разное время и разное число раз, да и одно и то же растение может быть полито в течение растянутого на десяток дней периода, т. е. по отдельным

График расхода воды в голове магистрального канала Голодно-Степной оросительной системы на 1924 год



Черт. 138.

участкам. Исходя из распределения всей орошаемой площади по отдельным культурам и принимая во внимание потребности в воде каждой культуры, строят график (черт. 138) необходимого полезного расхода воды по каналу за каждый день; затем вычисляют необходимые секундные расходы, а по ним рассчитывают подбором размеры водопроводного канала. При этом прибавляется потеря воды в магистрали и в распределителях, происходящая от просачивания в грунт, особенно при насыпных берегах, и на испарение; эти потери составляют в существующих крупных оросительных системах Туркестана 30—70% от полез-

ОФИЦИАЛ
В И М-а
при Трансформации

ного расхода. Все соображения об отложении наносов, зарастании водяными растениями, порче откосов, изложенные в главе об осушении, имеют при проектировании орошения еще большее значение.

Водоприводные каналы, равно как и каналы следующей категории — распределительные, подвергаются опасности занесения наносами. Реки, из которых поступает вода в головное сооружение, несут иногда большое количество взмученных частиц земли. Вода реки, поступив в канал, получает меньшую скорость течения, вследствие чего способность ее удерживать во взвешенном состоянии муть уменьшается и частицы земли оседают на дно. По исследованиям Кеннеди, чтобы канал не заилился, средняя скорость течения воды по нему должна быть согласована с глубиной воды в канале по уравнению:

$$v_{cp} \geq k \cdot h^{0,64},$$

где v_{cp} — средняя скорость потока в метрах в секунду, вычисленная по основной формуле:

$$v = c \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{J};$$

h — глубина потока в метрах; k — коэффициент, зависящий от рода грунта и равный:

для мелкопесчаного грунта	0,53
„ грубого песка	0,58
„ песчаной глины	0,64
„ крупных наносов	0,69

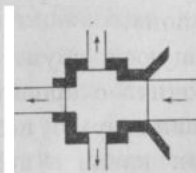
Следовательно расчетная скорость течения воды по каналу должна быть не менее скорости, получаемой по уравнению Кеннеди. Но расчетная скорость не должна быть и настолько велика, чтобы водой размывался грунт самого канала.

Кроме заиливания каналам угрожает опасность зарастания травами. На основании наблюдений над каналами Индии принимают, что скорость течения в 0,46 м/сек предупреждает разрастание водяной растительности. Затруднение развитию водяной растительности достигается затенением канала обсадкой его деревьями по валам вынутой земли.

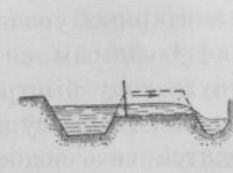
Заложение откосов в грунтах средней плотности делается ординарным и до полуторного. В глубоких каналах делается на откосах их промежуточная берма.

В местах отхода от водоприводной магистрали распределительных каналов устраиваются шлюзовые камеры, обычно из камня на бетоне, с выпусками для воды, закрываемыми щитами (черт. 139).

На случай переполнения магистрали водой и для предупреждения перелива ее через насыпные берега устраиваются по каналу боковые сбросы в ложбины в виде укрепленных уступчатых или наклонных водосливов через откос канала (черт. 140).

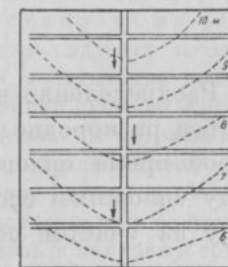


Черт. 139.

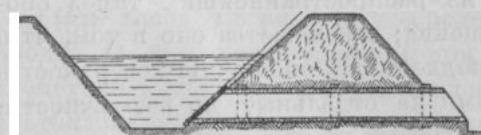


Черт. 140.

Распределительные каналы. Распределительные каналы передают воду от водопроводной магистрали в оросительные каналы. По нормальной схеме оросительной сети распределители идут по наибольшему уклону местности, что дает возможность вести отходящие от них оросительные каналы почти по горизонталям и по обе стороны распределителя (черт. 141). При очень большом уклоне поверхности, создающем опасность размывания дна, на распределителях устраиваются перепады. Распределитель должен быть с насыпными откосами, чтобы уровень воды в нем был выше поверхности земли на 0,1—0,3 м. Пропуск воды из распределителя в ороситель производится через заложенные в откосах трубы, обычно деревянные, закрываемые щитками (черт. 142).



Черт. 141.



Черт. 142.

Оросительные каналы проводятся с небольшим уклоном, обычно под прямым углом к распределителям; вода из них поступает непосредственно на орошаемую поверхность через временные прорезы валов. Поэтому уровень воды в оросителях должен быть несколько выше, до 0,2 м, орошаемой поверхности и идти между валами вынутой земли. Гребень валов должен быть еще на 0,2 м выше проектного уровня воды в оросителе. Глубина канав — около 0,2 м ниже поверхности земли, ширина дна — 0,2—0,3 м, ширина поверху — 0,4 м, наибольшая длина — 500 м.

Водосборная сеть. Излишек поданной на орошаемую площадь воды движется в виде грунтовой воды, а в иных случаях стекает и по поверхности, к пониженным местам орошаемого района, образуя болотистые скопления. Застой лишней воды и скопление в пониженных местах отработанной воды вызывают повреждение культур и ухудшение санитарных условий района.

Поэтому считается необходимым скопляющуюся грунтовую, а тем более поверхностную воду быстро отводить с орошаемой территории в овраги и реки. Для осуществления этого по орошаемой площади проводится сеть водосборных канав и водоотводных каналов. Объем воды, на которую они должны рассчитываться, по наблюдениям в Индии и Америке определяется в 50–60% от поданной на орошаемую территорию воды. Концы распределительных каналов удобно, если позволяют условия, подводить к существующим понижениям (например на Валуйском орошаемом участке), чтобы лишняя вода из них сразу удалалась с участка.

Способы орошения

Распределение воды по орошаемому участку может производиться разнородно. Можно покрыть орошаемый участок на некоторое время сплошным слоем стоячей воды, можно заставить воду сплошным слоем медленно течь по участку, можно пускать воду на участок по частым мелким бороздам, можно, напротив, пустить воду по редким глубоким канавам, заставляя почву увлажняться силой капиллярности; наконец вода может падать сверху искусственным дождем.



Черт. 143.

Орошение затоплением — один из распространеннейших типов орошения; заключается оно в том, что подлежащая орошению поверхность

разделяется земляными валиками на отдельные, по возможности горизонтальные, участки, наполняемые на требуемое время стоячей водой, которая насыщает почву, впитываясь сверху вниз. Этот тип имеет несколько разновидностей.

1. **Затопление чеками**, или заливными площадками. Чеком называется площадка, ограниченная валиками со всех четырех сторон, которая наполняется водой из прокопа, делаемого лопатой в валу прилегающей к чеку оросительной канавы. Расположение оросительной сети показано на черт. 143. В валиках, разделя-

ющих по горизонталям один чек от другого, могут делаться лопатой пропуски для воды из верхнего чека в нижний; когда нужно, избыток воды из чеков должен спускаться в водоотводные канавы. Так как слой воды, покрывающей чек, должен быть в видах экономии воды и предохранения растения от задохания по возможности тонким, не более 0,3 м, то оградительные валики делаются высотой около 0,3–0,5 м и иногда проводятся плугом. Уклон местности должен быть не более 0,002, иначе чеки будут очень узкими, неудобными для обработки и уборки. Чековое орошение применяется у нас на больших площадях при культуре риса в Туркестане, причем рис весь свой вегетационный период проводит в воде; семена его бросаются в жидкую грязь или в воду, и по мере роста чек наполняется водой, которая спускается лишь перед уборкой.

Б. Арканов описывает культуру риса в Туркестане таким образом¹:

„Поле разбивается плотными земляными валами (марза) на горизонтальные площадки (паллы); между паллами делается сообщение в виде прорывов (кулаков) в валах. Вся система палл должна представлять из себя ступенчатую поверхность, чтобы непрерывно идущая по всем паллам вода могла все время стекать; непрерывное поступление свежей воды в паллы для риса необходимо, так как в застойной воде он гибнет. Отработанная вода вновь собирается в общий арык (канал) и потребляется нижележащими полями или сбрасывается в низины, обращенные в болота — рассадники малярии. С весны, до впуска воды, поле под рис пашется омачом силой волов; затем пускается вода, которая при закрытых сбросах всасывается почвой; затем — вновь пахота вдоль и поперек в грязи, бороньба и напуск воды. После этого производится посев семян в воду с разметкой засеянных полос вешками. Заделываются семена или мутью от ног посевищика или бороной. Чтобы не смыть семена, вода пускается по паллам сначала очень медленно; с появлением всходов приток воды увеличивается. Весь период вегетации рис проводит в воде глубиной до 18 см, и лишь за две недели до косябы приток воды прекращается, и площадки просыхают; скошенный рис кладется для просушки на земляные валы“.

Все хлеба также могут орошаться чеками, заполнением их водой на день перед посевом, при кущении и при цветении. Многолетние культуры люцерны и клевера поливаются обычно также затоплением в чеках, но орошение этих культур затоплением ведется очень осторожно; участок покрывается водой на один день, а там, где вода застаивается дольше, например в западинах, в местах разъемных борозд, люцерна пропадает, уступая место, например на Валуйской орошаемой станции, щавелю.

Чековое орошение применяется и на всяких многолетних лугах, при условии быстрого затем отвода избытка воды; иногда

¹ „Материалы по изучению водопользования в Туркестане“.

орошение луга связывается с удобрением его илом, оседающим из напущенной в чек мутной воды, или даже с согреванием мерзлой почвы слоем воды, температура которой конечно выше нуля, — зимнее орошение лугов в Ломбардии.

Размеры чеков при полевых культурах удобны в 100 м ширины и до 500 м длины.

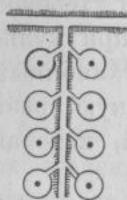
Чековое орошение применяется у нас и на Западе для садов, причем на юге Франции оно предохраняет виноградники от нападения филлоксеры. В садах устраиваются или большие чеки, охватывающие сразу много деревьев, или каждое дерево окружается отдельным кольцевым валиком, и в образованные таким образом круглые чеки пускается вода из проходящей между ними оросительной канавы (черт. 144). Считается более целесообразным, во избежание загнивания, не допускать непосредственного соприкосновения ствола дерева с водой, для чего рекомендуется устраивать

вокруг дерева под кроной его не сплошное затопление, а кольцевую канаву, в которую только и следует напускать воду (черт. 145). Огромные урожаи яблок в 25 т с гектара в Тингутинском орошаемом саду, в 35 км от Красноармейска, где деревья орошаются в непосредственном соприкосновении ствола с водой, указывают, что заметного вреда от этого не происходит.

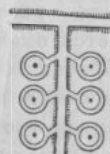
Чековое орошение для всяких культур хорошо применимо на легких, быстро впитывающих в себя воду почвах; на тяжелых почвах оно образует после себя твердую поверхностную корку, а в худших случаях — заболачивание и засоление.

2. Затопление бассейнами отличается от чекового лишь большими размерами валов и ограниченных ими площадей. Применяется в Верхнем Египте для орошения и одновременно удобрения поверхности полей разливами р. Нила. Площадь бассейнов — от 200 до 15 000 га. В конце августа вода в Ниле прибывает и по каналам распределяется по бассейнам, устанавливаясь на глубину около 1 м; она держится в них около одного месяца, выделяя на дно бассейна слой плодородного ила толщиной в 1 мм. После спуска воды прямо на мокрую почву высевают пшеницу, ячмень, клевер с заделкой их бороной.

3. Лиманное орошение есть вид орошения земель снеговыми водами — затопление с атрофированным, а чаще с совершенно отсутствующим водопередаточным механизмом. В простейшем слу-

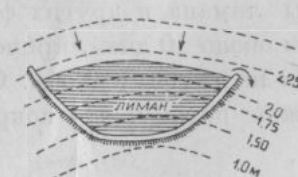


Черт. 144.

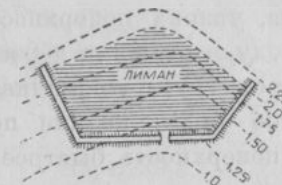


Черт. 145.

чае сущность лиманного орошения сводится к тому, что поперек пологого ската насыпается земляной вал — дамба высотой 0,7—2 м, которая задерживает сток весенней воды, образуя перед собою скопление ее в виде мелкого, от 0,6 до 1,5 м глубины, но большого по площади пруда — лимана (черт. 146—147). Вода держится в лимане 5—15 дней, после чего она спускается через обделанный деревом прорез в валу, а освободившаяся из-под воды площадь поступает в сельскохозяйственное пользование.



Черт. 146.

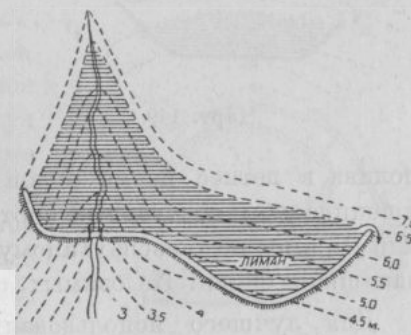


Черт. 147.

Следовательно отличительной чертой лиманного орошения является затопление орошаемой площади всего один раз и притом весной, при таянии снега; действие его сводится к более глубокому увлажнению почвы, чем это достигается весной на открытых полях.

Источником воды является непосредственно прилегающая к лиману водосборная площадь без передаточной сети каналов.

Устройство вала на гладкой равнине редко может собрать достаточный объем воды, и потому для образования лимана иногда пересекают валом пологую балку с достаточно большой водосборной площадью, заставляя воду из балки разливаться по прилегающей равнине слоем незначительной толщины (черт. 148); в этом случае уже надо следить за прочностью дамбы, иметь надежное место обхода для излишка воды и иметь в дамбе искусственный водоспуск для быстрого спуска воды из лимана; следует учесть все опасности плохого устройства плотины, и можно видеть много бывших лиманов на балках с зияющими прорывами. Наконец лиманы можно наполнять лишней весенней водой, проводимой по канавам из прудов, устраиваемых для водоснабжения или правильного летнего орошения нижележащих площадей.

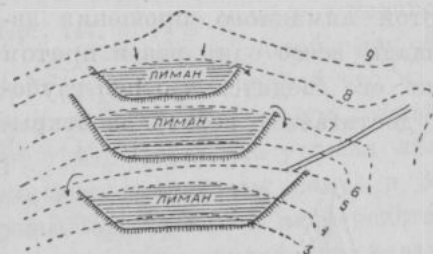


Черт. 148.

