

Л. Бернацкій.  
Инженеръ Лутей Сообщенія.

---

**ДЕФОРМАЦІИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА  
И БОРЬБА СЪ НИМИ  
ПРИ ПОСТРОЙКЪ ЖЕЛѢЗНЫХЪ ДОРОГЪ.**

---

Изданіе Правленія Общества М.-Казанской ж. д.



МОСКВА.

Т-во «Печатня С. П. Яковлева», Петровка, Салтыковскій пер., д. Т-ва, № 9.  
1915.

## Предисловіе.

---

Цѣль настоящей книги — систематизировать различные случаи разрушенія земляного полотна желѣзныхъ дорогъ и, соотвѣтственно, различные способы ихъ предупрежденія и исправленія.

Эта цѣль объясняетъ собой нѣсколько конспективный характеръ изложенія; иллюстрировать отдѣльныя положенія конкретными примѣрами я не нашелъ нужнымъ, такъ какъ малое число послѣднихъ совершенно бесполезно, а большее число примѣровъ, единственно, по моему мнѣнію, полезное, привело-бы къ непомѣрному увеличенію размѣровъ книги.

Такъ какъ я отнюдь не считалъ возможнымъ разсматривать свой трудъ въ качествѣ учебнаго курса, то мною опущена вся та довольно обширная вступительная часть, которая обычно встрѣчается въ сочиненіяхъ по землянымъ работамъ и объектомъ которой служатъ общія свойства грунтовъ, классификація ихъ и статическіе расчеты устойчивости земляного полотна. Я полагаю, что читатели настоящей книги уже достаточно знакомы со всѣмъ перечисленнымъ.

На основаніи тѣхъ-же соображеній мною не помѣщено и описаніе способовъ изслѣдованія грунтовъ, но я считаю необходимымъ указать на крайнюю важность подобнаго изслѣдованія помощью буренія и шурфованія, безъ чего многія мѣры борьбы съ деформациями земляного полотна окажутся бесполезными и даже невыполнимыми.

Результаты буренія и шурфованія въ связи, обычно, и съ нѣкоторыми внѣшними признаками, даютъ вполне достаточный матеріалъ для опредѣленія количества, направленія и уклона грунтовыхъ водъ, выясненіе условій быта которыхъ абсолютно необходимо для правильнаго рѣшенія вопроса объ устойчивости земляного полотна. Не меньшее вниманіе должно обращаться и на воды надземныя, какъ постоянныя, такъ и временно протекающія.

*Л. Вернацкій.*

---

# ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И БОРЬБА СЪ НИМИ ПРИ ПОСТРОЙКѢ ЖЕЛѢЗНЫХЪ ДОРОГЪ.

„La crainte de la glaise et de l'eau  
est le commencement de la sagesse“.

De Sazilly.

Главнымъ врагомъ, угрожающимъ цѣлости земляного полотна, является вода во всѣхъ ея видахъ; лишь рѣдко встрѣчаются поврежденія, вызванныя иными причинами, какъ-то: дѣйствіемъ вѣтра и присутствіемъ вблизи полотна каменоломень и рудниковъ, сдѣланныхъ рукою человѣка. Чаше встрѣчаются поврежденія, вызываемыя измѣненіями температуры и химическимъ дѣйствіемъ кислорода воздуха, но въ нихъ принимаетъ такое дѣятельное участіе вода атмосферная и грунтовая, что ея вліяніе приходится считать рѣшающимъ.

Самое многообразіе тѣхъ видовъ, въ которыхъ встрѣчается вода въ природѣ, разнообразіе поврежденій, причиняемыхъ ею, и, иногда, затруднительность опредѣленія ея присутствія, дѣлають борьбу съ водой для защиты земляного полотна весьма трудной. Еще болѣе усугубляется эта трудность тѣмъ, что грунты, съ которыми намъ приходится имѣть дѣло, чрезвычайно разнообразны по своему составу и, въ зависимости отъ послѣдняго, совершенно различно воспринимають воздѣйствіе воды.

Крайнее разнообразіе физическаго и химическаго состава грунтовъ не даетъ возможности установить такой, вполне точной, классификаціи ихъ, которая позволяла-бы опредѣленно сказать, какъ будетъ реагировать на воздѣйствіе воды въ томъ или иномъ ея видѣ данный грунтъ, и выяснять вліяніе воды на послѣдній въ большинствѣ случаевъ приходится или по аналогіи со сходными грунтами, или путемъ опыта. Но опытные данныя, опять-таки, приблизительны, потому что нѣкоторыя свойства большихъ массъ земли, съ которыми приходится имѣть дѣло при сооруженіи земляного полотна, значительно отличаются отъ свойствъ небольшого количества того-же грунта, взятаго для опыта.

Такимъ образомъ, существующая классификація грунтовъ является

отнюдь не подробной и даже не точной, давая понятіе лишь о цѣлыхъ обширныхъ группахъ грунтовъ, причемъ свойства послѣднихъ въ предѣлахъ каждой группы могутъ весьма существенно различаться.

Небольшое измѣненіе въ химическомъ составѣ, небольшое увеличеніе или уменьшеніе механической примѣси песка, глины или извести, измѣненіе крупности отдѣльныхъ частицъ, наличие или отсутствіе органическихъ примѣсей могутъ самымъ кореннымъ образомъ измѣнить свойства грунта; вдобавокъ, вліяніе химическаго состава многихъ грунтовъ (напр., глинистыхъ) на ихъ свойства далеко еще не выяснено.

Не останавливаясь на классификаціи грунтовъ, которую можно считать общеизвѣстной, слѣдуетъ отмѣтить, что по своему характеру деформациі земляного полотна должны быть сведены въ слѣдующія группы:

- а) деформациі насыпей;
- б) „ выемокъ;
- в) „ мѣстности, по которой проходитъ земляное полотно, происходящія независимо отъ того, насыпью или выемкой оно трассировано;
- г) временныя деформациі полотна, называемыя *пучинами*, не разрушающія его, но самымъ вреднымъ образомъ вліяющія на состояніе пути.

Соотвѣтственно, дальнѣйшее изложеніе и раздѣлено на 4 главы, къ которымъ добавлена еще особая глава, рассматривающая техническое выполненіе водоотводныхъ устройствъ и укрѣпленій, упоминаемыхъ въ первыхъ 4-хъ главахъ.

Наиболѣе надежными средствами противъ всякаго рода деформациі являются недопущеніе къ полотну воды и инныя *предупредительныя* мѣры; однако, вышеупомянутая неопредѣленность свойствъ грунтовъ или-же скрытность наличія воды иногда не позволяютъ принять въ полномъ объемѣ соотвѣтственныхъ мѣръ, такъ что деформациі все-же происходятъ. Въ послѣднемъ случаѣ, приходится принимать мѣры *исправленія*; онѣ иногда могутъ сами по себѣ предотвратить дальнѣйшія деформациі, но чаще, на ряду съ ними, приходится примѣнять особо мѣры предупрежденія, одинаковыя съ тѣми, которыя дѣлаются еще до деформациі. На основаніи сказаннаго, въ дальнѣйшемъ рассматриваются отдѣльно мѣры предупредительныя и мѣры исправленія, съ указаніемъ, въ послѣднемъ случаѣ, являются-ли онѣ исчерпывающими или требующими примѣненія и мѣръ первой категоріи.

## I. Условія устойчивости насыпей.

Разрушеніе или поврежденіе насыпи можетъ быть вызвано слѣдующими факторами:

- 1) свойствами матеріала насыпи;
- 2) неправильнымъ способомъ производства работъ:

- 3) осадкой основанія насыпи;
- 4) скольженіемъ насыпи по грунту;
- 5) внѣшними механическими вліяніями.

Разумѣется, сплошь и рядомъ встрѣчается совокупное дѣйствіе нѣсколькихъ факторовъ, причѣмъ результатъ его сказывается въ болѣе интенсивной формѣ разрушенія насыпи. Поэтому, нѣтъ возможности, рассматривая какую-либо категорію вышеперечисленныхъ причинъ разрушенія, не дѣлать попутно экскурсовъ въ остальные области ихъ.

## 1. Вліяніе матеріала насыпи на ея устойчивость\*).

а) *Насыпи изъ глины* (при содержаніи песка и иныхъ примѣсей не свыше 30%). Трапеція, представляющая собою поперечное сѣченіе насыпи, подвержена внѣшнимъ вліяніямъ, весьма неравномѣрнымъ въ отдѣльныхъ ея частяхъ; дѣйствительно, въ глинистыхъ грунтахъ, особенно свѣже-насыпанныхъ, передача давленія происходитъ подъ угломъ, весьма близкимъ къ прямому; на нѣкоторой глубинѣ, вѣроятно, около 2—3 сажень, линія давленія постепенно уполаживается и распредѣленіе давленія въ нижнемъ слоѣ высокихъ насыпей, такимъ образомъ, происходитъ по вогнутой кривой, какъ показано на черт. 1. Съ открытіемъ движенія внутренняя часть ядра подвергается еще большому давленію, благодаря подвижной нагрузкѣ. Вслѣдствіе сказаннаго, уплотненіе ядра насыпей происходитъ скорѣе и интенсивнѣе, чѣмъ откосовъ. Помимо того, отъ атмосферныхъ вліяній ядро защищено, тогда какъ откосы этимъ вліяніямъ всецѣло подвержены. Этимъ, однако, не ограничивается разница внѣшнихъ воздѣйствій на отдѣльныя части насыпи: верхняя ея часть подвержена сотрясеніямъ отъ движенія подвижного состава, тогда какъ въ нижней части эти сотрясенія будутъ уменьшаться, а, при значительной высотѣ, исчезаютъ вовсе. Сказанное явленіе имѣетъ мѣсто во всякой насыпи, но нигдѣ разница между состояніемъ отдѣльныхъ частей насыпи не бываетъ такъ велика, какъ при глинѣ.

Предположимъ наиболѣе простой случай глинистой насыпи: мѣстность почти горизонтальна, подошва абсолютно защищена отъ дѣйствія воды и возведеніе насыпи происходитъ изъ сухой глины. Какъ бы суха послѣдняя ни была, но въ выемкѣ или резервѣ, откуда она берется, всегда содержится извѣстное количество почвенной влаги. Въ ядрѣ насыпи, при большой высотѣ послѣдней, комья глины раздавливаются и сплотняются въ общую массу, водонепроницаемость которой зависитъ отъ количества находящейся въ ней почвен-

---

\*) Вліяніе разнородности грунтовъ на качество насыпи рассмотрѣно ниже, въ отд. 2; тамъ-же рассмотрѣно и вліяніе мерзлага грунта.

ной воды и отъ степени сплотненности массы. Словомъ сказать, нарушенное при разработкѣ сцѣпленіе частицъ глины возстанавливается, до извѣстной степени, благодаря сдавливанію, причемъ, конечно, чѣмъ выше насыпь, тѣмъ значительнѣе сплотняется ея нижняя часть и въ насыпяхъ значительной высоты создается почти водонепроницаемое ядро, не подверженное, вдобавокъ, атмосфернымъ вліяніямъ и не имѣющее испаряющей поверхности для содержащейся въ немъ воды.

Въ откосахъ, разумѣется, сплотненіе происходитъ въ меньшей степени, вода, содержащаяся въ нихъ, легко испаряется, почему происходитъ уменьшеніе объема глины и образованіе трещинъ, въ которыя, затѣмъ, попадаетъ атмосферная вода и, замерзая, деформируетъ откосы, пуча ихъ и еще болѣе расширяя трещины.

Все изложенное дѣлаетъ откосы несравненно болѣе водопроницаемыми, чѣмъ ядро, и, вдобавокъ, при высокихъ насыпяхъ, осадка тѣхъ и другого можетъ оказаться настолько различной, что образуются продольныя трещины, отдѣляющія откосы отъ ядра.

Въ верхней части высокихъ насыпей водонепроницаемость ядра значительно меньше, чѣмъ въ нижней, благодаря большой разницѣ въ давленіи выше лежащихъ слоевъ; поэтому, атмосферная вода съ полотно проникаетъ во внутрь насыпи и стремится выйти наружу въ сторону наименьшаго сопротивленія, т. е. въ сторону откоса; вода эта будетъ стекать по первой попавшейся трещинѣ и, такимъ образомъ, смачивать поверхность соприкасанія откоса съ ядромъ. Еще болѣе интенсивно будетъ попадать вода въ верхъ насыпи, когда откроется движеніе и сотрясеніе отъ прохода подвижного состава нарушить сцѣпленіе частицъ верхней части насыпи; образованіе балластнаго корыта дѣлаетъ третій, самый значительный, шагъ къ пропитыванію верха насыпи атмосферной водой и къ протеканію ея между ядромъ и откосомъ.

Когда смачиваніе откоса, послѣ, напр., дождливаго лѣта, будетъ очень значительно и полно, то между нимъ и ядромъ, примѣрно по линіи давленія, образуется поверхность скольженія, по которой откосъ и можетъ обрушиться; но, еще и до этого обрушенія всей массы откоса, могутъ имѣть мѣсто небольшіе частныя сплывы, объясняемые нарушеніемъ сцѣпленія отдѣльныхъ частицъ откоса и образованіемъ мѣстныхъ поверхностей скольженія. Разумѣется, чѣмъ выше насыпь, тѣмъ консистенція ядра и откосовъ болѣе различна и тѣмъ скорѣе сползаніе откосовъ можетъ произойти.

Приведенный типичный случай осложняется, если насыпь расположена на косогорѣ, даже не слишкомъ крутомъ; независимо отъ возможности скольженія по нему, осадка съ обѣихъ сторонъ происходитъ неравномѣрно, благодаря разницѣ высотъ, и можетъ повлечь за собой появленіе продольныхъ трещинъ съ подгорной стороны, по которымъ, конечно, прониканіе воды будетъ итти болѣе ускоренно. Этимъ,

въ значительной мѣрѣ, и объясняется, почему сплывы откосовъ насыпей чаще всего имѣютъ мѣсто съ подгорной стороны.

Другія осложняющія обстоятельства привносятся присутствіемъ извести, особенно въ видѣ крупныхъ зеренъ (глина и суглинокъ съ такой примѣсью иногда называется „опокой“), если подобная глина содержитъ примѣсь мельчайшихъ частицъ сѣрнистаго колчедана ( $Fe S_2$ ) или крупныя вкрапленія марказита, одинаковаго по составу съ колчеданомъ; при вывѣтриваніи, которому марказитъ особенно подверженъ, происходитъ превращеніе желѣзистыхъ соединеній въ желѣзный купоросъ ( $Fe SO_4 + 7 H_2O$ ), избытокъ же сѣры вмѣстѣ съ известью образуетъ гипсъ ( $Ca SO_4 + 2 H_2O$ ). Этотъ процессъ влечетъ за собой увеличеніе объема и, слѣдовательно, ослабленіе сдѣпленія, въ результатъ чего подверженныя вывѣтриванію части насыпи становятся особенно неустойчивыми и легко расползающимися при попаданіи воды.

Изъ всего сказаннаго видно, что глинистыя насыпи, отсыпанныя при нормальныхъ условіяхъ, имѣютъ достаточно устойчивое ядро и недостаточно устойчивыя откосы, сплывы которыхъ, однако, не представляютъ собой очень большой опасности для движенія (кромѣ такихъ случаевъ, какъ сплывы подгорнаго откоса на косогорѣ, гдѣ трещины отъ неравномѣрной осадки могутъ оказаться и въ предѣлахъ ядра насыпи); только въ случаѣ сильнаго пропитыванія верха насыпи водой, что имѣетъ мѣсто при образованіи балластныхъ корытъ, въ сползаніи можетъ принять участіе и верхъ насыпи. Соотвѣтственно, должны приниматься и мѣры для защиты насыпей—путемъ обезпеченія устойчивости откосовъ и путемъ отвода воды съ верха полотна.

Наилучшимъ способомъ защиты откосовъ было-бы устройство ихъ изъ такого грунта, который мало измѣняется отъ атмосферныхъ вліяній и не даетъ плоскости скольженія при соприкасаніи съ ядромъ; такимъ грунтомъ является чистый крупный песокъ или гравій, но отсыпка изъ него откосовъ по способу, предложенному еще де-Сазильи (черт. 2), къ сожалѣнію, можетъ быть примѣняема лишь въ исключительныхъ случаяхъ, такъ какъ песчаные хорошіе карьеры рѣдко лежатъ вблизи тѣхъ мѣстъ, гдѣ приходится дѣлать глинистыя насыпи; точно также рѣдко встрѣчается и достаточное количество дерновой песчано-глинистой земли, которой де-Сазильи предлагаетъ замѣнять песокъ.

Устойчивость откоса можно было-бы обезпечить еще, давъ достаточно быстрый выходъ водѣ, находящейся въ насыпи; но, при глиниѣ, это затруднительно въ виду ея малой водопроницаемости, а потому заранѣе дѣлать всякаго рода устройства для выпуска воды изъ откосовъ обошлось-бы слишкомъ дорого, въ виду значительнаго количества ихъ.

Наиболѣе дешевымъ, а также всегда доступнымъ способомъ является постепенное къ низу уположеніе откосовъ, благодаря которому внѣшнія очертанія насыпи оказываются въ извѣстномъ соотвѣтствіи съ возможной поверхностью обрушенія; къ сожалѣнію, невозможно точно указать необходимую пологость откосовъ въ зависимости отъ

высоты, но все-же, придерживаясь нынѣ установленного нормальнаго поперечнаго профиля, можно для разбираемаго нормальнаго случая глинистой насыпи дать послѣдней очертанія, указанныя на черт. 3а. Если мѣстность имѣетъ значительный поперечный скатъ (свыше 1/10), то желательно задать съ подгорной стороны болѣе пологій откосъ, или же отсыпать съ этой стороны большую берму (см. ниже, отд. 4, а).

При наличіи тѣхъ химическихъ примѣсей, которыя влекутъ за собой образованіе гипса, увеличеніе пологости можетъ оказаться недостаточнымъ и необходимо снаружи покрыть откосъ на толщину 1 сажени слоемъ дерновой земли, защищающей грунтъ отъ вывѣтриванія; подобная-же мѣра очень хороша и для всякихъ откосовъ, защищая ихъ отъ атмосферныхъ вліяній. Въ этомъ случаѣ слѣдуетъ глинистый откосъ отдѣлывать уступами.

Эквивалентное уположенію откосовъ подраздѣленіе откоса бермами менѣе цѣлесообразно, благодаря, во-первыхъ, большому объему насыпи, а, во-вторыхъ, возможности застоя воды на бермахъ; зато для ремонта бермы представляютъ значительныя удобства.

Если-бы мѣстность препятствовала увеличенію пологости откосовъ или устройству бермъ (напр., очень дорогое отчужденіе), или если подъ руками имѣется дешевый хорошій грунтъ, то возможно обратиться къ устройству *контръ-банкетовъ*; послѣдніе играютъ роль подпорныхъ стѣнокъ и обязательно должны рассчитываться, какъ таковыя, потому что неустойчивость ихъ влечетъ за собой гораздо худшія послѣдствія, чѣмъ спливы недостаточно пологихъ откосовъ. Поэтому, для расчета долженъ приниматься коэффициентъ устойчивости никакъ не менѣе 1,5, уголъ-же естественнаго откоса глины—не круче 30°. Матеріаль для контръ-банкетовъ можетъ быть весьма различенъ, но отъ него требуется, во всякомъ случаѣ, чтобы самъ контръ-банкетъ былъ неизмѣняемъ и не задерживалъ воды, вытекающей изъ насыпи. Такимъ матеріаломъ лучше всего, конечно, служить камень или крупный песокъ; при отсутствіи ихъ—утрамбованная дерновая земля, но съ прибавкой уже дренажей (каменныхъ, крупно-песчаныхъ или фашинныхъ), какъ показано на черт. 4; въ крайнемъ случаѣ, съ примѣненіемъ болѣе частыхъ поперечныхъ дренажныхъ выпусковъ, можетъ быть допущена и обыкновенная трамбованная глина.

Изъ числа мѣръ для защиты верхней части насыпи отъ попаданія воды, единственной цѣлесообразной является отсыпка всего верха насыпи на толщину 1—2 саж. изъ хорошаго крупнаго песка или гравія. Но и эта мѣра, естественно, примѣнима лишь въ рѣдкихъ случаяхъ: всѣ-же остальные мѣры носятъ преимущественно палліативный характеръ и описаны въ главѣ „Пучины“.

Въ томъ случаѣ, если принятыя мѣры оказались недостаточными и насыпь деформировалась, то мѣры для ремонта ея должны заключаться, во-первыхъ, въ использованіи съ этою цѣлью сплывшаго матеріала и, во-вторыхъ, въ возстановленіи сползшей части.



Для использованія сползшаго матеріала, обычно, сильно пропитаннаго водой, необходимо, прежде всего, сколько возможно осушить его; обратившаяся въ жидкую грязь глина, если она лежитъ наверху, должна быть удалена, а прочій грунтъ спланированъ въ видѣ одной или нѣсколькихъ бермъ и прорытъ поперечными канавами, которыя, лучше всего, заполнить балластомъ; можно по канавамъ проложить и фашинные дренажи, если-же примѣнить щебенчатый дренажъ, то его надо покрыть досками или дернинами съ боковъ, во избѣжаніе заиливанія грязью. Верхняя часть канавы можетъ быть заложена утрамбованной глиной или растительной землей. Замѣна сплывшей части откосовъ, лучше всего, дѣлается изъ балласта или дерновой земли, послѣ предварительной обдѣлки уступами ядра, гдѣ это позволяетъ крутизна обнаженной его поверхности.

Указанная мѣра, обычно, обезпечиваетъ устойчивость насыпи; если-же сползшій грунтъ разжиженъ до чрезвычайныхъ размѣровъ, то приходится считать насыпь какъ-бы возведенной изъ сильно смоченнаго водою грунта; къ откосамъ такихъ насыпей мы и переходимъ.

Въ особо тяжелыхъ условіяхъ находятся насыпи, возводимыя изъ грунта, сильно насыщеннаго водой; это насыщеніе можетъ имѣть мѣсто уже въ выемкѣ или резервѣ, откуда берется земля для насыпи, во-первыхъ, при работѣ весной, особенно послѣ сильно снѣжной зимы, во-вторыхъ, лѣтомъ и осенью, послѣ сильныхъ или продолжительныхъ дождей и, въ-третьихъ, при наличіи грунтовыхъ водъ въ выемкѣ или резервѣ; испареніе содержащейся въ глиняной водѣ во время отвозки и при лежаніи въ насыпи, пока доступъ воздуха еще не закрытъ слѣдующимъ слоемъ, рѣдко бываетъ достаточно. Но и добытая сухая глина, уже послѣ ея отвозки въ насыпь, можетъ подвергаться дѣйствию сильныхъ дождей, влекущему за собой чрезмѣрное насыщеніе водой.

Разъ, по той или иной причинѣ, сказанное насыщеніе существуетъ, то условія быта насыпи становятся чрезвычайно неблагоприятными, особенно для ядра, такъ какъ испареніе воды изъ него не можетъ происходить, какъ это имѣетъ мѣсто въ откосахъ; прежде всего, получается возможность образованія плоскостей скольженія между отдѣльными слоями насыпи, различно пропитанными водой; это обстоятельство, преимущественно, опасно при отсыпкѣ негоризонтальными слоями. Болѣе общій характеръ имѣетъ разжиженіе ядра: при наличіи разжиженія происходитъ полное расползаніе насыпи, если-же количество находящейся въ насыпи воды не очень велико, то избытокъ ея ведетъ къ разжиженію лишь части ядра, обращающейся въ грязь и выдавливаемой болѣе плотной частью въ стороны; благодаря различной консистенціи ядра и откосовъ, выдавливаемая масса будетъ стремиться прорвать болѣе сухую оболочку откоса. Если объемъ разжиженной массы очень значителенъ, то происходятъ, обычно, въ нижней части насыпи, обширные выпльвы въ откосахъ, сопровождаемые обрушеніемъ выше лежащей части послѣднихъ. При маломъ количествѣ раз-

жиженной глины, выплывы имѣють мѣстный характеръ, или ихъ вовсе нѣтъ (только выпучиваніе), но, зато, можетъ произойти просачиваніе наиболѣе жидкой грязи по поверхности соприкасания ядра и откоса, благодаря чему скольженіе между ними обоими увеличивается и можетъ повлечь за собой сплывъ всего откоса.

Разумѣется, самой простой мѣрой противъ расплззанія подобныхъ насыпей было-бы полное избѣжаніе вывозки въ насыпи мокраго грунта, да это и требуется правилами строительнаго искусства. Но практика показываетъ, что это не такъ-то легко; не говоря о томъ, что и вполне сухой грунтъ можетъ быть разжиженъ уже въ насыпи сильными дождями, можетъ наступить такое дождливое лѣто, когда перерывы для обсушки выемокъ и резервовъ были-бы разнозначущими полному прекращенію работъ; даже при двухнедѣльномъ—мѣсячномъ дождливомъ періодѣ перерывъ земляныхъ работъ можетъ повлечь за собой такую задержку всего плана постройки, что отъ него приходится отказаться, а, между тѣмъ, именно длительные дожди даютъ наибольшее насыщеніе глины, такъ что требованіе перерыва работы на 1—2 дня послѣ сильныхъ ливней, единственно практически выполнимое, является лишь палліативомъ. Поэтому, возведеніе насыпей изъ мокрой глины есть явленіе почти неизбѣжное при всякой большой постройкѣ.

Наилучшей мѣрой, которая сообщаетъ устойчивость мокрой насыпи, являлось-бы обезпеченіе полного выпуска изъ нея воды; но это, въ силу водонепроницаемости глинистаго грунта, повлекло-бы за собой такіе громадныя расходы по дренарованію насыпи, что рекомендовать эту мѣру, какъ общую, рѣшительно невозможно; если вблизи есть крупный песокъ или камень, то, конечно, отсыпка изъ этого матеріала откосовъ на возможно значительную толщину и высоту дастъ значительную гарантію въ безопасности насыпи; можно песокъ и камень отсыпать также не сплошь, а въ видѣ отдѣльныхъ дренажей, обязательно, какъ и всякіе дренажи въ насыпи, покоящихся на хорошемъ основаніи (чер. 5); но и это случай исключительный, а по большей части приходится прибѣгать къ возможно пологимъ откосамъ; здѣсь, обычно, встрѣчаются затрудненія въ томъ, что мы совершенно не знаемъ—вся-ли насыпь будетъ отсыпана изъ мокраго грунта, или только часть ея. Если до начала работъ можно ожидать, что хотя часть насыпи будетъ возведена изъ мокраго грунта, то возможно руководствоваться чертежомъ 36, дающимъ, такъ сказать, первое приближеніе. Если оказывается, что и верхняя часть насыпи будетъ отсыпана изъ мокраго грунта, то весьма сомнительно, чтобы она удержалась на высотѣ  $H$  въ полуторномъ откосѣ; придется уположивать и его, если нельзя хотя-бы наверху сдѣлать песчаныхъ откосовъ (или изъ дерновой земли). Чтобы дать внизу опору неожиданно уполаживаемому откосу, слѣдуетъ прибѣгнуть къ помощи бермъ; сопряженіе послѣднихъ съ уже отсыпанными ранѣе откосами должно быть сдѣлано въ видѣ уступовъ (чертежъ 6а). Вообще говоря, при неопредѣ-

ленности условій работы мокрой насыпи, бермы, присыпаемая по мѣрѣ надобности, могутъ считаться неизбѣжными; одно изъ ихъ достоинствъ для даннаго случая заключается въ томъ, что хотя-бы на нижнюю берму можно употребить хорошей водопропускающей грунтъ, или дренировать ее, по образцу черт. 4, чѣмъ создать упоръ для всей насыпи.

Необходимо, однако, оговорить, что при очень сильномъ разжиженіи насыпи уположеніе откоса или подраздѣленіе его бермами не можетъ быть достаточнымъ, но его приходится разсматривать лишь какъ временную мѣру для поддержанія насыпи въ равновѣсіи до открытія движенія. Когда это открытіе послѣдуетъ, то доставка матеріаловъ облегчается и тогда необходимо приступить, во первыхъ, къ устройству дренажей въ откосахъ, а, во-вторыхъ, къ замѣнѣ балластомъ верхней части насыпи на толщину 1—2 саж., безъ чего произойдетъ сильное вдавливаніе балласта въ разжиженный грунтъ и образованіе такихъ балластныхъ корытъ, которыя неминуемо повлекутъ за собой расползаніе насыпи. Определить, когда необходима указанная стадія мѣръ, лучше всего путемъ буренія насыпи, которое и укажетъ, насколько разжиженъ въ ней грунтъ къ моменту пропуска поѣздовъ.

Въ случаѣ расползанія мокрой насыпи, должны быть приняты тѣ-же мѣры, что и при восстановленіи насыпи, возведенной изъ сухого грунта, но съ большимъ количествомъ дренажей, въ виду большаго количества скопившейся внутри насыпи воды и съ непремѣннымъ устройствомъ концевой части нижней бермы въ видѣ контръ-банкета изъ хорошаго грунта; если послѣдняго не откуда взять, то на контръ-банкетъ можетъ пойти глина, но отнюдь не изъ сплыва, подвергнутая утрамбованію, и позади ея долженъ быть проложенъ дренажъ (черт. 6б). <sup>1)</sup> Желательно пробурить середину сползшей насыпи въ нѣсколькихъ мѣстахъ, чтобы опредѣлить, не образовалось-ли гдѣ-либо внутри ея большаго скопленія жидкой грязи и, если таковое скопленіе имѣется, то къ нему подвести, въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, открытую дренажную канаву или штольню.

До сего времени разсматривались случаи, когда подошва насыпи не смачивалась водой грунтовой или надземной; грунтовая вода для насыпи наиболѣе опасна, такъ какъ она разжижаетъ самое ядро, а потому отводъ грунтовой воды долженъ быть сдѣланъ обязательно, помощью дренажа или штолень, въ зависимости отъ мѣстности; способъ устройства этихъ осушительныхъ мѣръ указанъ въ гл. V. Если отводъ грунтовыхъ водъ невозможенъ по тѣмъ или инымъ причинамъ полностью (напр., подпоръ съ низовой стороны), то, во всякомъ случаѣ, можетъ быть отведена верхняя часть ихъ, во избѣжаніе напора подъ

---

<sup>1)</sup> Этотъ продольный дренажъ желательно дополнить нѣсколькими поперечными, на полную высоту контръ-банкета; разстояніе между поперечными дренажами 8—12 сж.

насыпью, существенно опаснаго для ея ядра; грунтовая вода, находящаяся въ равновѣсіи, можетъ смачивать лишь подошву и откосы, вредное вліяніе чего парализуется приданіемъ пологихъ откосовъ по черт. 3б. Надземная вода, разумѣется, должна быть отведена и лишь насыпи, проходящія по поймамъ или озерамъ, могутъ подвергнуться смачиванію ею; въ первомъ случаѣ, смачиваніе имѣетъ лишь временный характеръ и отсыпка бермъ шириной не менѣе 1 сажени, вдобавокъ, достаточно укрѣпленныхъ, не допускаетъ прониканія воды къ откосамъ самой насыпи; во второмъ-же случаѣ, берма врядь-ли предохранитъ откосъ отъ смачиванія, а потому, въ предѣлахъ горизонта воды, ему желательно придавать пологость по черт. 3б.

Въ заключеніе, слѣдуетъ отмѣтить значеніе для устойчивости глинистыхъ и суглинистыхъ насыпей снѣга, лежащаго на откосахъ и на полотнѣ: съ одной стороны, онъ вреденъ, увеличивая давленіе на откосы и пропитывая ихъ и полотно водой при таяніи, а съ другой — полезенъ, предохраняя насыпь отъ промерзанія; поэтому, очистку снѣга въ случаѣ большого его скопленія на высокихъ насыпяхъ, устойчивость которыхъ сомнительна, дѣлать желательно, но лишь весной, когда нельзя ожидать большихъ морозовъ, и не на полную толщину слоя; съ сѣверной стороны насыпи, гдѣ снѣгъ можетъ лежать очень долго, слѣдуетъ дѣлать очистку въ два приѣма — вторую недѣли на двѣ позже первой и тогда счищать снѣгъ полностью.

б. *Насыти изъ суглинистыхъ грунтовъ.* Суглинокъ представляетъ собой механическую смѣсь глины и песка (30—70%), къ которой обычно примѣшиваются разнаго рода органическія и минеральныя вещества; по довольно часто употребляемой у насъ классификаціи Винклера, суглинки, часть кремнекислоты которыхъ соединена съ глиной химически и которые содержатъ 7—10% желѣзной охры, называются „Lehm“, а всѣ прочіе „Letten“; однако, и въ самой Германіи эта классификація далеко не общеупотребительна и чаще всего черезъ „Lehm“ обозначается суглинокъ вообще, тогда какъ слово „Letten“ встрѣчается рѣдко и тожественно съ нимъ.

Разнообразіе въ составѣ суглинокъ влечетъ за собой, очевидно, и разнообразіе ихъ свойствъ; общая черта суглинокъ заключается въ томъ, что они, подобно глинѣ, поглощаютъ много воды, но слабѣе задерживаютъ ее и далеко не столь водонепроницаемы; благодаря этому, насыпи, возведенныя изъ суглинка, болѣе однообразны въ различныхъ своихъ частяхъ, чѣмъ глинистыя. Если, слѣдовательно, грунтъ, попавшій въ насыпь, достаточно хорошъ, то и устойчивость ея будетъ лучше обезпечена, чѣмъ у глинистой насыпи; но, зато, при суглинкѣ, плохо держащемъ откосы, разрушеніе послѣднихъ захватываетъ несравненно большую часть насыпи, чѣмъ при глинѣ.

Наилучшими изъ суглинокъ должны считаться болѣе тошіе, особенно съ примѣсью крупнаго песка (имѣющіе обычно свѣтло-красноватый цвѣтъ); насыпямъ, возводимымъ изъ нихъ, можетъ придаваться или нормальный министерскій профиль, или профиль по черт.

За. Въ остальныхъ суглинкахъ (напр., желтыхъ, синихъ, темно-красно-бурыхъ) наибольшую опасность представляетъ образованіе поверхностей скольженія между отдѣльными слоями, съ такимъ ничтожнымъ коэффициентомъ тренія, что даже невысокія насыпи, отсыпанныя горизонтальными слоями, могутъ совершенно расползтись, принявъ откосъ около 1/10; подобное явленіе происходитъ, однако, лишь при очень обильномъ смачиваніи водой (напр., послѣ сильно дождливаго лѣта), въ остальныхъ-же случаяхъ наиболѣе часто происходятъ сплывы откосовъ, аналогичные глинистымъ насыпямъ. Поэтому, совершенно необходимо, при возведеніи значительныхъ насыпей, сдѣлать пробы на смачиваніе суглинка, чтобы провѣрить возможность образованія плоскостей скольженія и, если таковыя дѣйствительно будутъ имѣть мѣсто, то насыпи при самыхъ лучшихъ условіяхъ должны получить поперечный профиль по черт. 3б (для остальныхъ жирныхъ суглинковъ можно ограничиться, при сухой подошвѣ и сухомъ грунтѣ, профилемъ по черт. 3а); если-же подошва смачивается или если есть ожиданіе, что въ насыпь попадетъ мокрый грунтъ, то даже и профиль по чертежу 3б недостаточенъ и во всякомъ данномъ случаѣ приходится опредѣлять его ошущю.