Стоимость устройства лиманного орошения при площади лимана до 300 га равна 50 руб. на гектар, а при больших площадях расход на гектар падает до 40 рублей.

Лиманное орошение находит применение в Нижне-волжском крае как самый дешевый прием орошения степных равнин при уклоне их не выше 0,002. Чтобы получить 1 га лимана, приходится собирать в Поволжье воду в среднем с 50 га водосбора, при колебаниях от 10 до 100, в зависимости от высоты зимних осадков, уклона поверхности, глубины лимана и других факторов. Воду в лиманах держат в среднем около 10 дней, причем за этот срок грунт промачивается иногда на глубину 2,5 м. Столь глубокое промачивание почвы возможно потому, что покрытая водой поверхность быстрее оттаивает.

Первый искусственный лиман устроен в 1842 году на р. Торгуни в 6 км ниже с. Савинки, район бывш. Новоузенского уезда.



Черт. 149.

И ныне Новоузенский уезд стоит на первом месте по распространению лиманного орошения.

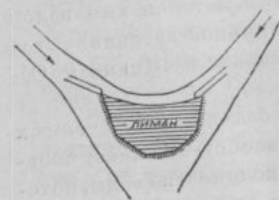
Лиманы эксплуатируются преимущественно как сенокосы и выгоны, аналогично естественным западинам в степи; но на многих из них сеются хлеба и разводятся бахчи (огороды), причем последние — с возможностью

полива в летнее время водой из колодцев. Высеваются яровая пшеница обычно твердых сортов по осенней вспашке (по пласту) или прямо по невспаханному жнивью с последующей мелкой запашкой семян. Из озимых сеется рожь.

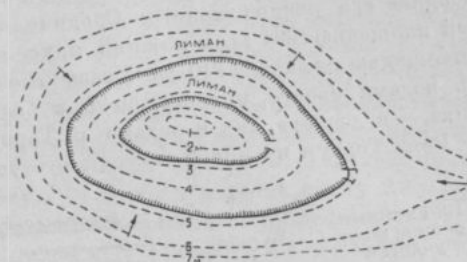
Для лучшего использования воды и на больших уклонах устраивается, хотя и редко, ярусное лиманное орошение, состоящее из двух или более лиманов, расположенных так, что вода поступает из верхнего в нижний, переливаясь через водосливы в гребнях или обходя концы валов (черт. 149).

Степи юго-востока России усеяны мелкими естественными понижениями, в которых застаивается стекающая в них весенняя вода; эти понижения выделяются среди степи по своему лучшему травостою и лучшему урожаю на них зерновых хлебов. Эти места, естественные лиманы, ценятся населением значительно выше прилегающих суходолов; население держится вокруг таких западин, не рискуя выселяться на ровную степь.

Положение искусственных лиманов, помимо указанных уже типовых схем, может быть очень разнообразно. На черт. 150 показан лиман, устроенный при слиянии двух балок; вода в него проводится со дна балок по каналам.

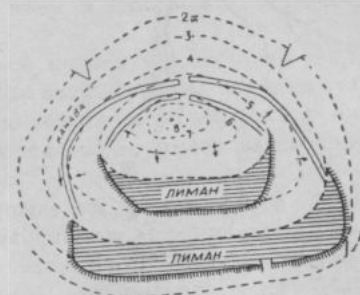


Черт. 150.



Черт. 151.

На черт. 151 показаны кольцевые лиманы в замкнутой котловине с пологими склонами. При отсутствии валов вся весенняя вода стекает в середину котловины, образуя пруд с зарослями тростника и рогоза (*Typha*), окруженный сухими склонами. После устройства кольцевых валов стекающая с водосбора вода задерживается сначала наружным валом, образуя первый кольцевой лиман, затем наполняется второй кольцевой лиман, и лишь наконец излишек воды поступает в самое глубокое место котловины, образуя взамен пруда или болота также лиман.



Черт. 152.

На черт. 152 показан большой пологий холм, плешина, с которого вода быстро стекает по скатам, образуя овраги и заносы земляными выносами, лежащими у подошвы холма луга или поля. Устройство валов с водосборными канавами поперек склонов прекращает вредный быстрый сток воды по скатам холма, собирая всю воду в небольшие лиманы¹. Из этих лиманов вода впитывается в землю и частично идет на увлажнение склона, лежащего ниже земляных валов.

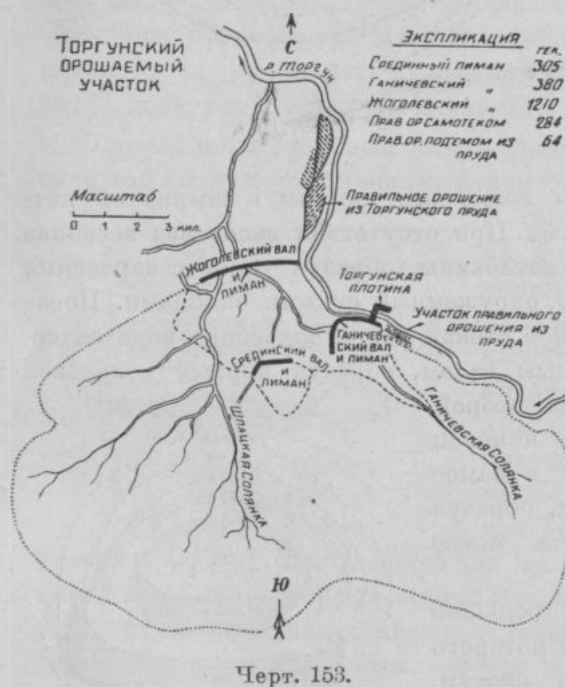
Гидротехнические устройства в каждом отдельном случае лиманного орошения различны. Как пример крупного устройства

¹ По докладу Р. Спарро в техническом комитете Управмелиозема.
15 А. Д. Дубах.

приведем описание лиманов по р. Торгуну бывш. Новоузенского Уезда, данное Б. Шумаковым¹.

В качестве примера рассмотрим план Торгунского орошаемого участка (черт. 153), где мы имеем два яруса лиманов: верхний, образованный плотинной через реку Торгун примыкающим к ней Ганичевским валом и несколько западнее его расположенным Среднинским валом, образующих лиман общей площадью 694 га, и нижний ярус, образованный Жоголевским валом с площадью лимана 1210 га. Указанные два яруса лиманов затапливаются как водами своего, прилегающего к балкам: Ганичевская и Шпацкая Солянка, — водосбора, так и водами р. Торгуна.

Река Торгун не имеет постоянного течения; как большинство степных



рек, весной она несет большое количество воды, которое в течение 10—15 дней проносится совершенно бесследно для прилегающей степи по руслу реки, и летом остаются только в глубоких местах непереисыхающие плесы. Весенние воды реки Торгуна используются населением для затопления своих лиманов и орошения плантаций и полей. Так, кроме рассматриваемой нами плотины, обслуживающей лиманы Торгунского орошаемого участка, имеется на р. Торгуне выше участка еще 6 плотин: Шульца, Старованцовская, Новованцовская, Галкинская, Ханская и Савинская, служащие для орошения сенокосов и полей.

¹ „Труды Государственного института с.-х. мелiorации“.

² Состояние этой плотины к 1927 году нам неизвестно.

емкости водохранилища, а главным образом для регулирования прохода весенних вод. Правый, Самарский, вал длиннее, протянут до более высокого места, и благодаря этому вода может обходить его только при наивысших горизонтах, наблюдающихся довольно редко; левый, Астраханский, вал короче, позволяет весенней воде широким протоком разливаться по прилегающей пониженной по отношению к берегу р. Торгуна степи, и, найдя ближайшую балку, эти воды, в обход плотины и ниже ее, должны были попадать в русло р. Торгуна; но на своем пути они, соединяясь с водами, стекающими с водосбора Ганичевской Солянки, перехватываются Ганичевским и Среднинским валами и образуют верхний ярус лимана.

Ганичевский вал примыкает к левому концу Торгунской плотины, перепруживает балку Ганичевскую Солянку и имеет в длину 2250 м, ширину по гребню—3,2 м; высота вала в зависимости от рельефа местности колеблется от 2 до 3,3 м; откосы: сухой 1:1, водный 1:1,5 и 1:2 при пересечении Солянки. Излишние воды по наполнении лимана, благодаря замкнутому концу вала, идут в обход широкой, но неглубокой полосой частью для пополнения Среднинского лимана, главным же образом для пополнения нижнего Жоголевского лимана.

Для спуска воды из Ганичевского лимана, а также и пропуска весенних вод в теле вала имеется водоспуск с шириной пропускного отверстия в 10,6 м. Средняя глубина затопления лимана около 1 м.

Среднинский лиман образован валом длиной 1590 м, шириной по гребню 2,1 м, высотой от 0,6 до 1,25 м; откосы: сухой 1:1, водный 1:1,5; он наполняется главным образом водами, стекающими по Шпацкой Солянке, которые, наполняя водопойный пруд у хутора Шпац, идут в обход и направляются в Среднинский лиман, благодаря чему в этом месте образовался водоток, частью же водами Торгуна.

Для пропуска излишней воды имеется водоспуск шириной в 4,3 м, кроме того вода идет в обход правого конца вала. Средняя глубина затопления лимана 0,5 м, меньшая чем в Ганичевском и Жоголевском лиманах, благодаря чему Среднинский лиман почти не имеет заболоченной площади.

Излишние воды у Торгуна по наполнении Ганичевского лимана, а также воды Шпацкой Солянки по наполнении Среднинского лимана и воды протоков Шпацкой Солянки перехватываются Жоголевским валом и образуют лиман до 1210 га. Жоголевский вал имеет в длину 3515 м, в ширину по гребню—3,2 м, в высоту, в зависимости от рельефа,—от 3,2 м, в месте же пересечения русла Солянок высота вала достигает 8,5—11 м, откосы: сухой 1:1, водный 1:1,5 и 1:2. Излишки воды могут идти в обход левого загнутого конца вала и через водоспуск с пропускным отверстием в 10,2 м. Для спуска воды из пониженных мест лимана заложена в теле вала чугунная труба диаметром 71 см. Средняя глубина затопления Жоголевского лимана равна 1,1 м.

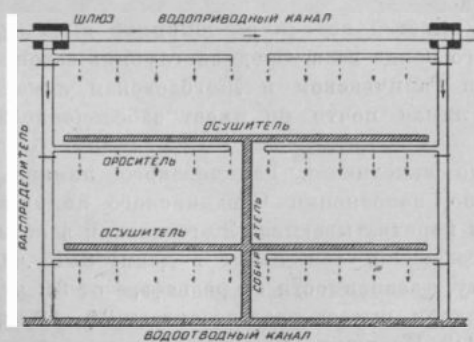
Лиманы Торгунского участка представляют равнинную местность, прорезанную целым рядом ериков и балок, в которых, благодаря значительной глубине затопления и отсутствию приспособлений для спуска воды из местных понижений, создаются условия, благоприятные для развития осок, ситника, камыша и других водолюбов. Так по съемке 1907 г. площадь, занятая камышом в лиманах, определялась в 339 га, и эта площадь из года в год возрастала.

Площадь водосбора, прилегающая непосредственно к лиманам, равна 16 682 га, что при площади лиманов в 1904 га составляет отношение площади лиманов к площади бассейна всего лишь 1:8, что, при условиях Торгунского участка, уклоне местности около 0,008—0,010 и величине зимних осадков (по данным Костицевской метеорологической станции, находящейся в 20 км от Торгунского участка, за 20 лет — с 1893 по 1912 г.) в 52,2 мм, надо считать слишком большим; по приведенным выше нормам Жилинского это отношение для ярусных лиманов в указанных условиях не должно быть больше 1:15, почему Торгунские лиманы кроме вод с прилегающего водосбора обеспечены водами р. Торгуна.

Водохранилище, образованное Торгунской плотиной, служит для правильного орошения сада, огородов и зерновых культур, для чего в теле плотины имелся шлюз, через который вода самоотеком поступала в водопроводный канал и на поля. У хутора на участке на повышенном берегу полив производится при помощи водоподъемной установки. Лиманы Торгунского участка использовались как сенокосные угодья, но благодаря процессу заболачивания площадь их за последнее время значительно сократилась.

Рассмотренная нами система ярусных лиманов Торгунского участка является типичной для характеристики всех наиболее крупных ярусных лиманов глубинным слоем, имеющих в Новоузенской степи.

Орошение напуском. Этот тип орошения состоит в пуске воды сплошным тонким слоем по наклонной поверхности земли с последующим собиранием воды в каналы и отводом ее в реки



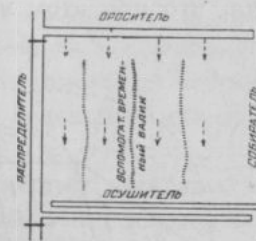
Черт. 154.

или на лежащие ниже участки для вторичного использования. Схема сети каналов и движения воды показана на черт. 154. Вода из оросителей, проведенных почти по горизонталям, выступает на поливаемый участок ровным слоем через края их, что достигается установкой по каналам переносных щитов. Расстояние между оросительными каналами 40—150 м. Выступив из канала равномерным слоем, вода вследствие неровности поверхности стремится образовать отдельные протоки, оставляя плешины; чтобы воспрепятствовать этому, по горизонталям участка, следовательно поперек движения воды, проводятся через 20 и менее метров борозды, из которых вода снова выступает слоем равной толщины (черт. 155). Взамен или наряду с регулирующими бороздами могут делаться на поливаемом участке продольные временные валики, работа которых ясна из черт. 156.

Для достаточного движения воды по поверхности необходим уклон ее не менее 0,03, т. е. необходимо падение местности не менее 3 м на 100 м протяжения. Орошение напуском по поверхности требует наличия дернины, противостоящей размыванию, и потому при-

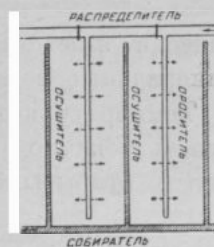


Черт. 155.



Черт. 156.

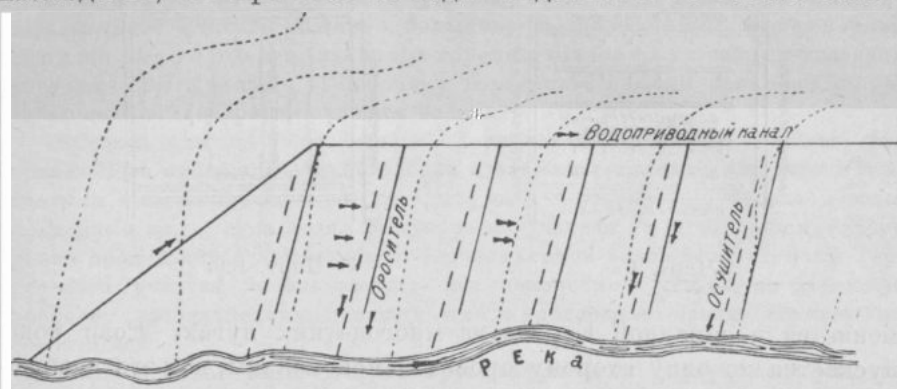
меняется в Западной Европе на многолетних лугах. Если вода пускается по одну сторону оросительной канавы, как это изображено на схеме (черт. 154, 155 и 156), то мы имеем односкатное орошение; если же оросительная канава проведена по гребню поверхности и вода выступает из нее в обе стороны, — получаем двускатное орошение напуском по схеме черт. 157, требующее для своего осуществления редкой естественной ситуации местности или больших земляных работ. Вода при орошении напуском может быть многократно использована.



Черт. 157.

В СССР искусственное орошение напуском делается лишь в весьма грубой форме, одновременно с осушением болот в районах избыточного увлажнения. Закрывая весной шлюз на осушительной канаве, заставляют воду идти по естественному дугу в обход шлюза, создавая этим условия заливного луга. Для лучшего распределения воды по дугу отводятся от магистрального осушительного канала оросительные каналы по схеме черт. 158 или обратной ей на черт. 159. Получающееся улучшение качества и увеличение количества сена являются в этом случае результатом не увлажнения грунта, так как почва болот весной и без того насыщена влагой, а результатом иных, также достаточно важных воздействий воды на почву. Во-первых, стекающая с возвышенных полей и лугов снеговая вода успевает, попадая на болото, нагреться солнцем и потому вызывает быстрое оттаивание почвы болота, что ускоряет пробуждение весной корневищ и семян растений; в этом выражается температурное действие

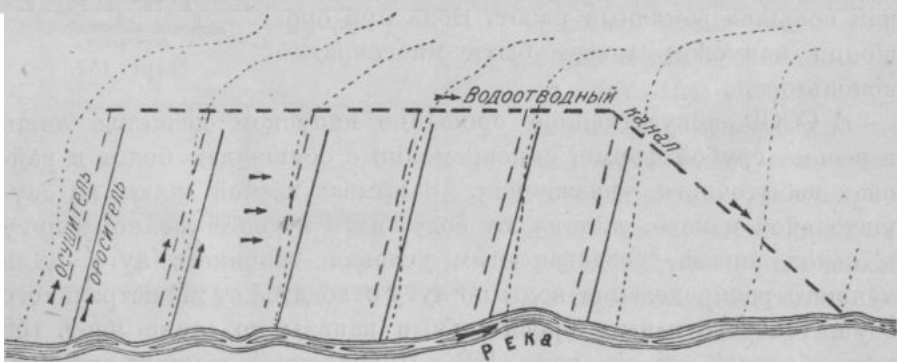
весеннего орошения лугов. Во-вторых, стекающая с полей весенняя вода богата взмученными частицами ила, которые при уменьшении скорости течения воды оседают на поверхности затопляемого луга, — это удобрительное действие орошения; имеются наблюдения, что при этом из воды выделяются не только меха-



Черт. 158.

нически взвешенные частицы почвы, но и растворенные в ней минеральные вещества и кислород.

Температурное и удобрительное действие воды может проявляться конечно лишь в том случае, если орошающая вода стекает с открытых и плодородных поверхностей; если же вода



Черт. 159.

идет из леса или с болота и она богата органическими кислотами, то действие ее может оказаться вредным. Под удачным действием такого простого орошения происходит естественная смена растительности даже моховых болот. По наблюдениям В. Докторовского на моховых болотах нынешней Белоруссии первоначальный растительный покров из белых мхов, осоки,

подбела, шейхцерии, вахты и др. после 2—3 лет осушения с весенним орошением плодородными водами существенно изменяется к лучшему; появляются полевица, хвощ, подмаренник, увеличивается распространение ~~мха~~ ^{улучшается белый мох}. После 5—6 лет удачного весеннего орошения на месте мохового болота оказываются мятлик, вейник, полевица, овсяница, осоки и многие растения из так называемого разнотравья; белые мхи пропадают, заменяясь частично зелеными мхами, и урожай естественного сена доходит до 1,5—2,5 т с гектара.

Высокая производительность приречных заливных лугов есть также результат естественного орошения их напуском весенних вод, причем здесь главное значение имеет по видимому температурное и удобрительное действие весенних речных вод.

Орошение по бороздам. Этот весьма распространенный в сухих странах тип орошения состоит в том, что вода пускается из оросительных каналов на поливаемый участок по мелким временным бороздам, проведенным на близком друг от друга расстоянии по наибольшему уклону поверхности между рядами культивируемых растений (черт. 160). Уклон борозд — от 0,003 до 0,005. Из борозд вода просачивается вниз и в стороны, к корням растений. Почва должна быть не слишком водопроницаема, чтобы вода не уходила быстро вниз, а рассасывалась в стороны; преимущество этого способа перед затоплением заключается в меньшем расходе воды, в возможности полива во всякое время роста растения, в меньшей опасности образования поверхностной корки, так как поливная вода не покрывает культивируемой поверхности, и в возможности осуществления на площадях с большим уклоном.



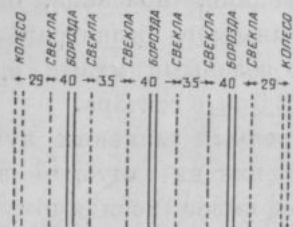
Черт. 160.

Чтобы не повреждать сильно откосов постоянных оросительных каналов отдельными выводами из них воды в каждую борозду, вдоль оросительной канавы проводится плугом вспомогательная временная оросительная канавка, из которой уже вода пускается в оросительные борозды; управление водой производится переносными щитами или просто лопатами.

По бороздам орошаются рядовые культуры зерновых хлебов, свекла, картофель, табак, кукуруза, огороды, посевы люцерны и главным образом хлопок в Туркестане и Египте. При полевых посевах борозды проводятся или одновременно с высевом семян

По бороздам орошаются рядовые культуры зерновых хлебов, свекла, картофель, табак, кукуруза, огороды, посевы люцерны и главным образом хлопок в Туркестане и Египте. При полевых посевах борозды проводятся или одновременно с высевом семян

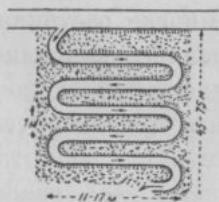
растений или вслед за посевом семян. В бывшем Тимашевском имении Самарской губ. при рядовом посеве свеклы борозды проводились одновременно с высевом семян прикрепленными к сеялке Сакка окучниками; расположение линий семян и борозд делалось при этом следующим (черт. 161).



Черт. 161.

При разбросном посеве люцерны и зерновых хлебов борозды на расстоянии 0,5—1 м проводятся окучником вслед за посевом. На огородах мелкие борозды являются междугрядными пространствами и намечаются перед посадкой.

В Туркестане орошение хлопка жителями производится не по прямым бороздам, а по так называемым джоякам, изогнутым прямоугольно или буквой S бороздам (черт. 162). Размеры и длины их различны.



Черт. 162.

Орошение инфильтрацией заключается в том, что по участку прорываются глубокие каналы, в которых вода стоит ниже поверхности земли, и почва увлажняется лишь силой капиллярного подъема воды из этих каналов (черт. 163). Необходима большая проницаемость грунта, чтобы вода проникала в стороны от каналов. Действие инфильтрации вообще медленно и в засуху не всегда успеет покрыть испарение влаги. Этот неудовлетворительный способ орошения может оправдываться лишь там, где воду нельзя вывести из реки самотеком и где почему-либо не устроен механический подъем воды на поверхность земли.



Черт. 163.

При интенсивных садовых культурах в условиях очень малых запасов воды взамен каналов закладываются на глубине корней и глубже подземные трубы с отверстиями для выхода воды из них в грунт; в трубы же вода идет под напором из бака. Этот последний вид орошения находит применение в Калифорнии.

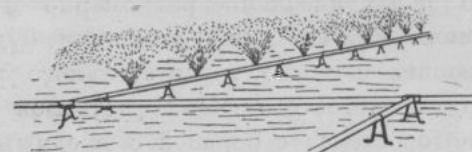
Наконец к типу инфильтрации относится пока лишь демонстрированный на Всесоюзной выставке в Москве В. Корневым

способ „автоматического“ орошения, состоящий в том, что сухая почва высасывает воду из заложенных подземных труб через пористые керамиковые стенки их. Поступление воды из труб в почву происходит не вследствие давления напорной воды, а потому, что сухая почва, находящаяся в тесном соприкосновении с пористым материалом труб, отсасывает воду из труб. Сила отсасывания такова, что взамен перешедшей в почву влаги вода втягивается в подземные трубы из бассейна с уровнем воды ниже горизонта труб.

Орошение дождеванием состоит в том, что вода гонится на орошаемый участок по плотно соединенным трубам и выпускается из них на поверхность земли рассеянной струей в виде дождя. Устройство орошения дождеванием, или машинного орошения, состоит из 1) двигателя, вращающего центробежный насос;



Черт. 164.



Черт. 165.

2) центробежного насоса, берущего воду из обычного источника орошения — пруда или реки; 3) главной трубы, по которой вода гонится насосом или идет из напорного бака к орошаемому участку; 4) переносных распределительных труб, по которым вода из главной трубы разводится по участкам; 5) выбрасывающего аппарата — собственно оросителя (черт. 164 и 165). Этот перечень указывает, что составные части устройства машинного орошения те же, что и части оросительной системы обычного канавного типа.

Орошение дождеванием получило к настоящему времени заметное распространение в Германии, изучение же этого способа было начато в 1908 году на опытном поле в Бромберге, а в довоенной России — в 1912 году; опыты орошения дождеванием производились И. Беляевым на Костычевской (бывшего Новоузенского уезда, ныне в Немреспублике) и на Безенчукской опытных станциях. Способ этот имеет свои преимущества и недостатки. К преимуществам следует отнести: 1) Отделимость всего устройства от земельной площади; обычное канавное орошение связано с необходимостью устройства плотин, валов,

каналов и т. п. сооружений, не отделимых от земельной площади и не имеющих сами по себе никакой ценности; даже, напротив, они обесценивают земельную площадь, если почему-либо приходится прекратить орошение. Машинное же устройство — локомобиль, насос и трубы имеют ценность сами по себе, могут быть сняты и проданы на сторону, а земельный участок остается неповрежденным. 2) Экономное расходование воды, так как на пути подачи воды от источника ее до орошаемой площади не происходит никаких потерь. 3) Выбрасываемые из аппарата в воздух струи воды разбиваются на отдельные капли, которые, приходя в непосредственное соприкосновение с атмосферой, обогащаются кислородом и передают его в почву. 4) Вместе с орошением может производиться и минеральное удобрение полей введением в главный трубопровод раствора минеральных солей, которые вместе с разбрызгиваемой водой будут распределяться по полю идеально равномерно и сразу проникать в почву. Таким образом при дождевании будут достигаться совершенные условия водного и питательного режима почвы. Введением в трубы соответствующих растворов можно осуществить совмещение орошения с борьбой с вредными насекомыми и с болезнями растений.

Недостатками этого способа можно считать: 1) дороговизну оборудования (200—400 марок на гектар в Германии) и последующей эксплуатации; 2) невозможность работы в ветреную погоду, когда струя воды относится на далекое расстояние и распыляется в воздух, а ветры на юго-востоке СССР — обычное явление.

Рабочей частью всего устройства является разбрызгиватель, который должен легко передвигаться по полю и давать дальнюю струю; теперь существует уже много систем разбрызгивателей: Родатца, Щепковского, Гартмана и Эйзенера, Краузе, Ланнигера, Фенике и др.

Разбрызгиватель Родатца состоит из тележки на четырех колесах, высоко над которой прикреплена труба длиной 39 м, диаметром 25 мм, с пятью отверстиями, через которые и выбиваются в воздух струи воды. Разбрызгиватель Щепковского состоит из тележки на двух больших колесах, через ось которых проходит труба с двумя выпускными отверстиями в загнутых концах ее. Оросительные тележки передвигаются по полю по мере полива, а вода в них вгоняется через резиновые рукава из ответвлений магистральной водопроводной трубы, снабженных на определенных расстояниях кранами.

На опытном поле в Бромберге на песчаной и супесчаной почве получились за 1908—1914 гг. следующие средние урожаи в тоннах с гектара:

	Без дожде- вания	С дожде- ванием	Прибавка
Картофель (клубни)	14,80	24,10	9,30
„ (крахмал)	2,82	5,13	2,31
Сахарная свекла	26,80	33,40	6,60
Овес (зерно)	1,56	2,50	0,94
Озимая рожь (зерно)	1,74	2,38	0,64

Эти огромные прибавки в условиях Германии покрывают расход на оборудование машинного орошения в 2—3 года.

Производство орошения. Орошение какой-либо культуры складывается из отдельных поливов ее в течение вегетационного периода, а иногда еще и до посева. Объем воды, который требуется израсходовать на один полив на площади 1 га, называется поливной нормой; сумма поливных норм за время развития культуры дает оросительную норму для данного растения на 1 га. Эти понятия можно еще более уточнить, введя термины: поливная норма потребления — объем воды, который должен поступить непосредственно на орошаемый гектар площади, и поливная норма подачи — объем воды, который должен быть взят из источника воды на 1 га орошаемой площади и часть которого потеряется на просачивание и испарение по пути к орошаемому участку. Установление оптимального числа поливов с распределением их во времени и установление поливных норм является основным вопросом при расчете оросительной сети и составляет задачу специальных гидромодульных исследований. И число поливов, и величина нормы полива очень изменчивы даже для одного растения в зависимости главным образом от количества выпадающих осадков испарения, рода почвы и способа орошения.

В Поволжье и на глинистых почвах орошение по бороздам яровых (овес, ячмень, пшеница) производится один раз, во время выхода всходов в трубку, с потреблением 1500—2000 м³ воды на гектар; желателен и второй полив после кущения. Пропашные (сорго и кукуруза) поливаются 2—3 раза по 1000—2000 м³ на гектар каждый раз. Озимая рожь и пшеница поливаются обычно 2 раза: осенью перед посевом с расходом 1500—2000 м³ и весной во время выхода растений в трубку — 2000—2500 м³; в некоторые годы производится третий полив во время колошения.

Люцерна, наиболее распространенное кормовое растение в районах орошения, поливается по бороздам или затоплением осенью тотчас после высева семян; затем весной, затем недели через две после снятия первого укоса и недели через две после снятия второго укоса для получения третьего, с потреблением каждый раз до 1 000—2 000 м³, причем на каждый участок люцерны вода идет не более дня.