Всѣ остальные мѣры, принимаемыя для обезпеченія устойчивости насыпей и для исправленія ихъ, одинаковы съ мѣрами, принимаемыми для глины; нужно только указать, что, благодаря большей водопроницаемости суглинковъ, дренажи могутъ примѣняться въ откосахъ суглинистыхъ насыпей съ болѣею пользою, чѣмъ глинистыхъ, при чемъ разстояніе между дренажами должно мѣняться въ зависимости отъ состава суглинка (5—8 саж. для жирнаго, 10—12 саж. для тощаго).

в. *Насыпи изъ мергеля.* Подъ мергелемъ разумѣется грунтъ, представляющій собой смѣсь глины и углекислой извести; если количество послѣдней не свыше 10%, грунтъ причисляется къ глинамъ или суглинкамъ; при 70% извести и свыше грунтъ относится уже къ каменнымъ породамъ. Мергель съ примѣсью 10—25% извести называется глинистымъ или суглинистымъ, въ зависимости отъ примѣси песку, и по своимъ свойствамъ скорѣе подходитъ къ суглинкамъ.

По характеру осадки, мергельная насыпь близка къ каменной, т.-е. даетъ продолжительную, значительную осадку, благодаря наличію пустотъ между отдѣльными комьями; сама по себѣ, такая насыпь вполне устойчива, но откосы ея, подъ влияніемъ воздуха, вывѣтриваются и осыпаются; это не представляетъ собой особенной бѣды при нормальномъ министерскомъ профилѣ, если нѣтъ опасенія, что поверхность откоса подвергнется усиленному дѣйствию воды, такъ какъ послѣдняя превращаетъ вывѣтренный мергель въ жидель. Поэтому, необходимо прежде всего принять мѣры противъ прониканія воды во внутрь насыпи, что можетъ быть достигнуто тщательной засыпкой промежутковъ верхнихъ слоевъ ея (1—1,5 саж. отъ верха) мергелевой мелочью, глиной или пескомъ и утрамбовкой; за балластными корытами надо очень тщательно слѣдить. Откосы должны быть покрыты

слоемъ растительной земли толщиной не мѣнѣе 0,20—0,25 саж. (имѣя въ виду, что мергель представляетъ собою очень плохую подпочву для растеній). Если низъ насыпи находится постоянно или временно въ водѣ, то откосы въ предѣлахъ дѣйствія воды должны быть защищены бермами изъ глины или песка.

Если мергельная насыпь отсыпана въ сильно дождливое время, то вполне возможно образованіе плоскостей скольженія внутри насыпи и расплываніе отдѣльныхъ кусковъ мергеля, почему приходится принимать мѣры, аналогичныя съ насыпями изъ плохого суглинка.

г. *Насыпи изъ иловатыхъ глинъ или суглинковъ.* Строительное искусство рекомендуетъ избѣгать совершенно иловатыхъ грунтовъ; дѣйствительно, они отличаются, кромѣ всѣхъ худшихъ свойствъ обыкновенной глины или суглинка, еще особо сильной способностью впитывать воду и слабой сопротивляемостью. Поэтому, глины и суглинки съ очень значительною примѣсью ила вовсе недопустимы для насыпей; если эта примѣсь не столь велика, то для низкихъ насыпей (не выше 1 сажени), глины и суглинки, ее содержащія, въ крайнемъ случаѣ, если нѣтъ ничего лучшаго, могутъ быть допущены, съ приданіемъ насыпи значительнаго запаса по высотѣ (20%) и, соответственно, по ширинѣ; откосы такимъ насыпямъ слѣдуетъ придавать двойные; о необходимости полной защиты отъ смачиванія водой подошвы говорить нечего. Для болѣе высокихъ насыпей, въ случаѣ особой крайности, можетъ быть допущена глина съ очень малымъ содержаніемъ ила, но съ принятіемъ тогда всѣхъ мѣръ, которыя требуются въ случаѣ возведенія насыпей изъ мокрой глины.

Характерный цвѣтъ сильно иловатыхъ глинъ—сѣрый или синій, слабо иловатыхъ—сѣрый съ оттѣнкомъ краснымъ, желтымъ или инымъ.

д. *Насыпи изъ растительныхъ грунтовъ.* Растительные грунты образуютъ двѣ основныя категоріи: грунты черноземные и грунты торфяные. Первые произошли благодаря перегниванію растительныхъ частицъ при отсутствіи воды, вторые—при наличіи ея. Представителемъ первой категоріи въ ея наиболѣе чистомъ видѣ является *черноземъ*, представляющій собой лёссовый грунтъ съ сильной примѣсью гумуса <sup>1)</sup> (перегноя); черноземъ обычно примѣняется лишь для покрытія откосовъ, но можетъ, если окажется въ избыткѣ, служить матеріаломъ и для невысокихъ насыпей; для большихъ насыпей, въ виду большой осадки, не годится; зато, для ремонта сплывшихъ частей и, если позволить его достаточное наличіе, для устройства откосовъ глинистыхъ и тому подобныхъ насыпей онъ очень хорошъ, благодаря своей способности пропускать воду; необходимо въ подобныхъ случаяхъ его утрамбовывать для устраненія осадки и во избѣжаніе пропитыванія водой. При постоянномъ присутствіи воды непригоденъ, такъ какъ можетъ въ концѣ концовъ обратиться въ грязь.

Чаще чернозема встрѣчается *дерновая* земля, т.-е. глина, сугли-

<sup>1)</sup>Количество гумуса доходить до 16%, но обычно равно 8—10%.

нокъ и супесокъ съ значительною примѣсью перегнившихъ растительныхъ остатковъ; наилучшее примѣненіе такой земли — на подсыпку откосовъ, какъ вновь отсыпаемыхъ, такъ и сплывшихъ, при чемъ обязательна утрамбовка. Какъ матеріаль для насыпей, дерновая земля вполне пригодна, но необходимо учитывать ея большую осадку.

Если изъ чернозема или дерновой земли дѣлается котръ-банкетъ у глинистыхъ и тому подобныхъ насыпей, то слѣдуетъ предохранять такія устройства отъ чрезмѣрнаго пропитыванія водой, для чего между котръ-банкетомъ и насыпью долженъ закладываться продольный дренажъ (песчаный, каменный или фашинный).

*Торфъ* отличается чрезвычайнымъ разнообразіемъ качества, въ зависимости отъ времени его образованія; во всякомъ случаѣ, онъ содержитъ весьма значительное количество воды, отдавая которую уменьшается въ объемъ, благодаря чему сильная осадка торфяныхъ насыпей неизбежна; поэтому, для большихъ насыпей торфъ непригоденъ, но для малыхъ онъ можетъ считаться превосходнымъ матеріаломъ (кромѣ лишь молодого торфа), такъ какъ не поддается разрушенію отъ дѣйствія воды и отлично держитъ откосы. Необходимо, однако, обсыпать торфяную насыпь сверху и съ боковъ пескомъ, а за неимѣніемъ его и глиной, чтобы предохранить ее отъ загоранія, неизбежнаго, когда торфъ просыхаетъ. Прежде считали, что легкость торфа (одна куб. саж. торфа вѣситъ въ сухомъ видѣ 300—450 пуд., въ сыромъ 530—700 пуд.) особенно пригодна для перехода глубокихъ болотъ; однако, этотъ взглядъ нельзя считать правильнымъ, такъ какъ при большой подвижной нагрузкѣ насыпь можетъ такъ сильно просѣсть, что это повлечетъ за собой перерывъ движенія; поэтому, торфяныя насыпи могутъ устраиваться лишь на неглубокихъ болотахъ, сплошь состоящихъ изъ торфа, гдѣ просадка не можетъ быть значительной и можетъ идти лишь постепенно, безъ прорыва болотной коры. На хорошемъ основаніи торфъ былъ-бы лучше всего, но врядъ-ли представится случай возведенія торфяной насыпи на подобномъ основаніи.

е. *Насыпи изъ песчаныхъ и супесчаныхъ грунтовъ.* Въ отличіе отъ глины, давленіе въ чисто-песчаной насыпи передается довольно равномерно, подъ угломъ около 45°; увеличеніе сцепленія въ ядрѣ и уменьшеніе въ верхней части насыпи, если и происходитъ (благодаря наличію глинистыхъ частицъ), то ничтожное и въ смыслѣ водопроницаемости вся насыпь одинакова, легко отдавая внаружу содержащуюся воду безъ образованія поверхностей скольженія. Однако, со временемъ можетъ произойти явленіе, обратное наблюдаемому при глинѣ: если песокъ недостаточно чистъ (супесчаная насыпь), то частицы глины и ила могутъ выноситься водой изъ середины насыпи внаружи и постепенно забивать промежутки между песчинками откосовъ; къ этому присоединяется засореніе отъ обсыпающихся съ откосовъ такихъ-же частицъ, отъ растительной земли, которой искусственно прикрывается насыпь, и отъ переносимыхъ вѣтромъ частицъ земли.

Въ концѣ концовъ можетъ получиться такой моментъ, когда вода, застаяясь внутри насыпи, вслѣдствіе попаданія черезъ полотно <sup>1)</sup>, преодолеваетъ статическое сопротивленіе массы откосовъ и разрушаетъ ихъ, словно прорванную плотину, что неминуемо повлечетъ за собой полное разрушеніе всей насыпи. Къ счастью, сказанное явленіе требуетъ многихъ лѣтъ и во время постройки не приходится принимать мѣръ противъ него; такія мѣры лежатъ уже на эксплуатаціи, которая обязана отъ времени до времени дѣлать буровыя изслѣдованія супесчаныхъ насыпей, гдѣ можно заподозрить застой воды.

Во время постройки приходится учитывать другія свойства мелкозернистыхъ песковъ и супесковъ, особенно иловатыхъ—ихъ способность расплзаться при избыткѣ воды; если насыпь подвержена постоянному или временному дѣйствию послѣдней, то откосы ей должны быть приданы очень пологіе не только въ предѣлахъ воднаго горизонта, но и нѣсколько выше, такъ какъ именно описываемые грунты обладаютъ высокою капиллярностью; весьма полезны также широкія бермы, съ примѣненіемъ которыхъ въ предѣлахъ воды и на 1 саж. выше ея можно задаться профилемъ по черт. 3а или б, въ зависимости отъ наличія иловатыхъ частицъ и крупности песка; при отсутствіи бермы пологость должна быть больше; насколько—дать общаго правила нельзя. Это—простѣйшій способъ бороться съ расплзаніемъ песчаныхъ насыпей и ремонтъ ихъ долженъ заключаться въ томъ-же уположеніи откосовъ и устройствѣ бермы.

Дороже стоитъ другая мѣра, а именно устройство контръ-банкетовъ изъ камня или крупнаго песка. Если приходится брать сильно сырой супесокъ изъ выемокъ или резервовъ, но отсыпать его на сухомъ мѣстѣ, то крайне желательно произвести дренированіе откосовъ, при чемъ дренажи можно расположить другъ отъ друга въ разстояніи 15—25 сажень. Дренированіе удобно тѣмъ, что даетъ на будущее время свободный выходъ воды изъ насыпи и этимъ гарантируетъ ея цѣлость на многіе годы.

Къ мелкозернистымъ супесчанымъ породамъ, и, притомъ, наихудшаго качества, слѣдуетъ присоединить и *лѣссовыя* породы, имѣющія отъ 7 до 20% глины, 8—9% окиси желѣза и болѣе или менѣе значительное количество углекислой извести; кромѣ того, въ лѣссахъ встрѣчаются и инныя минеральныя примѣси.

Крупно-песчаныя насыпи могутъ имѣть полуторный откосъ по всей высотѣ и министерскій профиль достаточно примѣнять лишь въ случаѣ смачиванія низа водой, при непремѣнномъ условіи устройства бермы вдоль насыпи.

ж. *Насыпи изъ вывѣтреннаго или вывѣтривающагося камня.* Вывѣтренный камень встрѣчается обычно въ видѣ осыпей и насыпи изъ него, большею частью, довольно устойчивы.

Глина, встрѣчающаяся въ осыпяхъ, служитъ цементирующимъ

1) А тѣмъ болѣе при наличіи воды, проникающей снизу насыпи.



матеріаломъ, но иногда ея значеніе и отрицательно: такъ, между частицами даже твердаго камня, облѣпленными нѣкоторыми сортами глины или вывѣтрившагося полевого шпата, могутъ образоваться поверхности скольженія, что влечетъ за собой полное разрушеніе насыпи, если она сильно насыщена водой. Поэтому, здѣсь приходится принимать тѣ-же мѣры предосторожности, что въ глинистыхъ или суглинистыхъ насыпяхъ.

Изъ числа вывѣтривающихся породъ особенно опасны нѣкоторые глинистые сланцы и глинисто-мѣловыя породы, подъ дѣйствіемъ воды превращающіеся въ жидкую грязь. Поэтому, камень, идущій въ насыпи, долженъ быть подвергнутъ предварительному вымораживанію, и затѣмъ пропитыванію водой, чтобы опредѣлить, будетъ-ли онъ просто трескаться отъ этого, или же расплываться. Въ послѣднемъ случаѣ, очевидно, должны быть приняты мѣры для обезпеченія устойчивости насыпи въ видѣ покрытія откосовъ на толщину промерзанія хорошей землей, уположенія откосовъ или устройства бермъ <sup>1)</sup>.

## 2. Вліяніе способа производства работъ на устойчивость насыпей.

Это вліяніе можетъ выразиться въ тройкой формѣ:

- а) примѣненіе абсолютно недопустимыхъ грунтовъ;
- б) неправильное расположеніе различныхъ грунтовъ въ неоднородной насыпи;
- в) неправильность способа отсыпки.

а. Абсолютно негодными для насыпей грунтами могутъ считаться лишь сильно-илистые грунты и молодой торфъ, такъ какъ насыпи, отсыпанныя изъ нихъ, при попаданіи воды, расплываются въ грязь. Для высокихъ насыпей, помимо того, непригодны грунты суглинистые, глинистые и супесчаные, если въ нихъ есть примѣсь ила, старый торфъ и черноземъ (за исключеніемъ откосовъ).

Къ недопустимымъ грунтамъ слѣдуетъ отнести мерзлыя глины и суглинки, какъ сильно мѣняющіеся въ объемѣ и, обычно, содержащіе избытокъ воды. Если-бы, однако, обстоятельства (напр., крайняя экстренность работъ) вынудили примѣнить мерзлый грунтъ, то насыпь должна быть, хотя-бы послѣ отсыпки, обезпечена дренированіемъ и откосы ея уположены по сравненію съ первоначальнымъ проектомъ, либо подраздѣлены бермами. Вообще, такую насыпь слѣдуетъ разсматривать, какъ наихудшій случай насыпи, возведенной изъ мокрой глины или суглинка. Менѣе опасно для всей насыпи примѣненіе мерзлаго грунта на откосахъ, но, зато, сплывъ послѣднихъ можно считать въ такомъ случаѣ неизбѣжнымъ, безъ примѣненія частыхъ дренажей.

---

<sup>1)</sup> Сказанное относится и къ нѣкоторымъ породамъ конгломератовъ, гдѣ деформироваться можетъ связующее вещество.

б. Если насыпь отсыпана изъ разнородныхъ грунтовъ, то всѣ возможные случаи сводятся къ двумъ: во-первыхъ, предназначенные для насыпи различные грунты имѣются всѣ въ довольно значительномъ количествѣ, и, во-вторыхъ, одинъ изъ грунтовъ имѣетъ предпочтительное значеніе, а другіе встрѣчаются лишь въ очень ограниченномъ количествѣ.

а) Первый случай, въ свою очередь, подраздѣляется на два: когда налицо имѣется два грунта, одинъ болѣе, другой менѣе водонепроницаемый, причемъ между ними, отъ попаданія влаги, могутъ образоваться плоскости скольженія; къ другому подраздѣленію относится случай, когда эти плоскости скольженія не образуются, т.-е. когда одинъ изъ грунтовъ—чисто песчаный, каменистый или супесчаный.

Если существуетъ возможность образованія плоскости скольженія, то болѣе водонепроницаемый грунтъ слѣдуетъ предпочтительно отсыпать на *верхъ* насыпи; этимъ онъ предохранитъ послѣднюю отъ попаданія воды и тѣмъ препятствуетъ образованію плоскости скольженія; помимо того, такой грунтъ лучше задерживаетъ уже содержащуюся въ немъ воду, а потому и смачиваніе ея поверхности соприкасанія будетъ несравненно меньше, чѣмъ въ обратномъ случаѣ <sup>1)</sup>.

Если обстоятельства заставляютъ одновременно отсыпать оба грунта, то возможна, конечно, сотсыпка въ перемѣшку, но допускается лишь въ случаѣ малой разницы употребляемыхъ грунтовъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ внутри насыпи могутъ оказаться грунты гораздо болѣе водопроницаемые, пропитываніе водой которыхъ повлечетъ за собой полное расползаніе насыпи. Поэтому, правильнѣе всего сыпать во внутрь насыпи грунтъ болѣе водонепроницаемый; правда, такой способъ отсыпки сдѣлаетъ еще болѣе ощутительной уже естественно существующую разницу между ядромъ и откосами, что, при недостаточной пологости послѣднихъ, можетъ вызвать ихъ сплывъ, но, все-же, это предотвращаетъ распываніе всей насыпи, которое можетъ произойти при налитываніи ея ядра водой и отсутствіи свободнаго выхода для послѣдней.

Если одинъ изъ грунтовъ крупно или средне-песчаный и супесчаный, то образованія плоскости скольженія бояться нечего, а потому здѣсь порядокъ отсыпки лучше дѣлать обратный—сверху песокъ, а снизу болѣе водонепроницаемый грунтъ; такой порядокъ будетъ достигать весьма важной цѣли—предохраненія отъ балластныхъ корытъ.

Разумѣется, возможно располагать песокъ и внизу насыпи; въ случаѣ постояннаго смачиванія подошвы водой, слѣдуетъ учесть высокую капиллярность песчаныхъ грунтовъ и возможность смачиванія водой глинистаго верха насыпи, при недостаточной толщинѣ нижняго песчанаго слоя.

---

<sup>1)</sup> Если обстоятельства (неудобство возки, задержка въ работахъ, удорожаніе) потребуютъ вывозки болѣе водопроницаемыхъ грунтовъ на верхъ насыпи, то отсыпка горизонтальными слоями обязательна.

Если на верхнюю часть насыпи пошелъ мелкій песокъ, то стеканіе воды, иногда въ значительномъ количествѣ, по верху нижней части, менѣе пропускающей воду, можетъ повлечь за собой вымываніе песчаныхъ частицъ и деформацию насыпи; желательно, поэтому, уширять нижнюю часть послѣдней, чтобы у подошвы песчаного откоса оставалась берма шириною не менѣе 0,50 саж. съ каждой стороны. Если можно достать болѣе крупнаго песка, гравія или камня, то крайне желательно дѣлать изъ него основаніе верхней части, хотя-бы всего 0,10 саж. толщиной, играющее роль дренажа для вышележащаго мелкаго песка.

При одновременной отсыпкѣ грунта песчаного и глинистаго, допускать отсыпку въ перемѣшку рѣшительно нельзя, въ виду образованія водоносныхъ гнѣздъ внутри насыпи, и песокъ обязательно долженъ отсыпаться на откосы, лучше всего—въ видѣ контръ-банкетовъ, рассчитываемыхъ какъ подпорныя стѣнки, чѣмъ значительно обезпечивается устойчивость насыпи.

Все, сказанное о пескѣ, полностью относится и къ каменистымъ или щебенистымъ грунтамъ.

Особо приходится выдѣлнить насыпи, отсыпанныя изъ двухъ грунтовъ съ почти одинаковой водопроницаемостью, но съ различными качествами, какъ, напримѣръ, глина (или суглинокъ) и мергель, поверхность скольженія между которыми имѣетъ уголъ тренія всего въ 16—17°. Проще всего отсыпать такой грунтъ въ перемѣшку, чѣмъ достигается заполненіе пустотъ между отдѣльными комьями мергеля; правда, возможность образованія частныхъ поверхностей скольженія здѣсь не исключается, но, при отсыпкѣ горизонтальными слоями насыпи, все-же будетъ достигнута устойчивость при приданіи ей профиля по черт. 3а или б. Возможно также отсыпать ядро изъ мергеля, какъ легко вывѣтривающагося, а откосы — изъ глины или суглинка, но, при этомъ, ихъ пологость должна быть опредѣлена расчетомъ, въ зависимости отъ упомянутаго угла скольженія.

Если приходится дѣлать послѣдовательную отсыпку изъ глины (или суглинка) и мергеля, то верхняя и нижняя части насыпи, дѣлаемая изъ различныхъ матеріаловъ, обязательно должны быть подраздѣлены слоемъ щебня или крупнаго песка, толщиной не менѣе 0,50 саж., отсыпаннаго не вполне горизонтально, а выпуклостью кверху.

β) Переходя ко второму случаю, мы и здѣсь встрѣчаемъ подраздѣленія: либо главная масса насыпи состоитъ изъ болѣе водонепроницаемыхъ грунтовъ, либо, наоборотъ, лишь небольшая примѣсь такова.

Въ первомъ случаѣ, недопустима отсыпка болѣе водопроницающихъ грунтовъ внутрь насыпи, или, даже, въ видѣ тонкихъ отдѣльныхъ горизонтальныхъ слоевъ, такъ какъ эти послѣдніе, подъ влияніемъ давленія вышележащей части насыпи, могутъ принять обращенную внизъ выпуклостью форму и этимъ способствовать скопленію воды. Болѣе водопроницаемые грунты могутъ отсыпаться лишь во внѣшней

части откоса и лучше всего, если они будутъ расположены *внизу* откосовъ, гдѣ играютъ дренажную роль.

Если отсыпается небольшое количество грунтовъ болѣе водонепроницаемыхъ, чѣмъ вся насыпь, то они могутъ итти во внутрь всей остальной насыпи, въ перемѣшку съ основнымъ грунтомъ, но ихъ никакъ нельзя отсыпать горизонтальными сплошными слоями на основаніи уже приведенныхъ выше соображеній; въ откосахъ такой грунтъ можно употреблять лишь въ *верхней* ихъ части, чтобы внизу имѣть свободный выходъ для воды изъ насыпи.

Мѣры ремонта описываемой категоріи насыпей такія-же, какъ и для насыпей изъ плохого однороднаго грунта, но необходимо обратить особое вниманіе на выпускъ воды изъ гнѣздъ водонепроницаемаго грунта, скопляющейся въ насыпи и бермахъ.

в. Отсыпку негоризонтальными слоями приходится примѣнять очень часто при высокихъ насыпяхъ, но серьезныхъ неудобствъ это не представляетъ, за исключеніемъ слѣдующихъ случаевъ: засыпки искусственныхъ сооружений, особенно трубъ, при которыхъ, вдобавокъ, нужна и симметричная съ обѣихъ сторонъ отсыпка; отсыпки на косогорѣ, гдѣ образованію продольныхъ трещинъ можетъ способствовать негоризонтальность слоевъ; отсыпки изъ различныхъ грунтовъ или грунтовъ, въ различной степени насыщенныхъ влагой, могущей повлечь за собой цѣлый рядъ опасностей для насыпи. Нужно, однако, оговорить, что, если насыпь не кончается въ теченіе одного строительнаго періода, то ее необходимо спланировать къ осени для придачи горизонтальности верху и, притомъ, въ теченіе этого-же періода отсыпать на полную ширину. Въ противномъ случаѣ, неравномѣрность осадки различныхъ частей насыпи будетъ слишкомъ велика и образованіе внутреннихъ поверхностей скольженія болѣе, чѣмъ вѣроятно.

### 3. Осадка основанія.

Какъ уже сказано выше, въ свѣже-насыпанной насыпи давленіе передается подѣ очень острымъ угломъ къ вертикали, благодаря чему можно съ извѣстнымъ приближеніемъ принять величину давленія на грунтъ равной  $\gamma h$ , гдѣ  $h$ —высота насыпи,  $\gamma$ —вѣсъ 1 куб. единицы ея грунта; предполагая для чаще всего встрѣчающихся грунтовъ  $\gamma$  равной 1000—1200 пуд. въ 1 куб. саж., получимъ для давленія на 1 кв. саж. основанія  $1000h$ — $1200h$  пудовъ, а на 1 кв. дюймъ  $0,14h$ — $0,17h$ . Если мы будемъ руководствоваться для опредѣленія давленія на грунтъ данными, принимаемыми для основанія искусственныхъ сооружений, то получимъ для грунтовъ наносныхъ и близкихъ къ нимъ слабыхъ глинистыхъ и песчаныхъ высоту насыпи, при которой не происходитъ сжатіе грунта, не свыше 3—4,5 саж.

Обычно, возможность сжатія основанія учитывается лишь для болотъ, но безконечный рядъ примѣровъ изъ практики русскихъ и заграничныхъ желѣзныхъ дорогъ показываетъ совершенно опредѣленно, что цѣлый рядъ глинъ представляетъ собой весьма ненадежное, въ смыслѣ сжимаемости, основаніе.

Изъ такихъ глинъ, несомнѣнно, первое мѣсто занимаетъ *синяя* глина <sup>1)</sup>; рѣже въ Россіи встрѣчаются мягкіе желтые суглинки и лёссовые грунты. Разумѣется, чѣмъ больше воды въ плохихъ грунтахъ, тѣмъ они слабѣе <sup>2)</sup>.

Совершенно особый характеръ имѣетъ деформація болотъ. Последнія, по характеру своего образованія, сводятся въ двѣ основныя группы: болота, образованныя засореніемъ озеръ и медленно текущихъ водотоковъ, и болота, образованныя застоємъ воды на низинахъ, поймахъ и т. п. Первая группа заболачивается сверху внизъ, вторая — наоборотъ.

Поэтому, нормальный поперечный разрѣзъ болотъ первой категоріи таковъ: наверху старый торфъ, далѣе молодой торфъ, жидкій иль <sup>3)</sup>, синяя глина, иногда съ еще неперегнившими растительными остатками, сѣрая глина, красная или желтая глина; при песчаномъ днѣ слои глины замѣняются соответственными слоями песка. Болота второй группы имѣютъ наиболѣе слабый грунтъ наверху, съ постепеннымъ уплотненіемъ къ низу. Осадка болотъ этой группы вполне аналогична съ таковой у грунтовъ слабыхъ, но не болотныхъ; не отличается отъ нея и осадка очень старыхъ болотъ первой группы, въ которой слой ила уже исчезъ. Зато, характеръ осадки у большинства болотъ первой группы совершенно оригиналенъ: верхніе слои торфа играютъ роль пласта, плавающего на жидкомъ или полужидкомъ илѣ. Пока давленіе на этотъ пластъ невелико, онъ только сжимается, но, когда давленіе превосходитъ извѣстный предѣлъ, происходитъ разрывъ пласта и моментальная рѣзкая просадка насыпи, сопровождаемая выпучиваніемъ торфа съ боковъ. Какая толщина торфяного слоя можетъ выдержать насыпь извѣстной высоты — сказать невозможно, въ виду весьма различной сопротивляемости торфа, въ зависимости отъ его возраста; примѣрно, можно сказать, что торфяной слой въ 2 сажени, плавающей

---

1) Получившая свой цвѣтъ отъ *органическихъ*, а не отъ минеральныхъ примѣсей.

2) Любопытный случай деформации основанія насыпи на одной изъ австрійскихъ дорогъ описанъ у Гейне (Heune, Der Erdbau); основаніе состояло изъ гравія, произшедшаго отъ вывѣтриванія гѣанита, и казалось вполне надежнымъ. Однако, подъ давленіемъ насыпи, основаніе дало громадную осадку и отжалось въ сторону; оказалось, что отдѣльныя зерна гравія были окружены тонкимъ слоемъ вывѣтренаго полевого шпата и, при попаданіи грунтовой воды, между ними образовались поверхности скольженія, повлекшія за собой деформацию основанія и разрушеніе насыпи.

3) Толщина слоевъ торфа и ила весьма различна — въ болѣе старыхъ болотахъ слой торфа во много разъ превышаетъ илистый (напр., 3 саж. торфа и 0,50 саж. ила, 2 саж. торфа и 0,10 саж. ила), въ новыхъ-же слой торфа иногда совершенно ничтоженъ и едва сдерживаетъ тяжесть человѣка (напр., 0,50 саж. торфа и 4 саж. ила).

на илѣ, можетъ выдержать насыпь не выше сажени (безъ подвижной нагрузки).

Какова-бы ни была консистенція слабаго грунта основанія, осадка его неизбѣжна и нѣтъ никакого смысла стараться ее уменьшить, такъ какъ всѣ попытки въ этомъ направленіи не давали хорошихъ результатовъ; наоборотъ, надо стремиться ускорить осадку, принявъ всѣ мѣры къ тому, чтобы она происходила правильно и чтобы не влекла за собой катастрофическихъ явленій. Наилучшимъ способомъ для ускоренія осадки слѣдуетъ признать снятіе верхняго слоя грунта на всю ширину подошвы насыпи и на такую глубину, на какую позволить грунтовая вода (въ торфу эта глубина рѣдко превосходитъ 0,30—0,40 саж.); вынутая земля можетъ быть, впослѣдствіи, обращена на бермы <sup>1)</sup>. Болѣе дешевое средство въ болотахъ—устройство прорѣзовъ продольныхъ и поперечныхъ.

Обычно, продольные прорѣзы дѣлаются лишь вдоль подошвы откосовъ; однако, это нельзя считать достаточнымъ, такъ какъ образованный прорѣзами участокъ будетъ подверженъ неравномѣрному давленію, особенно при высокой насыпи, и въ серединѣ вырѣзанный участокъ обычно разрывается. Поэтому, слѣдуетъ дѣлать еще дополнительные прорѣзы вдоль бровки или нѣсколько въ сторонѣ отъ нея, какъ показано на черт. 7. Въ этомъ случаѣ получается независимая осадка подъ откосами и въ серединѣ насыпи.

Насыпи на болотахъ съ тонкимъ слоемъ торфа по верху садятся, конечно, весьма скоро и въ этомъ отношеніи такія болота предпочтительнѣе, чѣмъ болота съ толстымъ слоемъ торфа и тонкимъ жидкимъ слоемъ внизу; въ болотахъ послѣдняго типа прорѣзы или срѣзка грунта, поневолѣ дѣлаемые на небольшую глубину, недостаточно ослабляютъ сцѣпленіе торфа подъ основаніемъ насыпи со всей окружающей массой, а потому разрывъ торфяного „плота“ можетъ не наступать весьма долго. При низкихъ насыпяхъ приходится ихъ даже нагружать искусственно (землей), чтобы не получить впослѣдствіи рѣзкой просадки подъ поѣздами.

Такъ какъ необходимо выдавить наиболѣе плохой грунтъ изъ подъ насыпи <sup>2)</sup>, а не сжать его подъ ней, то отсыпку слѣдуетъ вести отъ оси пути въ обѣ стороны. Въ виду бѣльшаго давленія въ серединѣ насыпи, подъ откосами ея грунтъ можетъ оказаться не выдавленнымъ окончательно, что можетъ повлечь за собой весьма нежелательныя послѣдствія; дѣйствительно, отжимаемый въ сторону грунтъ сплотняется и временно можетъ выдержать давленіе откоса, но, затѣмъ, это сплотненіе пропадаетъ, благодаря постепенному передвиженію частицъ грунта въ сторону и можетъ наступить моментъ нарушенія равновѣсія, вслѣдствіе чего цѣлый откосъ отрывается отъ насыпи; особенно грандіозные

---

<sup>1)</sup> Есть случаи, когда вычерпываніе, хотя-бы подъ водой, плохого грунта обязательно; подобные случаи имѣютъ мѣсто при значительномъ поперечномъ скатѣ мѣстности и разсмотрѣны ниже, въ отд. 4.

<sup>2)</sup> Т.-е. илѣ, разжиженную глину и т. п.

размѣры такое явленіе можетъ принять на болотѣ при поперечномъ скатѣ его. Поэтому, слѣдуетъ съ обѣихъ сторонъ насыпи, или, при поперечномъ скатѣ мѣстности, съ низовой, отсыпать бермы такъ, чтобы изъ подъ откоса насыпи былъ выдавленъ весь плохой грунтъ; отсыпка бермъ должна производиться позже устройства насыпи, при чемъ грунтъ для бермъ можетъ быть взятъ и плохой, имѣя въ виду ихъ основную цѣль—лишь уплотнять основаніе. При значительномъ поперечномъ скатѣ мѣстности, помимо того, необходимо начинать отсыпку насыпи не въ серединѣ, а отъ подошвы верхового откоса.

Для слабаго основанія высокія насыпи предпочтительнѣе низкія, такъ какъ онѣ гораздо скорѣе и основательнѣе выжимаютъ изъ подъ себя плохой грунтъ, но это можетъ быть лишь при томъ условіи, что нахожденіе плохого основанія не является сюрпризомъ для строителя. Изслѣдованіе грунта, конечно, для слабыхъ грунтовъ имѣетъ особую важность, почему нельзя допустить принятаго на нѣкоторыхъ желѣзныхъ дорогахъ обыкновенія—изслѣдовать глубину болотъ тупымъ шупомъ<sup>1)</sup>; необходимо буреніе обыкновеннымъ, хотя-бы легкимъ, буромъ. Такое буреніе не только дастъ полную картину напластованія торфа и ила, но опытный бурильщикъ всегда укажетъ и на сомнительные глинистые слои: въ нихъ буръ идетъ отъ нажима, тогда какъ въ нормальномъ грунтѣ—отъ вращенія. Этимъ простымъ способомъ можно избѣгнуть тѣхъ неожиданностей, которыя имѣли мѣсто, напр., при переустройствѣ Сибирской дороги и которыя были вызваны именно прощупываніемъ лишь верхняго слоя торфа, прикрывавшаго слабую синюю глину, и бывшую причиной расползанія насыпей.

Нижняя часть насыпей на болотѣ постоянно смачивается водой, почему ей необходимо придавать болѣе пологіе откосы; однако, это достигается автоматически, такъ какъ при прорывѣ торфяного пласта отсыпанная земля ложится достаточно полого. Въ предѣлахъ торфяного слоя увеличенія пологости не требуется, такъ какъ насыпь съ боковъ сжата толщами грунта, хотя-бы и слабаго. При поперечномъ скатѣ для всякаго слабаго основанія присоединяется опасность смачиванія подошвы насыпи, что можетъ вызвать сползаніе ея; бермы съ низовой стороны въ значительной мѣрѣ парализуютъ эту опасность. Если насыпь сама состоитъ изъ скользкаго грунта (глина), то желательнѣе берму замѣнить контръ-банкетомъ изъ песка, камня и т. п., врѣзая его въ твердый грунтъ и принявъ мѣры для осушенія подошвы контръ-банкета (черт. 8). Разумѣется, въ болотахъ и, вообще, тамъ, гдѣ нѣтъ возможности добраться до твердаго грунта, отъ устройства контръ-банкетовъ приходится отказаться и ограничиться бермами изъ того-же матеріала, что и насыпь.

Если оставить въ сторонѣ возможность сползанія по скользкому основанію, то дальнѣйшихъ деформаций основаній въ болотахъ не должно ожидать, въ виду равновѣсія давленія стоячей воды съ обѣихъ

<sup>1)</sup> Напр., при болотахъ съ толстымъ торфянымъ слоемъ вверху и илистымъ внизу, шупъ лишь въ рѣдкихъ случаяхъ обнаружитъ присутствіе ила.

сторонъ насыпи. Иначе обстоитъ дѣло, если грунтовая вода циркулируетъ въ верхнемъ, слабомъ, слоѣ грунта; послѣ вынута или выдавливанія его, глинистая насыпь прекращаетъ циркуляцію воды, почему у подошвы первой можетъ образоваться значительное, хотя и незамѣтное глазу, скопленіе почвенной воды, влекущее за собой не только разжиженіе нижнихъ слоевъ насыпи, но и возможность просачиванія подъ нею; это-же, въ свою очередь, можетъ повлечь образованіе поверхности скольженія и грандіозное обрушеніе насыпи. Поэтому, въ описанномъ случаѣ действительно необходимъ полный отводъ грунтовой воды изъ верхняго слабаго слоя, что весьма часто можетъ быть сдѣлано помощью открытых канавъ, но, при большой толщинѣ слоя, можетъ потребовать и болѣе сложныхъ мѣръ, а именно глубокихъ дренажей или штоленъ, описанныхъ въ гл. V<sup>1)</sup>.

Какая-бы мѣра водоотвода ни была принята, но, все-же, поверхностный водоотводъ необходимъ независимо отъ нея, для защиты насыпи отъ верховыхъ водъ и для лучшаго осушенія ея основанія. Поверхностный водоотводъ необходимъ и на болотахъ, гдѣ онъ способствуетъ меньшему прониканію болотной воды въ верхнюю часть насыпи, защищая ее отъ пучинъ. Если есть возможность помощью отводной канавы выпустить всю воду изъ болота, то эта возможность обязательно должна быть использована, такъ какъ тогда условія устойчивости насыпи будутъ вполнѣ хороши; подобное осушеніе болотъ возможно почти всегда у небольшихъ болотъ, расположенныхъ на возвышенностяхъ и косогорахъ, и, къ сожалѣнію, крайне рѣдко возможно у болотъ, расположенныхъ въ низинахъ.

При очень большой толщинѣ слабаго верхняго слоя, лежащаго на хорошей подпочвѣ, особенно, если онъ имѣетъ сильный поперечный скатъ, можетъ оказаться болѣе выгоднымъ замѣнить весьма высокія насыпи вѣдуками; послѣдніе требуютъ много меньшаго (по площади) снятія верхняго слоя, водоотводъ отъ нихъ проще и устойчивость плотна получается почти абсолютная. Разумѣется, дать общее рѣшеніе вопроса невозможно и въ каждомъ данномъ случаѣ должно быть произведено сравненіе стоимости обоихъ вариантовъ, которое и является рѣшающимъ.

Мѣры ремонта въ случаѣ деформации насыпи, вызванной осадкой основанія и расползаніемъ его въ стороны, сводятся къ отсыпкѣ со стороны ссыла большихъ бермъ, выжимающихъ изъ подъ себя плохой

---

<sup>1)</sup> На черт. 9 изображенъ случай (на дорогѣ Great Western въ Англіи, въ долинѣ р. Брентъ), когда слабость основанія осложнилась тѣмъ, что съ низовой стороны насыпи протекаетъ рѣка, лишая этимъ опоры основаніе и смачивая его; основаніе состояло изъ очень слабаго желтаго суглинка (такъ наз. Лондонская глина), сверху прикрытаго слоемъ песка и глины. Деформация насыпи и основанія видны изъ чертежа; отъ разрушенія насыпь не спасло и прекрасное качество ея матеріала (гравій). Возстановленіе насыпи было сдѣлано при помощи большой бермы съ низовой стороны, показанной на чертежѣ и воспрепятствовавшей дальнѣйшему выщипыванію грунта въ сторону рѣки.



грунтъ, и къ возстановленію откосовъ; даже если есть возможность вынуть грунтъ подъ берму, то дѣлать это довольно рискованно, такъ какъ во время работы у насыпи отнимается, хотя и слабая, опора; вынутіе грунта возможно лишь малыми участками, съ немедленной отсыпкой на вынудомъ мѣстѣ контръ-банкета, при чемъ должны быть приняты мѣры для осушенія его подошвы.

#### 4. Сползаніе насыпи по грунту.

Сползаніе это можетъ быть вызвано не только значительнымъ поперечнымъ или продольнымъ скатомъ мѣстности, но и образованіемъ плоскости скольженія между подошвой насыпи и ея основаніемъ даже при поперечномъ скатѣ сравнительно маломъ; подобное явленіе можетъ образоваться лишь тогда, когда имѣетъ мѣсто смачиваніе подошвы насыпи водой, а потому первая и необходимая мѣра для обезпеченія насыпи отъ сползанія заключается въ *полномъ отводѣ* отъ ея подошвы воды нагорной и грунтовой. Обратимся теперь къ разсмотрѣнію отдѣльныхъ случаевъ сползанія, при чемъ о необходимости отвода воды уже упоминать въ отдѣльности не будемъ.

а) Обычно предполагають, что при поперечномъ скатѣ свыше  $\frac{1}{5}$  есть опасеніе въ сползаніи насыпи, противъ чего принимается обдѣлка основанія уступами; къ этой общепринятой мѣрѣ необходимо дать слѣдующія указанія: уступы должны быть сдѣланы въ надежномъ грунтѣ, почему требуемые техническими условіями размѣры ихъ не включаютъ въ себя верхній, болѣе слабый, слой основанія; стокъ воды долженъ быть обезпеченъ съ уступовъ, для чего проще всего задавать имъ уклонъ внаружу не менѣе 0,01 <sup>1)</sup>. Такіе-же уступы должны быть сдѣланы и при очень крутомъ продольномъ скатѣ мѣстности, чтобы этимъ избѣгнуть поперечныхъ и косыхъ трещинъ въ насыпи.

Чрезвычайно желательное дополненіе уступовъ контръ-банкетомъ, хотя-бы изъ того-же грунта, что и насыпь, съ низовой части косогора, причемъ подошва контръ-банкета должна или опираться на ровную мѣстность у подошвы косогора (см. черт. 10), или, если это недопустимо, то врѣзаться въ грунтъ, съ приданіемъ надлежащаго выпуска воды, какъ показано на черт. 8; въ данномъ случаѣ контръ-банкетъ дѣлается въ запасъ прочности, а потому его размѣры можно и не провѣрять расчетомъ. Въ тѣхъ случаяхъ, когда внизу косогора имѣется проточная или стоячая вода, могущая подмывать подошву насыпи, контръ-банкетъ сильно укрѣпляется или дѣлается изъ камня, причемъ расчетъ его уже обязателенъ.

б) Если верхній слой грунта или, рѣже, нижележащій, будетъ

---

<sup>1)</sup> Если-же уступамъ задается обратный уклонъ, то черезъ 15—20 саж. въ нихъ должны быть сдѣланы прорѣзы въ сторону подошвы косогора, располагаемые въ шахматномъ порядкѣ.

сдавленъ насыпью такъ, что циркуляція грунтовой воды будетъ прервана, то съ верховой стороны насыпи образуется скопленіе грунтовой воды, могущее повлечь за собой разрушеніе насыпи. Единственнымъ правильнымъ способомъ противодѣйствовать этому является надлежащій отводъ воды, который, въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, можетъ быть сдѣланъ помощью открытыхъ канавъ, глубокихъ дренажей или штоленъ; безъ этой мѣры насыпь, отсыпанная изъ самаго лучшаго грунта, будетъ неустойчива.

в) Когда верхній слой грунта, какъ недостаточно надежный, вынимается полностью, то, независимо отъ отвода воды, желательно обдѣлывать поверхность основанія уступами, чѣмъ, во-первыхъ, срѣзается верхній, болѣе слабый, его слой, а, во-вторыхъ, парализуется возможность сползанія насыпи, къ подошвѣ которой все-же будетъ проникать грунтовая вода. Разумѣется, при маломъ поперечномъ скатѣ такихъ уступовъ достаточно сдѣлать подъ всей подошвой насыпи 2—4.

г) Наболѣе опаснымъ бываетъ сползаніе насыпи, когда вода мѣшаетъ надлежащимъ образомъ обдѣлать основаніе и когда эта вода будетъ всегда находиться у подошвы насыпи, смачивая ее. Здѣсь, въ свою очередь, приходится разсмотрѣть нѣсколько отдѣльныхъ случаевъ: а) когда подошва насыпи находится вся въ болотѣ или иномъ слабомъ грунтѣ, вынуть который нѣтъ возможности; б) когда лишь часть низового откоса насыпи находится въ такихъ-же условіяхъ; γ) когда нижняя часть насыпи вся или частью лежитъ въ водѣ, стоячей или проточной.

а) Единственнымъ способомъ удержанія въ равновѣсіи насыпей, проходящихъ по болоту съ поперечнымъ скатомъ дна, служить, независимо отъ приданія достаточно пологихъ откосовъ, отсыпка съ низовой части бермы изъ того-же матеріала, что и насыпь; размѣръ бермы, конечно, зависитъ отъ поперечнаго сѣченія насыпи, но, во всякомъ случаѣ, ширина бермы не должна быть менѣе 2 саж.; если есть возможность, то берму слѣдуетъ опереть на уже ровное дно. Въмѣсто прорѣзовъ въ данномъ случаѣ нужно сдѣлать полную срѣзку подъ всю насыпь и берму на возможно большую глубину, а срѣзанный грунтъ въ послѣдствіи пустить на верхъ бермы; если возможно, срѣзку слѣдуетъ дѣлать глубже къ верховой сторонѣ, отъ которой ведется отсыпка.

б) Въ тѣхъ случаяхъ, когда лишь часть низового откоса насыпи окажется въ болотѣ, отсутствіе надлежащихъ мѣръ вызоветъ крайне неравномѣрную осадку и разрывъ насыпи, со скольженіемъ въ болото подгорного откоса; чтобы избѣгнуть этого, необходимо, хотя-бы дорогой цѣной, вынуть весь болотный грунтъ подъ откосомъ, или, по крайней мѣрѣ, возможно большую часть его, и отсыпать съ подгорной стороны большую берму, играющую роль контръ-банкета; по возможности, она должна опираться на ровное дно болота. Если болотный грунтъ вынуть не весь, то берма и часть насыпи въ болотѣ должны быть отсыпаны въ первую очередь, а отсыпка верхней части насыпи можетъ послѣ-

довать лишь послѣ полного отжатія болотнаго грунта. Для достиженія сказанной цѣли, можетъ потребоваться временная нагрузка земель части насыпи съ бермой, лежащей въ болотѣ; послѣ полной осадки, этотъ избытокъ земли разравнивается горизонтальными слоями на всю подошву насыпи.

γ) Дно рѣки, озера или пруда бываетъ обычно покрыто илистымъ, хотя иногда и очень тонкимъ слоемъ, по которому легко происходитъ сползаніе насыпи, даже при очень маломъ продольномъ или поперечномъ скатѣ дна. Чтобы предупредить сползаніе, *абсолютно необходимо опереть подошву насыпи на ровную или имѣющую малый скатъ часть дна*: это достигается обычно присыпкой съ низовой стороны широкой бермы, если насыпь песчаная, а если глинистая, то устройствомъ каменнаго или песчанаго контръ-банкета, выносящаго на себя вѣсь всей насыпи и соотвѣтственно рассчитываемаго. При неглубокой стоячей водѣ возможно и для глинистой насыпи ограничиться глинистой-же бермой, но откосы ея должны быть весьма пологи, не круче чѣмъ по черт. 3 б; подобныя бермы, какъ и песчаная, должны быть надлежаще укрѣплены.

Ремонтъ сползшихъ насыпей долженъ вестись въ двухъ параллельныхъ направленіяхъ: во-первыхъ, долженъ устраиваться водоотводъ, отсутствіемъ котораго и вызывается, обычно, сползаніе, а, во-вторыхъ, съ низовой стороны должна отсыпаться солидная берма, если нѣтъ возможности добраться до подошвы насыпи, или, если эта возможность есть, то контръ-банкетъ изъ хорошаго грунта, причемъ размѣры его во всякомъ случаѣ провѣряются расчетомъ. На мѣстности, покрытой водой, разъ есть волненіе или теченіе, долженъ отсыпаться каменный контръ-банкетъ и промежутокъ между нимъ и сползшей насыпью долженъ заполняться камнемъ, щебнемъ или гравіемъ; можно это заполненіе дѣлать и изъ тяжелыхъ фашинъ и даже мѣшковъ съ глиной, но съ разравниваніемъ ихъ. Въ стоячей водѣ заполненіе можетъ дѣлаться изъ произвольнаго грунта, да и самый контръ-банкетъ можетъ сооружаться не только изъ камня, но и изъ песка или даже глины, но, въ послѣднемъ случаѣ, съ пологими откосами и соотвѣтственнымъ укрѣпленіемъ (лучше всего фашинными тюфяками).

## 5. Механическія поврежденія насыпей.

Механическія поврежденія могутъ вызываться вѣтромъ, дождемъ, ледоходомъ, протекающей водой и волненіемъ.

а) Поврежденія отъ вѣтра могутъ угрожать лишь мелко-песчанымъ насыпямъ и для защиты отъ нихъ достаточно обсыпки растительной землей съ обѣвкой; еще лучше—дерновка или обсадка мелкимъ кустарникомъ.

б) Дождь можетъ разрушать откосы мелко-песчаныхъ и супесчаныхъ насыпей, а сильный ливень—и черноземъ. Разъ такія поврежденія замѣчены и обсыпка съ обѣвкой оказывается недостаточной, то не-

обходимо насыпь либо одерновать, либо засадить мелкимъ кустарникомъ.

в) Отъ всѣхъ остальныхъ поврежденій защищаются помощью укрѣпленій, наиболѣе надежными изъ коихъ являются тѣ, въ составъ коихъ входитъ ивовый хворостъ, т.-е. мостовья въ клѣтку и фашины.

Каково-бы ни было укрѣпленіе, оно должно имѣть надежную опору внизу; если укрѣпленіе дѣлается на мѣстѣ, не покрытомъ водой, то это легко достигается устройствомъ врѣзанной въ землю ленты изъ мостовой въ клѣтку или изъ фашинъ. Когда же подошва насыпи покрыта водой, то упоромъ для укрѣпленія можетъ служить либо каменная или фашинная призма, либо фашинный тюфякъ; *и призма, и тюфякъ должны обязательно покоиться низовой своей частью на ровномъ или почти ровномъ днѣ*; безъ этой предосторожности сползаніе укрѣпленія почти навѣрное неизбежно.

Имѣя въ виду, что укрѣпленіе можетъ быть повреждено и что даже черезъ него происходитъ вымываніе или выщелачиваніе ближайшей части откоса насыпи, рѣшительно необходимо отсыпать, въ случаѣ нахожденія насыпи въ водѣ, бермы по сторонамъ ея, по которымъ уже и производить укрѣпленіе.

Болѣе подробно объ укрѣпленіяхъ въ предѣлахъ дѣйствія рѣчной и озерной воды сказано въ гл. V.

## II. В ы е м к и.

Деформаціи откосовъ и полотна выемокъ могутъ быть сведены въ слѣдующія категоріи:

1) деформаціи откосовъ, вызванныя свойствами грунта, въ особенности въ присутствіи грунтовыхъ водъ;

2) деформаціи откосовъ, вызванныя ухудшеніемъ условій быта мѣстности, благодаря нѣкоторымъ работамъ при постройкѣ жел. дороги;

3) деформаціи откосовъ, вызванныя скольженіемъ одного пласта грунта по другому, причемъ плоскость скольженія находится *выше* дна выемки;

4) деформаціи откосовъ и, обычно, полотна, вызываемыя скольженіемъ одного слоя грунта по другому, причемъ плоскость скольженія находится *ниже* дна выемки;

5) деформаціи полотна, вызываемыя слабостью грунта въ немъ, причемъ иногда имѣетъ мѣсто и деформація откосовъ.

Прежде, чѣмъ разсматривать въ отдѣльности эти категоріи деформаций, необходимо указать, что причиной ихъ всегда служить наличіе въ районѣ выемки воды атмосферной или грунтовой. Первая проникаетъ въ грунтъ, частью пропитывая верхніе слои, частью, подъ вліяніемъ силы тяжести, опускаясь внизъ; если, при этомъ опускательномъ движеніи, атмосферная вода встрѣчаетъ болѣе водопроницаемый слой, то она распространяется по нему, слѣдуя уклону слоя

и, такимъ образомъ, образуя грунтовую воду; правда, такое скопленіе въ грунтѣ атмосферной воды бываетъ обычно въ очень небольшихъ размѣрахъ, но и этого ничтожнаго скопленія воды, часто незамѣтнаго для глазъ, бываетъ достаточнымъ для разрушенія откосовъ выемки при нѣкоторыхъ грунтахъ.

Несравненно большія поврежденія выемокъ могутъ имѣть мѣсто при значительныхъ грунтовыхъ водахъ, особенно пропитывающихъ цѣлые слои грунта, тогда какъ отдѣльныя водныя жилы въ худшемъ случаѣ даютъ лишь мѣстную деформацию откосовъ, а иногда остаются и совсѣмъ безъ вліянія на послѣдніе.

Вырытіе выемки существенно нарушаетъ условія быта воды обѣихъ категорій, такъ какъ, съ одной стороны, увеличиваетъ испаряющую поверхность для воды, находящейся вблизи выемки, а, съ другой, даетъ свободный выходъ въ откосъ всей водѣ, стоящей и циркулирующей выше дна выемки. Независимо отъ этого, выемка нарушаетъ тотъ сплошной массивъ грунта, который иногда только своей непрерывностью и держится въ равновѣсіи, несмотря на обильное пропитываніе водой; въ этомъ случаѣ, очень удачно сравненіе устройства выемки съ вынутіемъ замковаго камня изъ свода.

Разумѣется, оба откоса выемки будутъ находиться въ одинаковыхъ условіяхъ лишь при почти горизонтальной мѣстности; если-же мѣстность, (или, даже, слои грунта) имѣетъ поперечный скатъ, хотя-бы небольшой, то въ плохихъ условіяхъ будетъ находиться лишь нагорный откосъ, а подгорный, наоборотъ, будетъ защищенъ отъ прилива воды и, благодаря увеличенію поверхности испаренія, окажется суше, чѣмъ была земля до прорытія выемки.

Казалось-бы, на основаніи сказаннаго, что первой мѣрой для обезпеченія устойчивости всякой выемки должно служить недопущеніе къ ней воды атмосферной и грунтовой; однако, на самомъ дѣлѣ, это не всегда возможно въ виду экономическихъ соображеній. Удаленіе вновь поступающей атмосферной воды возможно всегда, такъ какъ для этого достаточно устройства нагорной канавы, хотя-бы послѣдняя была и очень глубока; нагорныя канавы необходимы и потому, что онѣ препятствуютъ разрушительному дѣйствію стекающей дождевой и ливневой воды на откосы выемки <sup>1)</sup>. Разумѣется, нагорная канава можетъ только не допустить новаго поступленія атмосферной воды (да и то не въ полной мѣрѣ), просочившаяся-же ранѣе въ грунтъ вода остается, какъ была, кромѣ только воды выше дна нагорной канавы, для которой послѣдняя будетъ служить стокомъ.

Иначе обстоитъ дѣло съ грунтовой водой; весьма рѣдко случается,

---

<sup>1)</sup> Если мѣстность не имѣетъ ясно выраженнаго поперечнаго ската, то нагорныя канавы устраиваются съ обѣихъ сторонъ выемки; одной изъ нихъ (если только скатъ не направленъ съ обѣихъ сторонъ къ выемкѣ) можетъ быть придано значительно меньшее сѣченіе, чѣмъ другой, въ которую ожидается главное попаданіе воды; такая маленькая канава называется *забанкетной*.

когда можно ее отвести открытой канавой и, обычно, стоимость недопущенія грунтовой воды настолько велика, что приходится къ нему прибѣгать лишь въ исключительныхъ случаяхъ—напримѣръ, при столь обильной грунтовой водѣ, что никакія инныя мѣры не спасутъ выемку отъ разрушенія, а иногда и не позволятъ разрабатывать ее. Разумѣется, если есть возможность сравнительно дешевыми мѣрами отвести грунтовую воду, то эта возможность должна быть использована; сюда относятся, напримѣръ, нѣкоторые случаи, когда выше выемки находится озеро, болото или прудъ, изъ которыхъ вода проникаетъ въ грунтъ; тогда возможно за дешевую цѣну сговориться съ владѣльцемъ указанного водоема и выпустить его, чѣмъ уничтожить самые источники питанія грунтовой водой; иногда возможно въ аналогичныхъ случаяхъ или при наличіи водоноснаго слоя изъ ключей, перехватить этотъ слой въ его верховьяхъ, гдѣ онъ лежитъ не глубоко, открытой канавой или деревяннымъ лоткомъ не очень большой глубины и тѣмъ, быть можетъ, лишить питанія водоносные слои въ районѣ выемки.

Однако, сказанныя мѣры могутъ быть приняты лишь рѣдко, а потому, чтобы не дѣлать дорого стоящихъ подземныхъ галлерей (штолень) или глубокихъ дренажей, приходится ограничиться выводомъ грунтовой воды лишь въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ откосами выемки, дренируя ихъ тѣмъ или инымъ способомъ. Принципъ дренированія откосовъ заключается въ томъ, что искусственно создается слой болѣе или менѣе сухой земли у откоса выемки, который служитъ какъ бы подпорной стѣнкой для сзади лежащей массы земли. Къ сожалѣнію, провѣрить устойчивость этой стѣнки весьма затруднительно, потому что неизвѣстно, насколько повышается дренированіемъ треніе въ предѣлахъ ея, а потому рѣшеніе того, достаточно-ли осушенія лишь помощью дренажа по откосу или требуется дорого стоящій подземный водоотводъ, приходится выбирать въ каждомъ данномъ случаѣ на глазъ, руководствуясь общимъ количествомъ грунтовой воды и качествомъ грунта; во всякомъ случаѣ, при отсутствіи рѣзкихъ показаній въ пользу подземнаго водоотвода (очень большое количество воды, сильный наклонъ водоносныхъ слоевъ при возможности образованія поверхностей скольженія, невозможность работать въ виду заплыванія откосовъ, возможность сползанія всей выемки по плоскости скольженія, находящейся *ниже* дна выемки), слѣдуетъ примѣнить сперва болѣе дешевую мѣру—дренированіе откосовъ, которое, какъ показываетъ практика, за исключеніемъ перечисленныхъ случаевъ, оказывается обыкновенно достаточнымъ для обезпеченія устойчивости выемки.

Указанное выше исключительно большое вліяніе грунтовыхъ водъ на откосы выемокъ даетъ существенную разницу между условіями равновѣсія ихъ и откосовъ насыпей; эта разница еще усугубляется различіемъ качества грунта въ тѣхъ и другихъ. Дѣйствительно, въ выемкахъ нѣтъ того *механическаго* нарушенія сцѣпленія, которое неизбежно въ насыпяхъ (кромѣ песчаныхъ, гдѣ сцѣпленіе и въ естест-

венномъ состояніи ничтожно) при вынутіи грунта; правда, это нѣсколько компенсируется нарушеніемъ сцѣпленія въ откосахъ выемокъ отъ атмосферныхъ вліяній и воды, но, какъ будетъ видно ниже, съ этимъ нарушеніемъ сцѣпленія возможно бороться и въ значительной мѣрѣ его парализовать. Далѣе, разница между ядромъ глинистыхъ и т. п. насыпей съ ихъ откосами несравненно больше, чѣмъ между откосомъ выемокъ и смежнымъ нетронутымъ (материковымъ) грунтомъ, такъ какъ до вскрытія выемки давленіе отъ нижележащихъ слоевъ распространяется всюду равномѣрно, а ослабленіе вполнѣдствіи давленія на откосы не мѣняетъ ихъ установившейся консистенціи <sup>1)</sup>; къ этому присоединяется и отсутствіе давленія подвижной нагрузки на грунтъ, лежащій рядомъ съ откосами, тогда какъ въ насыпяхъ вліяніе этой нагрузки еще усиливаетъ разницу между ядромъ и откосами.

Все это, вмѣстѣ взятое, позволяетъ придавать откосу выемки, достаточно осушенному, большую крутизну, чѣмъ откосу насыпи изъ того-же грунта. Постепенно уполаживающаяся къ низу форма откосовъ высокихъ насыпей также излишня въ выемкахъ, потому что наибольшему измѣненію подвергается верхняя часть откоса выемки.

Откосы болѣе пологіе, чѣмъ полуторные, приходится придавать лишь такимъ выемкамъ, гдѣ уголь естественнаго откоса очень великъ (напр., иловатые мокрые грунты), или-же такимъ, гдѣ необходимо уменьшить давленіе на нижнюю часть откоса, какъ объ этомъ упомянуто ниже въ отд. 3 и 4.

Подобное уменьшеніе давленія можетъ быть достигнуто и помощью подраздѣленія откоса бермами; послѣднее примѣняется, помимо того, въ нѣкоторыхъ выемкахъ изъ разнородныхъ грунтовъ (см. ниже отд. 3) и можетъ также примѣняться въ выемкахъ изъ однороднаго грунта, очень глубокихъ, разъ есть сомнѣніе въ устойчивости откосовъ. Устройство небольшихъ бермъ (0,25—0,50 саж. ширины) черезъ каждыя 2—3 сажени по высотѣ даетъ лучшее осушеніе откоса, благодаря увеличенію испаряющей поверхности, чѣмъ улучшается устойчивость вышележащей его части, даетъ опору для укрѣпленій откоса и равномѣрнѣе распредѣляетъ давленіе вышележащихъ грунтовъ; кромѣ того, ремонтъ откосовъ существенно облегчается при наличіи бермъ. Сами по себѣ, бермы обезпечить устойчивость выемки могутъ лишь въ слабой степени, но въ связи съ другими мѣрами, ниже описанными, польза ихъ несомнѣнна. Въ виду условности примѣненія бермъ, разъ таковое вызывается только большой глубиной выемки, о немъ въ дальнѣйшемъ не говорится; скорѣе всего, обдѣлка бермами можетъ разсматриваться, какъ одно изъ средствъ ремонта, и, если въ глубокихъ выемкахъ образуется много мелкихъ сплывовъ, подлежащихъ

---

<sup>1)</sup> Исключеніе представляютъ выемки въ вывѣтривающихся грунтахъ, гдѣ разница въ консистенціи между откосами и материкомъ можетъ быть даже больше, чѣмъ между откосами насыпи и ея ядромъ.

вырѣзкѣ, то проще всего эту вырѣзку и сдѣлать въ видѣ обдѣлки всего откоса одной или нѣсколькими бермами. Разумѣется, если откосъ сплываетъ въ отдѣльных мѣстахъ, хотя-бы и весьма значительно, то нѣтъ никакого основанія обдѣлывать весь его бермами.

Какъ на общее для всѣхъ выемокъ правило, слѣдуетъ указать еще на необходимость счищать обильный снѣгъ съ откосовъ глубокихъ выемокъ, глинистыхъ или имъ подобныхъ, разъ есть опасеніе за надежность откосовъ; объ очисткѣ этой приходится повторить то-же самое, что было сказано и объ очисткѣ откосовъ насыпей.

## 1. Деформаци откосовъ въ зависимости отъ свойствъ грунта.

а. *Глинистыя выемки.* Характерное свойство глины—сильная измѣнчивость въ объемѣ при высыханіи, пропитываніи водой и, особенно, при замерзаніи, влечетъ за собой, прежде всего, образованіе трещинъ по откосамъ и вблизи ихъ, что, въ свою очередь, облегчаетъ попаданіе въ грунтъ атмосферной воды и послѣдовательное возрастаніе интенсивности явленія; въ концѣ концовъ, нарушается сдѣпленіе грунта и образуются поверхности скольженія по трещинамъ, результатомъ чего бывають сплывы откоса. Очевидно, что парализовать послѣдніе проще всего мѣрами, препятствующими водѣ проникать въ трещины; на первомъ планѣ стоитъ надлежащее устройство нагорной канавы, уклонъ которой долженъ быть приданъ не менѣе 0,003, а еще лучше 0,004; нѣкоторые иностранные авторы совѣтуютъ, для подраздѣленія канавы на короткіе участки съ хорошимъ уклономъ, дѣлать изъ нея по возможности частые, разумѣется, хорошо укрѣпленные, поперечные выпуски въ кюветъ; однако, подобная мѣра можетъ оказаться при глубокихъ выемкахъ слишкомъ дорогой, въ виду увеличенія размѣровъ кювета и тогда проще углубить канаву для приданія ей достаточнаго уклона и замостить дно и нижнюю часть откосовъ. Откосы самой выемки должны быть задернованы, а чтобы изъ промежутка между откосомъ выемки и нагорной канавы былъ хорошей стокъ воды, на немъ долженъ быть отсыпанъ банкетъ правильной формы, съ достаточнымъ склономъ къ нагорной канавѣ<sup>1)</sup>; на эту мѣру, весьма важную, у насъ часто обращаютъ мало вниманія и кое-какъ отсыпанные банкеты не защищаютъ мѣстности отъ застоя воды. Желательно было-бы даже трамбовать банкеты, но требовать этого, какъ общей мѣры, невозможно и трамбовка банкета можетъ быть продѣлана лишь тогда, когда приходится заравнивать имъ естественныя неровности грунта, гдѣ можетъ скопляться вода, или въ случаѣ появленія значительныхъ почвенныхъ трещинъ. Обычно, сказанныя мѣры бывають достаточны;

<sup>1)</sup> Для этой-же дѣли можно примѣнять и срѣзные банкеты, съ одерновкой ихъ (черт. 15б). Во французскомъ типѣ срѣзного банкета особой нагорной канавы не дѣлается, почему иногда приходится банкетъ мостить.



если, все-же, появляются сплывы и причиной ихъ будетъ признана только атмосферная вода, то возможно, по сръзкѣ сплывовъ, ограничиться укрѣпленіемъ ихъ плетневыми клѣтками или прокладкою нормально къ оси выемки двухкомельныхъ фашинъ изъ ивняка, врытыхъ въ канавки по откосу глубиной 0,15—0,25 саж.; эти фашины будутъ играть, отчасти, дренажную роль, отчасти-же, по прорастаніи, роль хорошаго укрѣпленія откоса.

Описанная мѣра достаточна, чаще всего, только въ неглубокихъ выемкахъ; если-же выемка имѣетъ значительную глубину, то дѣло осложняется тѣмъ, что глина, какъ порода осадочная, обычно имѣетъ слоистое сложеніе; толщина слоевъ весьма различна и неглубокія выемки засѣкаютъ обыкновенно лишь одинъ слой. Глубокія-же выемки, чаще всего, пересекаютъ два и болѣе слоевъ, между которыми откладываются, обыкновенно, прослойки либо песка, либо сильно размягченнаго суглинка \*), весьма малой толщины, часто почти незамѣтные для глаза; въ этихъ прослойкахъ скопляется протекающая въ землю атмосферная вода, къ которой можетъ добавиться и грунтовая вода изъ ключей и т. п. Очевидно, что такіе прослойки даютъ готовыя плоскости скольженія и этимъ-то объясняются громадные сплывы въ глинистыхъ выемкахъ, повидимому, вполнѣ сухихъ. Впервые это свойство глинистыхъ породъ было замѣчено и изучено французскимъ инженеромъ де-Сазильи, который и предложилъ соответствующую мѣру безопасности — устройство въ плоскости прослойковъ продольнаго дренажа съ поперечными выпусками въ кюветъ; этотъ способъ былъ усовершенствованъ ученикомъ де-Сазильи, Брюэромъ, предложившимъ и поперечные выпуски дѣлать въ видѣ непромерзающихъ дренажей (де-Сазильи дѣлалъ поперечные выпуски въ видѣ открытыхъ мощеныхъ или деревянныхъ маленькихъ лотковъ); типы дренажей системы де-Сазильи и Брюэра изображены на черт. 11. Такъ какъ опредѣленіе прослойковъ въ глинистыхъ выемкахъ иногда довольно затруднительно, то не мѣшаетъ привести по этому поводу извлеченіе изъ сочиненія Брюэра, который на практикѣ соорудилъ цѣлый рядъ дренажей системы своей и своего учителя: „До приступа къ работамъ по водостову въ выемкѣ, чрезвычайно важно опредѣлить всѣ плоскости просачиванія (bancs de suintement). Опредѣленіе это гораздо легче, чѣмъ обычно думаютъ: для этого достаточно производить наблюденія при разработкѣ кюветовъ, такъ какъ тогда грунтовая вода наиболѣе обильна; такъ какъ количество воды слишкомъ велико, чтобы оно все поглотилось испареніемъ, то легко тогда замѣтить всѣ мѣста, гдѣ показывается вода. Такимъ образомъ, вполнѣ извѣстно, гдѣ находится плоскость просачиванія; нѣтъ, при этомъ, необходимости, дѣлать подробнаго изслѣдованія всей этой плоскости; когда опредѣлено одно мѣсто, откуда выхо-

---

\*) Эти прослойки могутъ быть результатомъ или наноса со стороны, или химическаго разложенія выше лежащаго глинистаго слоя.

дять вода, можно быть увѣреннымъ, что весь слой земли того-же напластованія и цвѣта образуетъ плоскость просачиванія. Если этимъ путемъ не удастся опредѣлить послѣдней, то слѣдуетъ наблюдать откосъ при восходѣ солнца; тихій и прохладный ночной воздухъ поглощаетъ мало воды и плоскости просачиванія легко могутъ быть опредѣлены. Въ сомнительныхъ случаяхъ, слѣдуетъ набросать песка или, лучше, золы на откосъ; болѣе темный цвѣтъ, который принимаютъ эти вещества отъ соприкасанія съ влагой, всегда указываетъ на плоскость просачиванія. Здѣсь умѣстно сдѣлать весьма важную оговорку: лица, непривычныя отыскивать просачиваніе, могутъ ошибиться при точномъ опредѣленіи мѣста, гдѣ вода выходитъ на поверхность откоса; прежде, чѣмъ достигнуть послѣдняго, вода можетъ пройти по многочисленнымъ трещинамъ, вызваннымъ сухостью въ нижележащемъ глинистомъ слоѣ, такъ что вода показывается значительно ниже, чѣмъ тотъ слой, по которому она дѣйствительно проникаетъ. Во избѣжаніе подобной ошибки, я посоветую дѣлать то-же, что дѣлалъ и самъ: на поверхности откоса, гдѣ подозрѣвается просачиваніе, слѣдуетъ убрать всю землю, расплзшуюся отъ сырости или растрескавшуюся отъ сухости. Тогда будетъ точно извѣстно, гдѣ находится слой почвы, дающій проходъ водѣ.

Когда вода показывается на поверхности откоса въ довольно значительномъ количествѣ, то слой, дающій проходъ для нея, легко узнается при наблюденіи откоса въ самое жаркое время дня. Тогда вся поверхность откоса совершенно суха, кромѣ мѣсть, откуда выходитъ грунтовая вода. Мнѣ часто приходилось наблюдать довольно любопытный фактъ: поверхность давно выравненнаго глинистаго откоса при обыкновенной температурѣ не даетъ никакого признака влажности; въ большія-же жары, когда солнце сильнѣе всего нагрѣваетъ землю, обрисовываются совершенно ясно слои, гдѣ проявляется довольно обильная влажность. Эти слѣды влажности указываютъ всегда на существованіе слоевъ просачиванія.