Огородные растения — картофель, огурцы, капуста — поливаются раз в каждые две недели по 1 000 м³. Сады и виноградники поливаются в прикорневых лунках 3—4 раза, в том числе один раз осенью, с расходом по 500 м³ за раз. При поливах затоплением потребность в воде увеличивается процентов на 25.

В Туркестане поливы интенсивнее, но число поливов и нормы подачи очень разнообразны.

Рис, как указывалось, проводит весь свой вегетационный период в воде, потребляя за это время 30 000 м³ воды на гектар.

Хлопчатник орошается очень разнообразно, для иллюстрации чего приводим из статьи Б. Арканова¹ табличку числа поливов его и поливных норм потребления на гектар в куб. метрах в трех районах: Самарканде, Ташкенте и в Исфаре (Ферганской области) (см. табл. на стр. 237).

Бахчи поливаются 4—8 раз по 300—600 м³ на полив.

Из приведенных норм орошения видно, что более всего требует воды культура риса; за ним следуют огородные культуры, затем травы и наконец зерновые.

При ограниченном количестве воды в реке или водоеме, из которых берется вода на орошение, распределение ее по орошаемой площади производится организованно. Надзор за правильностью пользования водой из арыков в Туркестане лежит на обязанности арык-аксакалов, а ближайшее установление очереди и размера пользования водой производится по установленным обычаям нормам арычными старостами — мирабами.

На технически организованных оросительных предприятиях отпуск воды землепользователям производится через водомеры различных систем, учитывающих объем прошедшей через них воды.

При всякого рода поливах необходимо соблюдать следующие требования:

1) Вода, употребляемая для полива, должна обладать температурой, по возможности близкой к температуре воздуха.

¹ „Материалы по изучению водопользования в Туркестане“, 1916 г.

2) Полив лучше производить утром или вечером, а не в середине жаркого дня.

3) Пасмурная погода благоприятнее для полива, чем солнечный день.

	В Самарканде	В Ташкенте	В Исфаре
Перед посевом	—	1 000	—
Период всходов:			
30 дней: 1-й полив	1 900	1 000	860
2-й „	1 600	900	700
3-й „	1 500	1 000	700
Период цветения:			
60 дней: 1-й полив	—	900	700
2-й „	—	800	650
3-й „	—	750	700
4-й „	—	—	700
5-й „	—	—	650
6-й „	—	—	600
Период созревания:			
25 дней: 1-й полив	—	—	600
2-й „	—	—	550
Сумма	5 000 м ³	6 350 м ³	7 410 м ³ на гектар

С таким же разнообразием поливается там и люцерна:

	Самарканд	Ташкент	Исфара
Полив 1-й	1 800	1 200	800
„ 2-й	1 500	1 500	600
„ 3-й	1 300	1 200	650
„ 4-й	—	1 000	800
„ 5-й	—	1 000	500
„ 6-й	—	—	800
„ 7-й	—	—	650
„ 8-й	—	—	550
„ 9-й	—	—	750
Сумма	4 600 м ³	5 900 м ³	6 100 м ³ на гектар

4) Если вода для полива небольших площадей поднимается из глубокого колодца или получается каптажем ключей, то она должна отстояться и согреться в баках или прудах.

5) Застой воды на отдельных неровностях поверхности земли вызывает появление сорных трав.

Материалы для проектирования орошения¹. Для составления проекта и осуществления правильного орошения небольших площадей необходимо иметь следующие сведения технического характера:

1) о режиме источника орошения: пруда, реки, ключа, колодца; вопросы, характеризующие этот режим, указаны в разделе гидрологических, гидрогеологических и гидротехнических исследований;

2) о составе культурных растений, могущих быть высеянными на орошаемом участке; ответ получается из результатов исследований опытно-мелиоративных учреждений, из результатов культур в существующих орошаемых хозяйствах и в крайнем случае путем соображения, исходя из культур на окружающих неорошаемых хозяйствах;

3) о сроках отдельных периодов развития культурных растений: посева, всходов, колошения, цветения, налива, созревания и пр., в условиях поливного или, при отсутствии такового, неполивного хозяйства;

4) о почвах: физическом, механическом и химическом составе и свойствах на орошаемой площади; сведения получают непосредственным изучением почвы предположенного к орошению участка;

5) о глубине залегания и режиме грунтовых вод района орошения, что получается также непосредственным исследованием на территории орошения;

6) о рельефе орошаемого участка и положении его относительно уровня воды в источнике орошения — путем непосредственных инструментальных изысканий;

7) о величине потребности отдельных культурных растений в оросительной воде в отдельные периоды роста растений: поливная норма, число поливов, распределение их по фазам развития растения; сведения эти получают от опытных учреждений или существующих хозяйств;

8) о способах полива различных растений при данных почвах, о размерах поливной площадки, о величине потерь на просачивание.

¹ По технической инструкции Управмелиозема РСФСР, 1926 г.

Кроме технических данных для проектирования орошения необходимы данные для экономического обоснования работы (см. главу об исследованиях).

Засоление почв. Почвы пустынь и степей богаты минеральными солями, распределенными по всей толщине проникновения корней растений и ниже этого горизонта; время установило равновесие этих солей. С осуществлением орошения установившееся равновесие солей в почве нарушается. Из насыщенной водой на значительную глубину почвы начинается после орошения испарение; по мере высыхания верхнего слоя вода поднимается силой капиллярности из нижних слоев вместе с растворившимися в ней солями вверх и также испаряется, оставляя соли на поверхности. При новом орошении соли с поверхности будут вместе с водой увлекаться вниз, затем при испарении снова подниматься и т. д. Если часть оросительной воды уходит глубоко вниз и там по проницаемому грунту продвигается за пределы орошаемого участка, то происходит рассоление почвы — явление благоприятное, поскольку оно не слишком обедняет почву питательными для растений веществами. Если же такого подземного ухода грунтовых вод нет, то на поверхности почвы может скопиться та-



Черт. 166.

кое количество солей хлористого, сернокислого и углекислого натрия, кальция и магния, что растения начнут страдать и прекрасные урожаи первых годов после орошения сменятся вновь пустыней. Такое явление в резкой форме произошло за время войны, через несколько лет после устройства орошения, в Голодной степи на Сыр-дарье; оно заставило разбежаться поселившихся там русских переселенцев.

Засолившиеся орошаемые затоплением почвы Вадуйского орошаемого хозяйства (Немреспублика, станция Гмелинская) характеризуются растениями: кермек (*Statice Gmelina*), соленос (*Salicornia*), курай (*Salsola*), астра (*Aster*), полынь (*Artemisia salina*).

Опасность засоления увеличивается при неравномерном затоплении и насыщении водой орошаемого участка, вызывающем горизонтальное передвижение грунтовых вод. Если при временном затоплении участка грунт пропитался неравномерно, то при летнем испарении менее увлажненные места будут притягивать к себе грунтовую воду вместе с растворенными в ней солями от соседних более насыщенных водой участков, поднимать ее

силой капиллярности вверх и испарять; растворенные же в воде соли останутся на поверхности (черт. 166). Поэтому равномерное затопление площадок, т. е. предварительная хорошая планировка их, является весьма важной работой.

При лиманном орошении глубина затопления всегда различна в разных частях лимана; здесь во время испарения происходит движение грунтовой воды от середины его, более глубокой, к окраинам, что и вызывает образование кольца солонцов вокруг больших искусственных лиманов и естественных степных понижений.

Меры борьбы с засолением почв при правильном орошении вытекают из существа явления засоления. Надо или возможно уменьшить испарение воды с поверхности почвы, или искусственно создать ток грунтовой воды сверху вниз. Уменьшение испарения воды с поверхности достигается: а) осторожными нормами полива; б) рыхлением поверхности почвы; в) культурой люцерны, которая густым травостоем и опадающими мертвыми листьями прекращает испарение с поверхности, беря корнями воду непосредственно из более глубоких слоев.

Создание тока подземных вод достигается закладкой подземного дренажа, отводящего воду за пределы орошаемого участка. Первоначально казалось, что это связано с затратой очень больших средств, так как обычное осушение почв подземным дренажем производится с расстоянием 10—20 м одна линия дрен от другой. Но опытами в Голодной степи установлено, что при закладке труб на глубине 1,06 м расстояние между ними в 85 м дает вполне удовлетворительную промывку почвы, а при таком условии стоимость закладки подземного дренажа становится приемлемой. В очень малом размере закладка подземного дренажа с очень хорошим результатом осуществлена в саду Тингутинской мелиоративной станции для отвода вод, фильтрующихся в сад через откосы и дно вышележащего распределительного канала. Для естественного выхода воды из дренажей сети нужен водоприемник: русло реки или овраг; если этого нет, то дренажную воду можно собирать в колодезь, из которого поднимать ее насосом и выливать в поверхностную открытую канаву.

ЛИТЕРАТУРА ПО ОРОШЕНИЮ ЗЕМЕЛЬ

- Раунер, *Орошение земельных угодий*, 1897 г.
Флинн, *Ирригационные каналы* (перевод), 1898 г.
Рудинский, *Курс ирригации*, 1902 г.
Островский, *Ирригационные системы Индии*, 1907 г.

- Тулайков, *Очерки по ирригации в Соединенных Штатах*, 1909 г.
Ермолаев, *Современное орошение и хлопководство Египта*, 1910 г.
Пржепнорский, *Очерки орошения садов*, 1894 г.
Раунер, *Искусственное орошение полей в Тимашевском удельном имении Самарской губернии*, 1896 г.
Жилинский, *Очерк работ экспедиции по орошению на юге России и на Кавказе*, 1892 г.
Барц, *Орошение в долине р. Мургаба*, 1910 г.
Костяков, *Очерки по орошению на юге и юго-востоке России*, 1914 г.
Костяков, *Постановка и некоторые результаты исследований орошения в Северной Америке*, 1914 г.
Костяков, *Основные элементы расчета оросительных систем*, 1919 г.
Костяков, *Обзор оросительных норм в разных странах*, 1914 г.
Скорняков, *Орошение и канализация пустынных земель в Сев. Америке*, 1911 г.
Скорняков, *Орошение зерновых хлебов*.
Скорняков, *Орошение плодовых садов в Америке*.
Скорняков, *Культура люцерны при орошении*.
Фролов, *Орошение в Новоузенском уезде*, 1915 и 1924 гг.
Беляев, *Опыты машинного орошения*.
Знаменский и Московитинов, *Муганская оросительная система*, 1923 г.
Шумаков, *Лиманное орошение и его значение в засушливом степном хозяйстве*, 1925 г.
Касаткин, *Увлажнительные работы и их значение в сельскохозяйственном и климатическом отношении*, 1925 г.
Тромбачев, *Орошение и осушение*, 1925 г.
Костяков, *Основы мелиорации*, 1927 г.
Кондрашев, *Вода в орошаемом хозяйстве*, 1922 г.
Арканов, *Орошение*, 1926 г.
Ризенкамф, *Основы ирригации*, 1925 г.
Маттисен, *Инструкция по лиманному орошению*, 1927 г.
Материалы по опытно-мелиоративному делу, вып. III, НКЗ, 1929 г.
Вестник ирригации, ежемесячн. журнал Туркестан. упр. водн. хоз., с 1923 г.
Ежегодники бывш. отдела земельных улучшений мин. земледелия.
Известия Научно-мелиорационного института, Ленинград, с 1921 г.
Выпуски гидромодульной части бывш. мин. земледелия.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

ИСТОРИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ МЕЛИОРАЦИЙ

История мелиораций. Началом организованной сельскохозяйственной мелиорации в довоенной России можно считать поручение англичанину Виллеру в 1817 году производства осушения и возделывания некоторых болот в окрестностях бывш. С.-Петербурга; в течение 4 лет тогда было осушено 359 *и* болот, причем на 83 *и* была устроена ферма.

В 1829 году начато было осушение под бывш. Петербургом же 500 *и* болот по обе стороны шоссе у Московской заставы, на которых была устроена также ферма и огороды. После того отдельные осушительные работы были произведены во многих местах в районе Петербурга. Попытка планомерно развивать осушение и культуру болот была сделана министром государственных имуществ Киселевым в результате поездки его в 1853 году по Белоруссии, причем была выработана для того времени необычайная программа действий: при несогласии крестьян приступить к осушению наделных земель — приглашать со стороны желающих это сделать с предоставлением им права бесплатного пользования осушенными землями в течение определенного срока, а если желающих не окажется, то исполнить работы средствами казны с отобранием земель у крестьян и возвратом ее им лишь по уплате израсходованной казной на осушение суммы с начислением 4⁰/₀. Такая радикальная мера не могла быть конечно проведена в жизнь. Вместе с этим был предпринят ряд практических шагов:

1) был объявлен конкурс на составление руководства по осушению и возделыванию болот в России, на который было представлено Введенским „Руководство к осушению и возделыванию болот“, награжденное в 1857 году серебряной медалью и напечатанное за счет бывш. министерства;

2) был приглашен в 1855 г. из Финляндии специалист Фуругельм для организации опытно-практического осушения и культуры болот, которое и начато было им в Псковской губернии с помощью шести практикантов Московского межевого,

бывш. Петербургского лесного и Горы-Горетского земледельческого институтов. Из архивной переписки можно видеть, что отношения Фуругельма с практикантами приняли весьма напряженное состояние, и ни один из них не остался работать по этой специальности.

В то же время был командирован за границу для ознакомления с дренажными работами агроном Козловский, который по возвращении читал курс мелиорации в Горы-Горетском земледельческом институте и дренировал за 1856—1862 годы подземными гончарными трубами свыше 100 *и* лугов и полей института.

Так планомерно начато было развитие мелиорации в шестидесятых годах прошлого столетия; переписка по этим делам пестрит резолюциями министра. Затем произошло польское восстание, и начатые в Западном крае мелиоративные мероприятия оборвались.

Но дело замерло не надолго. В 1872 году вопрос об осушении земель Запада вновь был поднят министром Валуевым и в очень решительной форме. Образованная в том году специальная комиссия для исследования положения сельского хозяйства в России среди своих трудов отметила особо то обстоятельство, что в северных и западных губерниях земледелие находится в большой зависимости от состояния скотоводства, которое однако не получает должного развития вследствие того, что здесь ощущается недостаток в кормовых травах, в то время как площадь земель находится под разрастающимися болотами, которые при надлежащей осушке могли дать большие площади сенокосов.

При этом комиссия, между прочим, отметила также, что „...осушка болот составляет меру, необходимую в губерниях: Петербургской, Псковской, Новгородской, Ярославской, Тверской, Минской и Волынской, где стоячие воды, занимая огромные пространства, вредно действуют на климат, портят леса, затрудняют земледелие и препятствуют развитию скотоводства — необходимого подспорья сельского хозяйства в этих местах. Частная инициатива при громадном протяжении болот не может быть достаточной. Необходимы узаконения, регулирующие право отвода и спуска вод через чужие земли; необходимо в виде поощрения временное освобождение осушаемых пространств от платежа за них повинностей, и кроме того желательно содействие правительства как в виде примера на казенных землях, так и в виде воспособления к образованию частных товариществ с целью осушения больших болотных пространств“.