Очень легко бываетъ еще узнать просачиваніе въ маленькихъ траншеяхъ, выбираемыхъ примѣрно на 0,80 м. ширины, перпендикулярно къ оси пути, при планировкѣ откосовъ; воздухъ, циркуляція котораго въ траншейкахъ затруднительна, поглощаетъ лишь малую часть влаги, даваемой грунтовыми водами.

Прослойки просачиванія между двумя одинаковыми глинистыми слоями имѣютъ обычно толщину 1—2 см. и легко распознаются на ощупь; разъ найдена одна точка прослойка, то можно вести рукой по всей его длинѣ, между обоими глинистыми слоями, обычно весьма плотными; изъ прослойка вытѣсняется пальцемъ весьма мягкій, грязеобразный грунтъ, очень часто весьма сходный съ верхнимъ слоемъ“.

Въ томъ случаѣ, когда прослойки идутъ по чрезвычайно ломаной линіи или, вообще, ихъ не удастся найти, то къ выемкамъ въ глинистыхъ грунтахъ слѣдуетъ примѣнить мѣры, описанныя ниже для суглинистыхъ грунтовъ, сплошь или мѣстами пропитанныхъ водою.

Ремонтъ сползшихъ глинистыхъ откосовъ, гдѣ будутъ обнаружены мокрые прослойки, заключается въ срѣзкѣ слоевъ и въ примѣненіи дренажей Брюэра, при малыхъ сплывахъ или при ненахожденіи прослойковъ могущихъ замѣняться дренажами какого-либо изъ нижеописанныхъ типовъ.

б. *Суглинистые грунты.* Явленія въ жирныхъ суглинкахъ очень часто тождественны съ явленіями въ глинѣ; характерное для послѣдней измѣненіе объема меньше всего имѣетъ мѣсто въ тощихъ суглинкахъ, откосы которыхъ, поэтому, при отсутствіи грунтовой воды, могутъ прекрасно держаться. Не менѣе часто, однако, въ суглинкахъ встрѣчается промачиваніе всего слоя грунтовой водой, или крайне неравномѣрное распредѣленіе послѣдней по жиламъ и гнѣздамъ болѣе тощаго суглинка или песчанымъ, вкрапленнымъ въ общую массу; здѣсь мы ограничимся рассмотрѣніемъ лишь неслишкомъ большого количества воды въ суглинистой выемкѣ, такъ какъ очень большое пропитываніе ею представляетъ собою частный случай пропитаннаго водой слоя, сползающаго по нижележащему. Очевидно, что при равномѣрномъ пропитываніи водой всего грунта или при наличіи отдѣльныхъ, неправильно распредѣленныхъ, скопленій воды, способы де-Сазильи и Брюэра не могутъ примѣняться, а потому осушеніе откоса здѣсь достигается обыкновенными щебеночными дренажами, расположенными нормально или наклонно, иногда съ боковыми отвѣтвленіями (черт. 12); какъ вариантъ этой системы, могутъ примѣняться дренажи сист. Ледрю (черт. 13), по дну которыхъ проложены дренажныя трубы. Теоретически, для подобныхъ выемокъ можетъ примѣняться система Лаланна (черт. 14), по которой въ откосы ввинчиваются дренажныя трубы; но практика показала непригодность сказанной системы, объясняемую, вѣроятно, тѣмъ, что дренажныя трубы, не окруженныя предохранительнымъ слоемъ щебня, легко засоряются.

Ремонтъ сплывшихъ откосовъ заключается въ срѣзкѣ сплывовъ и устройствѣ тѣхъ или иныхъ дренажей.

в. *Супесчаные и мелко-песчаные грунты.* При отсутствіи грунтовой воды хорошо держатъ откосы, но, зато, здѣсь-же чаще всего встрѣчается усиленное пропитываніе грунтовой водой; при неслишкомъ большомъ количествѣ послѣдней, мѣры для обезпеченія устойчивости откосовъ заключаются въ тѣхъ-же дренажахъ, которые примѣняются при суглинистыхъ грунтахъ.

г. *Мергелистые грунты.* Откосы выемокъ въ мергелѣ держатся хорошо, но, въ виду вывѣтриванія грунта, необходимо вдоль кюветовъ дѣлать берму для сбора осыпающихся частей; если въ выемкѣ есть грунтовая вода, то должны быть приняты самыя серьезныя мѣры для ея вывода, такъ какъ вывѣтренный мергель, пропитавшись водой, обращается въ жидкую грязь, могущую залить выемку. Выборъ системы дренажа зависитъ отъ характера выхода грунтовыхъ водъ; во всякомъ случаѣ, какіе-бы дренажи ни были приняты, необходимо учитывать

крайнюю трещиноватость мергеля, а потому дно дренажныхъ канавъ \*) должно быть обязательно сдѣлано водонепроницаемымъ, помощью бетоннаго слоя или выкладки кирпичемъ (можно его замѣнить черепицей) на растворѣ.

## 2. Деформаціи, вызываемыя появленіемъ новыхъ условій при постройкѣ линіи.

а) Послѣ обязательной вырубкі деревьевъ, растущихъ вблизи откоса выемки, корни ихъ служатъ прекрасными проводниками атмосферной воды во внутрь почвы; если послѣдняя состоитъ изъ глины или суглинка, то, очевидно, подобное усиленное напитываніе водой можетъ повлечь за собой замѣтное ухудшеніе условій быта выемки и, въ концѣ концовъ, сплывы откосовъ, достигающіе иногда громадныхъ размѣровъ.

Мѣры для борьбы со сказаннымъ явленіемъ заключаются въ выкорчеваніи всѣхъ пней вблизи выемки, съ заполненіемъ *утрамбованной* глиной образовавшихся ямъ и въ отсыпкѣ банкета изъ утрамбованной-же глины.

б) Аналогичное, но болѣе простое, явленіе замѣчается при проникновеніи воды въ ямы, оставшіяся послѣ постройки отъ выгребовъ, землянокъ и тому подобныхъ построекъ при баракахъ рабочихъ; очевидно, что вредное вліяніе такихъ ямъ можно парализовать лишь засыпкой ихъ съ плотной утрамбовкой.

в) Отсыпка кавальеровъ съ нагорной стороны представляетъ собой дополнительную нагрузку на грунтъ; если послѣдній сухъ, то это, конечно, не представляетъ бѣды, но при сыромъ грунтѣ, гдѣ осушенный откосъ играетъ роль подпорной стѣнки, кавальеры могутъ вызвать сползаніе верхней части откоса. Даже и при сухомъ грунтѣ наблюдались подобные случаи, причемъ они вызывались, обыкновенно, пренебреженіемъ строителей къ надлежащему отводу воды отъ кавальера; дѣйствительно, можно иногда встрѣтиться съ разсужденіемъ, что кавальеръ самъ по себѣ преграждаетъ доступъ воды въ выемку, а потому съ его задней стороны нечего особенно заботиться о водоотводѣ, ограничившись лишь самой малой нагорной канавой, а не то и вовсе не дѣлая ея. Въ результатѣ, дождевая и снѣговая вода застаивается за кавальеромъ, пропитывая верхнюю часть грунта, что, при глинѣ и суглинкѣ, неминуемо ведетъ къ образованію плоскости скольженія и сплывамъ; особенно сильно подобное явленіе тамъ, гдѣ у кавальера отлагается снѣговой валъ. Поэтому, разъ кавальеръ отсыпается съ нагорной стороны, то на водоотводѣ вдоль его должно быть обращено особое вниманіе: нагорная канава должна быть сдѣлана даже глубже, чѣмъ при нормальныхъ условіяхъ, съ хорошимъ уклономъ, а между

---

\*) Если черезъ него не происходитъ высасыванія воды.

кавальеромъ и банкетомъ вырыта канава малаго сѣченія, также съ хорошимъ уклономъ. При кавальерѣ съ подгорной стороны, которому слѣдуетъ отдать рѣшительное предпочтеніе, достаточно, разумѣется, имѣть канаву лишь послѣдняго типа.

При значительномъ поперечномъ скатѣ мѣстности, кавальеръ съ подгорной стороны можетъ быть устроенъ въ видѣ большого банкета (черт. 15а), что даетъ существенныя удобства и въ смыслѣ увеличенія его размѣровъ въ ширину и въ смыслѣ распредѣленія нагрузки на грунтъ; при полувыемкахъ кавальеры съ подгорной стороны должны имѣть верхъ примѣрно на 0,70 саж. ниже бровки полотна; то-же слѣдуетъ сказать и о выемкахъ, подгорный откосъ которыхъ раздѣляется или можетъ быть раздѣланъ подъ насыпь, такъ какъ въ подобныхъ случаяхъ необходимо оставить свободный доступъ воздуху къ полотну, для поддержанія его сухости.

### 3. Деформации откосовъ, вызванныя слоистымъ характеромъ грунта выше дна выемки.

Условія быта выемки, расположенной въ слоистомъ грунтѣ, чрезвычайно разнообразны, въ зависимости какъ отъ качества грунтовъ, такъ и отъ количества отдѣльныхъ слоевъ и отъ крутизны наклона слоевъ. Чаще всего встрѣчаются выемки, гдѣ имѣется всего два слоя, многослойныя-же выемки являются исключеніемъ.

а. *Верхній слой грунта водонепроницаемый, нижній водопроницаемый.* Типичнымъ для такихъ выемокъ является расположеніе внизу песка (рѣже—супеска), а наверху глины; такое расположеніе слоевъ вполне благопріятно для устойчивости откосовъ и, если послѣдніе испытываютъ деформации, то въ каждомъ изъ разнородныхъ слоевъ независимо отъ другого слоя, почему и мѣры, принимаемыя въ данномъ случаѣ, вполне одинаковы съ мѣрами, описанными выше, въ отдѣлѣ 1.

б. *Верхній слой песчаный или супесчаный, нижній—глинистый, мергелистый или суглинистый.* Поверхность соприкасанія слоевъ здѣсь можетъ весьма обильно смачиваться водой не только грунтовой, но и атмосферной, но плоскости скольженія при этомъ не образуется; деформация откосовъ влечетъ за собой явленіе иного рода, а именно: скопленіе воды въ нижней части песчаного слоя, благодаря водопроницаемости его, и вынесеніе мелкихъ частицъ песка, а въ супескъ— и частицъ глины или ила, заполняющихъ промежутки между песчинками; помимо того, верхняя часть нижележащаго глинистаго грунта размягчается подъ дѣйствіемъ воды и выдавливается внаружу отъ давленія вышележащаго слоя. Мѣры, противодействующія разрушенію откосовъ, могутъ въ описываемомъ случаѣ быть довольно разнообразными. Первый способъ заключается въ томъ, что въ уровнѣ соприкасанія обоихъ грунтовъ выбирается берма шириной не менѣе 1 сажени,

а по ней врывается въ водонепроницаемый грунтъ продольный щебенчатый дренажъ; верхъ дренажа долженъ лежать выше плоскости соприкасания, причемъ эта верхняя часть можетъ дѣлаться не изъ щебня, а изъ камня, и, по возможности, врѣзаться въ песчаный грунтъ (черт. 16а); во избѣжаніе промерзанія, надъ дренажемъ отсыпается банкетъ изъ утрамбованной растительной или дерновой земли, а въ крайнемъ случаѣ—и изъ другого грунта. Дренажъ, разумѣется, снабжается необходимымъ числомъ поперечныхъ выпусковъ. По второму способу, дренажъ съ банкетомъ замѣняется стѣнкой изъ тяжелыхъ фашинь (со щебнемъ или крупнымъ пескомъ), по черт. 16б. Третій способъ (черт. 17а) состоитъ въ устройствѣ вдоль оси выемки, въ нѣкоторомъ разстояніи отъ ея нагорнаго ребра, глубокаго дренажа, т.-е. дренажа, прорѣзаннаго вдоль верхняго слоя и заполненнаго камнемъ или инымъ веществомъ, какъ описано въ гл. V. Въ случаѣ большой толщины песчанаго слоя, глубокій дренажъ можетъ замѣняться штольней, съ отходящими отъ нея вверхъ колодцами и вертикальными дренажными трубами. Благодаря дороговизнѣ, и глубокіе дренажи, и штольни примѣняются лишь въ случаяхъ чрезвычайно сильнаго пропитыванія водой верхняго слоя, или его большого поперечнаго наклона; при не очень большой толщинѣ верхняго слоя, или при отсутствіи чрезмѣрнаго количества воды, глубокіе дренажи могутъ быть замѣнены дренажами сист. Дэгрона (черт. 17б), устроенными въ видѣ дренажной трубы, сверху засыпанной щебнемъ, а далѣе — утрамбованной землей, въ которую иногда вставляются вертикальныя дренажныя трубы. Во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда дренажъ дѣлается въ нѣкоторомъ разстояніи отъ ребра выемки, необходимо считаться съ возможностью прониканія воды, хотя-бы только атмосферной, въ промежутокъ между ребромъ выемки и дренажемъ, а потому и принимаются соотвѣтственныя мѣры, заключающіяся въ вырѣзкѣ бермы (ширина ея можетъ быть уменьшена до 0,50 саж.) и въ укладкѣ въ плоскости соприкасания либо небольшого каменнаго дренажа, либо одного—двухъ рядовъ тяжелыхъ фашинь; имѣя въ виду, что количество падающей воды очень невелико, можно для даннаго случая допустить дренажи промерзающіе.

Ремонтъ выемокъ описанной категоріи заключается въ срѣзкѣ сплывовъ и въ устройствѣ бермъ и дренажей различнаго типа.

в. *Верхній слой суглинистый, нижній глинистый или мергелистый.* Этотъ случай отличается отъ предыдущаго какъ тѣмъ, что между обоими грунтами можетъ образоваться плоскость скольженія, такъ и тѣмъ, что верхній слой, не столь пропускающій воду, какъ песокъ, очень часто оказывается весь пропитаннымъ водой. Въ виду этого, способъ дренированія выемокъ долженъ быть соотвѣтственно измененъ. Въ случаѣ малаго наклона пластовъ, можетъ быть примененъ продольный дренажъ (съ бермой или безъ нея), при чемъ, однако, при сильномъ пропитываніи водой верхняго слоя, этотъ дренажъ слѣдуетъ дополнять впадающими въ него щебенчатыми дренажами

по откосу, устраиваемыми по черт. 12; фашинныя стѣнки могутъ примѣняться, преимущественно, въ случаѣ скопленія воды въ нижней части слоя и, во всякомъ случаѣ, при очень пологомъ залеганіи слоевъ. Значительная крутизна послѣдняго, особенно при суглинкѣ, лежащемъ на мергелѣ, хотя-бы количество попадающей воды было совершенно ничтожно, требуетъ устройства глубокаго дренажа или штольни; способъ Дэгрмона можетъ быть принятъ лишь въ случаѣ пропитыванія водой одной нижней части верхняго слоя. Глубокіе дренажи или штольни не избавляютъ, однако, отъ необходимости устраивать и продольные дренажи въ откосѣ, въ данномъ случаѣ работающіе безъ промерзанія, такъ какъ отказъ дренажа можетъ повлечь за собой большіе сплывы. Если, все-же, окажется, что деформация откоса не предотвращена, или если между глубокимъ дренажемъ (штольнею) и ребромъ выемки будутъ обнаружены ключи, то, при большомъ поперечномъ скатѣ мѣстности, можетъ оказаться необходимымъ защитить откосъ подпорной стѣнкой, лучше всего—изъ кладки на растворѣ или желѣзобетонной, рассчитываемой при углѣ тренія верхняго слоя по нижнему въ 15—17°; разумѣется, стѣнки должны быть самымъ тщательнымъ образомъ дренированы. Въ виду дороговизны подпорныхъ стѣнокъ, онѣ могутъ быть замѣнены контръ-банкетами изъ хорошо утрамбованнаго или крупно-песчанаго грунта, надлежаще дренированнаго въ первомъ случаѣ, какъ показано на черт. 18 а. Возможность примѣненія подпорныхъ стѣнокъ или контръ-банкетовъ характерна для разсматриваемаго случая, равно какъ и для послѣдующаго; особенно часто контръ-банкеты могутъ примѣняться при ремонтѣ сплывовъ (см. черт. 18 в.). Выше стѣнокъ или контръ-банкетовъ, для уменьшенія давленія на нихъ, желательно обдѣлывать откосъ бермами или уполаживать его.

г. *Случай нѣсколькихъ чередующихся слоевъ.* При двухъ слояхъ поверхность соприкасанія ихъ, въ большинствѣ случаевъ, образуетъ плоскость или, во всякомъ случаѣ, близка къ ней; при нѣсколькихъ же слояхъ это имѣетъ мѣсто далеко не всегда и очень часто напластованіе слоевъ прерывается сдвигами, дѣлающими ихъ весьма неправильными. Поэтому, и мѣры здѣсь приходится принимать болѣе разнообразныя: въ случаѣ ровныхъ слоевъ можетъ быть устроено нѣсколько продольныхъ дренажей, съ бермами или безъ нихъ, либо-же фашинныхъ стѣнокъ; при неправильномъ напластованіи приходится прибѣгнуть къ дренажамъ по откосу по черт. 12, расположеннымъ въ мѣстахъ наибольшаго скопленія воды, съ боковыми вѣтвями, направленными по возможности вдоль водоносныхъ слоевъ. Что касается до дренажей, расположенныхъ внѣ откоса, то способъ ихъ примѣненія, если таковыя требуются (большой наклонъ пластовъ, сильная вода), всецѣло зависитъ отъ мѣстныхъ условій; такъ, если болѣе водоносенъ нижній слой, то возможно ограничиться одной штольнею въ его уровнѣ, перехватывающей воду изъ верхнихъ слоевъ помощью колодцевъ и вертикальныхъ дренажныхъ трубъ; если болѣе водоносенъ одинъ изъ вышележащихъ слоевъ, то лучше сдѣлать отводъ изъ

него помощью самостоятельной штольни или глубокого дренажа, располагая нижнюю штольню, для лучшего осушения мѣстности, въ другой вертикальной плоскости. При очень неправильномъ расположеніи водоносныхъ слоевъ наилучшее осушеніе достигается глубокимъ дренажемъ, но его высокая цѣнность при большой глубинѣ заставляеть, при наличіи послѣдней, прибѣгать къ штольнямъ.

Въ исключительныхъ случаяхъ можетъ потребоваться и примѣненіе подпорныхъ стѣнокъ или контръ-банкетовъ, примѣняя выше ихъ, иногда, и уполаживаніе откосовъ или обдѣлку бермами, причемъ, однако, къ подпорнымъ стѣнкамъ, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, прибѣгаютъ лишь тогда, когда всѣ остальные мѣры оказываются недостаточными, или когда имѣется налицо большой поперечный скатъ мѣстности при опредѣленномъ наличіи плоскости скольженія съ малымъ угломъ тренія.

Способъ примѣненія контръ-банкетовъ при нѣсколькихъ слояхъ показанъ на черт. 18б; расположеніе контръ-банкетовъ, сдѣланныхъ уже послѣ значительнаго сплыва откоса, при использованіи части сплывшей земли, видно изъ черт. 18в.

д. *Слоистыя скальныя породы и чередованіе грунтовъ скалистыхъ и глинистыхъ (или мергелистыхъ)*. Слоистое строеніе скальныхъ породъ встрѣчается чрезвычайно часто, но, въ большинствѣ случаевъ, нѣтъ никакой опасности скольженія отдѣльныхъ слоевъ другъ по другу, такъ какъ они сцементированы достаточно надежнымъ матеріаломъ. Бываютъ, однако, случаи, когда промежутки между слоями заполнены тонкимъ слоемъ глины, близкаго къ ней вывѣтреннаго полевого шпата и т. п., что, при нѣкоторой наклонности слоевъ, можетъ повлечь за собой сползаніе ихъ по нижележащимъ. Здѣсь, разумѣется, слѣдовало-бы принять мѣры къ недопущенію воды въ глинистые слои, но работа въ камнѣ штолень и дренажей настолько дорога, что проще примѣнить инныя мѣры, а именно: изъ добытаго при разработкѣ выемки камня выстроить подпорную стѣнку, хорошо дренировать заднюю поверхность ея и этимъ обезопасить выемку. Тотъ-же способъ примѣняется и въ тѣхъ случаяхъ, если въ выемкѣ имѣются слои камня, различные по качеству, причемъ подпорныя стѣнки поддерживаютъ болѣе слабый слой (черт. 19).

Особыя явленія могутъ произойти при трещиноватости грунтовъ; въ этомъ случаѣ разрушеніе откоса можетъ итти въ направленіи обратномъ скату слоевъ (черт. 20а) и предотвращеніе его возможно лишь послѣдовательной разборкой грунта, по мѣрѣ образованія трещинъ, придавая, такимъ образомъ, откосу ступенчатую форму; разумѣется, далеко не всякая трещиноватость ведетъ за собой разрушеніе откоса, а лишь трещиноватость, направленная подъ острымъ угломъ къ откосу. Аналогичное явленіе наблюдается при обратномъ направленіи сланцеватости къ слоямъ (черт. 20б).

Если слой камня лежитъ на слоѣ глины или мергеля, то, при трещиноватости камня (напр., известняка), получается неизбежное



смачиваніе верхнихъ слоевъ глины или мергеля, что, конечно, повлечетъ за собой сплывы въ откосахъ. Поэтому, здѣсь должны быть приняты мѣры по осушенію грунта, наиболѣе раціональной изъ которыхъ является проведеніе штольни, въ связи съ тѣмъ или инымъ дренированіемъ откоса; не исключено и примѣненіе подпорныхъ стѣнокъ.

#### 4. Деформациі откосовъ и полотна, вслѣдствіе сползанія по слою, лежащему ниже дна выемки.

По своимъ грандіознымъ послѣдствіямъ эта категорія деформациі выемокъ является самой опасной, за исключеніемъ лишь случаевъ сползанія цѣлаго косогора не только выше выемки, но и ниже ея; послѣдній случай рассмотрѣнъ ниже, въ гл. III.

Сползаніе по нижележащему слою далеко не всегда является результатомъ сильнаго поперечнаго ската слоевъ; вызвать это явленіе можетъ ничтожный водоносный слой, лежащій ниже дна выемки и размягчающій всю толщу сосѣдняго грунта; верхній сухой слой, до прорытія выемки, образуетъ какъ-бы сводъ, спокойно лежащій на болѣе слабомъ нижнемъ грунтѣ. Выемка разрушаетъ этотъ сводъ и верхній слой вдавливается въ нижележащій, одновременно сползая по нему, въ результатъ чего выпучивается полотно, а откосъ и мѣстность вблизи его покрывается трещинами и, въ концѣ концовъ, разрушается (черт. 21). При крутомъ скатѣ мѣстности интенсивность явленія, конечно, усиливается.

Деформациі полотна и нагорнаго откоса могутъ происходить и въ томъ случаѣ, если верхній водопроницаемый слой лежитъ на нижнемъ водонепроницаемомъ и плоскость соприкасанія ихъ проходитъ недалеко отъ дна выемки; если-же эта плоскость лежитъ глубже, то деформациі либо совсѣмъ не происходитъ (въ виду малаго вліянія сравнительно неглубокой выемки), либо захватываетъ и низовую сторону выемки, такъ что явленіе уже должно быть отнесено къ сплыву цѣлаго косогора, рассматриваемому въ главѣ III.

Къ сожалѣнію, совершенно неизвѣстно, какая глубина прочнаго слоя можетъ считаться достаточной для устойчивости выемки, тѣмъ болѣе, что достаточность ея находится въ связи съ глубиной выемки, такъ какъ отъ обѣихъ этихъ величинъ зависитъ *относительное* ослабленіе верхней плотной коры. Можно лишь весьма проблематично сказать, что деформациі слѣдуетъ ожидать, во-первыхъ, если абсолютная толщина оставшагося прочнаго слоя менѣе 1 сажени, а, во-вторыхъ, если относительное ослабленіе его превышаетъ 66%, т.-е. если глубина выемки превышаетъ двѣ трети толщины плотной коры.

Если принимаются мѣры защиты выемки, то, въ виду опасности явленія, онѣ должны быть приняты сразу радикальными и заключаться въ тщательномъ осушеніи всего района, близкаго къ выемкѣ; подобное осушеніе можетъ быть достигнуто, въ большинствѣ случаевъ, штольнями,

рѣже—глубокимъ дренажемъ, въ 5—15 саженьяхъ отъ верхняго ребра выемки; однако, эта мѣра еще не гарантируетъ выемку отъ слабого попаданія воды, а потому ее слѣдуетъ дополнить устройствомъ глубокаго дренажа подъ нагорнымъ кюветомъ (черт. 22); если верхній водоносный слой лежитъ на нижнемъ водонепроницаемомъ и плоскость скользянія близка къ дну выемки, то глубокой дренажъ можетъ быть замѣненъ открытымъ лоткомъ. Помимо сказаннаго, конечно, могутъ потребоваться и мѣры осушенія откосовъ, если грунтъ ихъ даетъ возможность опасаться мѣстныхъ сплывовъ.

Въ разсматриваемомъ случаѣ весьма важно уменьшить давленіе на нижнюю часть откоса выемки, такъ какъ этимъ защищается отъ выпучиванія и она, и полотно; поэтому, уположеніе откоса или подраздѣленіе его бермами здѣсь должно быть настоятельно рекомендуемо. Если даже къ нему не прибѣгать немедленно по вскрытіи выемки, то, можетъ быть, впоследствии упомянутая мѣра потребуется; поэтому, если вдоль нагорной стороны выемки устраивается глубокой дренажъ, то слѣдуетъ его отдалить на такое разстояніе, чтобы послѣ приданія откосу выемки двойного заложенія, дренажъ этотъ отстоялъ не ближе отъ него, чѣмъ на 5 сажень.

Мѣры ремонта, помимо уборки сплывовъ и приданія болѣе пологаго откоса, заключаются не только въ тщательномъ водоотводѣ помощью штолень и глубокихъ дренажей, но и въ дренированіи откосовъ, такъ какъ при сдвигѣ мѣстности, какъ уже упоминалось, образуются продольныя трещины, которыя въ будущемъ дадутъ возможность прониканія атмосферной воды въ грунтъ; трещины должны быть тщательно затрамбованы. Если произошло сильное выпираніе полотна, то лучше на глубину одной сажени весь грунтъ вынуть и замѣнить балластомъ или щебнемъ.

## **5. Деформаціи полотна и, иногда, откосовъ, вызванныя слабостью грунта.**

Случаи, подходящіе подъ это опредѣленіе, раздѣляются на двѣ группы: а) случаи грунта, къ низу уплотняющагося; б) случаи грунта, къ низу болѣе слабого. Къ группѣ а) относятся, преимущественно, иловатые грунты, вродѣ синей глины, иловатаго супеска—пльвуна и т. д. Въ нихъ откосы, обычно, держатся очень скверно и требуютъ дренированія по одному изъ вышеописанныхъ способовъ, въ зависимости отъ характера напластованія грунтовъ; при сильной водѣ рѣдко можно обойтись здѣсь безъ глубокихъ дренажей или штолень. Плохое качество грунта дѣлаетъ весьма желательной разработку выемки двойнымъ откосомъ, что рѣдко влечетъ за собой значительное увеличеніе работъ, такъ какъ выемки въ описываемомъ грунтѣ обычно неглубоки. Деформаціи полотна, если не имѣется налицо условій, описанныхъ въ отдѣлѣ 4, получаютъ лишь по открытіи движенія, такъ какъ

грунтъ не въ состояніи выдержать тяжести подвижного состава. Предохраненіемъ отъ этихъ деформаций служить замѣна грунта балластомъ, съ защитой послѣдняго отъ засоренія и отъ насыщенія водой глубокими деревянными лотками подъ каждымъ кюветомъ<sup>1)</sup>. Глубина вынутія грунта должна быть не менѣе 0,8 сажени отъ бровки полотна. Принявъ во вниманіе, что плохой грунтъ, хотя-бы мощность его была весьма велика, къ низу уплотняется подъ дѣйствіемъ силы тяжести, можно считать сказанную мѣру достаточной; въ песчаномъ грунтѣ она можетъ быть даже удешевлена, а именно—замѣны грунта дѣлать тамъ незачѣмъ и достаточно открытыхъ лотковъ подъ кюветами, такъ какъ въ пескѣ районъ осушенія лотковъ достаточно великъ. Если въ полотнѣ встрѣятся ключи, то ихъ слѣдуетъ отвести въ лотокъ, какъ описано въ гл. IV.

Совершенно въ иныхъ условіяхъ находятся грунты группы „б“, къ которымъ относится торфъ съ лежащимъ, иногда, ниже его иломъ. Откосы торфяныя держатъ превосходно и ихъ слѣдуетъ лишь прикрывать сверху глиной или пескомъ отъ загоранія. Зато замѣна грунта можетъ имѣть мѣсто лишь въ томъ случаѣ, если можно вынуть подъ полотномъ весь торфъ и иль, такъ какъ въ противномъ случаѣ снятіе верхнихъ, болѣе крѣпкихъ, слоевъ торфа лишь ухудшитъ положеніе.

Поэтому, въ выемкахъ съ толстымъ слоемъ торфа необходимо примѣнять слѣдующій способъ работъ: срѣзать насколько возможно грунтъ подъ полотномъ и кюветами, раздѣлавъ при этомъ выемку подъ насыпь (это, обычно, немногимъ увеличиваетъ работы, въ виду малой глубины торфяныхъ выемокъ) и засыпать глиной или пескомъ вынутое мѣсто, поднявъ засыпку не менѣе, чѣмъ на 1 сажень выше бровки полотна, чѣмъ создается временная нагрузка; послѣдняя и должна заставить нижніе слабые слои торфа и ила осѣсть; нагрузка должна оставаться возможно долго и ее иногда приходится увеличивать, если буреніе спустя нѣкоторое время по ея отсыпкѣ покажетъ, что въ болотѣ грунтъ недостаточно выжать.

Торфъ почти всегда, а прочіе слабые грунты весьма часто, располагаются во впадинахъ мѣстности; въ этомъ случаѣ очень желательно осушеніе послѣднихъ, если оно возможно, помощью открытой канавы.

Примѣръ такого отвода воды помощью отводной канавы, направленной въ сторону отъ пути, показанъ на черт. 23. Во всякомъ случаѣ, каково-бы ни было расположеніе выемокъ съ плохимъ грунтомъ, мѣры для отвода воды отъ нихъ помощью открытыхъ канавъ должны быть приняты въ самыхъ широкихъ размѣрахъ и, притомъ, съ обѣихъ сторонъ; только недостаточность такихъ мѣръ должна заставить перейти къ несравненно болѣе дорогому подземному водоотводу.

---

<sup>1)</sup> Какъ видно изъ гл. V, вмѣсто лотковъ могутъ быть уложены и дренажи.

### III. Деформации мѣстности, по которой проходитъ желѣзная дорога, происходящія независимо отъ того, находится-ли она въ насыпи или выемкѣ.

Деформации, описываемыя въ настоящей главѣ, принимаютъ иногда характеръ стихійнаго бѣдствія и борьба съ ними даже не всегда оказывается возможной; сюда должны быть отнесены: 1) провалы въ пустоты, лежащія ниже земной поверхности; 2) горныя осыпи и обвалы (по характеру разрушенія сюда-же могутъ быть присоединены и снѣговыя лавины); 3) оползни косогуровъ.

1. Пустоты (пещеры), образующіяся въ землѣ, обязаны своимъ происхожденіемъ различнымъ причинамъ, но чаще всего—растворенію въ водѣ гипса или безводнаго ангидрита, иногда и известняка; чисто-эрозіонная дѣятельность грунтовой воды рѣже влечетъ за собой образованіе пещеръ. Особнякомъ стоятъ каменоломни и копи. Если пещера сверху прикрыта достаточной толщей земли, то она вреда принести не можетъ, при условіи, конечно, что ея дальнѣйшее разрастаніе не будетъ имѣть мѣста; но упомянутая толща иногда оказывается настолько недостаточной, что безъ посторонней нагрузки проваливается въ пещеру, образуя чрезвычайно характерную воронку; очевидно, что лишняя нагрузка поѣздами, въ связи съ ослабленіемъ толщи выемкой или съ дополнительной нагрузкой отъ насыпи, можетъ вызвать провалы и въ такихъ мѣстахъ, гдѣ раньше ихъ появиться не могло. Предупрежденіемъ проваловъ должно служить заполненіе пещеръ, близкихъ къ поверхности земли, бетономъ, сухой кладкой и, наконецъ, крупнымъ пескомъ или щебнемъ; но эти средства являются исчерпывающими лишь тогда, когда нѣтъ основанія опасаться дальнѣйшаго развитія подземныхъ пустотъ; въ противномъ-же случаѣ, оно должно сопровождаться отводомъ подземной воды, который, къ сожалѣнію, иногда сопряженъ съ такими трудностями, что отъ него приходится отказаться и ограничиться наблюденіемъ за опасными мѣстами, производя, въ случаѣ надобности, достаточное заполненіе вновь образующихся пещеръ. Указать способы упомянутого водоотвода рѣшительно невозможно, такъ какъ въ каждомъ данномъ случаѣ они зависятъ всецѣло отъ мѣстныхъ условій.

2. Обвалы и осыпи горныхъ породъ и снѣговыхъ лавинъ предотвращены быть, обычно, не могутъ; защитой отъ нихъ, если размѣры подобнаго явленія не слишкомъ велики, могутъ служить разбросанныя по склону горы подпорныя стѣнки; на черт. 24 показано расположеніе такихъ стѣнокъ, сообразованное съ конфигураціей мѣстности, у южнаго входа въ Лѣчбергскій тоннель; стѣнки, по возможности, должны направлять осыпи или лавины по ложбинамъ, идущимъ по склону горы. При большихъ осыпяхъ или обвалахъ линію можно за-

щитить, лишь позволивъ имъ перекатываться свободно черезъ послѣднюю, для чего она должна быть заключена въ искусственный тоннель, промежутокъ между которымъ и горой заполняется землей или камнемъ (черт. 25); такіе искусственные тоннели можно дѣлать и въ видѣ деревянной галлерей прямоугольнаго сѣченія, либо-же въ видѣ навѣса, оставляющаго подгорную сторону совершенно открытой (черт. 26).

3. Обвалы и оползни косогоровъ встрѣчаются весьма часто въ желѣзнодорожной практикѣ, причемъ вызываться они могутъ: а) сползаниемъ одного слоя по другому, въ слѣдствіе образованія плоскости скольженія; б) сползаниемъ старой осыпи или обвала по коренному массиву грунта; в) размоканиемъ верхняго слоя грунта косогора; г) подмывомъ косогора съ низовой стороны рѣкой, ручьемъ, озеромъ и, вообще, водой въ томъ или иномъ видѣ; д) давленіемъ воды изъ подземныхъ водоемовъ.