Далее уже в то время, т. е. в 1872 году, комиссия указала на желательность некоторых мер, часть которых смогла получить осуществление лишь в настоящее время. Именно, комиссия признала необходимым:

„1) составить и ввести в действие законодательным порядком определенные правила о спуске воды через чужие земли, о праве провода ирригационных вод, о праве пользования водами в дачах смежных владельцев и о составлении частных товариществ, обществ или компаний для таких предприятий по осушению или обводнению земель, которые не соответствовали бы средствам частных предпринимателей;

2) оказывать правительственное покровительство, поощрение и по мере возможности даже восполнение таким предприятиям;

3) подавать в больших, чем доселе, размерах пример таких предприятий на казенных землях и содействовать распространению нужных по этой части технических знаний“.

Согласно заключению комиссии были учреждены в 1873 году *Западная* и затем *Северная экспедиции по осушению болот*. Западная экспедиция под руководством военного инженера И. И. Жилинского работала до 1897 года и оставила неизгладимые следы в виде осушительно-сплавных каналов и боковых стрелок к ним в бывших Минской, Гродненской и Волынской губерниях, а частично и в центральных губерниях, затратив на осушительные работы вместе с накладными расходами около 4 миллионов рублей.

С 1880 года тому же военному инженеру Жилинскому было поручено руководство *экспедицией по орошению юга России*, которая также оставила после себя ряд существующих поныне правильно орошаемых хозяйств, из которых наиболее значительны: Сингутинское в Сталинградской губернии и Валуйское в Немецко-русской республике. Но работы Юго-востока со следующего же года связались с продовольственной помощью населению при голодовках, затихая в периоды урожая и разгораясь в неурожайные годы, что повлекло за собой организационное и техническое ухудшения исполнения их.

Главная цель работ при неурожае состояла в предоставлении заработка населению, и к этому лишь прибавлялось рассуждение о пользе гидротехнических работ как меры предупреждения неурожая в будущем. Из условия предоставления населению заработка логически вытекал и проводился в жизнь ряд очень важных следствий: 1) затраты на покупку материалов допуска-

лись в минимуме, не дававшем возможности строить надежные водосливы и водоспуски; 2) к работам допускался беднейший элемент, плотники же и каменщики лишь терпелись в количестве, меньшем потребного; при этом беднейший элемент был текучим: каждому предоставлялась возможность пробыть на работах положенное время, после чего принимались другие; 3) работы открывались осенью в спешном порядке и заканчивались уже при морозах.

Эти обстоятельства влекли за собой техническое несовершенство сооружений, главным образом прудовых плотин, и их размывание весенними водами. Организационные же недостатки в работах Юго-востока того времени выражались в многовластии: то руководил генерал Жилинский, то генерал Анненков, при влиянии разных ведомств и лиц.

Наконец в 1892 году была учреждена еще особая экспедиция под руководством профессора Докучаева — „по изысканию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России“. Эта экспедиция работала недолго, но оставила после себя в степном районе три опытных станции лесоводного хозяйства, имеющих сейчас необычайное значение. Наибольшее значение имеет Каменно-степная опытная станция в Бобровском уезде Воронежской губернии, где на площади около 1000 га степи были заложены и теперь достигли развития лесные полосы, защищающие поля от сдувания снега и главным образом от испарения влаги вследствие смягчения ветров.

В 1894 году руководство всеми мелиоративными работами было сосредоточено в учрежденном тогда особом *Отделе земельных улучшений* министерства земледелия, преемственно существующем и по настоящее время в составе наркомземов всех союзных республик. С того времени особые экспедиции постепенно ликвидировались, и дело мелиорации было сильно централизовано, причем годы 1895—1910, когда работы сводились к ремонтам прежних сооружений и к изысканиям, следует считать периодом упадка мелиорации; средства отпускались ничтожные, и лишь общественные работы Воронежской (1906 г.) и Тульской (1905—1906 гг.) губерний под руководством Р. Спарро оживили этот период.

С 1910 года вновь начался и продолжался до войны период развития мелиорации как по размерам кредитов, так и по разносторонности работ. Усиленно проводившееся и действительно бойко пошедшее царское *землеустройство* потребовало устройства

плотин и колодцев на юге и востоке, прорытия водоотводных магистралей на западе и севере. Поощрявшееся переселение в Сибирь требовало и мелиоративной подготовки земель там. Стремление обеспечить промышленность своим хлопком побудило бросить большие суммы в Туркестан. Стремление улучшить эксплуатацию лесов побудило отпускать средства на расчистку рек, проведение водоотводных и лесосплавных каналов. Правительством создано было очень много особых партий типа прежних экспедиций для составления проектов мелиорации Туркестана, юго-востока, юга, центра и запада России. Вместе с этим, в значительной мере по инициативе *земств*, высоко поднялся интерес к мелиорации и просто в целях поднятия сельскохозяйственной производительности земель Европейской России; были созданы во многих губерниях земские культуртехнические бюро, создан кадр специалистов по культуре болот, основаны опытные станции, из которых особенно интенсивно работает ныне Минская болотная опытная станция. Между тем *законодательная нормировка* дела мелиорации оставалась с 1902 года без изменения на основе узко частно-правовой точки зрения с совершенной невозможностью понудительного привлечения к участию в работах отдельных лиц и необычайной трудностью проведения работ на землях отдельных лиц даже за государственные или иных лиц средства при несогласии на то отдельных землевладельцев. Зато мелиоративный кредит был поставлен очень хорошо; по закону 1900 года мелиоративные ссуды выдавались на 20 лет со взиманием по ним 4%, а по ссудам на укрепление оврагов, песков и берегов рек бралось всего 2%.

Из произведенных в то время крупных казенных работ на окраинах следует обратить внимание на оконченное в 1895 г. устройство правильного орошения 16 000 га царского имения по р. Мургабу в пустыне Кара-кум Закаспийской области, на законченное в 1913 г. правильное орошение 50 000 га десятин Голд-ной степи водой из р. Сыр-дарьи в Туркестане и на законченное в 1915 г. орошение Муганской степи в Закавказьи.

Но правительственные работы в Туркестане развернуться не успели, и все хозяйство велось там на туземном орошении; площадь земель, охваченная последним, по приблизительным подсчетам определялась в 5 000 000 га, что составляло всего 1,8% от всей площади земли.

Разразившаяся в 1914 году война захватила развитие работ, уничтожила все начатое и повредила оконченное. Мелиорация замерла до 1924 года, будучи оттеснена необходимостью изле-

чения более сильных внутренних и внешних раи организма СССР.

Улучшение общего положения Союза и развивающееся социалистическое землеустройство поставили с 1925 года снова вопросы мелиорации на подобающее им место, ибо без мелиорации невозможно землеустройство, невозможна всесторонняя борьба с засухами, невозможна колонизация степей и болотных массивов, невозможно хлопководство, культура риса, недоступна эксплуатация лесных массивов Севера. Миллионов двадцать затрачено на общественно-мелиоративные работы Юго-востока в 1924—1925 годах; несколько десятков миллионов пошло на восстановление орошения Туркестана и Кавказа, создан для Юго-востока особый ссудный мелиоративный фонд, а для Центрально-черноземной области было отпущено 10 миллионов рублей безвозвратных средств на мелиорацию как на одну из мер восстановления сельского хозяйства области. Небольшая Белоруссия расходовала в 1925 г. 400 000 руб. одних лишь государственных средств на регулирование рек республики.

Весьма значительного размера мелиоративные работы предусмотрены пятилетним планом народно-хозяйственного строительства СССР на 1928/29—1932/33 годы. Предположено к осуществлению:

Осушение с.-х. земель на площади	1 600 000 га
Орошение в РСФСР и УССР	284 000 "
Орошение в Средн. Азии и Закавказьи	1 500 000 "
Осушение лесных земель	460 000 "
Укрепление песков	472 000 "
Укрепление оврагов и облесение	62 000 "
Мелиорация путей сплава леса	169 000 км
Обводнение земель	96 000 сооруж.

Экономические результаты мелиорации. Нет надобности останавливаться на выгоды мелиорации там, где без орошения хозяйство вовсе невозможно, например в Туркестане или в Египте, где совокупность оросительных чеков и борозд создает из пустыни густонаселенные районы садов и полей; но в умеренном климате приходится взвешивать: имеет ли смысл такая-то затрата на мелиорацию, так как эта затрата обычно очень велика.

Непосредственные результаты мелиорации определяются по двум направлениям: 1) по увеличению продуктивности угодия и 2) по денежной выручке от угодия.

В литературе приведено очень много примеров того, сколько получалось до осушения, дренажа или орошения и сколько получается после дренажа данного земельного угодья, а также сколько

получилось с мелиорированного и рядом находящегося немелиорированного участка; такие сопоставления были приведены в нескольких главах настоящего курса. Но всякий единичный пример может оказаться случайным и, будучи очень интересен для земледельца и производителя работ, может быть подвергнут при желании сомнению: принята ли во внимание предшествующая культура, одинаковы ли были обработка и удобрение и т. д., а поэтому мы остановимся здесь главным образом лишь на результатах массовой обработки материала, которая имеется по вопросу осушения и обводнения в средней полосе СССР.

Результаты экстенсивного осушения. Как известно, за время 1873—1897 гг. Западной экспедицией по осушению болот были произведены в бывшей Минской губернии небывало крупные для того времени работы по самому экстенсивному осушению луговых и лесных болот Речицкого, Мозырского и Бобруйского уездов губернии, в очень малой мере Пинского, Игуменского и Слуцкого уездов и вовсе не было работ в Минском, Борисовском и Новогрудском уездах.

По трудно доступным луговым болотам проводилась магистраль и боковые к ней — через 600—1 000 м; болото становилось более доступным для сенокоса, и никаких дальнейших массовых улучшений не было; эксплуатация казенных лугов сводилась к сдаче их с торгов в одногодичную аренду и к наделению ими лесной стражи. Однако мы имеем разительный результат такой экстенсивной первичной мелиорации казенных болот. Благодаря хранящейся в архиве бывш. Минского управления государственных имуществ ежегодной отчетности по всем лесничествам губернии удалось в результате длительных выборок и вычислений получить следующие цифры. Если подсчитать ежегодные поступления арендной платы с казенных сенокосов уездов Речицкого, Мозырского и Бобруйского и сопоставить их с поступлениями по остальным уездам бывш. Минской губ., мало или вовсе не затронутым осушительными работами, то получаем два ряда (см. табл. на стр. 249).

Сравнение цифр двух последних столбцов указывает на то, что доход от аренды казенных сенокосов в уездах неканализованных увеличился за 35 лет почти в 4 раза, а в 3 канализованных уездах он увеличился почти в 23 раза; разница колоссальная. Кроме такого огульного сопоставления можно было бы привести ряд сопоставлений по отдельным дачам: как росла аренда осушенных дач и как она медленно, под влиянием лишь общеэкономическим, поднималась в дачах, не затронутых осушением. Исходя из вышеприведенной таблицы, можно помощью арифметических

Время по пяти- летиям	Получено аренды в год с казенных сенокосов			
	С 3 уездов канализо- ванных	С 6 уездов неканали- зованных	Сравнительный рост аренды	
	(в рублях)		канализо- ванные уезды	неканали- зованные уезды
1871—1875 . . .	1 966	1 435	1	1
1876—1880 . . .	5 956	2 818	3,03	1,93
1881—1885 . . .	15 901	3 100	8,09	2,20
1886—1890 . . .	30 661	2 519	15,60	1,79
1891—1895 . . .	35 820	2 593	18,22	1,84
1896—1900 . . .	31 246	3 856	15,89	2,74
1901—1905 . . .	46 297	4 794	23,55	3,40
1906—1910 . . .	44 482	5 387	22,63	3,75

• выкладок вычислить, что перебор аренды за луга вследствие осушения составил за все время 878 325 рублей, не принимая в расчет 9 173 га сенокосных наделов лесной стражи, несомненно лучшего качества.

Прекрасный результат получился и от осушения лесных болот. Дешевый лесной материал выдерживает санный транспорт на рынок не далее 20—25 км; что далее этого, то идет на местное потребление, а избыток гниет на корню; с прорытием осушительно-сплавных каналов положение резко меняется; открывается сплавной путь по каналу прямо в реки Припять и Днепр; вследствие этого, во-первых, увеличивается отпуск древесины за счет ранее не эксплуатировавшихся площадей и, во-вторых, увеличивается продажная стоимость древесины, так как облегчился транспорт. Оба эти явления весьма наглядно выявились в результате обработки годовых отчетов казенных лесничеств бывш. Минской губернии. Обработка заключалась в том, что все лесные дачи были разбиты на две группы: в первую группу отнесены 24 лесные дачи, по которым были прорыты осушительно-сплавные каналы; общая их площадь в 1909 году составляла 295 790 га, из которых удобной лесной 195 450 га; во вторую группу отнесено 23 дачи без осушительных каналов общей площадью в 161 635 га, из коих удобной лесной 119 159 га.

Отпуск лесного материала с одного гектара лесной площади в год составлял:

Периоды	Из дач с каналами м ³	Из дач без каналов м ³	Сравнительный рост отпуска	
			с каналами	без каналов
1871—1880 . . .	0,34	0,35	1	1
1881—1890 . . .	0,79	0,67	2,3	1,9
1891—1900 . . .	2,22	1,82	6,5	5,2
1901—1910 . . .	6,69	6,50	19,6	18,6

Для лесовода эта табличка интересна с точки зрения увеличения вообще отпуска древесины из казенных лесов, — как мало продавалось раньше и как много в последнее десятилетие.

Арифметическими подсчетами из этой таблицы можно показать, что за дополнительный отпуск древесины с площади в 195 450 га получено около одного миллиона рублей.

А как повышалась цена кубического метра древесины, показывает следующая табличка продажной стоимости кубического метра древесины:

Периоды	Из дач с каналами (цена за 1 м ³ в рублях)	Из дач без каналов (цена за 1 м ³ в рублях)	Сравнительный ход роста цены	
			с каналами	без каналов
1871—1880 . . .	0,52	0,61	1	1
1881—1890 . . .	0,57	0,57	1,1	0,9
1891—1900 . . .	0,72	0,70	1,4	1,1
1901—1910 . . .	0,79	0,77	1,5	1,3

Это дало перевыручку в 2 300 000 рублей.