Явленія, подведенныя подъ первыя три категоріи, будутъ, очевидно, тѣмъ интенсивнѣе, чѣмъ больше воды будетъ находиться въ косогорѣ. Поэтому, независимо отъ указанныхъ ниже мѣръ подземнаго водоотвода, необходимо защищать *всякій* косогоръ отъ надземной воды путемъ ряда открытыхъ канавъ. Первая изъ нихъ должна обыкновенно дѣлаться вдоль верха косогора и имѣть достаточное съ запасомъ поперечное сѣченіе и хорошій продольный уклонъ; въ случаѣ трещиноватости грунта ее слѣдуетъ мостить или даже цементировать; выходы должны быть особенно надежно укрѣплены, такъ какъ попаданіе въ нихъ воды во внутрь косогора можетъ повлечь за собой весьма непріятныя послѣдствія. На малыхъ косогорахъ этихъ канавъ обыкновенно бываетъ достаточно, но на большихъ общій скатъ косогора часто прерывается болѣе пологими участками, а иногда—и имѣющими обратный скатъ. Эти площадки весьма опасны, такъ какъ на нихъ скопляется вода со всего откоса и проникаетъ во внутрь. Поэтому, со всякой подобной площадки долженъ быть сдѣланъ надежный водоотводъ помощью неглубокихъ канавъ мощеныхъ или даже обдѣланныхъ кладкой; если площадка пропитана водой на значительную глубину, то, независимо отъ мѣръ поверхностнаго водоотвода, ее слѣдуетъ дренировать тѣмъ или инымъ путемъ. Выпускъ воды съ площадокъ (къ нимъ относятся и бермы на искусственно обдѣлываемыхъ большихъ косогорахъ) въ случаѣ трещиноватости грунта можетъ быть дѣлаемъ и помощью деревянныхъ, тщательно проконопаченныхъ лотковъ, слегка возвышающихся надъ поверхностью земли, чтобы легко было можно замѣтить и исправить появленіе течи.

Отдѣльные ключи, часто встрѣчаемые въ косогорахъ, должны быть выведены помощью дренажей въ ближайшую достаточной глубины канаву или къ искусственному сооруженію.

а) Сползаніе слоевъ по нижележащимъ, объясняемое исключительно смачиваніемъ поверхностей соприкасанія, встрѣчается чаще всего въ видѣ сползанія суглинковыхъ слоевъ по мергелю, причемъ это сползаніе можетъ имѣть мѣсто какъ въ верхнихъ слояхъ, такъ и

въ весьма глубокихъ, особенно, когда суглинковые и мергельные слои чередуются съ водоносными песчанами. Нужно указать еще, что иногда приходится намѣренно прикрывать мергелистые косогоры слоємъ суглинка во избѣжаніе вывѣтриванія и этимъ искусственно создавать плоскость скольженія; подобный случай имѣеть мѣсто, когда линія такъ трасирована по мергелистому крутому косогору, что на подгорной сторонѣ бровка почти совпадаетъ съ поверхностью земли; очевидно, что единственной опорой полотна служить лежащій подъ нимъ мергель, а потому послѣдній и долженъ быть защищенъ отъ вывѣтриванія.

Воспрепятствовать сдвигу слоевъ слѣдуетъ, прежде всего, подземнымъ водоотводомъ (штольнями); но ограничиваться ими можно лишь при маломъ наклонѣ слоевъ или при отсутствіи очень скользкой плоскости скольженія; разъ послѣднія условія имѣются налицо, то приходится дополнять водоотводъ устройствомъ подпорныхъ стѣнокъ <sup>1)</sup>; впрочемъ, если опасные слои лежатъ близко къ низу косогора и если позволяетъ мѣсто, то возможно стѣнку замѣнить хорошо дренированнымъ контръ-банкетомъ достаточныхъ размѣровъ, опирающимся уже на ровное мѣсто (черт. 27).

б) Весьма многіе косогоры представляютъ собой очень крутой обрывъ, прикрытый съ наружной стороны продуктами разрушенія составляющихъ его породъ; этотъ случай встрѣчается очень часто, но не всегда распознають его и считаютъ, что глина, изъ которой, повидимому, состоитъ часть косогора, и есть коренная порода; на самомъ же дѣлѣ, эта глина—не что иное, какъ продуктъ разрушенія иныхъ породъ, ею скрытыхъ отъ взоровъ человѣка.

Естественно, что описанное образованіе косогора можетъ повлечь за собой самыя тяжелыя послѣдствія, особенно, если внѣшній оползень прикрываетъ собой рядъ водоносныхъ слоевъ (черт. 28). Единственной мѣрой, позволяющей защититься отъ деформациі мѣстности, является хорошій подземный водоотводъ, такъ какъ подпорныя стѣнки въ подавляющемъ большинствѣ случаевъ не примѣнимы, въ виду обширныхъ размѣровъ сползающей массы.

Если въ самомъ косогорѣ нѣтъ водоносныхъ слоевъ и вода находится въ сплывѣ исключительно атмосферная, то принимаемая мѣры сводятся къ устройству штольни у подошвы нарушеннаго массива, которую слѣдуетъ дополнить еще другой, ниже или выше линіи, чтобы создать по возможности сухой контрфорсъ изъ естественнаго грунта (черт. 29); такимъ-же числомъ штоленъ можно ограничиться и въ томъ случаѣ, если водоносный слой находится какъ разъ у подошвы нарушеннаго грунта, что очень часто имѣеть мѣсто. Если водоносныхъ

---

<sup>1)</sup> Для уменьшенія давленія на стѣнку, возможно обдѣлывать косогоръ выше ея бермами, особенно, если стѣнка поддерживаетъ верхніе слои; въ послѣднемъ случаѣ и передъ стѣнкой необходимо оставлять берму. Нужно, однако, оговорить, что устройство бермъ нарушаетъ цѣлость косогора, а потому къ нему слѣдуетъ прибѣгать съ осмотрительностью.

слоевъ нѣсколько, какъ, напр., на черт. 28, то слѣдуетъ увеличить и число штоленъ; вопросъ о томъ, сколько слоевъ можетъ осушить одна штольня, зависитъ, разумѣется, отъ мѣстныхъ условій.

Въ этомъ случаѣ, какъ и въ случаѣ в), обдѣлка откоса бермами и уположеніе его могутъ принести существенную пользу, уменьшая вѣсъ земляной массы, поддерживаемой осушенной нижнею частью. Очевидно, что уменьшеніе вѣса послѣдней нежелательно, а потому обдѣлка откосовъ должна имѣть мѣсто преимущественно въ верхней части косогора, тѣмъ болѣе, что внизу, обычно, естественный откосъ и безъ того пологій <sup>1)</sup>).

в) Размоканіе верхнихъ слоевъ косогора иногда составляетъ частный случай предыдущей категоріи, иногда-же имѣетъ мѣсто самостоятельно. Подобное размоканіе вызывается, преимущественно, прониканіемъ въ почву атмосферной воды, которому иногда способствуетъ и грунтовая вода, особенно изъ прудовъ и болотъ, расположенныхъ на верху косогора. Весьма часто размоканію усиленно способствуютъ мѣстные жители, распахивая верхъ косогора и устраивая искусственные водоемы. Защититься отъ тѣхъ громаднхъ сплывовъ, которые бывають результатомъ размоканія, возможно только устранивъ причину его, что, иногда, можетъ быть сопряжено съ большими затратами по отчужденію владѣній на верху косогора. Мѣры по отводу воды могутъ тогда быть приняты самыя разнообразныя, въ виду разнообразія дѣйствующихъ причинъ; подземный-ли водоотводъ потребуется сдѣлать и въ какомъ именно видѣ или очень значительный надземный, или, наконецъ, оба вмѣстѣ—приходится рѣшать въ каждомъ данномъ случаѣ отдѣльно; на ряду съ предотвращеніемъ дальнѣйшаго попаданія воды, должны быть приняты мѣры и по осушенію уже намоченной части, какъ въ предыдущемъ случаѣ.

г) Подмывъ съ низовой стороны весьма часто влечетъ за собой сдвигъ косогора, лишая его необходимой опоры. Разъ внизу косогора имѣется живой водотокъ, то должны быть приняты всѣ мѣры по укрѣпленію тѣхъ мѣстъ берега, гдѣ можно ожидать подмыва; такія мѣста характеризуются обычно большою глубиной и быстрымъ теченіемъ. Берега отмелые не опасны и ихъ защищать нечего; только въ послѣдствіи, если будетъ замѣчено, что теченіе рѣчки переходитъ къ этому берегу, слѣдуетъ приняться за защиту его.

Озера бывають опасны лишь тогда, когда на нихъ можетъ развиваться значительное волненіе; но и озера, и пруды, и болота могутъ оказать вредное вліяніе на косогоръ, смачивая подошву его; разумѣется, это смачиваніе опасно не для всѣхъ грунтовъ, а только для слабыхъ глинистыхъ, особенно съ примѣсью ила. Для безопасности слѣдуетъ, во всякомъ случаѣ, когда есть возможность, осушить эти нижележащія

---

<sup>1)</sup> Въ тѣхъ-же случаяхъ можетъ принести пользу и очистка съ косогора очень большихъ скопленій снѣга, причѣмъ для этой очистки слѣдуетъ примѣнять тѣ-же правила, что и при очисткѣ съ откосовъ насыпей и выемокъ.

водоемы, а въ случаѣ невозможности сдѣлать это—прикрывать берегъ бермами достаточныхъ размѣровъ, дренируя ихъ выше воды.

Способы укрѣпленія береговъ описаны въ гл. V.

д) Благодаря смѣщенію слоевъ внутри косогора или образованію въ немъ пещеръ, внутри косогора иногда скопляются значительныя массы воды, не имѣющей выхода, питаемая какъ ключами, такъ и просачивающимися атмосферными водами. Эти скопленія воды, естественно, имѣютъ все возрастающій горизонтъ, что можетъ повлечь за собой двоякаго рода послѣдствія: либо вода достигаетъ слоя водопроницаемаго, ранѣе бывшаго сухимъ, и внезапно выливается по нему, либо напоръ воды становится столь сильнымъ, что сдерживающая ее водонепроницаемая масса, служащая плотиной, не выдерживаетъ этого напора, соединеннаго со смачиваніемъ, и прорывается.

На черт. 30 изображенъ знаменитый случай у форта Эклюзъ во Франціи, гдѣ линія, вмѣстѣ съ тоннелемъ, ее заключавшимъ, была уничтожена, благодаря поднятію воды въ подземномъ озерѣ и выливанію черезъ трещину, ранѣе сухую. Большею частью, однако, подземныя скопленія воды встрѣчаются не въ столь рѣзкой формѣ и представляютъ собой подземную впадину, наполненную пескомъ и пропитанную водой; на черт. 31 изображена подобная впадина на Окскомъ косогорѣ Нижегородской линіи М.-Казанской жел. дороги.

Результаты прорыва подземнаго скопленія воды могутъ быть чрезвычайно серьезны и необходимо, разъ послѣднее замѣчено, принимать немедленно мѣры къ его устраненію; мѣры эти совершенно опредѣленны и заключаются въ выпускъ воды помощью штолень.

## IV. Пучины.

1. *Пучины въ выемкахъ.* Пучины въ выемкахъ вызываются или застоємъ воды въ балластѣ, или проникновеніемъ грунтовой воды подъ полотно. Пучины первой категоріи встрѣчаются чуть-ли не во всѣхъ глинистыхъ выемкахъ, но достигаютъ, по большей части, лишь небольшихъ размѣровъ, тогда какъ пучины второй категоріи доходятъ иногда до 0,20 саж. по высотѣ. Нечего и говорить, какъ вредно подобныя искривленія пути въ вертикальной плоскости вліяютъ на его долговѣчность и безонасность, особенно при короткихъ, но частыхъ пучинахъ (ключи подъ полотномъ); поэтому, слѣдуетъ уже при постройкѣ заботиться объ уничтоженіи ихъ, оставляя пучины первой категоріи въ сторонѣ, какъ имѣющія несравненно меньшее значеніе.

Простѣйшимъ способомъ уничтоженія пучинъ является устройство продольныхъ дренажей подъ кюветами на непромерзаемую глубину; часто такіе дренажи дѣлаются щебенчатыми, съ прокладкой по дну одной или нѣсколькихъ дренажныхъ трубъ или маленькихъ трубъ изъ сухой кладки. У насъ, при дешевомъ лѣсѣ, лучше устраивать взамѣнъ закрытыхъ дренажей открытые деревянные лотки, трудно засоряемые



и легко прочищаемые; на зиму ихъ можно закрывать сверху хворостомъ, досками или старыми шпалами съ засыпкою навозомъ или снѣгомъ. Въ грунтахъ супесчаныхъ или даже неслишкомъ жирныхъ суглинистыхъ кюветные дренажи даютъ полную осушку полотна, но при суглинистомъ грунтѣ и двупутномъ полотнѣ или при жирныхъ глинистыхъ грунтахъ и полотнѣ однопутномъ, середина полотна можетъ недостаточно осушаться и пучины не будутъ вполнѣ уничтожены. Прежде для болѣе полного осушенія полотна въ такихъ случаяхъ устраивался еще третій дренажъ по оси полотна (черт. 32); однако, этотъ способъ, примѣняемый такъ, какъ на черт. 32 (способъ Ледрю), неудобенъ тѣмъ, что средній дренажъ, служащій общимъ стокомъ для грунтовой воды всей выемки, съ большими трудностями поддается осмотру и очисткѣ; если даже средній дренажъ сдѣлать выше подкюветныхъ и снабдить его частыми поперечными выпусками въ нихъ, то, все-же, сказанныя неудобства остаются въ силѣ, хотя и получаютъ болѣе мѣстный характеръ. Въ виду сказаннаго, лучше всего вмѣсто третьяго дренажа производить замѣну всего грунта подъ полотномъ хорошимъ балластомъ или щебнемъ, придавъ срѣзкѣ грунта скатъ въ сторону подкюветныхъ лотковъ или, если дѣлается лишь одинъ лотокъ съ нагорной стороны, то къ нему (черт. 33); заботиться о продолжномъ уклонѣ вынутаго грунта незначѣмъ, такъ какъ таковой придается лотку.

Въ выемкахъ, гдѣ сдѣланы дренажи по откосамъ, устройство хотя-бы одного подкюветнаго дренажа (или лотка) является, такъ сказать, автоматическимъ, потому что, какъ указано ниже въ главѣ V, выходъ изъ дренажа долженъ быть обязательно незамерзаемымъ, а это только и можетъ быть достигнуто выпускомъ откосныхъ дренажей въ подкюветные; единственное исключеніе, не говоря о неглубокихъ дренажахъ вспомогательнаго характера (см. гл. II и V), могутъ составить тѣ продольные дренажи сист. Брюэра, которые, въ виду малой длины выемки и хорошаго уклона, не имѣютъ поперечныхъ выпусковъ, а тянутся до нуля выемки. Точно также лотки или дренажи вдоль полотна устраиваются въ случаяхъ, перечисленныхъ въ отд. 4 и 5 гл. II. Такимъ образомъ, устройство дренажей или лотковъ специально для уничтоженія пучинъ можетъ встрѣтиться лишь въ рѣдкихъ случаяхъ, напримѣръ, когда въ полотнѣ или кюветахъ встрѣчаются ключи, т.-е. имѣются отдѣльныя водныя жилы, не влекущія за собой деформаций откосовъ. Зато, при мѣстностяхъ съ малымъ поперечнымъ скатомъ, для уничтоженія пучинъ желательно дѣлать лотки или дренажи подъ обоими кюветами, тогда какъ для защиты откосовъ обычно достаточно одного лотка съ нагорной стороны. Вопросъ о замѣнѣ грунта зависитъ, какъ уже сказано, отъ водопроницаемости грунта полотна и такая замѣна должна дѣлаться при однопутномъ полотнѣ лишь въ грунтахъ жирноглинистыхъ; если-бы оказалось, что подвозка большого количества *хорошаго* балласта или щебня для замѣны очень дорога, то возможно прибѣгнуть къ устройству дренажа подъ полотномъ, съ прида-

ніемъ ему возможно частыхъ поперечныхъ выпусковъ въ подкюветные дренажи или лотки. Тамъ, гдѣ глина не пропитана вся водой, а послѣдняя выбивается въ видѣ отдѣльныхъ, вполне опредѣленныхъ ключей, вполне возможно не дѣлать дорого стоящей замѣны грунта, а ограничиться выпускомъ воды изъ ключей отдѣльными дренажами въ подкюветные лотки или дренажи, придавая въ планѣ направленіе дренажу подъ угломъ къ оси полотна; эти короткіе дренажи обязательно должны быть устроены съ дренажными или каменными трубами внизу, во избѣжаніе засоренія.

Не мѣшаетъ указать на частный случай упомянутыхъ пучинъ, могущій имѣть мѣсто на косогорахъ, хотя-бы и не очень крутыхъ, если подгорная сторона выемки не глубока; при такомъ условіи, чрезвычайную пользу для осушенія полотна могутъ оказать поперечныя открытыя канавы съ хорошимъ уклономъ, глубиной не менѣе 0.80 саж. ниже бровки полотна, отводящія, такимъ образомъ, воду въ сторону отъ выемки; разумѣется, устройство лотка или дренажа подъ нагорнымъ кюветомъ остается необходимымъ, но эта мѣра не всегда даетъ полное осушеніе полотна, особенно, если подъ нимъ есть ключи или если грунтъ полотна плохо пропускаетъ воду. Поперечныя канавы представляютъ собой очень дешевую мѣру и вполне надежную; ихъ располагать нужно на разстояніи 5—10 саженъ другъ отъ друга, въ зависимости отъ качества грунта, а если имѣются ключи—то противъ послѣднихъ. Еще лучше раздѣлать подъ насыпь низовой откосъ выемки.

2. *Пучины въ насыпяхъ.* Онѣ вызываются двумя причинами: или наличіемъ балластныхъ корытъ, вслѣдствіе чего происходитъ застой воды въ верхней части насыпи, или грунтовой водой (а иногда и поверхностной), пропитывающей основаніе и насыпь.

а) Балластные корыта вредны не столько изъ за вызываемыхъ ими пучинъ, обычно очень небольшихъ, сколько изъ за разстройства всей насыпи, которое онѣ влекутъ за собой, какъ указано въ гл. I. Наиболее правильной мѣрой для борьбы съ корытами было-бы предупрежденіе ихъ, путемъ приданія такого профиля полотну, который обезпечиваетъ быстрый и постоянный стокъ съ него атмосферной воды, такъ чтобы послѣдняя не могла проникать въ верхнюю часть насыпи, сцѣпленіе въ которой нарушено сотрясеніями отъ поѣздовъ, да и вообще меньше, чѣмъ въ нижней части, вслѣдствіе меньшаго сплотненія насыпного грунта подъ дѣйствіемъ давленія вышележащихъ слоевъ. Въ виду сказаннаго, и принять поперечный профиль полотна съ треугольной выпуклостью наверху, но эта выпуклость своей цѣли совершенно не достигаетъ; если-бы балластъ отсыпался на полотно до укладки, то существующій нормальный поперечный профиль былъ-бы вполне цѣлесообразенъ. Въ дѣйствительности, дѣло обстоитъ иначе, и укладка ведется, когда еще нѣтъ признака балласта; чтобы приготовить ровную постель для шпаль, приходится подбивать ихъ землей, взятой, чаще всего, съ бровокъ, но, сплошь и рядомъ, и изъ середины полотна. Между укладкой и балластировкой почти всегда проходитъ

много времени и, если это время дождливое, то шпалы вдавливаются въ полотно по всей ихъ постели, чѣмъ и дается первый шагъ къ образованію корытъ; иногда вдавливаніе достигаетъ очень большихъ размѣровъ (послѣ сильныхъ дождей, ранней весной), такъ что не только шпалы, но и рельсы втапливаются въ грунтъ. Очевидно, что въ такомъ случаѣ треугольная выпуклость не играетъ абсолютно никакой роли; не будетъ ее играть и трапецевидная выпуклость, иногда дѣлаемая. Единственнымъ поперечнымъ профилемъ, могущимъ предупредить образованіе балластныхъ корытъ, былъ-бы изображенный на черт. 34, причемъ передъ балластировкой должна была-бы срѣзаться часть *авсд*, выступающая за концы шпаль. Разумѣется, при движеніи по незабалластированному полотну этотъ профиль имѣетъ значительныя неудобства, но, зато, только при немъ возможна просадка шпаль на полную ихъ толщину безъ образованія корытъ.

Каковъ-бы профиль полотна ни былъ, въ будущемъ все-же возможно образованіе балластныхъ корытъ, наступающее, однако, много медленнѣе, если принять предварительныя мѣры. Помимо приданія правильнаго профиля, такой мѣрой могло-бы служить дренированіе полотна; однако, дренированіе это сопряжено съ серьезными неудобствами, потому что въ свѣже-насыпанной насыпи, отъ давленія поѣздовъ, дренажи могутъ принимать совершенно неправильную осадку и этимъ приносить вредъ вмѣсто пользы. Поэтому, отъ устройства ихъ во время постройки приходится отказаться; если можно достать сравнительно недорого хорошій балластъ или щебень, то дренажи слѣдуетъ замѣнить отсыпкой изъ упомянутыхъ матеріаловъ всего верха насыпи на толщину 1—2 саж.; эта мѣра, какъ уже было сказано въ гл. I, есть единственная вполнѣ достаточная противъ балластныхъ корытъ, но, къ сожалѣнію, примѣнять ее далеко не всегда возможно.

Разъ имѣется возможность образованія балластныхъ корытъ, то насыпь должна быть подвергнута постоянному наблюденію; уже во время постройки, послѣ балластировки, можетъ оказаться, что корыта образовались, и тогда слѣдуетъ принять нѣкоторыя мѣры противъ нихъ, несмотря, однако, на то, что мѣры эти являютя лишь временными; къ сожалѣнію, мы совершенно не въ состояніи сказать, на какую глубину могутъ распространяться корыта и осушеніе ихъ вовсе не гарантируетъ отъ дальнѣйшаго углубленія (такъ, напримѣръ, на М.-Курской дорогѣ корыта были дренированы лѣтъ черезъ 10—15 послѣ постройки дороги, но черезъ такой-же, примѣрно, промежутокъ времени выяснилось, что корыта вновь углубились). Такой временной мѣрой могутъ служить поперечные дренажи въ видѣ деревянныхъ желобовъ, заполненныхъ щебнемъ или крупнымъ пескомъ, или-же въ видѣ гончарныхъ трубъ; впрочемъ, послѣднихъ, въ виду ихъ ломкости, желательно избѣгать. Ограничиться поперечными дренажами можно только въ томъ случаѣ, если корыта чрезмѣрно углубятся въ немногихъ мѣстахъ насыпи; въ большинствѣ-же случаевъ, корыта имѣютъ волнообразный продольный профиль (углубленный подъ шпалами),

такъ что одними поперечными дренажами трудно достигнуть хорошихъ результатовъ и приходится прибѣгнуть къ болѣе трудной и сложной укладкѣ продольныхъ дренажей по черт. 35, съ частыми поперечными выпусками. Эту укладку въ большинствѣ случаевъ приходится дѣлать съ передвижкой пути въ сторону, а потому иногда возможно замѣнить ее болѣе простымъ, но и болѣе надежнымъ средствомъ—подрѣзкой бровокъ на значительную глубину и засыпкой ихъ балластомъ; трудность послѣдней мѣры заключается въ обширности размѣровъ срѣзки, тѣмъ большей, чѣмъ глубже корыто.

б) Если основаніе насыпи постоянно смачивается водой, то въ верхней ея части обычно застаивается атмосферная влага, которая не имѣетъ удобнаго стока внизъ; иногда-же сюда можетъ присоединиться прониканіе грунтовой воды въ насыпь вслѣдствіе капиллярности или напора. Во многихъ случаяхъ защититься отъ пучинъ въ такихъ насыпяхъ возможно лишь уже упомянутымъ путемъ—устройствомъ верхней части изъ песка или щебня, но къ этому, равно какъ и ко всякимъ инымъ дорого стоящимъ мѣрамъ, здѣсь не стоитъ прибѣгать, такъ какъ пучины въ насыпяхъ обычно не велики; только при столь низкихъ насыпяхъ, что онѣ не защищаютъ основанія отъ промерзанія, можно ожидать очень значительныхъ пучинъ.

Единственная мѣра, къ которой слѣдуетъ обязательно прибѣгать для уничтоженія или предупрежденія пучинъ въ насыпяхъ, заключается въ устройствѣ хорошаго поверхностнаго водоотвода. Нужно сказать, что на водоотводъ отъ насыпей обычно обращается меньше вниманія, чѣмъ на водоотводъ отъ выемокъ; поэтому, пучинистость насыпей въ сырыхъ мѣстахъ встрѣчается чаще, чѣмъ обыкновенно думаютъ. Разъ насыпь проходитъ по сырому мѣсту, то слѣдуетъ, прежде всего, вырубить кустарникъ и лѣсъ, буде таковы имѣются, на всей площади отчужденія; канавы при маломъ поперечномъ скатѣ должны быть сдѣланы съ обѣихъ сторонъ; имъ долженъ быть приданъ уклонъ никакъ не меньше 0.002 и развѣ въ верхней части на небольшой длинѣ можетъ быть допущенъ 0.001—0.0015. Это требованіе иногда влечетъ за собой большія работы, а потому, если длина канавы съ малымъ уклономъ очень велика, то желательно воспользоваться какимъ-либо поперечнымъ логомъ для устройства на немъ деревяннаго или каменнаго лотка подъ полотномъ (а при достаточной высотѣ насыпи — трубы возможно дешеваго типа) и этимъ сократить длину канавы, что позволяетъ придать ей болѣе болѣе уклонъ и, въ то-же время, избѣгнуть значительныхъ работъ по рытью. Подобные поперечные выпуски на ровной мѣстности обычно устраиваются на всемъ протяженіи ея въ одномъ, много въ двухъ мѣстахъ; но, если линія идетъ по мѣстности съ значительнымъ поперечнымъ скатомъ, по которому выбиваются многочисленные ключи, вода изъ которыхъ сильно пропитываетъ грунтъ, то поперечные выпуски слѣдуетъ дѣлать противъ каждаго значительнаго ключа, особенно если

весной и послѣ ливней послѣдніе несутъ много ила, заносащаго канавы.

При проведеніи линіи по болоту, отъ сказаннаго правила приходится большею частью отказываться, какъ потому, что рытье глубокой канавы съ водоотливомъ очень дорого, такъ и потому, что чрезмѣрное углубленіе ея влечетъ за собой устройство громадной отводной (выпускной) канавы; устройство поперечныхъ выпусковъ въ случайныя низины крайне дорого, въ виду необходимости глубокаго основанія, а потому и отъ него приходится отказаться, ограничивъ число искусственныхъ сооружений въ предѣлахъ болота лишь однимъ, абсолютно необходимымъ для пропуска нагорной воды, да и то, по возможности, вынеся это сооруженіе изъ предѣловъ болота на сухое мѣсто и подводя къ нему воду изъ болота помощью искусственнаго русла.

## V. Типы осушительныхъ устройствъ и укрѣпленій.

### A. Осушительныя устройства.

Осушительныя устройства, помимо открытыхъ канавъ, устройство которыхъ предполагается общеизвѣстнымъ, раздѣляются на слѣдующія группы:

- 1) открытые лотки;
- 2) щебенчатые дренажи, иногда дополненные трубами <sup>1)</sup>;
- 3) фашинные дренажи;
- 4) глубокіе дренажи или прорѣзы;
- 5) штольни.

Всякое изъ этихъ устройствъ должно функционировать непрерывно, а потому нельзя допускать промерзанія какъ внутри ихъ, такъ и при выходахъ изъ нихъ, что неизбежно влечетъ за собой приданіе достаточной глубины и самому осушительному устройству и каналу, служащему выходомъ изъ него. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, впрочемъ, допускаются исключенія изъ сказаннаго правила, а именно тамъ, гдѣ разрушенія, вызываемыя иногда промерзаніемъ дренажа или его выхода, не могутъ повлечь за собой серьезныхъ послѣдствій и ремонтъ ихъ настолько дешевъ, что предпочтительнѣе рискнуть имъ, чѣмъ тратить одновременно значительную сумму на соотвѣтственное углубленіе дренажа или выхода изъ него.

1. *Открытые лотки* представляютъ собой одно изъ лучшихъ осушительныхъ устройствъ въ виду того, что въ нихъ легко слѣдить за могущимъ быть засореніемъ и не менѣе легко устранить послѣднее; съ другой стороны, они довольно дороги и хуже дренажей выносятъ

---

<sup>1)</sup> Въ особую группу слѣдовало бы выдѣлить дренажи чисто-трубчатые, по сист. Лалаина (черт. 14), но упомянутые въ гл. II плохіе практическіе результаты примѣненія такихъ дренажей заставляютъ вовсе исключить ихъ изъ числа осушительныхъ устройствъ.

боковое сжатіе, почему требуютъ принятія соответственныхъ мѣръ для обезпеченія неизмѣняемости формы. Лотки примѣняются въ слѣдующихъ случаяхъ:

- а) подъ кюветами выемокъ для осушенія полотна или для выпуска воды изъ откосныхъ дренажей;
- б) внѣ района выемки или насыпи для осушенія водоносныхъ участковъ грунта;
- в) взамѣнъ открытыхъ канавъ, гдѣ устройству послѣднихъ мѣшаетъ пływучій грунтъ или недостатокъ мѣста для откосовъ;
- г) взамѣнъ отдѣльныхъ участковъ нагорныхъ канавъ при тѣхъ же обстоятельствахъ, что въ пунктѣ в).

Лотки, примѣняемые для перечисленныхъ цѣлей, дѣлаются совершенно одинаковыми, только для случаевъ в) и г) возможно примѣненіе лотковъ и малой глубины, тогда какъ въ остальныхъ случаяхъ эта глубина не должна быть менѣе 0,80 саж.

Въ деталяхъ конструкціи лотки могутъ быть довольно разнообразны, но, въ концѣ концовъ, сводятся къ двумъ основнымъ типамъ: *лотки на рамахъ* и *лотки на сваяхъ*. Первые (черт. 36) состоятъ изъ брусчатыхъ, бревенчатыхъ или пластинныхъ рамъ прямоугольнаго или трапециевиднаго сѣченія, забранныхъ по сторонамъ досками или пластинами, пришитыми къ рамамъ гвоздями; вторые (черт. 37) имѣютъ досчатые или пластинные стѣнки, пришитыя къ сваямъ, забитымъ въ грунтъ и распертымъ по меньшей мѣрѣ двумя распорками — вверху лотка и ниже уровня дна, которыя, большею частью, приходится дополнять еще распоркой по серединѣ. При большой глубинѣ или сильномъ боковомъ давленіи лотки обоихъ типовъ снабжаются распорными діагональными крестами и горизонтальными распорками (черт. 38). Дно обязательно укрѣпляется, чтобы избѣгнуть и просачиванія воды въ грунтъ, и засоренія, причемъ для укрѣпленія дна могутъ быть приняты слѣдующія мѣры: если лотокъ доходить до водонепроницаемаго грунта, то лучшій способъ заключается въ бетонированіи дна, слоемъ около 0,05—0,10 саж. толщиной; для удешевленія, при нетрещиноватости грунта, вмѣсто бетона можно положить мостовую на мху, но нужно имѣть въ виду, что плотное сопряженіе ея съ нижними распорками лотка довольно затруднительно. Если лотокъ не доходить до водонепроницаемаго грунта, то необходимо предоставить свободную циркуляцію водѣ, выбивающейся снизу; это достигается или тѣмъ, что дно вымачивается мостовой безъ мха, сквозь которую можетъ пробиваться вода снизу, или тѣмъ, что ниже бетоннаго дна (или мощенія на мху) прокладывается щебенчатый дренажъ толщиной не менѣе 0,10 саж.; очень желательно дополнить этотъ дренажъ трубами, гончарными, дренажными или изъ сухой кладки. *Устройство деревяннаго дна въ лоткахъ ни въ коемъ случаѣ не допускается.*

Предѣльный уклонъ мощенныхъ лотковъ долженъ быть не менѣе 0,006, а бетонированныхъ допускается вдвое меньше.

Изъ числа двухъ основныхъ типовъ, рамный предпочительнѣе, такъ какъ позволяетъ лучшую работу и ремонтъ его легче, но, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, поневолѣ приходится прибѣгать къ свайному типу, а именно—въ грунтахъ сильно плавучихъ; вырыть въ подобномъ грунтѣ канаву для опусканія рамы довольно трудно, тогда какъ, послѣ забивки свай, постепенное опусканіе стѣнокъ и вынутіе между ними грунта не представляетъ серьезныхъ затрудненій. Разумѣется, работу лотковъ нужно начинать съ низового конца, какъ и всякаго осушительнаго устройства, за исключеніемъ откосныхъ дренажей.

Глубина лотковъ обыкновенно не превышаетъ 1,20 саж., рѣдко доходя до 1,50; встрѣчаются въ видѣ исключенія и болѣе глубокіе лотки, но они уже относятся къ глубокимъ дренажамъ.

2. *Щебенчатые дренажи* раздѣляются на 2 основныя группы: дренажи въ выемкахъ, къ которымъ причисляются и дренажи внѣ района земляного полотна, и дренажи въ насыпяхъ; каждая изъ этихъ группъ въ свою очередь имѣетъ подраздѣленія.

*а) Дренажи въ выемкахъ и внѣ предѣловъ земляного полотна.*

а) *Дренажи для осушенія полотна*, какъ уже было сказано въ гл. IV, по возможности замѣняются лотками; послѣдніе непримѣнимы лишь тамъ, гдѣ требуется вывести ключи въ самомъ полотнѣ, или тамъ, гдѣ приходится устраивать дополнительные продольные дренажи по срединѣ полотна. Такъ какъ длина подобныхъ дренажейъ обычно весьма значительна, такъ какъ въ случаѣ засоренія ихъ трудно опредѣлить засорившееся мѣсто и при ремонтѣ послѣдняго перестаетъ функционировать иногда очень длинный участокъ дренажа, то должны быть приняты всѣ мѣры противъ засоренія, для чего по дву дренажа слѣдуетъ прокладывать одну или нѣсколько глиняныхъ трубъ (черт. 39), или-же трубу изъ сухой кладки (черт. 40); при трещиноватости водонепроницаемаго грунта на днѣ дренажной канавы слѣдуетъ бетонировать послѣднее или выложить его кирпичемъ (черепицей) на растворѣ. Глиняныя трубы, примѣняемая какъ въ описываемомъ, такъ и въ иныхъ типахъ дренажа, могутъ быть гончарными съ мелкими отверстіями или специально-дренажными, сдѣланными изъ слабо обожженной пористой глины; первая прочнѣе, но, зато, легче засоряются. Уклонъ дренажейъ долженъ быть не менѣе 0,005.

Чтобы не допустить попаданія внутрь дренажа атмосферной воды, слѣдуетъ дѣлать сверхъ него, подъ дномъ кювета, засыпку глиной съ плотной утрамбовкой и мостить дно кювета; этимъ дренажи существенно разнятся отъ лотковъ, которые одновременно выполняютъ и роль кюветовъ; поэтому, глубина промерзанія лотковъ считается отъ бровки полотна, а дренажей—отъ дна кюветовъ.

Здѣсь, какъ и во всѣхъ нижеописанныхъ щебенчатыхъ дрена-

жахъ, сверху прикрытыхъ землей, слѣдуетъ сверхъ щебня класть дернины корнями вверхъ для защиты отъ засоренія.

При очень пльвучемъ грунтѣ иногда не бываетъ возможно, какъ и при другихъ щебенчатыхъ дренажахъ, обойтись безъ крѣпей или даже шпунта, причемъ вынутіе грунта можетъ потребовать водоотлива; крѣпи или шпунты могутъ остаться въ дренажной канавѣ, защищая дренажъ отъ засоренія съ боковъ.

Дренажи по серединѣ полотна дѣлаются совершенно такъ-же, какъ и подкюветные, съ тою разницею, что ихъ слѣдуетъ располагать выше и давать возможно частые поперечные выпуски въ подкюветные дренажи или лотки. Если такой дренажъ проходить подъ осью однопутнаго полотна, то его лучше снабдить трубой изъ сухой кладки, какъ болѣе прочной; если-же по серединѣ двухпутнаго или по станціонному междупутью, то типъ трубъ довольно безразличенъ.

Дренажи для вывода ключей изъ-подъ полотна дѣлаются подъ угломъ около 60° къ оси послѣдняго. Если ключей очень много, то къ каждому изъ нихъ нельзя подвести особаго дренажа и поэтому дренажи только-что описаннаго типа на осушаемомъ участкѣ укладываются равномернo, въ разстояніи 5—15 саж. другъ отъ друга. Если имѣются лишь отдѣльные рѣдкіе ключи, то къ каждому изъ нихъ подводится особый выпускъ, въ видѣ обсыпанной щебнемъ трубы—гончарной (*безъ дыръ*), бетонной, желѣзобетонной или чугунной. Кругомъ самого ключа вынимается размягченный грунтъ и образовавшаяся яма заполняется щебнемъ; еще лучше вставить въ яму бетонный или каменный колодець съ плоской крышкою изъ желѣзобетона или сводчатымъ покрытіемъ, заполнить колодець щебнемъ и въ стѣнку вставить выводную трубу.

β) *Продольные дренажи для осушенія откосовъ* отличаются отъ предыдущихъ тѣмъ, что обычно имѣютъ много поперечныхъ выпусковъ, а потому засореніе ихъ можетъ быть скорѣе найдено и легче исправлено, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ; поэтому, ихъ можно и не снабжать трубами (черт. 11б; на черт. 11а изображенъ такой-же дренажъ съ укладкой по дну гончарной трубы), но, зато, здѣсь требуется обезпеченіе отъ проникновенія воды въ дно дренажа, чтобы не разжижать нижележащій слой грунта, что достигается выкладкой по дну бетономъ или кирпичемъ (или черепицей) на растворѣ, какъ видно изъ чертежа. Сверху дренажи прикрываются слоемъ утрамбованной земли и дерномъ. Особый типъ представляетъ дренажъ, изображенный на черт. 16а; этотъ дренажъ примѣняется только при разнослойномъ грунтѣ (гл. II, отд. 3б).

Поперечные выпуски изъ дренажа дѣлаются или совершенно одинаковаго съ нимъ типа, или изъ трубъ гончарныхъ, бетонныхъ и каменныхъ, укладываемыхъ на глубину непромерзанія (черт. 41); чтобы онѣ могли выполнять и дренирующую цѣль, слѣдуетъ обкладывать трубы щебнемъ или пескомъ, либо до уровня откоса, либо не доходя до него, причемъ въ послѣднемъ случаѣ верхняя часть дре-



нажной канавы заполняется утрамбованной землей и одерновывается. Выпуски впадаютъ въ подкюветные лотки или дренажи.

γ) *Поперечные откосные дренажи*, благодаря большому продольному уклону, меньше всего подвергаются засоренію, да послѣднее и меньше всего опасно для нихъ, такъ какъ оно не вліяетъ на всю систему, а лишь на данный дренажъ. Поэтому, для нихъ совершенно достаточно примѣнять щебень или гравій, безъ всякихъ вспомогательныхъ устройствъ; послѣднія примѣняются лишь при дренажахъ сист. Ледрю (черт. 13), въ видѣ дренажныхъ трубъ, укладываемыхъ по откосу нормально къ оси пути, или подъ угломъ къ ней. Такъ какъ система эта довольно мало употребительна, то въ дальнѣйшемъ разсматриваются лишь щебенчатые дренажи.

Тамъ, гдѣ дренажи служатъ лишь для осушенія отдѣльныхъ участковъ откоса, они дѣлаются обыкновенно по черт. 12, такъ какъ этотъ способъ позволяетъ располагать отростки дренажа по дѣйствительной надобности. Если-же приходится производить осушку откосовъ, довольно равномерно смачиваемыхъ на большомъ протяженіи, то лучше придавать дренажамъ форму арокъ по черт. 42, такъ какъ послѣднія играютъ одновременно и роль подпорныхъ стѣнокъ; при очень большой высотѣ осушаемаго откоса, арки могутъ располагаться въ два яруса (черт. 43). Если камень дешевъ, то, при большой водоносности выемки въ нижней части ея, лучше всего замѣнить отдѣльные дренажи сплошнымъ каменнымъ заполненіемъ, отъ котораго отходить, если требуется, отдѣльныя вѣтви (черт. 44).

Особо приходится выдѣлить дренажи, осушающіе отдѣльные ключи; они состоятъ изъ двухъ частей—обдѣлки самаго ключа, въ видѣ круглой ямы, заполненной щебнемъ или въ видѣ колодца изъ разнаго матеріала, и выпуска изъ него (черт. 45); если, при этомъ, выпускъ проходитъ по трещиноватому грунту (напр., мергелю), то дно его приходится покрывать слоемъ бетона или кирпичемъ на растворѣ; подобное покрытие дна въ другихъ откосныхъ дренажахъ не дѣлается, такъ какъ цѣль дренажа заключается и въ высасываніи воды черезъ дно; только въ томъ случаѣ, если верхняя часть дренажа осушаетъ откосъ, а нижняя служитъ лишь спускомъ для нея, приходится примѣнять указанную мѣру для трещиноватаго грунта. Если число ключей невелико, откосъ самъ по себѣ держится хорошо, то вполне возможно сдѣлать выпуски изъ ключевыхъ дренажей прямо въ кюветъ, безъ углубленія послѣдняго въ видѣ лотка, и не углубляя значительно самаго дренажа; сплывы отъ ключей, въ случаѣ промерзанія выхода, будутъ невелики, а часто ихъ и совсѣмъ не будетъ, тѣмъ болѣе, что сплошь и рядомъ вода въ ключахъ получается лишь отъ просачиванія атмосферной воды и скопленія ея въ жилахъ водопроницаемаго грунта; будучи дренированъ, такой ключъ очень скоро выпускаетъ всю свою воду и становится совершенно безопасенъ.

Работать откосные дренажи приходится иногда не снизу, какъ дренажи продольные, а сверху, во избѣжаніе засоренія дренажа и обва-

ливанія вышележащаго грунта; примѣненіе крѣпей можетъ потребоваться въ весьма частыхъ случаяхъ, причѣмъ, какъ и въ продольныхъ дренажахъ, крѣпи могутъ быть использованы для защиты отъ засоренія.

б) *Дренажи внѣ предѣловъ земляного полотна* дѣлаются по одному изъ вышеописанныхъ типовъ, въ зависимости отъ того, къ которому изъ нихъ они больше всего подходятъ по мѣстнымъ условіямъ.

б) *Дренажи въ насыпяхъ* раздѣляются на двѣ, совершенно отдѣльныя, категоріи: дренажи для осушенія основанія насыпи и для осушенія самой насыпи.

а) *Дренажи для осушенія основанія насыпи* въ большинствѣ случаевъ предназначены для выпуска отдѣльныхъ ключей, выбивающихся подъ насыпью, тогда какъ прониканіе грунтовой воды со стороны предотвращается иными водоотводными устройствами. Однако, есть случаи, когда эта категорія дренажей играетъ и превентивную роль, а именно—когда возможно попаданіе грунтовой воды параллельно оси линіи, съ сосѣдней возвышенности, по которой полотно дороги идетъ выемкой или малой насыпью. Въ послѣднемъ случаѣ, дренажи устраиваются въ уровнѣ выклинивающихся на косогорѣ водоносныхъ слоевъ, врываясь нижнею частью въ слои водонепроницаемые; по своей конструкціи они почти совершенно сходны съ подкюветными дренажами въ выемкѣ, но трубу предпочтительнѣе дѣлать изъ сухой кладки, придавая ей нѣсколько ббльшіе размѣры (черт. 46). При сильной водѣ и низко лежащихъ водоносныхъ слояхъ эти дренажи лучше замѣнять штольными, такъ какъ засореніе первыхъ очень легко, прочистка и ремонтъ затруднительны, а значеніе чрезвычайно велико.

Выпускъ ключей изъ-подъ насыпи, аналогично съ таковымъ изъ полотна выемки, можетъ имѣть мѣсто при двухъ условіяхъ: мелкіе многочисленные ключи, къ каждому изъ которыхъ не подводится особаго дренажа, и ключи сильные, къ каждому изъ которыхъ подводится дренажъ или его отростокъ. Въ первомъ случаѣ, дренажи вполнѣ сходны съ только-что описанными дренажами, защищающими насыпь отъ продольнаго притока воды. Во второмъ случаѣ, ключъ обдѣливается колодцемъ, какъ и въ полотноѣ выемкѣ, причѣмъ размѣры этого колодца могутъ быть очень значительны, если онъ служить сборнымъ для нѣсколькихъ сосѣднихъ ключей (черт. 47), изъ которыхъ мелкіе и близко расположенные могутъ быть впущены помощью простыхъ щебенчатыхъ или трубчатыхъ дренажей. Выводомъ изъ колодцевъ служатъ трубы—каменные на растворѣ, желѣзобетонныя, бетонныя или металлическія; отверстіе ихъ лучше всего дѣлать не менѣе 0.33 саж., для возможности прочистки и въ виду очень большой опасности для насыпи, если правильный выпускъ ключа будетъ нарушенъ; при малыхъ ключахъ, особенно расположенныхъ подъ откосами, отверстіе трубы можетъ быть много меньше.

Во всѣхъ вышеперечисленныхъ случаяхъ дно дренажа или выводной трубы должно быть опущено ниже грунта на непромерзаемую

глубину, хотя-бы это потребовало устройства длинной отводной канавы.

Если ключъ подъ насыпью будетъ обнаруженъ уже послѣ возведенія ея, то выводъ его проще всего дѣлать помощью штоленъ, кромѣ лишь случая проявленія ключа подъ откосомъ, куда можно добраться открытой канавой и по ней уложить дренажъ.

3) *Дренажи для осушенія самой насыпи* подраздѣляются на постоянные и временные. Первые должны быть обязательно основаны на вполне надежномъ грунтѣ, а таковымъ отнюдь не служитъ насыпная земля, если только она не слежалась въ теченіе долгихъ лѣтъ подъ значительнымъ давленіемъ. Даже при хорошемъ грунтѣ основанія, дренажи должны хоть нѣсколько врѣзаться въ него, для приданія опредѣленнаго направленія стекающей водѣ, при плохомъ-же грунтѣ врѣзка можетъ потребоваться весьма значительная.

Хотя на практикѣ примѣняются весьма разнообразныя типы дренажей для осушенія насыпей, но большая часть изъ нихъ такъ дорога (какъ, напр., дренажи, изображенные на черт. 48), что посоветовать примѣнять ихъ рѣшительно невозможно и заслуживающими вниманія слѣдуетъ считать лишь поперечные дренажи въ откосахъ (черт. 5); при необходимости болѣе усиленнаго осушенія насыпи лучше примѣнять каменные или песчаные контръ-банкеты, служащіе одновременно дренажемъ и подпорной стѣнкой, либо-же осушать внутренность насыпи штольнями.

Упомянутыя выше поперечные дренажи дѣлаются изъ щебня или гравія, а отъ примѣненія трубъ въ нихъ можно отказаться, потому что количество воды, вытекающей изъ насыпи, обычно невелико; если осушенію подлежитъ лишь нижняя часть насыпи, то верхъ дренажныхъ канавъ можетъ быть засыпанъ землей съ утрамбовкой или балластомъ.

Къ разсматриваемой категоріи принадлежатъ и дренажи въ контръ-банкетахъ, дѣлаемые въ видѣ продольныхъ (черт. 4) съ поперечными выпусками; укладка въ нихъ трубъ болѣе желательна, особенно въ выпускахъ.

Временные дренажи иногда дѣлаются для осушенія частей насыпи, пропитанныхъ водой отъ дождливаго лѣта и т. п., когда можно надѣяться, что послѣ осушенія новаго проникновенія воды не произойдетъ. Отъ постоянныхъ эти дренажи отличаются тѣмъ, что могутъ укладываться и на насыпномъ грунтѣ, который, все-же, слѣдуетъ утрамбовать передъ укладкой дренажа; послѣдній дѣлается обыкновенно щебенчатымъ, хотя дополненіе его трубами, для болѣе сильнаго осушенія насыпи, слѣдуетъ считать желательнымъ. Временные дренажи могутъ лежать довольно долго, но ихъ характеръ долженъ быть обязательно указанъ при сдачѣ въ эксплуатацію, такъ какъ съ теченіемъ времени они продавливаются въ насыпь и, теряя уклонъ, становятся прямо опасными. Когда будетъ замѣчено, что они совершенно не даютъ влаги, ихъ слѣдуетъ либо разобрать вовсе, либо, если они потеряли уклонъ, не выполнивъ своей цѣли, то переложить. Продоль-

ный уклонъ и ихъ, и постоянныхъ дренажей въ насыпи слѣдуетъ дѣлать никакъ не менѣе 0,01.

3. *Фашинные дренажи*, подобно предыдущимъ, дѣлятся на двѣ группы—въ выемкахъ (а также внѣ полотна) и въ насыпяхъ.

а) Въ выемкахъ примѣняются двоякаго рода фашины—тяжелыя и двукомельныя.

Тяжелыя фашины, т. е. заполненныя щебнемъ или гравіемъ, могутъ быть короткія и длинныя; первыя дѣлаются длиной 0,30—0,70 саж. въ чистотѣ (т. е. между концевыми завязками), при толщинѣ 0,12—0,18 саж., изъ ивовыхъ прутьевъ, и имѣютъ форму, показанную на черт. 49; для вязки ихъ не требуется особыхъ приспособленій, кромѣ простыхъ козелъ, числомъ отъ 3 до 5, на которыя накладывается хворость, и кола или двухъ, служащихъ рычагами для подкручиванія веревокъ, которыми по концамъ, а иногда и въ серединѣ, обхватывается готовая фашина. Послѣ того, какъ веревки хорошо стянуть послѣднюю, ея концы связываютъ крѣпко вицами (ивовыми веревками) или, лучше, отожженной проволокой (3 мм.). Длинныя фашины имѣютъ длину до 3 саж., при діаметрѣ до 0,30 саж. (черт. 50) и вяжутся на особыхъ станкахъ; черезъ каждыя 0,35—0,40 саж. фашины подтягиваются цѣпью и рычагами, а затѣмъ завязываются отожженной проволокой. Концы фашины, чтобы заполняющіе ее щебень или гравіи не высыпались, забиваются особыми хворостяными пробками. Изъ чертѣжа 51 ясенъ способъ вязки длинныхъ тяжелыхъ фашинъ.

Очевидно, что цилиндрическую форму могутъ имѣть и короткія фашины; для дренажей она даже болѣе удобна, обезпечивая непрерывность въ стыкахъ.

Для дренированія откосовъ обыкновенно примѣняются короткія фашины, какъ болѣе легкія. Длинныя фашины примѣняются со сказанной цѣлью, какъ исключеніе, главное-же приложеніе онѣ находятъ при укрѣпленіи береговъ (см. ниже). Въ первомъ случаѣ, хворость для фашинъ слѣдуетъ примѣнять ивовый, чтобы онъ прорасталъ, во второмъ—любой, лишь-бы онъ былъ достаточно прямъ и не чрезмѣрно ломокъ; только фашины, находящіяся выше постояннаго горизонта воды, должны дѣлаться изъ ивоваго хвороста.

Главнымъ достоинствомъ фашинъ служить возможность укладывать ихъ въ заиливаемую дренажную канаву, не боясь засоренія, и прорастаемость ихъ, дающая хорошее укрѣпленіе откосу; слабое мѣсто фашиннаго дренажа—его многочисленныя стыки, почему и примѣненіе фашинъ ограничено. Въ выемкахъ онѣ укладываются въ слѣдующихъ случаяхъ:

а) взаимнъ щебенчатого дренажа по откосу (чер. 52); это примѣненіе довольно рѣдко и имѣетъ мѣсто, главнымъ образомъ, при сильно заиливаемыхъ дренажныхъ канавахъ. Необходимо стыки нецилиндрическихъ короткихъ фашинъ обсыпать щебнемъ или гравіемъ;

б) въ видѣ подпорныхъ стѣнокъ по откосу въ песчаныхъ и супесчаныхъ водоносныхъ выемкахъ, особенно, если упомянутые грунты,

лежащие на глинистыхъ, образуютъ верхній слой выемки (черт. 166); фашины слѣдуетъ укладывать въ перевязку; преимущества фашиновыхъ дренажей особенно существенны при пескахъ плавучихъ, такъ какъ постепенно укладываемыя фашины или ряды фашинъ осушаютъ соответственные слои грунта и этимъ позволяютъ вынимать его;

γ) при небольшой глубинѣ песчаного слоя, какъ, напримѣръ, въ канавахъ (черт. 53) или при маломъ количествѣ воды, достаточно фашинную стѣнку замѣнить выкладкой въ одинъ рядъ по откосу, при чемъ поверхъ фашинъ откосы мостятся или дернутся; достоинства при грунтахъ плавучихъ тѣ-же, что и въ предыдущемъ случаѣ.

Двукомельныя фашины для дренированія выемки дѣлаются обычно весьма тонкими, такъ что мало отличаются отъ фашинныхъ каналовъ, тѣмъ болѣе, что въ случаѣ длинныхъ дренажей стыки прутьевъ дѣлаются въ перевязку и фашины получаютъ непрерывныя; эти фашины примѣняются для осушенія и укрѣпленія откосовъ выемокъ, въ которые не попадаетъ грунтовая вода, но обнаружены поверхностные сплывы. Устройство такого дренажа вполне ясно изъ черт. 54; какъ уже сказано въ гл. II, отд. 1, дренажи изъ двукомельныхъ фашинъ незачѣмъ устраивать на глубину промерзанія.

б) Фашинные дренажи въ насыпяхъ примѣняются исключительно изъ короткихъ фашинъ и, притомъ, въ тѣхъ-же случаяхъ, какъ и щебенчатые, т. е. въ видѣ постоянныхъ и временныхъ; примѣръ устройства фашиннаго дренажа для контръ-банка показанъ на черт. 55. Благодаря малому вѣсу, удобству ремонта и осмотра фашинныхъ дренажей, они могутъ быть допущены для осушенія откоса, въ случаѣ появленія на немъ поверхностныхъ сплывовъ, безъ прорывки дренажной канавы до основанія насыпи, какъ показано на черт. 56; при этомъ слѣдуетъ соблюдать требованіе, чтобы дренажи не закладывались глубже, чѣмъ вызывается условіемъ непромерзанія, такъ какъ при болѣе глубокомъ заложеніи дренажа явится затрудненіе въ его осмотрѣ и ремонтѣ.

Для временныхъ дренажей фашины очень удобны, благодаря легкости ихъ укладки и ремонта.

4. *Глубокіе дренажи или прорѣзы* даютъ наилучшее осушеніе мѣстности, чѣмъ какой-бы то ни было дренажъ, но дороговизна въ значительной мѣрѣ ограничиваетъ ихъ примѣненіе. По основной идеѣ, глубокие дренажи представляютъ собой не что иное, какъ очень глубокой открытый лотокъ; однако, оставленіе его безъ заполнения примѣняется рѣдко, потому, во-первыхъ, что давленіе на боковыя стѣнки иногда очень сильно, а, во-вторыхъ, что ремонтъ очень глубокихъ открытых лотковъ затруднителенъ. Вслѣдствіе сказаннаго, глубокие дренажи, сдѣланные въ видѣ лотка на стойкахъ или сваяхъ, съ горизонтальными распорками и обшивкой изъ досокъ или пластинъ, заполняются камнемъ, щебнемъ или гравіемъ, причемъ внизу заполнения укладывается труба изъ сухой кладки достаточнаго отверстія для стока

проникающей воды (черт. 57); если верхняя часть группа не должна дренироваться, то ее заполняютъ землею съ плотной утрамбовкой.

Описанный типъ глубокаго дренажа весьма дорогъ, особенно при большой цѣнности лѣса; поэтому, отъ него перешли къ болѣе простому типу, при которомъ работа по устройству дренажа производится шахтнымъ способомъ, т. е. путемъ постепеннаго подрыва грунта и заборки выбранныхъ участковъ крѣпями; для сбереженія количества земляныхъ работъ и матеріала, выборка дѣлается уступами, какъ показано на черт. 58. Другимъ шагомъ къ удешевленію глубокихъ дренажей служить замѣна каменнаго и т. п. заполнения въ верхней части ихъ дровами, служащими одновременно и распорками (черт. 59).

Примѣненіе глубокихъ дренажей имѣетъ мѣсто тогда, когда нужно осушить или очень мощный водный слой, или рядъ подобныхъ слоевъ; дренажи эти обязательно устраиваются внѣ предѣловъ полотна, кромѣ случая, указаннаго въ гл. II. отд. 4, когда дренажи устраиваются подъ кюветами. Для того, чтобы вода, попадающая съ нагорной стороны въ дренажи, не могла просочиться по другую его сторону, можно за низовымъ крѣпленіемъ дренажа забивать глину съ плотной утрамбовкой. Глубина дренажа рѣдко превышаетъ 3—4 сажени.

При очень сильномъ притокѣ воды или плывучемъ грунтѣ можно сдѣлать стѣнки дренажа изъ забиваемаго шпунта; однако, въ этомъ случаѣ, часто выгоднѣе примѣнить комбинированные дренажи со штольнями, описанные въ концѣ отдѣла „Штольни“.

Къ недостаткамъ глубокихъ дренажей, помимо дороговизны ихъ, относится и то, что они, располагаясь вдоль выемки или крутого косогора, нарушаютъ цѣльность толстаго пласта земли между собой и краемъ выемки или косогора; поэтому, если въ сказанныхъ условіяхъ можетъ быть достигнуто осушеніе инымъ способомъ, то къ послѣднему и слѣдуетъ прибѣгать и, во всякомъ случаѣ, не располагать глубокаго дренажа слишкомъ близко отъ края выемки или косогора.

Какъ облегченный вариантъ глубокихъ дренажей, преслѣдующій ту-же цѣль, что и они, долженъ разсматриваться дренажъ системы Дэгрмона, уже описанный въ гл. II (черт. 176); его недостатокъ заключается въ болѣе легкой засоряемости, парализовать которую Дэгрмонъ предлагаетъ путемъ устройства смотровыхъ колодцевъ черезъ каждыя 50 сажень, по черт. 60. При маломъ количествѣ воды, дренажи Дэгрмона могутъ примѣняться съ большой выгодой; глубина ихъ можетъ доходить до 2—2,5 саж.

5. *Штольни*. Въ отличіе отъ всѣхъ предыдущихъ дренирующихъ системъ, работа которыхъ производится въ открытой канавѣ или котлованѣ, штольни устраиваются безъ нарушенія цѣлости вышележащаго пласта земли; этимъ и объясняется широкое распространеніе штоленей, стоимость которыхъ, вдобавокъ, не зависитъ отъ глубины ихъ заложения, тогда какъ стоимость всѣхъ прочихъ дренажей возрастаетъ чуть не пропорціонально квадрату глубины ихъ. Матеріаломъ

для штоленъ служить почти исключительно дерево; лишь въ крайне рѣдкихъ случаяхъ примѣняются каменные штольни.

Деревянные штольни раздѣляются на цѣлый рядъ типовъ, которые могутъ быть сведены въ слѣдующія основныя группы: по формѣ — трапецевидныя и прямоугольныя, по роду матеріала—со сплошнымъ крѣпленіемъ и рамныя (или тоннельнаго типа), по устройству внутренней части—съ заполненіемъ камнемъ, щебнемъ или гравіемъ и безъ заполнения, по размѣрамъ сѣченія—нормальныя и уменьшенныя. Нормальнымъ очертаніемъ штольни можно считать трапецевидное, прямоугольное-же встрѣчается несравненно рѣже, преимущественно въ штольняхъ уменьшеннаго сѣченія. Наиболѣе прочными являются штольни со сплошнымъ крѣпленіемъ, которыя, поэтому, предпочтительнѣе штоленъ тоннельнаго типа (рамныхъ); штольня со сплошнымъ крѣпленіемъ въ ея первоначальномъ видѣ состоитъ изъ приставленныхъ вплотную другъ къ другу пластинныхъ рамъ, врубленныхъ въ полдерева или въ лапу въ углахъ (черт. 61). Очень простая конструкция эта страдаетъ тѣмъ недостаткомъ, что сквозь деревянный полъ легко можетъ просачиваться вода, протекающая въ штольнѣ; поэтому, въ болѣе новомъ и болѣе совершенномъ типѣ рама состоитъ лишь изъ двухъ боковыхъ и одной верхней пластины; боковыя пластины упираются въ продольные брусья, лежащіе по одному съ каждой стороны штольни; брусья расперты деревянными распорками, а промежутки между послѣдними залиты бетономъ, образующимъ полъ (черт. 62). Этотъ послѣдній типъ можетъ оказаться непригоднымъ лишь при сильномъ боковомъ давленіи, которому замкнутая рама, конечно, сопротивляется несравненно лучше.

Рамный или тоннельный типъ (черт. 63) состоитъ изъ отдѣльныхъ рамъ, бревенчатыхъ или пластинныхъ, поставленныхъ въ разстояніи 0,30—0,70 сажени другъ отъ друга, забранныхъ досками или толстыми горбылями и распертыми продольными распорками; заборка продвигается впередъ уже поставленной рамы и, втыкаясь передними концами досокъ въ грунтъ, даетъ этимъ возможность выбрать землю до мѣста установки слѣдующей рамы.

Бетонированіе дна при этомъ типѣ также весьма желательно.

Заполненіе камнемъ, съ устройствомъ внизу трубы изъ сухой кладки, подобно тому, какъ это дѣлается въ глубокихъ дренажахъ (черт. 64), примѣняется почти исключительно въ штольняхъ рамнаго типа, какъ довольно плохо выносящихъ боковое давленіе и трудно ремонтируемыхъ; можно даже сказать, что для такихъ штоленъ лишь рѣдко можно отказаться отъ каменнаго заполнения. Зато, въ штольняхъ со сплошнымъ скрѣпленіемъ каменное заполненіе совершенно излишне и лишь очень большое давленіе сверху или съ боковъ можетъ его потребовать.

Размѣры нормальной штольни, показанные на черт. 61—64, позволяютъ проходить по ней человѣку лишь немного наклоняясь; въ штольняхъ уменьшеннаго сѣченія приходится проползать или идти

очень сильно согнувшись, что, конечно, весьма затрудняет работу; поэтому, штольни уменьшеннаго сѣченія дѣлаются лишь при малой длинѣ ихъ. Размѣры такой штольни показаны на черт. 65.

Каменные (или желѣзобетонныя) штольни дѣлаются, какъ уже сказано, очень рѣдко, а именно—въ предположеніи исключительно сильнаго давленія на грунтъ; однимъ изъ лучше всего выдерживающихъ давленіе типовъ является изображенный на черт. 66; вода протекаетъ въ штольню по щелямъ, показаннымъ на продольномъ разрѣзѣ.

Для устройства каменной штольни необходимо сперва сдѣлать деревянную, возможно легкаго типа, а уже внутри ея возводить каменную кладку.

Штольни всегда располагаются на водонепроницаемомъ или, въ крайнемъ случаѣ, на мало водопроницаемомъ грунтѣ; исключенія изъ этого могутъ дѣлаться лишь для участковъ штоленъ, служащихъ выпусками изъ другой штольни. Примѣръ подобнаго расположенія показанъ на черт. 67, гдѣ водопроницаемый слой тянется на очень большое протяженіе ниже насыпи; въ данномъ случаѣ, прониканіе нагорной воды перехвачено штольней А, намоканіе-же водоноснаго слоя ниже насыпи отъ атмосферной воды не можетъ быть столь сильно, чтобы оправдывать удлиненіе штольни В на весьма значительную длину.

Уклонъ для штоленъ съ бетоннымъ дномъ придаютъ не менѣе 0,005, а безъ него—не менѣе 0,01.

Работа штоленъ въ грунтѣ неводоносномъ не представляетъ никакого затрудненія (кромѣ грунтовъ твердыхъ каменистыхъ), да и въ водоносномъ грунтѣ она становится очень тяжелой и медленной лишь при наличіи плавучаго грунта или при обваливанія сверху большихъ глыбъ земли; послѣдній случай можетъ имѣть мѣсто, напримѣръ, въ рушенныхъ мергеляхъ, пропитанныхъ водой. Поэтому, если предварительное буреніе даетъ основаніе опасаться встрѣчи съ трудно проходимыми грунтами, то верхъ штольни слѣдуетъ расположить ниже ихъ и давать выпускъ изъ водоноснаго слоя помощью колодцевъ.

Колодцы, вообще говоря, составляютъ необходимую принадлежность штольни и служатъ какъ для вентиляціи, такъ и для осушенія вышележащихъ слоевъ. Если колодцы служатъ лишь для первой цѣли, то ихъ достаточно ставить по одному—два на каждую штольню, если же колодцы предназначены для осушенія выше лежащихъ слоевъ, то число ихъ зависитъ какъ отъ количества воды, такъ и отъ грунта въ осушаемомъ слоѣ (при песчаномъ грунтѣ колодцы могутъ располагаться рѣже, чѣмъ въ глинистомъ, благодаря большому району осушенія ихъ).

Чтобы не увеличивать чрезмѣрно числа довольно дорогихъ колодцевъ, ихъ располагаютъ, обыкновенно, въ разстояніи 20—40 саж. другъ отъ друга, а между ними, на разстояніи 10—15 саж., ввинчиваютъ черезъ потолокъ штольни вертикальныя буровыя трубы съ отверстіями въ стѣнкахъ; при очень большомъ количествѣ воды въ



осушаемомъ слоѣ можетъ оказаться необходимымъ сближать колодцы до 10—15 саж.

При опусканіи колодцевъ, которые дѣлаются самаго обыкновеннаго типа, могутъ встрѣтиться серьезныя затрудненія изъ-за воды, когда штольня проходитъ ниже водоноснаго слоя и, слѣдовательно, не можетъ отвести воду изъ послѣдняго до опусканія колодца. Въ этомъ случаѣ слѣдуетъ въ дно колодца ввинтить одну или нѣсколько буровыхъ трубъ, по которымъ вода будетъ сходить въ штольню и этимъ позволить продолжать работу; для скорѣйшаго стока воды слѣдуетъ одновременно черезъ потолокъ штольни ввинтить въ разстояніи 5—10 саж. отъ колодца дополнительныя буровыя трубы, остающіяся и послѣ опусканія его.

Вывозка земли изъ штоленъ производится тачками или вагонетками, причемъ онѣ-же служатъ и для подачи матеріала въ штольни\*). Если отъ штольни отходятъ боковые отростки или если дѣлается поперечный выпускъ изъ продольной штольни, то приходится принять мѣры, чтобы въ мѣстѣ примыканія вывозка грунта происходила безпрепятственно; это можетъ быть достигнуто однимъ изъ слѣдующихъ способовъ: если въ мѣстѣ смыканія двухъ штоленъ имѣется колодецъ, то можно поднимать землю бадьями внутри его; это, однако, связано съ медленностью работы и дороговизною ея, особенно при глубокомъ колодцѣ. По второму способу, въ мѣстѣ смыканія устраивается поворотный кругъ, для чего штольня нѣсколько расширяется. Самымъ рациональнымъ является третій способъ, заключающійся въ уширеніи штольни въ мѣстѣ смыканія настолько, чтобы можно было уложить катальныя доски или дековилевскіе рельсы по кривой, хотя-бы и весьма крутой (черт. 68); при сплошномъ крѣпленіи это не представляетъ никакого затрудненія, развѣ только приходится усиливать раму добавленіемъ вторыхъ стоекъ и верхней насадки, но и это требуется дѣлать лишь при очень значительномъ давленіи грунта. При штольняхъ тоннельнаго типа добавляется число опорныхъ рамъ, а иногда послѣднія и усиливаются.

Осушеніе мѣстности штольнями можетъ заключаться какъ въ недопущеніи воды къ полотну или косогору, такъ и къ выпуску воды изъ опредѣленнаго скопленія ея. Въ первомъ случаѣ, общее направленіе штольни (или нѣсколькихъ штоленъ, расположенныхъ въ разныхъ уровняхъ и, обычно, въ разныхъ вертикальныхъ плоскостяхъ) задается чаще всего параллельнымъ полотну или урѣзу косогора, съ отступленіями отъ этой параллельности, вызываемыми мѣстными условіями; только въ случаѣ притока подземной воды въ направленіи параллельномъ или наклонномъ къ оси линіи, штольня дѣлается подѣ

---

\*) Работа, конечно, начинается отъ выхода изъ штольни; если штольня очень длинна, то иногда возможно дать и другія исходныя точки работъ, а именно отъ колодцевъ, въ которые грунтъ можетъ подниматься бадьями, но это осуществимо лишь въ рѣдкихъ случаяхъ, такъ какъ, обычно, притокъ воды помѣшаетъ такому способу, скорѣе примѣнимому въ тоннельныхъ работахъ.

угломъ къ послѣдней, проходя подъ ней или внѣ ея, въ зависимости отъ расположенія водоноснаго слоя (черт. 69). Если штольня служить лишь для выпуска скопленія воды въ подземномъ пространствѣ или въ тѣлѣ насыпи, то направленіе ей придается такое, при которомъ длина штольни будетъ наименьшая.

Какъ вспомогательныя устройства, штольни могутъ примѣняться для выпуска воды изъ-за подпорныхъ стѣнокъ на крутыхъ косогорахъ и для облегченія устройства глубокихъ дренажей. За всякой подпорной стѣнкой, гдѣ ожидается большое скопленіе воды, слѣдуетъ замѣнить дренажи штольней, но особое значеніе могутъ имѣть на крутыхъ косогорахъ лишь штольни, служащія выпускомъ изъ дренажа или дренирующей штольни, идя нормально къ подпорной стѣнкѣ; такія штольни оказываютъ серьезную вспомогательную услугу, такъ какъ по нимъ можетъ вывозиться земля изъ котлована стѣнки, взамѣнъ дорогого подниманія вверхъ (черт. 70).

Во второмъ случаѣ приходится прибѣгать къ помощи штоленъ тогда, когда безъ глубокаго дренажа не рассчитываютъ достигнуть надлежащаго осушенія мощнаго водоноснаго слоя, а работа дренажа затрудняется большимъ количествомъ грунтовой воды. Располагая штольню цѣликомъ въ водонепроницаемомъ грунтѣ и спуская въ нее воду изъ водоноснаго слоя помощью колодцевъ и буровыхъ трубъ, возможно достигнуть такого осушенія водоноснаго слоя, при которомъ работа по устройству глубокихъ дренажей уже не встрѣтитъ затрудненій (черт. 71).