Если бы не при нашем непосредственном участии по инициативе Е. Оппокова перебирались в течение полугода пожелтевшие листы годовых отчетов лесничеств и суммировались полученные колонны цифр, то и мы, как многие другие, отнеслись бы недоверчиво к этим разительным цифрам.

Итак, суммируя перевыручку за сенокос и за продажу леса с прибавлением 233 000 руб. сбора за сплав леса, получим общую перевыручку по Минской губернии в 4 411 000 рублей, не считая дохода от лесных наделов, при произведенных затратах непосредственно на казенных землях вместе

с оплатой личного состава в 1 500 000 рублей. Следовательно к 1910 году все затраты уже давно вернулись увеличением доходности. Так обстоит дело с частнохозяйственной точки зрения; с государственной же точки зрения эффект должен считаться еще значительно большим; во-первых, все затраченные деньги пошли на заработок населению и частично техническому персоналу, — следовательно пошли крестьянству и трудовой интеллигенции; во-вторых, увеличившийся отпуск леса и продуктивность сенокосов дали еще значительный заработок населению на рубке и вывозке леса и на аренде сенокоса. Поэтому вообще условия жизни крестьянства в районе канализации изменились к лучшему¹.

Результаты интенсивного осушения. Одно лишь прорытие осушительных каналов в расстоянии нескольких сот метров один от другого без возможности последующей интенсивной агрономической эксплуатации является по мнению многих специалистов полумерой, не дающей всего того, что можно с большой выгодой извлечь из болота при детальной его осушке с последующей вспашкой, внесением минеральных удобрений и посевом зерновых, кормовых и пропашных растений. Наиболее длительную по времени и солидную по занимаемой площади культуру болот ведет Минская болотная опытная станция.

Средняя урожайность в тоннах с гектара за 12 лет — с 1914 по 1925 г. — и доходность по Минской болотной опытной станции выразились следующими цифрами²:

Наименование культурных растений	Зерна	Сена или соломы	Валовая выручка в рублях под Минском	Чист. доход с гект., за год рублей
Клевер с тимфеевкой. Многолетняя травяная смесь	—	5,1	243	90
Вика с овсом	—	4,8	163	— 11
Рожь озимая	1,5	3,0	161	— 5
Овес	1,8	4,0	223	55
Ячмень	1,6	2,0	168	2
Картофель, клубн.	15,9	—	407	142
Капуста, кочн.	2,7	—	667	288
Конопля	0,5	4,6	—	—
Лен	0,3	4,0	—	—
Турнепс	44,2	—	406	90

¹ Детальнее это разобрано в специальных брошюрах Я. Эрдели, Е. Оппокова, А. Дубаха.

² Линевиц, Рентабельность интенсивной культуры болот, 1928 г.

Приведенные цифры, извлеченные из трудов Минской болотной станции, изданных за 1925 год вместе с текстом отчетов, указывают на: 1) необходимость огромных предварительных затрат для обращения болота под интенсивную культуру; 2) необходимость ежегодного внесения калийного и фосфорного удобрения; 3) получение очень высоких урожаев всех видов с.-х. культур, покрывающих под городом с избытком все понесенные расходы; 4) получение совершенно устойчивых из года в год урожаев, почти не зависящих от погоды отдельных лет.

Распространение такой культуры, хотя бы на малую долю всех болот СССР, коренным образом изменило бы условия сельскохозяйственного быта страны; но необходимость ежегодного внесения минерального удобрения является значительным препятствием к распространению такой культуры.

Результаты обводнительных работ. В 1914—1916 гг. поволжскими изыскательскими партиями было произведено экономическо-статистическое обследование казенных земель Новоузенского, Пугачевского и других уездов Юго-востока. Хозяйственно-статистические сведения были заполнены путем опроса арендаторов этих земель. Обследование носило сплошной характер, и вследствие того, что площадь казенных земель была свыше 2 миллионов гектаров и количество участков было очень значительно, получился массовый статистический материал, давший возможность путем его разработки получить Н. Фролову ряд выводов¹.

Для выявления влияния обводнения на мощность хозяйства и его доходность по двум основным признакам — количеству скота и арендным ценам на единицу площади — все участки были разбиты на две группы: имеющие пруды и не имеющие.

Результаты получились следующие (см. табл. на стр. 253 сверху).

Наиболее подробные результаты были получены Н. Фроловым по материалам обследования казенных земель Ленинского (бывшего Царевского) уезда Сталинградской губернии. Степень обводнения и доходность участков сведены в следующей таблице (см. табл. на стр. 253 внизу).

Из двух приведенных на стр. 253 таблиц ясно, что устройство прудов на Юго-востоке ведет к непосредственному значительному увеличению арендной платы. В частности из последней таблицы по Ленинскому уезду можно вычислить, что два добавочных пруда на площади 1688 га увеличивают аренду на 0,40 руб. с гектара, а со всей площади — на 675 руб. ежегодно; 14 добавочных прудов увели-

¹ Н. Фролов, Мелиоративные работы в борьбе с неурожаем, 1925 г.

Участки	Количество скота на 100 га пастбища		Арендная плата за один гектар удобной земли в рублях
	Всего голов	Крупного (с переводом мелкого на крупный)	
Новоузенский уезд:			
с прудами	66	44	2,19
без прудов	32	22	1,35
Пугачевский уезд:			
с прудами	189	129	2,09
без прудов	143	88	1,86

чивают аренду на 3,32 руб. с гектара, а с 1688 га — на 5604 рубля ежегодно.

Таково увеличение доходности. Но обводнительные работы имеют большее значение, чем простое увеличение арендной платы за казенные земли. Устройство прудов дает возможность расселить огромные села юго-восточных губерний РСФСР на малые поселки, что является обязательным предварительным условием улучшения сельского хозяйства.

Один водный источник приходится на площадь (в гектарах)	Арендная плата за один гектар (в рублях)	Количество скота на 100 га
1688	0,48	8
588	0,88	11
426	1,43	15
241	2,95	16
118	3,80	36

Результаты орошения на Юго-востоке РСФСР. Результаты лиманного орошения по данным анкетного обследования поволжских партий 1914—1917 гг. выражены Н. Фроловым следующими цифрами средних урожаев по Новоузенскому уезду Самарской губернии (в тоннах на гектар) (см. табл. на стр. 254).

Согласно тому же автору: «Существенным для сельского хозяйства области обстоятельством является то, что урожаи на землях с лиманным орошением не только всегда безусловно выше, чем на неорошаемых, но главным образом то, что они гораздо более

	Орошенные	Неорошен- ные
Пшеница	0,81	0,54
Ячмень	0,90	0,52
Овес	0,97	0,52
Просо	0,90	0,60
Сено	2,58	1,12

устойчивы. Главная беда земледельца засушливых областей—это то, что он не может вести своего хозяйства с каким-нибудь надежным расчетом и прочной уверенностью на хотя бы скромные, но верные результаты. Колебания климата резки, и не менее резки колебания урожаев. В годы, когда общее количество осадков вполне достаточно, может быть даже обильно, несвоевременное их выпадение сводит на-нет все усилия земледельца и губит все его надежды на урожай. Лиманное орошение, несмотря на свою сравнительную несложность, помогает земледельцу накапливать влагу в почве тогда, когда ее много и когда она бесполезно стекает по степным балкам, и эта влага обеспечивает ему даже в плохие засушливые годы такой же почти урожай, какой он получает в среднем (и в плохие и в хорошие годы) на неорошаемых землях.

Вот эта устойчивость, верность урожаев особенно сильно привлекают население к орошению, что так заметно сказалось в последние годы⁴.

Нет надобности доказывать выгоду орошения в Туркестане, так как там орошение является необходимым условием с.-х. культуры.

Гидрологические результаты мелиорации. Но можно ставить вопрос о результатах мелиорации еще шире и говорить о влиянии их на гидрологию, климат и санитарии страны. Эта тема была предметом прений между гидрологами, и в частности ликвидации в 1897 г. Западной экспедиции по осушению болот была следствием победы мнения о вредном влиянии массового осушения болот Полесья на летнее питание рек. Гидролог С. Никитин считал торфяные болота регулятором питания рек: торфяная залежь, насыщаясь весенними водами, отдает свои запасы рекам постепенно в течение всего лета и тем поддерживает в них хороший для судоходства уровень; проведение же по торфянику водотводных каналов влечет быстрый сток весенних вод и прекращение летнего питания рек.

Против такого взгляда систематически возражал тоже гидролог Е. Оппоков, который базировался, схематически излагая, на следующих, ныне признанных, основных положениях. Торфяная залежь обладает огромной влаго- или, вернее, водоемкостью, большой капиллярной способностью и ничтожной водопроницаемостью; вследствие этого насыщенный с весны водой торфяник держит воду, как губка, и расходует ее лишь на испарение; если насыщенную водой губку положить на тарелку, то напрасно рассчитывать, что вода из губки потечет в тарелку и из нее через края; губка высохнет, отдав всю свою воду испарением в атмосферу. И хуже того: если в тарелку подливать воды, то губка втянет ее в себя, поднимет по капиллярам вверх и испарит. Торфяная залежь лежит очень часто в тарелке, в которую стекают поверхностные и грунтовые воды с прилегающих возвышенностей, поглощаются торфом, поднимаются по капиллярам на поверхность и испаряются (черт. 169). Сколько ни выпадает летом дождя на торфяную залежь, весь он поглотится торфом и испарится. Не станем здесь приводить ряд примеров того, как с болотных массивов в десятки тысяч гектаров в засушливые годы не идет в реку ни капли воды. Иное дело, если дождь выпадает на песчаную почву: вся вода также поглотится, но в атмосферу уже не испарится,—высохший верхний слой песка не может увлажняться водой снизу, так как капиллярность песка очень мала и скопляющаяся в песке грунтовая вода движется по подстилающему песку глинистому грунту к рекам.



Черт. 169.

С проведением по торфянику сети осушительных канав, особенно доходящих до минерального дна его, условия меняются: весенние воды скатываются в реки быстрее, и потому весеннее половодье рек при массовом осушении болот будет несколько выше. Зато задержавшийся с весны в торфе избыток воды сверх влагоемкости его находит в течение всего лета выход в канавы, сочится в них и идет по канавам на летнее питание рек. Если канава доходит до минерального дна болота, то приходящие по этому грунту на торфяник воды с прилегающих возвышенностей также поступают в канаву и в реки, а не поднимаются торфом вверх. В течение всего лета с малых и больших болот можно видеть сток воды по магистральной канаве. Поэтому осушение болот имеет следствием: усиленный сток воды в реки весной, непрерывный сток воды в реки в летнее время, уменьшение испарения воды с поверхности в летнее время. В результате

создаются уменьшение влажности воздуха и улучшение климата в районах избыточного увлажнения.

Благоприятное гидрологическое значение обводнительных работ не подвергалось сомнению; чем больше на Юго-востоке будет задержано в оврагах кубических метров весенней воды и чем больше будет поверхность задержанной воды, тем влажнее будет воздух летом и тем выше будет уровень грунтовой воды в районе. К тому же ведет закрепление и залесение оврагов.

Лишь обильное орошение в засухливых районах без предупредительных мер вызывает у населения развитие малярии, но это — конечно не мотив к отказу от орошения.

Заключение. Мелиорация коренным образом изменяет естественные условия эксплуатации земель, делая технически возможным и экономически выгодным получение сельскохозяйственных и лесных продуктов с ранее бесплодных или мало производительных площадей. Достигается это регулированием атмосферного, поверхностного и почвенного водного режима.

Грубо схематизируя мероприятия мелиорации, можно утверждать, что Север и Запад европейской части Союза требуют от мелиорации регулирования поверхностного и почвенного водного режима отводом избытка влаги. Черноземная полоса требует регулирования поверхностного водного режима устройством прудов и колодцев и укреплением оврагов. Юго-восток требует регулирования атмосферного водного режима, уменьшения сухости воздуха и силы ветров разведением ветрозащитных лесных полос и регулирования поверхностного водного режима устройством прудов. Крайний Юго-восток европейской части и вся среднеазиатская часть СССР требуют регулирования непосредственно почвенной влаги — пополнения недостатка ее орошением. Все перечисленные приемы мелиорации не изолированы друг от друга, а в смежных областях накладываются друг на друга и в отдельных случаях заходят с юга на север и наоборот.

Осуществление комплекса мелиоративных мероприятий на территории Союза в непосредственной связи с землеустройством и агрономией не только увеличит продукцию земли, но и вызовет перераспределение земельных угодий, насколько это будет допустимо юридическими нормами землепользования.

В районах избыточного увлажнения, в настоящее время обычно на возвышенностях, часто песчаных, глинистых и подзолистых, ютятся полевые угодья, а в низменностях — леса, сенокосы и неудобные земли. С осуществлением массовой мелиорации это распределение угодий изменится; на низменностях совокупностью

осушения и возможным орошением может быть достигнут наилучший почвенный водный режим, и здесь будут наиболее интенсивные с.-х. культуры: огороды, сады, посевные луга и частично поля; лес же должен переместиться на минеральные водоразделы с более глубокими грунтовыми водами: сосновые боры будут закреплять пески и показывать водораздел. На черноземе, в районах с неустойчивым увлажнением, балки-овраги будут усеяны прудовыми плотинами с цепью непрерывных прудов, вдоль и ниже которых сконцентрируются поливаемые огороды и сады; в вершинах балок и на водоразделах будут лиственные леса, а остальная площадь будет занята полями; неудобных земель в Черноземной полосе вовсе не останется.

Юго-восток покроется прудами по балкам с поливными бахчами и садами вдоль них и ветрозащитными лесными полосами по степным равнинам, между которыми будут безопасные от суховея поля. Отдельные места с правильным орошением из хранилищ весенней воды будут покрыты удивительными по производительности и вкусу плодов садами и бахчами¹. Пески астраханские и арало-каспийские, Кара- и Кизыл-кумы будут под древесной и травяной растительностью с отдельными оазисами земледелия по ним. Орошенные пространства Узбекской ССР дают то, что так красиво описано Смирновым про орошаемую там долину р. Зеравшана:

„Разнообразие культур, которое вмещает в себе Зеравшанский оазис, придает всей долине Зеравшана причудливо роскошный вид. Проезжая по ней, вы встречаете и безбрежный бархатисто-зеленый ковер рисов, и уходящие далеко в предгорья и взбежавшие на них золотистые волны пшеницы и ячменя; роскошную тень и прохладу садов, скрывающие незатейливые серые хижины творца всей жизни долины — туземца с закаленным терпением, священной любовью к земле, железным упорством в тяжелом труде под раскаленным зноем южного солнца и с кротостью в душе. Мимо вас пробегают поля хлопчатника с пушистой белизной своих раскрытых коробочек; густой лес листвы и стволов джугары; манящая коня вкусная зелень обширных пространств люцерны, испещренных лиловыми головками цветов; распластованные по земле кусты виноградников с тяжелыми плотными гроздьями. И всюду журчит вода арыков; временами слышите могучий рев самого Зеравшана, виновника всей теперешней жизни оазиса.