### *Б. Укрѣпленія.*

Цѣль укрѣпленій—защитить грунтъ отъ размыва и иныхъ поврежденій водой, протекающей по поверхности земли; лишь въ рѣдкихъ и, притомъ, второстепенныхъ случаяхъ укрѣпленія могутъ защитить откосы отъ разрушенія водой грунтовой, находящейся внутри его. Это необходимо отмѣтить, такъ какъ нѣкоторые инженеры полагаютъ, что, напр., замощеніемъ возможно защитить сплывшіе откосы отъ дальнѣйшихъ сплывовъ; подобное предположеніе рѣшительно ни на чемъ не основано, ибо предохранить откосы отъ деформаций, вызываемыхъ грунтовыми водами возможно лишь или устранивъ послѣднія, или создавъ нѣчто въ родѣ подпорной стѣнки, каковой можетъ служить осушенный грунтъ откоса или иной матеріаль, но имѣющій достаточную толщину по сравненію съ высотой; такъ, напр., мостовая, даже двойная, не защититъ отъ сползанія высокаго откоса, но при очень малой высотѣ его двойная мостовая уже можетъ сыграть роль подпорной стѣнки, если, при этомъ, она не позволитъ грунтовой водѣ застаиваться позади, размягчая грунтъ и разрушая мостовую, т. е. другими словами, если эта мостовая не будетъ сдѣлана на мху.

По своему характеру всѣ укрѣпленія могутъ быть сведены въ три большихъ группы: 1) укрѣпленія откосовъ земляного полотна (кромѣ кюветовъ выемокъ и откосовъ насыпей, омываемыхъ водой), 2) укрѣпленія руселъ и канавъ, къ которымъ относятся также кюветы

выемокъ и 3) укрѣпленія береговъ рѣкъ и озеръ, а равно и откосовъ насыпей, омываемыхъ водой.

1. *Укрѣпленія откосовъ полотна.* Въ выемкахъ назначеніе ихъ не ограничивается защитой откосовъ отъ стекающей воды, но служить и для предохраненія отъ чрезмѣрнаго высыхания, вызывающаго трещины въ глинистыхъ грунтахъ; поэтому, въ послѣднихъ сплошная дерновка является необходимой, тогда какъ въ грунтахъ тощихъ суглинистыхъ и песчаныхъ ее можно замѣнить дерновкой въ клѣтку или даже обѣвкой; разумѣется, при высокихъ откосахъ, когда механически-разрушающее дѣйствіе отъ стекающей по откосу воды можетъ оказаться очень сильнымъ, приходится примѣнять дерновку независимо отъ грунта, хотя-бы въ нижней части откоса.

Длительная просадка откосовъ насыпей дѣлаетъ не особенно удобнымъ примѣненіе дерновки, да послѣдняя и не такъ нужна, какъ въ выемкѣ, благодаря лучшимъ условіямъ быта насыпи, почему нормальнымъ типомъ укрѣпленія насыпей является обсыпка растительной землей съ обѣвкой, лучше приживающейся здѣсь, чѣмъ при плотномъ грунтѣ выемокъ. Однако, если насыпь состоитъ изъ мелкопесчанаго или супесчанаго грунта, то иногда, какъ уже сказано въ гл. I, можетъ потребоваться одерновка ея откосовъ для защиты отъ выдуванія вѣтромъ или размыва водой. Дерновка откосовъ высокихъ насыпей можетъ потребоваться, если въ нихъ будутъ замѣчены очень большія вымоины отъ стекающей атмосферной воды. Наконецъ, дернуются откосы иногда и при ремонтѣ сплывовъ.

2. *Укрѣпленія водотоковъ.* Способъ укрѣпленія дна водотока зависитъ отъ скорости теченія; способъ-же укрѣпленія откосовъ, кромѣ этой скорости, зависитъ и отъ высоты откосовъ, ихъ грунта и количества притекающей со стороны воды; кромѣ того, при укрѣпленіи водотоковъ приходится считаться съ наличиемъ ихъ притоковъ, хотя-бы и очень мелкихъ.

а) *Укрѣпленія въ зависимости отъ скорости* дѣлаются только въ предѣлахъ протеканія воды, согласно установленныхъ нормъ, за которыя, какъ извѣстно, принимаютъ: для дерновки—3,5 фут./сек., для одиночной мостовой—7, для двойной—10, для каменной кладки—14. Для практическаго примѣненія эти нормы не могутъ остаться безъ объясненій, тѣмъ болѣе, что въ нихъ ничего не сказано о скоростяхъ для фашинныхъ и деревянныхъ укрѣпленій.

а) *Дерновка* при нѣкоторыхъ условіяхъ не допустима, хотя бы скорость и не превышала 3,5 ф./сек., благодаря легкой засоряемости одернованныхъ узкихъ канавъ; нужно считать, что всѣ канавы и кюветы, шириной 0.30 сж. и менѣе по дну, разъ ихъ уклонъ не превосходитъ 0.01—0.012, не должны имѣть дернованнаго дна; послѣднее или вовсе не должно укрѣпляться, или, если грунтъ этого не позволяетъ при данной скорости теченія, должно моститься. Въ кюветахъ можно считать, что при уклонѣ до 0.004 мощенія не требуется, кромѣ развѣ мелко-песчаныхъ и супесчаныхъ грунтовъ.

б) *Скорости при одиночной и двойной мостовой* могутъ быть

свободно повышены на 50%, если мостовая дополнена плетнями. Обычно применяемая мостовая в клетку на дне не должна делаться, так как вдоль продольных плетней вода легко промывает дно и подмывает всю мостовую; достаточно ограничиться поперечными плетнями, сохраняя укрепление клеткой лишь по откосам. Возможно, при этом, придавать дну не сплошной уклон, а ступенчатый, сплошь или на отдельных участках, причем каждая ступень поддерживается поперечным плетнем; высота ступеней делается в размер 70% от толщины мостовой, а при песчаном дне — 50% (черт. 72).

Особенное внимание при мостовой в клетку должно быть обращено на ее части в верхнем течении и по бровке откоса; если вода, поступающая на мощный участок, встречает на пути плетень, то последний задерживает ее, благодаря чему образуется водоворот и обратная струйка воды будут стремиться подойти под плетень, промывая землю; поэтому, ни в каком случае укрепление не должно начинаться со стороны поступающей к нему воды плетнем, а обязательно мощным участком, особо тщательно врезанным в землю заподлицо с ней, как и всякой головной участок любого укрепления.

Мощение с плетнями не следует производить в жаркое время (кроме августа и сентября, когда можно ждать в скором времени дождей) и в морозы; если имеется постоянное протекание воды, отводимой лишь на время мощения, то последнее можно делать и в жару.

γ) Если приходится укреплять русло с большим количеством воды, отвести или преградить временно которую затруднительно, то от укрепления мостовой приходится отказаться и перейти к укреплению *фашинами* или *каменной наброской*. Фашины применяются здесь лучше всего в виде тонкого (0,20—0,30 саж.<sup>1</sup>) тюфяка, нагруженного камнем на 0,08—0,10 саж. в плетнях.

Если в дне есть глубокие ямы, то их следует перед опусканием тюфяка забросать камнями или тяжелыми фашинами. Последние могут служить и взаимно тюфяков, но тюфяки имеют преимущество непрерывности; тюфяками-же или тяжелыми фашинами прикрываются и откосы до горизонта протекающей воды, выше которого откосы укрепляются тем или иным типом мостовой.

В случае дороговизны хвороста (последний для тюфяков и тяжелых фашин может браться и не ивовый, кроме лишь канатов и плетня сверху тюфяка, а равно и всех выступающих из воды частей), можно ограничиться каменной наброской; толщина ее делается в 0,20—0,30 саж., после предварительного выравнивания ям и промоин, а у берегов камень отсыпается до горизонта воды призмой с полукруглыми откосами. Если имеется настолько крупный ка-

<sup>1</sup>) В эту толщину входит и каменный слой.

мень, что течениемъ его не можетъ унести, то отсыпка изъ него, съ заполненіемъ промежутковъ и ямъ менѣе крупнымъ камнемъ, совершенно достаточна. Если-же такого камня нѣтъ, то необходимо предохранить наброску отъ размыванія, что можетъ дѣлаться или помощью забивки въ шахматномъ порядкѣ свай (въ разстояніи около 0,50 саж. свая отъ свай каждаго ряда), или помощью шпунтоваго ряда; послѣдній забивается въ серединѣ отсыпки, но ни въ коемъ случаѣ не по концамъ ея; если наброска тянется на значительную длину, то забивается 2—3 и болѣе шпунтовыхъ рядовъ, опять-таки, въ нѣкоторомъ разстояніи отъ концовъ наброски, которые служатъ рисбермами для предохраненія шпунта отъ подмыва.

Скорость для фашинныхъ укрѣпленій можетъ быть допущена до 15—20 ф./сек., а для каменной наброски со шпунтомъ—до 10—12.

б) *Укрѣпленія изъ каменной кладки*<sup>1)</sup> дѣлаются въ видѣ наклонныхъ лотковъ и вертикальныхъ уступовъ; первые примѣняются рѣдко, въ виду ограниченности скорости въ нихъ, тогда какъ скорость по вертикальнымъ уступамъ можетъ быть гораздо больше 14 футъ, при устройствѣ водобойнаго колодца, водная подушка котораго заставляетъ падающую струю воды терять живую силу.

Типъ наклоннаго лотка показанъ на черт. 73.

Каменный уступъ состоитъ изъ подводящаго лотка, стѣнки перепада и водобоя; соприкасаніе подводящаго лотка и водобоя со стѣнкой перепада (т.-е. съ вертикальной частью уступа) дѣлается подъ прямымъ угломъ, а никакъ не по кривой, такъ какъ, при проходѣ послѣдней, вода можетъ развивать скорость настолько значительную, что кладка размывается. Даже малое количество воды, стекая прямо по стѣнкѣ перепада, постепенно выщелачиваетъ цементъ изъ швовъ; поэтому, если по уступу протекаетъ небольшая постоянная вода, то лучше дѣлать въ концѣ подводящаго лотка выступъ въ видѣ карниза со слезникомъ (черт. 74). Это-же соображеніе даетъ поводъ считать слегка наклонныя стѣнки перепада, иногда дѣлаемыя, нераціональными.

Водобой дѣлается различной формы: первый типъ (черт. 75) имѣетъ скошенный выступъ, начинающійся прямо отъ стѣнки перепада, съ прорѣзомъ по серединѣ для слива воды послѣ ливня: этотъ типъ чрезвычайно нераціоналенъ при сколько-нибудь значительной высотѣ и сколько-нибудь значительномъ количествѣ воды, такъ какъ наиболѣе глубокая водная подушка имѣетъ мѣсто у самой стѣнки перепада, куда вода можетъ попадать лишь при совершенно ничтожномъ количествѣ ея; чѣмъ больше скорость пропускаемой воды, тѣмъ болѣе пологое очертаніе имѣетъ ея струя и тѣмъ дальше она попадаетъ отъ перепада. Поэтому, первый типъ примѣнять никогда не слѣдуетъ. Второй и третій типы весьма сходны между собой: во второмъ типѣ водобойный колодецъ образуется при

1) Послѣдняя можетъ быть замѣнена бетономъ или желѣзобетономъ, но выгоды эта замѣна не представляетъ, кромѣ случая очень дорогого камня.

помощи гребня съ прорѣзомъ, поднятаго выше дна (черт. 76), а въ третьемъ—помощью углубленія въ днѣ (черт. 77). Въ обоихъ типахъ размѣры водобойнаго колодца вычисляются по формуламъ:

для высоты въ *метрахъ*

$$h = \sqrt[3]{H} \sqrt[3]{Z} - \frac{2}{3} Z,$$

гдѣ  $Z$ —толщина слоя воды при подходѣ къ уступу,  $H$ —высота послѣдняго;

для длины въ *саженяхъ*

$$l = 0,66 v \sqrt[3]{H} + \frac{Z}{3};$$

$v$ —скорость при подходѣ къ уступу.

Вопросъ о преимуществахъ того или иного типа не можетъ считаться рѣшеннымъ; въ типѣ съ приподнятымъ порогомъ свободная высота паденія уменьшается сравнительно съ пониженнымъ колодцемъ и водѣ предоставляется свободный выпускъ, что предохраняетъ колодецъ отъ разрушенія при замерзаніи; чтобы парализовать возможность такого разрушенія въ третьемъ типѣ, стѣнки колодца дѣлаются наклонными. Зато, третій типъ имѣетъ несомнѣнное преимущество въ томъ, что вода, вытекая изъ него, имѣетъ скорость близкую къ 0, тогда какъ во второмъ типѣ она получить нѣкоторую скорость, переливаясь черезъ порогъ; это влечетъ за собой необходимость продленія каменнаго выходнаго лотка за порогъ, на длину отъ 0,75 до 2,5 саж.; помимо того, послѣ не очень большихъ дождей, когда расходъ воды примѣрно соответствуетъ расходу черезъ сливное отверстіе въ порогѣ, вода выливается изъ этого отверстія съ очень большой силой и можетъ вызвать размывъ кладки ниже порога. Все изложенное позволяетъ дать нѣкоторое предпочтеніе третьему типу.

Уступы дѣлаются или одиночными, или состояются изъ нѣсколькихъ малыхъ уступовъ (черт. 78); выборъ того или другого типа всецѣло зависитъ отъ мѣстныхъ условій.

При большомъ паденіи, возможно вмѣсто обыкновенныхъ уступовъ примѣнить закрытые; послѣдніе представляютъ собой (черт. 79) каменный или желѣзобетонный колодецъ съ такимъ-же дномъ; въ верхней части задней вертикальной стѣнки сдѣланъ вырѣзъ для притекающей воды, а въ нижней части передней стѣнки, нѣсколько выше дна, вдѣлана труба (каменная, желѣзобетонная или чугунная) для стока воды вытекающей; пространство между дномъ трубы и дномъ колодца служить водобоемъ. Такъ какъ вода ударомъ о переднюю стѣнку колодца могла-бы разрушить ее, а отдалить эту стѣнку отъ задней на значительное разстояніе обошлось-бы очень дорого, то передняя стѣнка внутри защищена деревянными досчатыми щитами, сдѣланными на шипахъ и прикрѣпленными къ стѣнкѣ тѣмъ или инымъ способомъ; не мѣшаетъ защитить заднюю стѣнку такимъ-же щитомъ, въ виду возможности обратнаго удара струи. Сверху колодецъ, во избѣжаніе несчастныхъ случаевъ, слѣдуетъ закрывать крышкой.

Выходная труба сверху засыпается землей и может тянуться на произвольную длину; это дѣлаетъ описываемый типъ чрезвычайно удобнымъ для укрѣпленія сильно размываемыхъ глубокихъ овраговъ, свободная высота откосовъ которыхъ можетъ быть, путемъ засыпки трубы, уложенной по дну оврага, значительно уменьшена; если-бы оврагъ имѣлъ вымоины въ видѣ уступовъ, то въ трубѣ могутъ быть устроены и промежуточные колодцы описываемаго типа различной высоты (черт. 80).

г) *Деревянная* укрѣпленія допускаютъ любую скорость и раздѣляются на лотки и ряжевые уступы. Лотки предназначены для пропуска воды по такимъ мѣстамъ, гдѣ грунтъ, по своей слабости, не можетъ выдержать каменнаго укрѣпленія или послѣднее признается слишкомъ дорогимъ, а, между тѣмъ, есть опасеніе, что при болѣе легкомъ укрѣпленіи будетъ происходить просачиваніе воды въ грунтъ. Лотки представляютъ собой желобъ, сѣченіе котораго зависитъ отъ количества притекающей воды, сдѣланный изъ плотно припазованныхъ досокъ на шпонкахъ (иногда съ двойнымъ дномъ и бортами); доски должны быть тщательно просушены, стѣнки ихъ проконопачены (особенно въ углахъ) и съ обѣихъ сторонъ желоба смазаны смѣсью жидкой смолы съ варомъ. Если будутъ замѣчены трещины въ доскахъ, то онѣ должны быть прошпаклеваны. Лотокъ ставится на козла, нѣсколько возвышающіеся надъ землей, чтобы отъ соприкосновенія съ послѣдней дерево не сгнивало и чтобы можно было замѣтить возможную течь. Подъ лоткомъ слѣдуетъ отмостить узкую полосу грунта, сдѣлавъ ее въ видѣ ложбинки для стока воды, могущей просочиться изъ лотка.

Ряжевые уступы дѣлаются иногда взамѣнъ каменныхъ въ томъ случаѣ, если нежелательно дѣлать глубокую врѣзку въ землю; особенно удобны такіе уступы при постоянно текущей водѣ, такъ какъ тогда они дольше сохраняются. Какъ видно изъ черт. 81, ряжевые уступы состоятъ изъ свай, забитыхъ по угламъ, и забранныхъ пластинами или досками; внутрь образованнаго такимъ образомъ ящика набрасывается камень, послѣ чего устраивается полъ изъ плотно припазованныхъ досокъ, лучше всего двойной. Чтобы избѣжать значительной скорости при выходѣ съ уступа, его нижняя площадка дѣлается очень невысоко надъ землей, послѣ чего слѣдуетъ замощеннѣй участокъ; можно нижнюю площадку дѣлать въ видѣ каменнаго опущеннаго водобойнаго колодца.

б) *Укрѣпленія въ зависимости отъ высоты откосовъ, качества ихъ грунта и количества протекающей воды.* Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ канава, нагорная или отводная, воспринимаетъ въ себя наибольшее количество воды, глубина ея обыкновенно невелика и вопросъ о томъ, слѣдуетъ-ли укрѣплять ея откосы или нѣтъ, зависитъ исключительно отъ грунта и характера распредѣленія воды по поверхности земли: если она идетъ равномернымъ тонкимъ слоемъ по большой площади, то укрѣпленіе, въ большинствѣ случаевъ, можетъ ограничиться дерновкой; если-же главная масса воды протекаетъ по узкой ложинѣ, то

и устье послѣдней, и канаву противъ него часто приходится замащивать, предварительно обдѣлавъ устье въ видѣ правильной воронки <sup>1)</sup>).

Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ глубина канавы значительна, поступленіе въ нее воды чаще всего невелико, но, зато, спускаясь по откосу, она развиваетъ большую скорость, могущую сильно его размыть: поэтому, можно съ нѣкоторой приближенностью сказать, что всѣ канавы, русла и резервы, глубиной свыше 0,70 саж., должны имѣть одернованный нагорный откосъ; если при такой глубинѣ имѣются вдобавокъ впадающія ложбинки, то откосъ приходится въ соответствующихъ мѣстахъ вымащивать. Подобное укрѣпленіе можетъ стоить довольно дорого, а потому, принимая во вниманіе малое количество поступающей воды, иногда оказывается болѣе выгоднымъ съ нагорной стороны глубокой канавы, русла или резерва прорѣзать маленькую канаву, удовлетворяющую мѣстному расходу воды и не требующую укрѣпленія, и впустить ее въ защищаемый ею водотокъ или резервъ въ одномъ или нѣсколькихъ мѣстахъ помощью мощныхъ лотковъ.

Если канава проходить въ грунтѣ водоносномъ, слабымъ или дающемъ сплывы, то ее слѣдуетъ дренировать по образцу выемки; въ виду, однако, второстепеннаго значенія канавы, можно проложить дренажи меньшей глубины, кромѣ лишь тѣхъ случаевъ, гдѣ глубина канавы очень велика, или гдѣ ея значеніе особо важно.

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, канавамъ придаются откосы болѣе крутые, чѣмъ полуторные; допущеніе такихъ откосовъ возможно лишь при соответственномъ качествѣ грунта; въ качествѣ подпорныхъ стѣнокъ при очень крутыхъ откосахъ можно рекомендовать, какъ наиболѣе дешевую мѣру, дерновку торцомъ (черт. 82).

3. *Укрѣпленія береговъ* могутъ или непосредственно защищать послѣдніе, или-же служить струеотводными сооруженіями; конечно, возможна комбинація обѣихъ системъ укрѣпленій.

а) *Укрѣпленія для непосредственной защиты берега или омываемого водой откоса полотна.* Наиболѣе часто примѣняется для укрѣпленія береговъ выше горизонта межени мостовая разныхъ типовъ, преимущественно въ клѣтку. Въ округахъ Путей Сообщенія послѣдняя иногда замѣняется одиночной мостовой въ приколь, состоящей изъ большихъ камней (около 0.15 толщиной), плотно прижатыхъ другъ къ другу, вродѣ облицовки въ приколь; этотъ родъ укрѣпленій настолько дорогъ, что примѣнять его рѣшительно незачѣмъ, тѣмъ болѣе, что на практикѣ онъ врядъ-ли лучше мостовой въ клѣтку. Какая-бы мостовая ни была примѣнена, она только тогда дастъ хорошіе результаты, если будетъ опираться на надежное основаніе <sup>2)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Необходимо отмѣтить, что выпуски впадающихъ ложицъ или рытвинъ слѣдуетъ, по возможности, направлять подъ угломъ 45°—60° къ оси принимающей ихъ канавы, внизъ по теченію.

<sup>2)</sup> Нужно еще опасаться разрушенія мостовой отъ нагорной воды, почему слѣдуетъ обратить вниманіе на отводъ послѣдней.



При укрѣпленіи откосовъ насыпей, такимъ основаніемъ служить или непосредственный грунтъ, или мощеная полоса около 0,5 саж. шириной вдоль подошвы откоса; такое-же основаніе пригодно и для укрѣпленія берега, если вдоль него тянется отмель, открывающаяся во время низкой межени. Когда подошва берега или насыпи закрыта всегда водой, то опору приходится создавать помощьюъ различныхъ мѣръ: каменные призмы пригодны для этой цѣли, если состоятъ изъ достаточно крупныхъ камней, которые не можетъ унести течение; при отсутствіи или дороговизнѣ крупнаго камня приходится обратиться къ фашинамъ. Послѣднія могутъ быть примѣнены въ видѣ тяжелыхъ фашинъ, однокомельныхъ фашинъ или тюфяковъ; способъ укрѣпленія тяжелыми фашинами весьма простъ и сходенъ по принципу съ каменной наброской (черт. 83); при очень быстромъ теченіи примѣняются такъ называемыя безконечныя фашины, длиной до 100 саж., постепенно наращиваемыя и опускаемыя въ воду.

Однокомельныя фашины употребляются въ видѣ постепенно погружаемой голландской кладки, связанной съ берегомъ помощьюъ вѣзки въ него (черт. 84); способъ выполненія вполне одинаковъ съ описаннымъ ниже способомъ устройства струеотводныхъ сооружений изъ фашинной кладки. Низъ укрѣпленія иногда защищается фашиными тюфяками (черт. 85).

Фашинные тюфяки разстилаются по берегу и дну, какъ показано на черт. 86; если есть вымоина вблизи берега, то до укладки тюфяка она заполняется тяжелыми фашинами или камнемъ; при сильномъ подмывѣ берега ему придается нѣкоторая отлогость помощьюъ тяжелыхъ фашинъ (черт. 87) или ряда фашинныхъ тюфяковъ, наложенныхъ другъ на друга (черт. 88). Если берегъ нужно оправить помощьюъ подсыпки, частью лежащей въ водѣ, то сначала дѣлается каменная или фашинная берма, въ которую подсыпка и опирается; можно также оградить подсыпку шпунтовымъ (вѣрнѣе, свайнымъ въ притыкъ) рядомъ, который долженъ быть отъ подмыва защищенъ каменной рисбермой (черт. 89).

Каковъ бы ни былъ способъ подводнаго укрѣпленія, но слѣдуетъ имѣть въ виду, во-первыхъ, что обращенные къ водѣ подводные откосы укрѣпленій должны быть не круче полуторныхъ, а, во-вторыхъ, что подошва укрѣпленій должна обязательно лежать на ровномъ или почти ровномъ днѣ, какъ видно изъ черт. 86—88.

Помимо мостовой, надводная часть можетъ укрѣпляться и однокомельными фашинами, дѣлаемыми въ этомъ случаѣ обязательно изъ ивняка (черт. 90).

*б) Струеотводныя сооружения.*

*а) Типы струеотводныхъ сооружений.*

Роль струеотводныхъ сооружений заключается не только въ томъ, чтобы не допускать быстрого теченія къ берегу и этимъ защитить послѣдній отъ разрушенія, но и въ томъ, чтобы указанную защиту обезпечить путемъ образованія отложеній изъ рѣчныхъ наносовъ у укрѣпляемаго берега; отложенія эти происходятъ вслѣдствіе рѣзкаго

уменьшенія скорости теченія, вызываемаго присутствіемъ струеотводныхъ сооруженій, почему исчезаетъ или сильно уменьшается горизонтальная составляющая, дѣйствующая на уносимыя водой частицы грунта и послѣднія, подѣ дѣйствіемъ силы тяжести, будутъ опускаться на дно.

Описываемыя сооруженія раздѣляются на три главныя группы—продольныя запруды, полузапруды или буны и глухія запруды; кромѣ того, примѣняются разнаго рода вспомогательныя устройства, о которыхъ сказано ниже.

Продольныя запруды защищаютъ *вогнутый берегъ*, направлены по пологой кривой и могутъ быть сплошными или прерывчатыми, при чемъ, во всякомъ случаѣ, верхняя часть запруды примыкаетъ къ берегу. Для сопряженія съ берегомъ, какъ въ корнѣ запруды, такъ и по срединѣ ея, устраиваются поперечныя дамбы или траверсы.

Полузапруды дѣлаются въ видѣ выступовъ, направляющихся или по нормали къ стержню рѣки, или, что лучше, нѣсколько отклоняясь головой въ верховую сторону. Полузапруды примѣняются для укрѣпленія выступающихъ частей берега, а равно и взаимнѣ низовыхъ участковъ продольныхъ запрудъ. Если придать полузапрудамъ сильный уклонъ (въ планѣ) къ низовой сторонѣ (около  $30^\circ$  къ береговой линіи), то онѣ являются какъ-бы переходомъ къ продольнымъ запрудамъ и, какъ таковыя, могутъ примѣняться на вогнутомъ берегу, называясь шпорами. Глухія запруды дѣлаются почти исключительно на второстепенныхъ притокахъ рѣки. Примѣры примѣненія вышеперечисленныхъ струеотводныхъ сооруженій показаны на черт. 91 и 92.

Какую-бы цѣль сооруженіе ни преслѣдовало, необходимо обратить особо тщательное вниманіе на надежность соприкасанія его съ берегомъ, во избѣжаніе просачиванія воды вдоль послѣдняго, и на особо сильное укрѣпленіе головы, такъ какъ около нея развивается самое быстрое теченіе.

Для того, чтобы въ достаточной мѣрѣ преграждать и отклонять теченіе, струенаправляющія сооруженія должны имѣть достаточную высоту; съ другой стороны, верхъ ихъ легко можетъ быть поврежденъ ледоходомъ, а потому нормальная высота въ рѣкѣ съ высокимъ весеннимъ горизонтомъ должна быть выше межени, но ниже горизонта ледохода, хотя-бы на 0,30 саж. При маломъ подъемѣ воды, сооруженія могутъ подниматься выше горизонта высокихъ водъ; послѣдній случай, впрочемъ, встрѣчается рѣдко.

Длина сооруженій весьма различна, ширина-же по верху берется отъ 1 до 3 сажени въ зависимости отъ силы теченія и глубины, при чемъ поперечныя полузапруды не слѣдуетъ дѣлать меньше  $1\frac{1}{2}$  саж., такъ какъ именно онѣ выносятъ наибольшее давленіе воды.

в) *Способы производства работъ*. Матеріаль для струеотводныхъ сооруженій берется довольно разнообразный, а именно: камень, однокомельныя фашины, фашинные тюфяки и корзины или туры.

а) *Каменныя струеотводныя сооруженія* дѣлаются весьма рѣдко;

причина этому заключается, во-первыхъ, въ необходимости употреблять для нихъ настолько крупный камень, чтобы его не могло унести течениемъ, а, во-вторыхъ, въ возможности вдавливанія въ грунтъ каменныхъ призмъ, несравненно болѣе тяжелыхъ, чѣмъ фашины; наконецъ, защита головъ каменныхъ сооружений особенно затруднительна. Въ виду сказаннаго, цѣликомъ изъ камня лишь изрѣдка дѣлаются глухія запруды на второстепенныхъ протокахъ, гдѣ скорость теченія мала сама по себѣ и уменьшается еще отъ прегражденія входа въ протокъ фашиной или тюфячной запрудой. Иногда каменные сооружения дополняются еще проходящей въ серединѣ ихъ шпунтовой стѣнкой или двумя; подстилку тюфяка подъ призму можно считать почти обязательной.

Особый видъ каменныхъ сооружений составляютъ ряжевыя шпоры, примѣняемая въ Сѣверной Америкѣ, въ случаѣ необходимости спѣшной защиты берега. Ряжь представляетъ собой продолговатый ящикъ, сколоченный изъ бревенъ, шириной не менѣе  $1\frac{1}{2}$  саж. и различной длины; высота бортовъ соотвѣтствуетъ глубинѣ рѣки. Ящикъ устанавливается на плаву подъ угломъ около  $30^{\circ}$  къ берегу и загружается камнемъ; такъ какъ, обыкновенно, въ скоромъ времени происходитъ вдавливаніе ряжа въ песокъ, то борты его надстраиваются по мѣрѣ осадки и производится добавочная загрузка камнемъ.

б) *Сооруженія изъ обыкновенныхъ фашинъ.* Большею частью они дѣлаются въ видѣ полузапрудъ, значительно рѣже—въ видѣ продольныхъ запрудъ или траверсовъ; поперечному сѣченію придается форма трапеціи, съ откосами верховыми (или, въ продольныхъ сооруженияхъ, обращенными къ рѣкѣ) въ  $1:1\frac{1}{2}$  <sup>1)</sup>, а низовыми (или обращенными къ берегу) въ  $1:1$ .

Фашины могутъ дѣлаться изъ разнороднаго (даже хвойнаго) лѣса, и только для канатовъ и вицъ обязательно примѣняется ивнякъ. Длину фашинъ Урочное Положеніе даетъ въ  $1-1,3$  саж., но на практикѣ лучше дѣлать болѣе длинныя фашины (въ  $2-2,25$  саж.), если это позволяетъ качество имѣющагося хвороста. Диаметръ фашинъ въ комлѣ дѣлается около  $10-12''$  и черезъ каждыя  $0,30-0,40$  саж. онѣ перевязываются вицами; первая перевязка находится, примѣрно, въ  $0,20$  саж. отъ комля, а всего ихъ дѣлаютъ 4 на длинныхъ, 3 на короткихъ фашинахъ; метла остается свободной.

Какъ вспомогательный матеріалъ, примѣняются ивовыя прутьяныя канаты, діаметромъ  $5-6''$ , и кольца для скрѣпленія канатовъ съ фашинами. Колья дѣлаются длиной около 2 аршинъ, при діаметрѣ  $2-2\frac{1}{2}''$ , изъ какого-либо твердаго дерева, лучше всего—сосны; ивовыя кольца, какъ слишкомъ слабыя, не примѣняются.

Голландскій способъ фашиной кладки (или способъ погружаемой кладки), примѣняемый почти исключительно для береговыхъ укрѣпленій, заключается въ слѣдующемъ: въ берегъ вырѣзается выемка для корня, шириной, соотвѣтствующей ширинѣ сооружения по верху,

<sup>1)</sup> Такіе-же откосы придаются и всей головѣ.

и длиной, считая отъ верхней бровки берега, около 4 сажень; отмѣтка дна берется въ уровнѣ рабочаго горизонта воды. Въ предѣлахъ берегового откоса выемка дѣлается раструбомъ, чтобы можно было постепенно перейти къ ширинѣ сооруженія не по верху, а по низу (черт. 93).

Внутри выемки укладываются фашины правильными рядами, при чемъ каждый рядъ состоитъ изъ двухъ слоевъ—нижняго или рабочаго и верхняго или обратнаго. Фашины нижняго слоя укладываются, какъ показано на черт. 93, т.-е. продольно, метлами въ сторону рѣки, причемъ каждый рядъ фашинъ прикрываетъ  $\frac{2}{3}$  длины предыдущаго ряда: начиная отъ раструба выемки, фашины укладываются вѣромъ, пока ширина ряда не достигнетъ проектной ширины по низу. Для болѣе плотной укладки фашинныхъ рядовъ, ихъ слѣдуетъ прижимать веревками, подтягиваемыми помощью рычаговъ. Когда кладка доходитъ до уровня воды, то необходимо вести ее съ низовой стороны, чтобы фашины нажимались теченіемъ одна къ другой.

Когда нижній слой настолько вдается въ рѣку, что дальнѣйшее продвиженіе становится опаснымъ <sup>1)</sup>, его обносятъ одиночнымъ или двойнымъ (при сильномъ теченіи) прутянымъ канатомъ, а отдѣльные ряды фашинъ прикрѣпляются поперечными канатами (черт. 94). Затѣмъ приступаютъ къ устройству верхняго слоя, имѣющаго толщину около 6", на который идутъ уже не фашины, а хворость, по возможности прямой и тонкій, для удобства заполнения всѣхъ неровностей нижняго слоя; хворость этотъ кладется поперечными рядами, начиная отъ воды, и прикрѣпляется канатами, уложенными вдоль сооружения, и, кромѣ того, обхватывающими канатами (черт. 95). По выстилкѣ хворостяного слоя, его засыпаютъ сверху глиной для того, чтобы слой погрузился въ воду; въ мѣстахъ, гдѣ глина остается выше воды, ее слѣдуетъ протрамбовывать. Засыпка въ полузапрудахъ и траверсахъ производится отъ воды, начиная съ низоваго конца, а въ продольныхъ запрудахъ—отъ берега.

Въ такомъ-же порядкѣ укладываются и остальные двуслойные ряды; послѣдовательность укладки видна изъ черт. 96.

Когда дамба достигла проектной высоты, то сверху и съ боковъ ея укладываются хворостяныя выстилки въ нѣсколько рядовъ, присыпанныя землей; самая верхняя выстилка должна быть изъ свѣжаго, хорошо прорастающаго ивняка, и прикрыта растительной землей.

Сооруженная такимъ образомъ дамба еще не вполне закончена, такъ какъ ея откосы недостаточно прижаты ко дну; поэтому ихъ слѣдуетъ придавливать или каменной отсыпкой съ откосомъ не менѣе 1:2, или тяжелыми фашинами, или тюфяками (черт. 97 и 98); упомянутому придавливанію можетъ не подвергаться въ поперечныхъ дамбахъ низовая сторона, кромѣ головной и корневой части, а въ продольныхъ,

<sup>1)</sup> Слѣдуетъ указать, что при устройствѣ полузапруды на рѣкѣ съ сильнымъ теченіемъ, послѣднее можетъ сдвигать фашинные ряды, а потому нужно кладку вести нѣсколько наклонно вверхъ по теченію.

за тѣми-же исключеніями, откосъ, обращенный къ берегу. Помимо того, голову иногда укрѣпляютъ, до начала кладки, разстилочными тюфяками (т.-е. подложенными подъ нее), какъ показано на черт. 98.

Чтобы верхній рядъ хворостяной выстилки, съ прикрывающей его землей, не былъ поврежденъ водой, сверхъ него устраиваютъ мостовую (одиночную или двойную) въ клѣтку. Иногда, если плетни приживаются, это укрѣпленіе оказывается вполне достаточнымъ; но, часто, дѣло обстоитъ иначе, и дамба, давая сильную и продолжительную осадку, оказывается плохо защищенной сверху.