Вода здесь — все, и надо только пожелать, чтобы расходование и пользование этим драгоценным благом было поставлено правильно и рационально.

¹ Урожай в 25 т яблок с гектара в саду Тингутинской орошаемой опытной станции, в 32 км южнее г. Красноармейска, доказывают это.

ЛИТЕРАТУРА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МЕЛИОРАЦИИ

Ежегодники Отдела земельных улучшений.

Вестник ирригации, ежемес. журнал Упр. водн. хоз.

Дубах и Спарро, Осушение болот открытыми канавами, 1918 г.

Оппоков, Результаты осушительных работ в казенных дачах, 1913 г.

Фролов, Орошение в Новоузенском уезде, ч. I и II, 1924 г.

Оппоков, Режим речного стока в бассейне верхнего Дняпра, 1914 г.

Оппоков, О гидрологической роли болот, 1909 г.

Труды Минской болотной опытной станции, статьи А. Кирсанова и

Э. Шиперко,

Линевич, Рентабельность интенсивной культуры болот, 1928 г.

ЛИТЕРАТУРА ПО ВСЕМ ОТДЕЛАМ НА НЕМЕЦКОМ ЯЗЫКЕ
(ХОДОВАЯ В СССР)

Gerhardt, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Teil III, Der Wasserbau; Band 7 — Landwirtschaftlicher Wasserbau, 1924.

Friedrich, Kulturtechnischer Wasserbau.

Vogler, Grundlehren der Kulturtechnik.

Schewior, Die Bodenmelioration.

Hausding, Handbuch der Torfgewinnung.

Bersch, Handbuch der Moorkultur.

Krüger, Kulturtechnischer Wasserbau.

Из периодических изданий охватывает все отделы и популярно излагает:

„Der Kulturtechniker“, Organ des Schlesischen Vereins zur Förderung der Kulturtechnik, Breslau.

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФИЦИЕНТА C ДЛЯ ФОРМУЛЫ БАЗЕНА
(Bazin)

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \quad (\text{в метрических мерах})$$

R	Доски, кирпичн. кладка, бетонн. трубы $\gamma = 0,16$	Обделанная негладкая стенка $\gamma = 0,46$	Грубая бутовая кладка, плотн. земл. грунт $\gamma = 0,85$	Обычное земляное русло $\gamma = 1,30$	Земляное русло с водорослями, валунами и т. п. $\gamma = 1,75$
0,10	57,7	35,5	23,6	17,0	13,3
0,15	61,5	39,7	27,2	19,9	15,8
0,20	64,1	42,9	30,0	22,3	17,7
0,25	65,9	45,3	32,3	24,2	19,3
0,30	67,3	47,3	34,1	25,8	20,7
0,35	68,4	48,8	35,7	27,2	22,0
0,40	69,4	50,4	37,1	28,5	23,1
0,45	70,2	51,6	38,4	29,6	24,1
0,50	70,9	52,7	39,5	30,6	25,0
0,60	72,1	54,6	41,4	32,5	26,7
0,70	73,0	56,1	43,1	34,1	28,1
0,80	73,8	57,4	44,6	35,5	29,4
0,90	74,4	58,6	45,9	36,7	30,6
1,00	75,0	59,6	47,0	37,8	31,6
1,10	75,4	60,5	48,0	38,8	32,6
1,20	75,9	61,3	48,9	39,7	33,5
1,30	76,3	62,0	49,8	40,6	34,3
1,40	76,6	62,6	50,6	41,4	35,1
1,50	76,9	63,2	51,3	42,2	35,8
1,60	77,2	63,8	52,0	42,9	36,5
1,70	77,5	64,3	52,6	43,6	37,1
1,80	77,7	64,8	53,2	44,2	37,7
1,90	77,9	65,2	53,8	44,8	38,3
2,00	78,2	65,6	54,2	45,3	38,9
2,40	78,8	67,1	56,2	47,3	40,8
3,00	79,6	68,7	58,3	49,7	43,3
4,00	80,5	70,7	61,0	52,7	46,4
5,00	81,2	72,1	63,0	55,0	48,8
6,00	81,6	73,2	64,4	56,8	50,7

Длина двух откосов канав при одностороннем заложении их (1:1)

Глубина канав в метрах	Длина двух откосов в метрах	Глубина канав в метрах	Длина двух откосов в метрах	Глубина канав в метрах	Длина двух откосов в метрах	Глубина канав в метрах	Длина двух откосов в метрах
0,40	1,13120	0,81	2,29062	1,22	3,45016	1,63	4,60964
0,41	1,15948	0,82	2,31896	1,23	3,47844	1,64	4,63792
0,42	1,18776	0,83	2,34724	1,24	3,50672	1,65	4,66620
0,43	1,21604	0,84	2,37552	1,25	3,53500	1,66	4,69448
0,44	1,24432	0,85	2,40380	1,26	3,56328	1,67	4,72276
0,45	1,27260	0,86	2,43208	1,27	3,59156	1,68	4,75104
0,46	1,30088	0,87	2,46036	1,28	3,61984	1,69	4,77932
0,47	1,32916	0,88	2,48864	1,29	3,64812	1,70	4,80760
0,48	1,35744	0,89	2,51692	1,30	3,67640	1,71	4,83588
0,49	1,38572	0,90	2,54520	1,31	3,70468	1,72	4,86416
0,50	1,41400	0,91	2,57348	1,32	3,73296	1,73	4,89244
0,51	1,44228	0,92	2,60176	1,33	3,76124	1,74	4,92072
0,52	1,47056	0,93	2,63004	1,34	3,78952	1,75	4,94900
0,53	1,49884	0,94	2,65832	1,35	3,81780	1,76	4,97728
0,54	1,52712	0,95	2,68660	1,36	3,84608	1,77	5,00556
0,55	1,55540	0,96	2,71488	1,37	3,87436	1,78	5,03384
0,56	1,58368	0,97	2,74316	1,38	3,90264	1,79	5,06212
0,57	1,61196	0,98	2,77144	1,39	3,93092	1,80	5,09040
0,58	1,64024	0,99	2,79972	1,40	3,95920	1,81	5,11868
0,59	1,66852	1,00	2,82800	1,41	3,98748	1,82	5,14696
0,60	1,69680	1,01	2,85628	1,42	4,01576	1,83	5,17524
0,61	1,72508	1,02	2,88456	1,43	4,04404	1,84	5,20352
0,62	1,75336	1,03	2,91284	1,44	4,07232	1,85	5,23180
0,63	1,78164	1,04	2,94112	1,45	4,10060	1,86	5,26008
0,64	1,80992	1,05	2,96940	1,46	4,12888	1,87	5,28836
0,65	1,83820	1,06	2,99768	1,47	4,15716	1,88	5,31664
0,66	1,86648	1,07	3,02596	1,48	4,18544	1,89	5,34492
0,67	1,89476	1,08	3,05424	1,49	4,21372	1,90	5,37320
0,68	1,92304	1,09	3,08252	1,50	4,24200	1,91	5,40148
0,69	1,95132	1,10	3,11080	1,51	4,27028	1,92	5,42976
0,70	1,97960	1,11	3,13908	1,52	4,29856	1,93	5,45804
0,71	2,00788	1,12	3,16736	1,53	4,32684	1,94	5,48632
0,72	2,03616	1,13	3,19564	1,54	4,35512	1,95	5,51460
0,73	2,06444	1,14	3,22392	1,55	4,38340	1,96	5,54288
0,74	2,09272	1,15	3,25220	1,56	4,41168	1,97	5,57116
0,75	2,12100	1,16	3,28048	1,57	4,43996	1,98	5,59944
0,76	2,14928	1,17	3,30876	1,58	4,46824	1,99	5,62772
0,77	2,17756	1,18	3,33704	1,59	4,49652	2,00	5,65600
0,78	2,20584	1,19	3,36532	1,60	4,52480	—	—
0,79	2,23412	1,20	3,39360	1,61	4,55308	—	—
0,80	2,26240	1,21	3,42188	1,62	4,58136	—	—

Длина двух откосов канав при полустороннем заложении их (1 $\frac{1}{2}$:1)

Глубина канав в метрах	Длина двух откосов в метрах	Глубина канав в метрах	Длина двух откосов в метрах	Глубина канав в метрах	Длина двух откосов в метрах	Глубина канав в метрах	Длина двух откосов в метрах
0,40	1,44232	0,81	2,92050	1,22	4,39877	1,63	5,87705
0,41	1,47060	0,82	2,94878	1,23	4,42705	1,64	5,90533
0,42	1,49888	0,83	2,97706	1,24	4,45533	1,65	5,93361
0,43	1,52716	0,84	3,00534	1,25	4,48361	1,66	5,96189
0,44	1,55544	0,85	3,03362	1,26	4,51189	1,67	6,02127
0,45	1,58372	0,86	3,06190	1,27	4,54017	1,68	6,05732
0,46	1,61200	0,87	3,09018	1,28	4,56845	1,69	6,09338
0,47	1,64028	0,88	3,11846	1,29	4,59673	1,70	6,12944
0,48	1,66856	0,89	3,14674	1,30	4,62501	1,71	6,16549
0,49	1,69684	0,90	3,17502	1,31	4,65329	1,72	6,20155
0,50	1,72512	0,91	3,20330	1,32	4,68157	1,73	6,23760
0,51	1,75340	0,92	3,23158	1,33	4,70985	1,74	6,27366
0,52	1,78168	0,93	3,25986	1,34	4,73813	1,75	6,30971
0,53	1,81000	0,94	3,28814	1,35	4,76641	1,76	6,34577
0,54	1,83832	0,95	3,31642	1,36	4,79469	1,77	6,38182
0,55	1,86664	0,96	3,34470	1,37	4,82297	1,78	6,41788
0,56	1,89496	0,97	3,37298	1,38	4,85125	1,79	6,45393
0,57	1,92328	0,98	3,40126	1,39	4,87953	1,80	6,48999
0,58	1,95160	0,99	3,42954	1,40	4,90781	1,81	6,52605
0,59	1,97992	1,00	3,45782	1,41	4,93609	1,82	6,56210
0,60	2,00824	1,01	3,48610	1,42	4,96437	1,83	6,59816
0,61	2,03656	1,02	3,51438	1,43	4,99265	1,84	6,63421
0,62	2,06488	1,03	3,54266	1,44	5,02093	1,85	6,67027
0,63	2,09320	1,04	3,57094	1,45	5,04921	1,86	6,70632
0,64	2,12152	1,05	3,59922	1,46	5,07749	1,87	6,74238
0,65	2,14984	1,06	3,62750	1,47	5,10577	1,88	6,77843
0,66	2,17816	1,07	3,65578	1,48	5,13405	1,89	6,81449
0,67	2,20648	1,08	3,68406	1,49	5,16233	1,90	6,85055
0,68	2,23480	1,09	3,71234	1,50	5,19061	1,91	6,88660
0,69	2,26312	1,10	3,74062	1,51	5,21889	1,92	6,92266
0,70	2,29144	1,11	3,76890	1,52	5,24717	1,93	6,95871
0,71	2,31976	1,12	3,79718	1,53	5,27545	1,94	6,99477
0,72	2,34808	1,13	3,82546	1,54	5,30373	1,95	7,03082
0,73	2,37640	1,14	3,85374	1,55	5,33201	1,96	7,06688
0,74	2,40472	1,15	3,88202	1,56	5,36029	1,97	7,10293
0,75	2,43304	1,16	3,91030	1,57	5,38857	1,98	7,13899
0,76	2,46136	1,17	3,93858	1,58	5,41685	1,99	7,17504
0,77	2,48968	1,18	3,96686	1,59	5,44513	2,00	7,21110
0,78	2,51800	1,19	3,99514	1,60	5,47341	—	—
0,79	2,54632	1,20	4,02342	1,61	5,50169	—	—
0,80	2,57464	1,21	4,05170	1,62	5,52997	—	—

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абиссинский колодец 143.
 Аверьянов Ф. 196.
 Агро-технические воздействия 9.
 Акведуки 216.
 Анализ воды 125.
 Анализ почв 101.
 Анализ торфа 19.
 Анненков 245.
 Аргаматов А. 195, 197.
 Арканов Б. 221, 236.
 Артезианский колодец 125, 142.
 Арык 211, 215.
 Ассуанский бараш 208.
 Атмосферные осадки 45.
 Баггеры 118.
 Базена поправочный коэффициент 43.
 Базена „скоростной коэффициент“ 44.
 Базена „формула“ 42.
 Барометрическое нивелирование 38.
 Бараш Ассуанский 208.
 Бассейн 188, 190.
 Бассейна дно 190.
 Беляев И. 233.
 Берма 83, 84.
 Боковые каналы 72, 73.
 Болот классификация 14.
 — образования 16, 17.
 — площади 14.
 — рост 19.
 Болот смешанная растительность 16.
 Болота 13.
 Болота верховое 16.
 — моховое 16.
 — низинное 16.
 — переходное 15.
 — сфагновое 15.
 — травяное 14.
 Борткевич В. 193.
 Ботаническое изучение 49.
 Брандспойты 119.
 Бровка 83.
 Бур американский 156.
 — Войслава 156.
 — ударный 156.
 Буровая вышка 140.
 Буровые скважины 125.
 Бутца дрена 98, 99, 102.
 Валуйев 243.
 Валы земляные 104.
 Введенский 424.
 Вебер 13.
 Вертушка 42.
 Верховодка 124, 125.
 Верховое болото 16.
 Виды земель 10.
 Виллер 242.
 Вильда эвапорометр 36.
 Вильконс 208.
 Вильямс В. Р. 18.
 Влагоемкость 62.
 Власов В. 33.
 Войслава бур 156.
 Водобойный пол 171.
 Водомерный пост 40.
 Водоотводная галерея 146.
 Водоотводные каналы 146.
 Водопадные шахты 103.
 Водопадов сила 8.
 Водопроницаемость почвы 61.
 Водопроводная линия 145.
 Водопропускное устройство 167.
 Водораздел 188.
 Водораздельная линия 188.
 Водосбор 188.
 Водосбора площадь 39, 78, 101, 189.
 Водосборная галерея 146.

Водосборная сеть 220.
 Водослив 44, 157, 167, 168, 169.
 Водосливы ступенчатые 170.
 Водоснабжение сельское 123.
 Водоспуск 167, 168.
 Водохранилище искусственное 207.
 Водяной туюк 171.
 Воды грунтовые 208.
 Воды отвод 46.
 — подъем 213.
 — расход 40.
 Воздействие агротехническое 9.
 — гидротехническое 9.
 — лесотехническое 9.
 Воздействие механотехническое 9.
 Воронка для стока воды 83, 84.
 Всасыватели 102.
 Всасывателей уклон 96.
 Выработка торфа 114.
 — — гидравлическая 119, 120.
 — — кормовочная 115.
 — — машинная 115, 116.
 — — наливная 115.
 — — резная 115.
 — — ручная 115.
 Высота плотин 163, 165.
 Вышка буровая 140.
 Галерея водоотводная 146.
 — водосборная 146.
 Галереи длина 147.
 — уклон 147.
 Герляха нивелир 58.
 Гидравлики формула 44.
 Гидравлический радиус 42, 43, 75.
 — расчет 78, 101, 102, 173.
 — способ добычи торфа 119.
 Гидрогеологическое изучение 45.
 Гидрогеология 124.
 Гидрологическое изучение 39.
 Гидрометрия 44.
 Гидрометр 49, 77.
 Гидротехническое воздействие 9.
 Гидротехническое изучение 45.
 Гидротехническое исследование 46.
 Гидроторф 120.
 Гиллера зонд 60, 111.
 Гипсометрическое исследование 37.
 Глезднел В. 196.
 Глинистая тундра 13.
 Глиномаялка 95.
 Глубина канав 63.
 — колодцев 124, 125.
 Годовые осадки 33.
 Гонометр 157.
 Горизонт водоносный 123, 124, 125, 129, 141, 146.
 Грейфер 119.
 Грунтовой воды уровень 59.
 Грунтовые воды 208.
 Дамбы 104, 105.
 Движения воды формула 75.
 Действующие овраги 26.
 Дерновая тундра 13.
 Детерпация 109.
 Длина галереи 147.
 Дна ширина 59.
 — уклон 89.
 Дно 83.
 — бассейна 190.
 Докторовский В. 230.
 Докучаев 245.
 Долинино-Ивановский 174.
 Долины речные 24.
 Досчатые трубы 98.
 Досчатый перепад 89.
 Дрен диаметр 101.
 — укладка 103.
 Дренаж 92, 94, 95, 100.
 — вертикальный 106.
 — досчатый 96.
 — жердевой 100.
 — шведский 100.
 — фашинный 96, 99.
 Дренажа виды 95.
 — проект 102.
 Дренажная сеть 103.
 — линии 94, 100, 102.
 — пресс 96.
 — сток 101.
 — трубы 96, 97, 98, 99, 102.
 Дрены Бутца 99, 102.
 — всасывающие 101.
 — досчатые 101.
 — каменные 100.
 — фашинные 101.
 Жадовский 27.
 Желинский И. 208, 244, 245.
 Жердевой дренаж 100.

Загрязнение пруда 176.
 Запленение пруда 176.
 Залежь хозяйственная торфа 110.
 Замок 158.
 Запасы торфа 109.
 Зараствание песков 23.
 Засоление почв 239.
 Затворный щит 90.
 Затопление чеками 220.
 Земель виды 10.
 Земель орошение 202.
 — осушение 52.
 Землечерпалки 84.
 Земли неудобные 10.
 Земляные валы 104.
 — работы 82.
 Зольность торфа 112.
 Зонд Гиллера 60.
 — Сытина 60.
 — торфяной 60.
 Зондировка 59.

Изучение ботаническое 49.
 — гидрогеологическое 45.
 — гидрологическое 39.
 — метеорологическое 32.
 — почвенное 49.
 — экономическое 50.
 Изыскание инструментальное 156.
 — на питьевую воду 123.
 Инертость 98.
 Испарение воды 36.
 Использование торфяника 121.
 Исследование гидротехническое 46.
 — гипсометрическое 37.
 — общее 31.
 — торфяной залежи 111.
 История мелиорации 242.
 Источники воды для орошения 205, 209.

Кавальеры 83, 84.
 Кайгородов А. 83.
 Каменные дрена 100.
 Каменный перепад 89.
 Камеры шлюзовые 218.
 Канав глубина 63.
 — междурядье 69.
 — осушительных положение 72.
 — откосы 76.

Канав ширина 76.
 Канав водоотводная 146.
 — встречная 96, 97, 98.
 — нагорная 74.
 Канавки для стока воды 84.
 Канавы боковые 72, 73.
 — илоотводные 176.
 Канал водопроводный 209, 215, 218.
 Канал оросительный 219.
 — отводный 210, 219.
 — распределительный 209, 219.
 Каналы магистральные 72.
 Капиллярность 62.
 Каптаж грунтовых вод 144, 145.
 Карьеры 115, 122, 161.
 Кеннеди уравнения 218.
 Кирпичников 119.
 Кирсанов А. 71.
 Киселев 242.
 Классен 119.
 Классификация болот 14.
 Ключ 144.
 Козленко А. 24.
 Козловский 243, 100, 95, 106.
 Колебания уровня воды 40.
 Колесов 23.
 Коллекторы 94, 96, 98, 100, 101, 102.
 Колодезная шахта 123.
 Конец бетонных изготовление 131.
 Колодец абессинский 142.
 — восходящий 100.
 Колодцев глубина 124, 125.
 — типы 127.
 Колодцы 123.
 Колодцы артезианские 125, 142.
 — бетонные 46, 123, 127, 130.
 — буровые 46, 125, 127, 138.
 — вертикальные 146.
 — железные 127.
 — забивные 127.
 — каменные 127.
 — копаные 127.
 — смотровые 67, 103.
 — срубовые 46, 123, 127.
 Кольматаж 105, 106.
 Кольца бетонного глубина 136.
 Конечный 100.
 Копань 151.
 Корнелла 70.
 Костяков А. Н. 36, 199.

Кочковатая тундра 13.
 Коэффициент поправочный Базена 43.
 — прихода, расхода влаги 36.
 — скоростный Базена 44.
 — стока 45, 181, 190.
 — удлинения водораздельной линии 188.
 Красный брус 90, 91.
 Крюгер 101.
 Кудряшев В. 113.
 Купренко П. 120.
 Курдюмова тачка 160.
 Кяряз 146, 208.
 Кяряза устройство 146, 147.

Лента мерная 82.
 Лесотехнические воздействия 9.
 Ливметр 64.
 Лиман 223, 224.
 Лиманное орошение 222.
 Линия водораздельная 188.
 — водопроводная 145.
 Лопата польская 82.
 — железная 82.
 Лощина 9.

Магистраль осушительно-сплавная 90.
 Магистральные каналы 72.
 Мелиорация определения 7.
 Мелиорация 9.
 — гидротехническая 12.
 Мерзлота постоянная 12.
 Метеорологическое изучение 32.
 Механизация торфоразработки 118.
 Механические воздействия 9.
 Мирабы 236.
 Можаровский А. Б. 163.
 Моховики 15.
 Моховой торфяник 18.
 Муфты 103.
 Мха годовой прирост 20.

Нагорная канав 74.
 Намывной способ 162.
 Насос 138.
 — центробежный 213.
 Насосы ручные 213.
 — дифрагновые 213.
 Небольсин С. 32, 174.
 Неудобные земли 10, 48.

Нивелир Герляха 58.
 — системы ЭГО 58.
 — Цейса 58.
 Нивелировка 42, 57, 112, 157.
 Низинные болота 16.
 Никитин С. 254.
 Норма стока 101.

Оазисы 208.
 Образование болот 16.
 Образование оврага 25.
 Общие исследования 31.
 Объем воды 165, 166.
 Овраги 24.
 — действующие 26.
 — потухшие 26.
 Оврагов укрепления 188.
 Опиков Г. 45, 250.
 Определение мелиорации 7.
 — оврага 26.
 Оросительный канал 219.
 Орошение 199, 204.
 — автоматическое 233.
 — дождеванием 233.
 — затоплением 220.
 — земель 202.
 — инфильтрацией 232.
 — лиманное 222.
 — напуском 228.
 — по бороздам 231.
 Орошения способы 220.
 Осадки годовые 33.
 Осушение земель 52.
 — открытыми каналами 63.
 Осушения способы 104.
 — условия 111.
 — типы 52.
 Осушительной сети ремонт 91, 92, 93.
 Откос мокрый 162, 163.
 — плотины 161.
 — сухой 163.
 Откосы 83.
 — канав 76.

Паропроницаемость 113.
 Перльс 62.
 Перепад 171.
 Перепад досчатый 89.
 — каменный 89.
 — фашинный 89.

- Переходное болото 16.
 Персона транспортер 118, 119.
 Пески 22.
 Песков зарастание 23.
 — крепление 195.
 Песчаные пустыни 27.
 Печеночный торф 17.
 Пикетаж 57.
 Планиметр 39.
 Плотин высота 163, 165.
 — ремонт 180.
 — составные части 158.
 — тело 159, 161.
 — устройство 161.
 Плотина с ядром 161.
 Плотинами подпор воды 106.
 Плотины 210, 211.
 — прудовые 151.
 Площади болот 14.
 Площадь водосбора реки 39, 101, 157.
 Площадь командования канала 209.
 Плывуи-песок 137.
 Пнистость торфа 112.
 Подпорные пруды 151.
 Подъем воды 213.
 Пол водобойный 171.
 Пolders 105.
 Понтон 85.
 Понурый пол 171.
 Поплавки 42.
 Посадки лесные 20, 203.
 Пост водомерный 40.
 Постоянная мерзлота 12.
 Потребление торфа 120.
 Потухшие овраги 26.
 Почв анализ 101.
 — засоление 239.
 — свойства 61.
 Почвенные изучения 49.
 Почвы водопроницаемость 61.
 — солонцовые 28.
 Прозор сплошной 99.
 Проект дренажа 102.
 — устройство плотин 177.
 Проектосоставление 80.
 Промоины 24.
 Процесс бурения 139.
 Прудозагрязнение 176.
 — заиливание 176.
 Пруды-копань 151.
- Прянишников Д. Н. 120.
 Пустыни 26.
 Пустыни растительность 28.
 Разбрызгиватели 234.
 Разбрызгиватель Родатца 234.
 — Щепковского 234.
 Радиация солнечная 8.
 Радиус гидравлический 42, 43.
 Растительность болот смешанная 16.
 Растения засухоустойчивые 201.
 Растительность солонцов 29.
 Расстояние между канавами 68.
 Растительность пустыни 28.
 Расход воды 40.
 Резервуары искусственные 207.
 — сборные 145.
 Реки 205.
 Ремонт плотин 180.
 Репер 59.
 Рерроля способ 100.
 Ресурсы торфяные 110.
 Речные долины 24.
 Ризберма 171.
 Рост болот 19.
 Ручные насосы 213.
 Сай—водопроводный канал 215.
 Сапропель 17.
 Сваи 90.
 Связность торфа 112.
 Сеть водосборная 220.
 — дренажная 103.
 Сила водопадов 8.
 Сифон 212, 213.
 Скважины буровые 125.
 Скорняков Е. 206.
 Смотровые колодцы 67.
 Снежинки 147.
 Солнечная радиация 8.
 Солонцов растительность 29.
 Солончаки 28.
 Солонцовые почвы 28.
 Солонцы 28.
 Сооружения типы 48.
 Состояние плотин 180.
 Спарро Р. 149.
 Способ намывной 162.
 — Рерроля 100.
 Способы орошения 220.
 — осушения 104.

- Степень разложения торфа 113.
 Сток 45.
 — дренажный 101.
 Стока коэффициент 45, 189, 190.
 — норма 101, 102.
 — расчетная норма 78, 79.
 — формула 79.
 Стойки 90.
 Судно-понтон 85.
 Сфагновые болота 15.
 Сытина зонд 60.
 Таблица Этельвейна 149.
 Таран 147, 148.
 Тачка Курдюмова 160.
 Тело плотины 169.
 Теплопроизводительная способность 110, 113.
 Тилло 38.
 Типы колодцев 127.
 — осушения 52.
 Торф древесный 18.
 — моховой 18.
 — осоковый 118.
 — печеночный 17.
 — рамочный 115.
 — тростниковый 17.
 Торфа анализы 19.
 — выработка 114.
 — зольность 112.
 — осадка 91.
 — пнистость 112.
 — потребление 120.
 — свойство 109.
 — связность 112.
 — степень разложения 113.
 — хозяйственная залежь 40.
 Торфосос 119.
 Торфяное дело 109.
 Торфяник моховой 18.
 Торфяной зонд 60.
 Торфяные ресурсы 110.
 Травяные болота 14.
 Трамбовки ручные 159.
 Транспортер Персона 118, 119.
 Траншея 158.
 Тромбачев С. 209, 210.
 Труб дренажных вес 96.
 Труба 167, 168.
 — гончарная 95, 97, 99, 102.
 Труба обсадная 138, 139, 140, 141.
 — устьевая 97.
 Трубы досчатые 98.
 — дренажные 98.
 — цементные 93.
 Тумин Г. 203.
 Тундра 12.
 — глинистая 13.
 — дерновая 13.
 — кочковатая 13.
 — торфяниковая 13.
 Тюфяк водяной 171.
 Тэке 70.
 Укладка дрен 103.
 Уклон всасывателей 96.
 — галереи 147.
 — дрен 99.
 — поверхности 72.
 Уклоны 75, 100.
 Укрепления 188.
 — оврагов 191.
 — песков 195.
 Уравнения Кеннеди 218.
 Уровень грунтовой воды 59.
 — колебания воды 40.
 Условия осушения 111.
 — сушки торфа 112.
 Устройство водопропускное 167.
 — Кяриза 146, 147.
 — плотин 177.
 Фальц 131.
 Фашина 99.
 Фашинный перепад 89.
 Фашинные дрены 101.
 Федченко Б. 13.
 Флин 75.
 Флейшер 70.
 Флюидбет 171.
 Форма деревянная 131.
 — железная 131.
 Формула Базена 42.
 — гидравлики 44, 107.
 — движения воды 75.
 — объема плотины 164.
 — расчетного стока 77, 79.
 — Шези 43.
 Французский способ устройства плотины 164.

Фролов Н. 252.
Фуругельм 242.

Цейса нивелир 58.
Цементные трубы 98.
Центробежный насос 213.

Части плотины 158.
Чек 220.
Чиги 213.
Чиги-нория 214.
Чумаков С. 26.

Шахты водопадные 103.
— колодезные 128.
Шези формула 43.

Ширина канав 76.
— плотины 161.
Шлюзы 90, 105.

Шлюзовые камеры 218.
Шпунтовый ряд 90.
Шумаков Б. 226.
Шурфы 59, 156.

Эвапорометр Вильда 36.
Эвкамит 106.
Экономическое изучение 50.
Энтельвейна таблица 149.

Юрьев М. 21.

Ямы пробные 59.