Въ этомъ случаѣ, черезъ 2—3—4 года послѣ постройки дамбы, слѣдуетъ мостовую разобрать и вновь покрыть верхъ дамбы или одиночной мостовой по черт. 99, или хворостянымъ покрываломъ по черт. 100, иногда прикрываемымъ еще мостовой въ клѣтку; при этомъ слѣдуетъ подправить и каменные откосы по бокамъ дамбы. На продолжныхъ запрудахъ часто приходится считаться съ бечевниками; въ такомъ случаѣ устройство дорожки, мощеной не въ клѣтку, обязательно; примѣръ такой дорожки, заодно удерживающей и хворостяное покрытие, показанъ на черт. 101 <sup>1)</sup>.

Корень дамбы закрѣпляется не только путемъ засыпки съ утрамбовкой фашиной кладки, лежащей въ береговой выемкѣ, и замощеніемъ ея, но и устройствомъ такъ называемыхъ опоясковъ, т.-е. укрѣпленій берега выше и ниже корня; эти укрѣпленія могутъ дѣлаться въ видѣ либо каменной отсыпки, либо фашинныхъ тюфяковъ, либо, наконецъ, въ видѣ фашиной кладки. Въ послѣднемъ случаѣ, сооруженіе опоясковъ производится одновременно съ возведеніемъ самой дамбы, чтобы они тогда представляли одно цѣлое, и съ каждымъ концомъ опояска кладка врѣзается въ землю совершенно такъ же, какъ врѣзается корень дамбы; расположеніе такихъ опоясковъ показано на черт. 91. Производство работъ опояска ничѣмъ не отличается отъ вышеописаннаго производства работъ дамбы, но только фашины приходится располагать иначе, какъ показано на чертежѣ 102; выведенные ряды кладки, прикрывающіе берегъ, должны быть прижаты къ нему каменной отсыпкой или тюфякомъ (черт. 85).

с) *Сооруженія изъ фашинныхъ тюфяковъ* получили въ послѣднее время болѣе широкое примѣненіе, чѣмъ прежде, благодаря простотѣ ихъ конструкціи и возможности, при длинныхъ дамбахъ, развивать весьма значительный фронтъ работъ.

---

1) Въ виду малаго знакомства желѣзнодорожныхъ инженеровъ съ практикой фашинныхъ работъ, не мѣшаетъ привести нѣкоторые данныя: для 1 куб. сажени погружаемой кладки требуется хвороста для фашины и верхнихъ слоевъ 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> куб. саж., канатовъ прутяныхъ погонныхъ саженой, по даннымъ Урочнаго Положенія, 14 п. с., а по даннымъ инж. Цвикеля („Фашинные работы“)—40 п. с.; кольцевъ по Урочному Положенію 56 шт., а по Цвикелю 280, глины или суглинка 0,33—0,40 куб. саж.

Для 1 п. с. каната требуется около 0,01 куб. саж. ивоваго хвороста, а для изготовленія 1 вида 0,00033 куб. саж. особо тонкаго и гибкаго ивоваго хвороста (такъ наз. „дубецъ“).

Въ поперечномъ сѣченіи фашинная дамба (черт. 103) состоитъ изъ трехъ частей: ядра, разстилочнаго тюфяка и верхней обдѣлки. Ядро образуется наложеніемъ другъ на друга такъ называемыхъ тяжелыхъ тюфяковъ, постепенно суживающихся кверху, такъ что они образуютъ съ каждой стороны уступчатую линію, къ внутреннимъ угламъ которой касательна линія соответственнаго уклона (т.-е. 1 : 1 для откоса внутренняго или низового и 1 : 1½ для откоса, обращеннаго къ рѣкѣ или верхового); толщина тюфяковъ (включая каменную загрузку) берется отъ 0,30 до 0,45 с. Выступы тюфяковъ иногда обсыпаются камнемъ, такъ что поперечное сѣченіе ядра принимаетъ видъ правильной трапеціи, иногда-же сѣченіе остается уступчатымъ. Разстилочные тюфяки выступаютъ изъ-подъ нижняго тюфяка ядра по меньшей мѣрѣ на 1½ сажени съ менѣе угрожаемой стороны и на 2—2½ саж. съ болѣе угрожаемой; цѣль ихъ такая-же, какъ и тюфяковъ подъ дамбами изъ каменной наброски или однокомельныхъ фашинъ, т.-е. защита сооруженія отъ подмыва; разстилочный тюфякъ называется тонкимъ и дѣлается въ 0,20—0,30 саж. толщины. Верхняя обдѣлка устраивается въ видѣ мостовой, а если дамба сдѣлана по типу донныхъ запрудъ, т.-е. ниже межени, то въ видѣ каменной призмы. Иногда, впрочемъ, отдѣлки не дѣлается вовсе и ея роль играетъ камень въ плетняхъ, загружающій верхъ тюфяка.

Въ планѣ тюфякамъ можно придавать форму не только прямоугольную, но и трапецивидную или треугольную, что позволяетъ располагать тюфячныя сооруженія вполнѣ сообразно съ очертаніями защищаемаго берега; точно также и въ поперечномъ или продольномъ разрѣзѣ имъ возможно придавать различную толщину и этимъ выравнивать дамбу при поперечномъ или продольномъ скатѣ<sup>1)</sup>. Разумѣется, при сильномъ скатѣ dna приходится не ограничиваться приданіемъ различной толщины отдѣльнымъ тюфякамъ, но прибѣгать и къ увеличенію числа рядовъ тюфяковъ съ подгорной стороны, чтобы верхняя поверхность каждаго ряда тюфяковъ была горизонтальна (черт. 104). Разстилочный тюфякъ кладется одинъ, въ рѣдкихъ случаяхъ два и его верхняя поверхность дѣлается параллельной поверхности dna.

Для изготовленія тюфяковъ служатъ въ лѣтнее время особые станки (черт. 105), устанавливаемые на берегу или на баржахъ; тюфяки, дѣлаемые на береговыхъ станкахъ, имѣютъ не свыше 4 саж. ширины и 6 длины, по изготовленіи спускаются на воду и подводятся на плаву къ мѣсту опусканія, гдѣ и загружаются камнемъ. Тюфяки, опускаемые съ баржей, дѣлятся на двѣ категоріи: спускаемые сразу на воду, имѣющіе тѣ-же размѣры, что и изготовляемые на берегу, и безконечные, шириной до 20 саж. и длиной до 170 саж., спускаемые постепенно, съ передвиженіемъ вдоль сооруженія баржи. Изрѣдка примѣняется изготовленіе тюфяковъ на бревенчатомъ плоту, гдѣ-либо въ

<sup>1)</sup> Поперечный или продольный уклонъ нижней поверхности тюфяка можетъ быть приданъ до 0,03.

тихой заводи, безъ станка; по изготовленіи, бревна вынимаются изъ подъ плота и тюфякъ прибуксируется на мѣсто работъ.

Въ нашемъ климатѣ самый лучший способъ работы тюфяковъ— зимой со льда: эта работа не требуетъ лишнихъ приспособленій, тюфякъ вяжется прямо на мѣстѣ опусканія и, наконецъ, зимой рабочія руки дешевле, удобнѣе подвозка, да и техническій надзоръ свободнѣе. Такъ какъ опусканіе со льда чаще всего примѣняется у насъ, то на немъ и слѣдуетъ остановиться нѣсколько дольше, чѣмъ на остальныхъ способахъ.

Размѣры тюфяковъ, опускаемыхъ со льда, не превышаютъ 6 саж. въ ширину и 25 саж. въ длину; соответственно этому размѣру, гдѣ-либо въ сторонѣ устраняется сѣтъ изъ прутяныхъ канатовъ, съ клѣтками въ 0,40—0,45 саж. (черт. 106); въ углахъ канаты перевязываются смолеными веревками толщиной  $\frac{3}{8}$ — $\frac{1}{2}$ " („шкимками“), которыя служатъ и для связыванія этой нижней сѣтки съ верхней: поэтому, длина веревокъ берется соответственно толщинѣ тюфяка и ихъ свободные концы задѣваются за верхушку кола съ развилкой („сошки“), воткнутаго въ каждомъ узлѣ, для возможности вытягиванія веревки сквозь толщу тюфяка.

Одновременно съ изготовленіемъ сѣтки, во льду надъ мѣстомъ опусканія выдѣлывается прорубь („майна“), размѣры которой соответствуютъ размѣрамъ тюфяка; ледъ изъ майны загоняется подъ сосѣдній нетронутый ледяной покровъ, а когда подъ послѣднимъ, послѣ опусканія нѣсколькихъ тюфяковъ съ одной майны, накопится очень много льдинъ, то приходится прорубать продольный каналъ („ворота“) и въ него вгонять льдины, вырубленныя изъ майны. Поперекъ готовой майны кладутся деревянные брусья концами на ледъ, въ разстояніи около 0,80 саж. другъ отъ друга <sup>1)</sup> и на нихъ укладывается сѣтка, приносимая рабочими на рукахъ; укладка сѣтки производится вполнѣ точно по направленію тюфяка.

По сѣткѣ располагается хворостъ, рядами сперва поперечными, потомъ продольными, а потомъ снова поперечными; по качеству хворостъ для тюфяковъ можетъ уступать хворосту для фашинъ <sup>2)</sup>, т.-е. быть болѣе кривымъ и короткимъ, но ухудшеніе качества хвороста неминуемо влечетъ за собой увеличеніе его количества, такъ какъ осадка тѣмъ больше, чѣмъ хуже хворостъ. Въ каждомъ слоѣ хворостъ возможно сильнѣе прижимается къ низу и, когда всѣ слои уложены, его еще разъ сжимаютъ, уже послѣ укладки верхней сѣтки изъ прутяныхъ канатовъ. Эта сѣтка вяжется на самомъ тюфякѣ, причемъ узлы пересѣченія канатовъ перевязываются концами шкимокъ отъ ниж-

1) Во избѣжаніе проламыванія льда подъ концами брусевъ, по краямъ майны сквозь ледъ вставляются вертикальныя стойки, опирающіяся на дно рѣки; къ верху стоекъ прибиты перекладины, а къ нимъ подвѣшены веревки, поддерживающія нижнюю перекладину („клячу), опущенную подъ ледъ и поддерживающую его помощью тугого натяженія веревки (черт. 107); къ стойкѣ могутъ привязываться и концы брусевъ.

2) Кромѣ тюфяковъ, выходящихъ изъ воды; для нихъ берется пвнякъ.

ней сѣтки; развилчатые кольца, къ которымъ прицѣплена шкимка, выдергиваются и взамѣнъ ихъ заколачиваются сосновые кольца соотвѣтственной длины.

Въ сказанномъ видѣ тюфякъ готовъ къ опусканію, но нужно еще сдѣлать въ немъ приспособленія для загрузки камнемъ. Если тюфяки укладываются въ одинъ рядъ, какъ это дѣлается при непосредственной защитѣ береговъ, то узловые кольца черезъ одинъ дѣлаются болѣе длинными и между ними завивается плетень, образующій клѣтки для заполнения камнемъ (черт. 108); при тюфякахъ-же, предназначенныхъ для дамбъ, т.-е. укладываемыхъ одинъ на другой, плетень дѣлается только по продольнымъ краямъ; иногда, для лучшаго распредѣленія камня, верхняя прутяная сѣтка дѣлается двойной, такъ что получается плетень съ довольно высокими бортами, но эта предосторожность можетъ считаться излишней; развѣ только на поперечные края тюфяковъ слѣдуетъ накладывать второй прутяной канатъ, чтобы совсѣмъ не было сваливанія камня въ воду. На разстилочномъ тюфякѣ, сильно выступающемъ изъ подъ дамбы, обязательно слѣдуетъ ставить вдоль продольныхъ краевъ рядъ плетневыхъ клѣтокъ того-же размѣра, что и въ самостоятельныхъ тюфякахъ; при большомъ выступаніи концовъ разстилочнаго тюфяка изъ подъ дамбы, число рядовъ клѣтокъ соотвѣтственно увеличивается до 2—3.

Вполнѣ готовый тюфякъ опускается на воду, путемъ вытаскиванія изъ подъ него брусевъ; для того, чтобы при загрузкѣ не причинить сдвига тюфяка и чтобы такое сдвиженіе можно было исправить, поперекъ тюфяка протягивается нѣсколько канатовъ, свободные концы которыхъ просовываются подъ льдомъ на протяженіи нѣсколькихъ сажень, а затѣмъ вытягиваются наружу, черезъ лунку во льду и привязываются къ свайкѣ, забитой въ ледъ. Подтягиваніемъ или опусканіемъ каната можно регулировать положеніе тюфяка.

Загрузка камнемъ вначалѣ производится безъ всякихъ приспособленій, такъ какъ тюфякъ обладаетъ достаточнымъ запасомъ плавучести и рабочіе съ носилками камня ходятъ прямо по нему; когда тюфякъ настолько загрузится камнемъ, за равномерной нагрузкой коего надо особенно слѣдить, что верхъ его станетъ въ уровнѣ льда, черезъ майну вновь укладываются поперечные брусья, а по нимъ—два ряда продольныхъ. Помощью концовъ шкимокъ, идущихъ черезъ узлы тюфячныхъ сѣтокъ (для этой цѣли длина нѣкоторыхъ шкимокъ берется съ запасомъ), тюфякъ подвѣшивается къ продольнымъ брусьямъ и нагрузка продолжается, частью съ краевъ майны, частью съ брусевъ, но, во всякомъ случаѣ, съ соблюденіемъ полной равномерности. Когда, подъ вліяніемъ тяжести загруженнаго тюфяка, шкимки настолько натягиваются, что дальнѣйшее увеличеніе вѣса можетъ вызвать разрывъ ихъ, загрузка прекращается и шкимки одновременно (или почти одновременно) перерубаются, послѣ чего тюфякъ опускается въ воду; догрузка до проектнаго количества можетъ производиться, когда тюфякъ уже скрылся подъ водой; загрузка эта дѣлается съ брусевъ.



Толщину слоя каменной загрузки слѣдуетъ брать по формулѣ  $B = av + \kappa$ , гдѣ  $v$ —толщина тюфяка (проектная, т.-е. включая и загрузку),  $a$ —переменный коэффициентъ, зависящій отъ вѣса 1 кв. сж. камня: при тяжелыхъ породахъ  $a$  берется равнымъ 0.2, при легкихъ—0.25. Членъ  $\kappa$  берется равнымъ 0.01 для толстыхъ тюфяковъ и 0.02—0, 025 для тонкихъ (въ саженьяхъ).

Въ продольномъ разрѣзѣ число тюфяковъ въ дамбѣ обычно уменьшается къ берегу, благодаря постепенному поднятію дна; тюфяки, которые оказываются у самаго берега, должны быть закрѣплены въ выемкѣ, дѣлаемой въ послѣднемъ; разстилочный тюфякъ входитъ въ выемку полосой не бѣльшей ширины, чѣмъ слѣдующій вышележащій тюфякъ, но, зато, въ стороны отъ корня укладывается другой разстилочный тюфякъ, прикрывающій берегъ въ видѣ опояска. Тюфяки, лежащіе въ выемкѣ, сверху прикрываются, при лѣтней работѣ, землей съ утрамбовкой и моцненіемъ, а при зимней—каменемъ, заполняющимъ выемку, какъ и земля въ первомъ случаѣ, до уровня берега и его откоса. Если камень дорогъ, то по проходѣ весеннихъ водъ его можно вынуть и замѣнить утрамбованной землей, укрѣпивъ ее мостовой <sup>1)</sup>.

d) *Корзиночныя или туровыя дамбы* сист. Керра (Kerr) примѣняются, какъ кажется, только въ Америкѣ; въ отличіе отъ предыдущихъ сооружений, отводящихъ струи воды отъ защищаемаго участка берега, дамбы Керра только раздробляютъ эти струи, замедляя теченіе, чѣмъ и вызываютъ образованіе отмелей. Изъ этого ясно, что корзиночныя дамбы могутъ примѣняться лишь на рѣкахъ съ очень большимъ количествомъ наносовъ, какова, напр., Миссисипи, гдѣ эти сооружения получили широкое распространеніе. Въ нашемъ климатѣ легкія корзиночныя дамбы должны обязательно дѣлаться ниже горизонта ледостава, т.-е. присоединяются къ типу донныхъ; это въ значительной мѣрѣ ограничиваетъ возможность примѣненія ихъ, а потому ограничимся указаніемъ лишь на общіе принципы ихъ конструкціи.

Материаломъ для дамбъ Керра служатъ туры, т.-е. бездонныя круглыя корзины, сплетенныя изъ хвороста, діаметромъ 0.60—0.80 сж.; остовъ ихъ составляютъ обручи изъ достаточно крѣпкаго дерева; че-

<sup>1)</sup> Для изготовленія 1 кв. с. тонкаго тюфяка требуется: хвороста 2h кв. сж., гдѣ h—толщина тюфяка; канатовъ прутяныхъ—10 п. с., кольевъ—шт. 9, шкимки—0.1 пд. Для изготовленія 1 кв. сж. толстаго тюфяка требуется: хвороста отъ 1.5 до 2 кв. сж.; предѣлы эти мѣняются въ зависимости отъ качества хвороста и высшей слѣдуетъ считать нормальнымъ для березоваго и ему подобнаго чернолѣснаго хвороста; каната прутяного при двухъ сѣткахъ  $\frac{10}{B}$ , гдѣ B—проектная толщина тюфяка;

кольевъ для двухъ сѣтокъ  $\frac{9}{B}$  шт., кольевъ для плетней—въ зависимости отъ выбраннаго типа, равно какъ и канатовъ для третьихъ сѣтокъ, если таковыя дѣлаются; шкимокъ—0,4—0,5 пд.

резь нѣсколько обручей внутрь ихъ вставляются желѣзные обручи, распертыя желѣзными-же прутьями, и служатъ не только для увеличенія прочности, но и для увеличенія вѣса корзины. Длина послѣдней берется различной, но лучше всего, если она соотвѣтствуетъ длинѣ дамбы, что вполне возможно при короткихъ сооруженіяхъ.

Въ случаѣ недостатка хвороста, можно замѣнить его горбылями или тесомъ, набитыми съ промежутками на обручи.

Для удержанія корзины на мѣстѣ служатъ якоря разнаго типа; проще всего—бетонные массивы, къ которымъ прикрѣпляются корзины помощью стальныхъ канатовъ (черт. 109).

7) *Вспомогательныя средства.* Къ нимъ относятся илоудержатели и расадки.

а) *Илоудержатели* представляютъ собой легкія и низкія поперечныя дамбы, соотвѣтствующія полузапрудамъ, глухимъ запрудамъ или траверсамъ (послѣднее названіе имъ иногда и придается); главная ихъ цѣль та-же, что и дамбъ Кѣра, т.-е. ослабить скорость теченія, а потому примѣненіе ихъ возможно лишь на рѣкахъ съ большимъ количествомъ наносовъ. Какъ самостоятельныя сооруженія, илоудержатели устраиваются для защиты прорановъ и старорѣчій, въ которыя обыкновенная вода не заходитъ или заходитъ въ маломъ количествѣ, попадая только весной, что и можетъ повлечь за собой размывы. Чѣмъ больше воды попадаетъ въ проранъ или старорѣчье, чѣмъ большую скорость она имѣетъ, тѣмъ сильнѣе долженъ быть выбранъ типъ илоудержателя. Помимо того, илоудержатели дополняютъ иногда систему струеотводныхъ сооруженій болѣе солиднаго типа, для ускоренія отложенія ила и песка; въ этомъ случаѣ илоудержатели ставятся на такомъ участкѣ рѣки, гдѣ скорость теченія уже ослаблена помощью полузапруды, продольной или глухой запруды.

Число типовъ илоудержателей довольно велико, но изъ нихъ заслуживаютъ вниманія лишь нижеописанныя:

*Плетневые* илоудержатели—наиболѣе легкія и дешевый типъ; отличаются отъ обыкновеннаго плетня лишь менѣе густымъ плетениемъ; матеріаломъ служитъ ивнякъ или иной гибкій хворостъ и сосновые кольца; послѣдніе имѣютъ діаметръ около 3", при длинѣ 0.70—0.90 саж., и забиваются примѣрно на половину высоты въ дно, такъ что полезная высота плетня—0,30—0.40 саж. Плетни ставятъ обычно въ нѣсколько рядовъ, иногда соединяя ихъ продольными.

*Свайныя илоудержатели* представляютъ собой только-что описанный плетень, но въ увеличенномъ размѣрѣ: кольца замѣняются  $4\frac{1}{2}$ —5 вершковыми сваями, забитыми въ 0.50 саж. другъ отъ друга (длина сваи 2— $2\frac{1}{2}$  саж.), а хворостъ—прутяными канатами, пробитыми, для взаимной связи, фашинными кольями. Для защиты свайныхъ илоудержателей отъ подмыва, ихъ прикрываютъ иногда тяжелыми фашинами (черт. 110).

*Двойныя свайныя илоудержатели* состоятъ изъ трехъ рядовъ свай, между которыми заложены тяжелыя фашины (черт. 111).

*Бетонно-фашинные илоудержатели* применяются исключительно для погруженія между основными струеотводными сооружениями и состоятъ изъ массивовъ тощаго бетона, въ которые задѣланы комлями фашины; метлы послѣднихъ, торчащія кверху, ослабляютъ скорость теченія (черт. 112). Фашины ставятся не менѣе, чѣмъ въ 4 ряда, въ шахматномъ порядкѣ. Этотъ типъ мало применяется на практикѣ, но интересенъ по своему принципу.

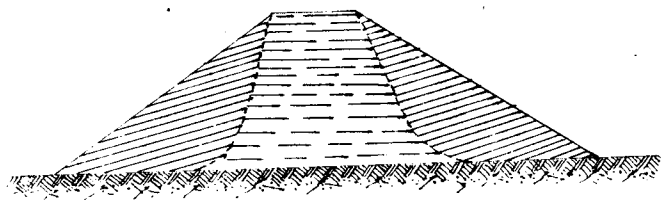
б) *Разсадки* дѣлаются на вновь образованныхъ отмеляхъ, съ цѣлью закрѣпить ихъ для дальнѣйшаго нарощенія, и на старыхъ отмеляхъ, проранахъ или старорѣчьяхъ, чтобы воспрепятствовать размыву. Матеріаломъ для разсадокъ служатъ совершенно свѣжіе ивовые черенки, длиной около 0,40 саж., сажаемые обязательно толстымъ концомъ внизъ; если черенки имѣютъ толщину 2" и болѣе, то ихъ сажаютъ въ отдѣльныя лунки, сдѣланныя лопатой или, лучше, особымъ сверломъ; глубина лунки равна длинѣ черенка. При болѣе тонкихъ черенкахъ ихъ сажаютъ по 4—6 штукъ вмѣстѣ въ яму, глубиной около 0,30 саж.

Разсадка производится рядами, въ разстояніи 0,30—0,40 саж. другъ отъ друга; въ предѣлахъ одного ряда лунки или ямы дѣлаются на взаимномъ разстояніи 0,20 саж.

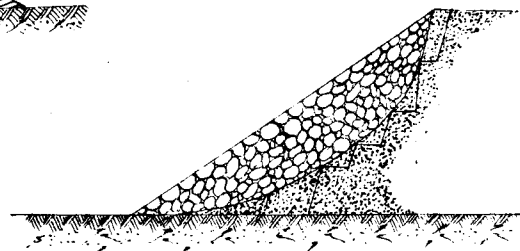
Лучше всего для посадки осень и весна, но черенки осенней посадки могутъ, еще не принявшись, подвергаться дѣйствию ледохода или быть вымытыми весенней водой, почему чаще применяется весенняя посадка. Если спадъ весенней воды медленъ, то приходится черенки, заготовленные ранней весной, временно сажать въ незатопляемый грунтъ и, послѣ спада воды, вынимать и сажать уже на окончательное мѣсто.

---

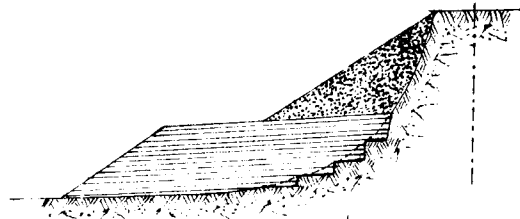
Чер. №1.



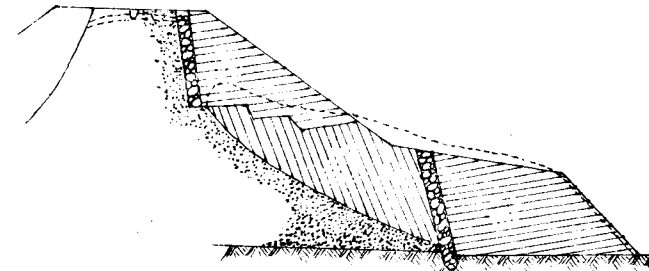
Чер. №2.



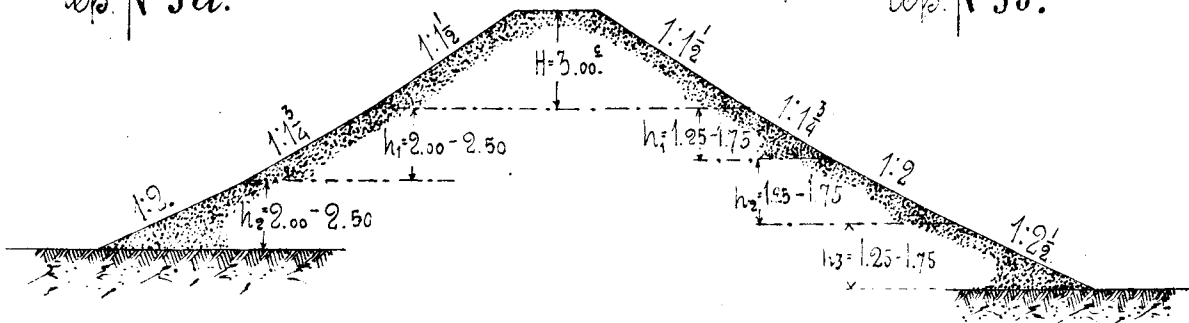
Чер. №6.а



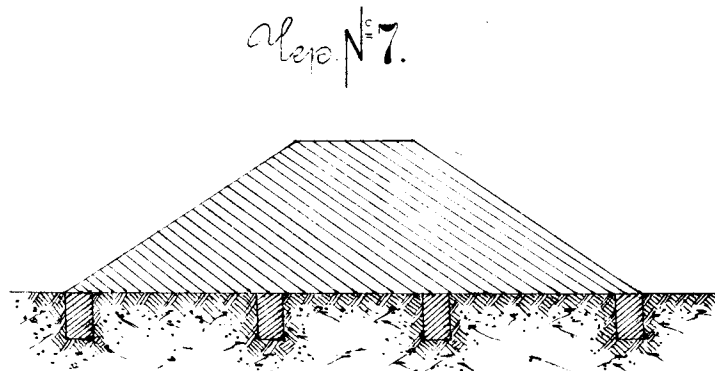
Чер. №6.б



Чер. №3а.

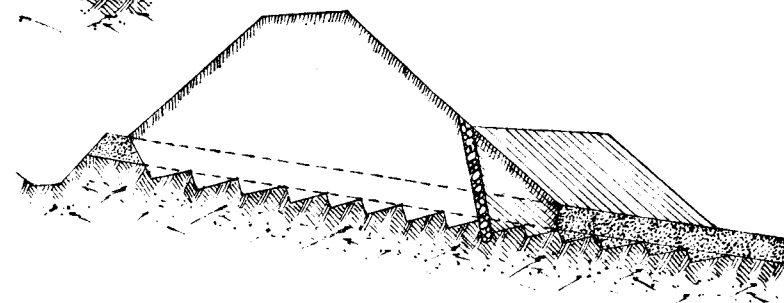


Чер. №3б.

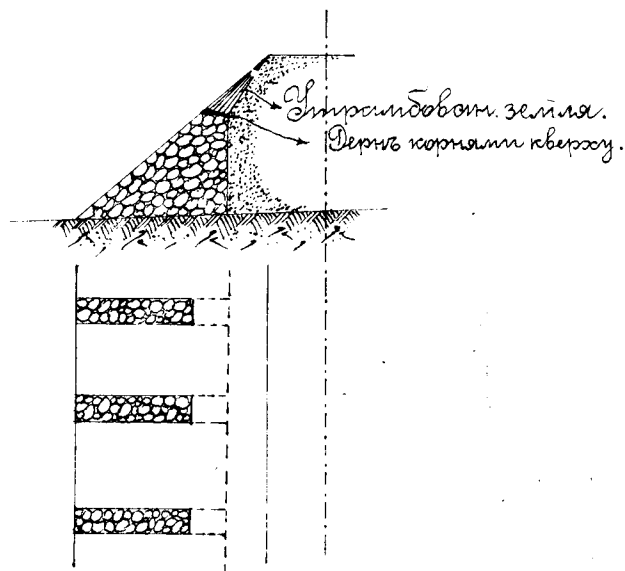


Чер. №7.

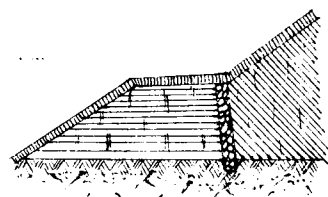
Чер. №8.



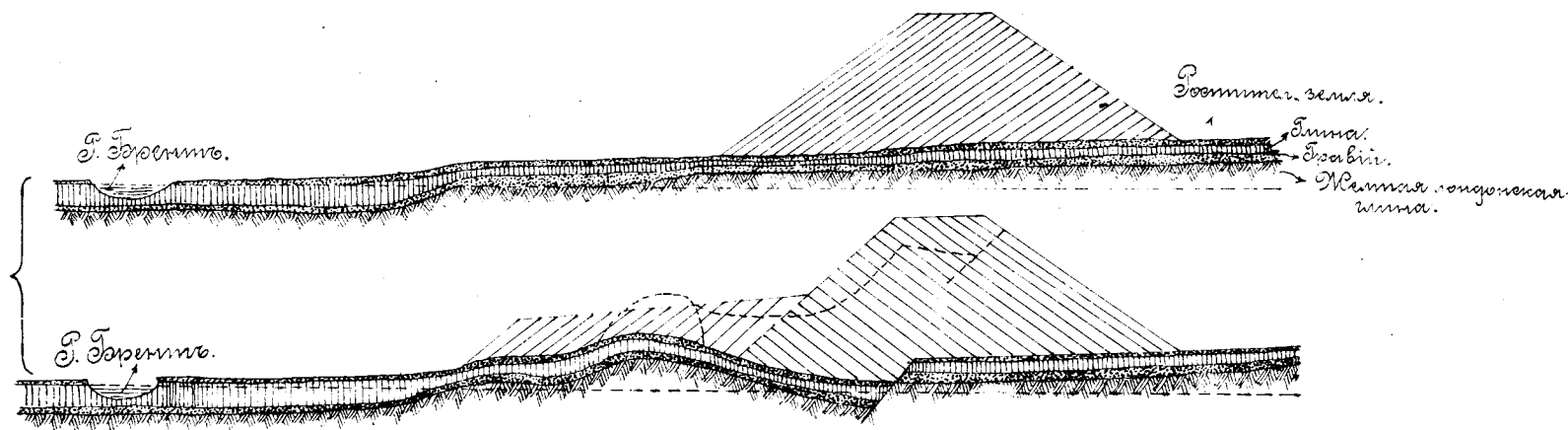
Чер. №5.



Чер. №4.



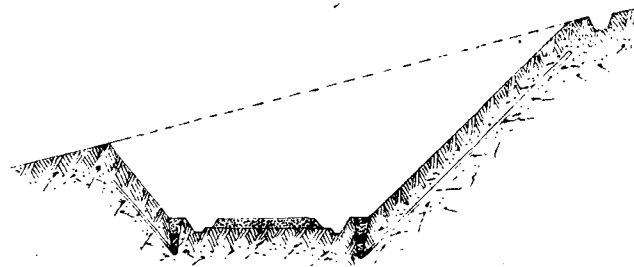
Чер. №9.



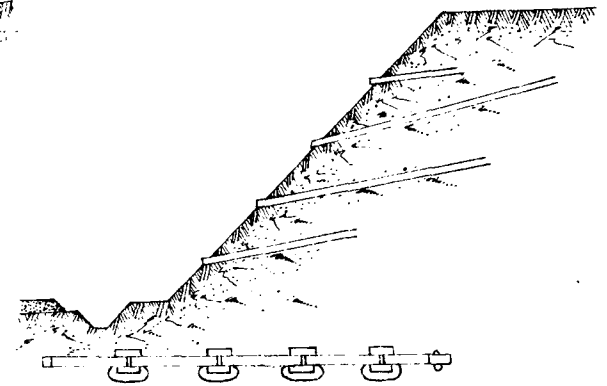
Чер. №10.



Чер. №13.



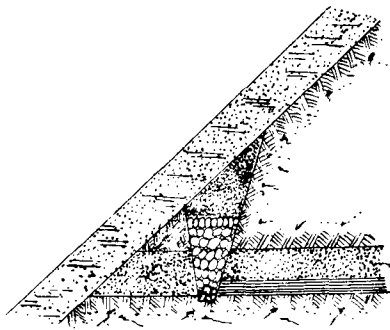
Чер. №14.



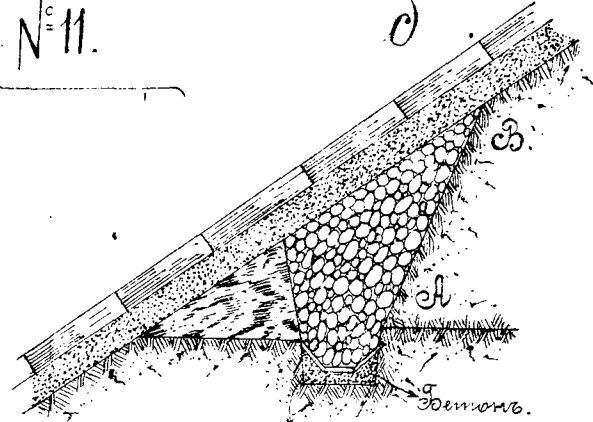
а.

Чер. №11.

б.

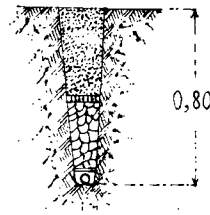


Водонепроницаемый слой.



Бетон.

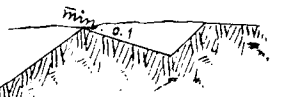
Фильтр-каменная (необсыпанная)



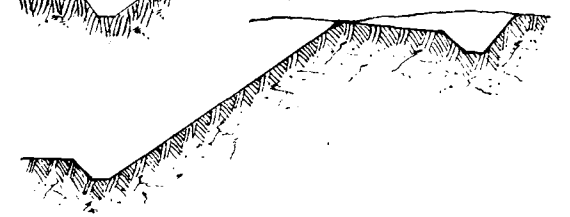
0.80

Чер. №15б.

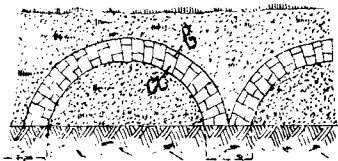
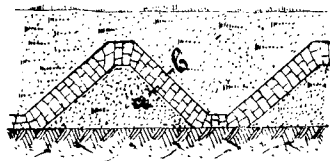
Тип ассиметричных дренажных камер.  
(сравнительно новый)



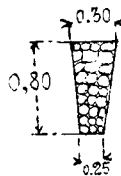
Тип дренажной камеры.



Чер. №12



Порезы по а-б.

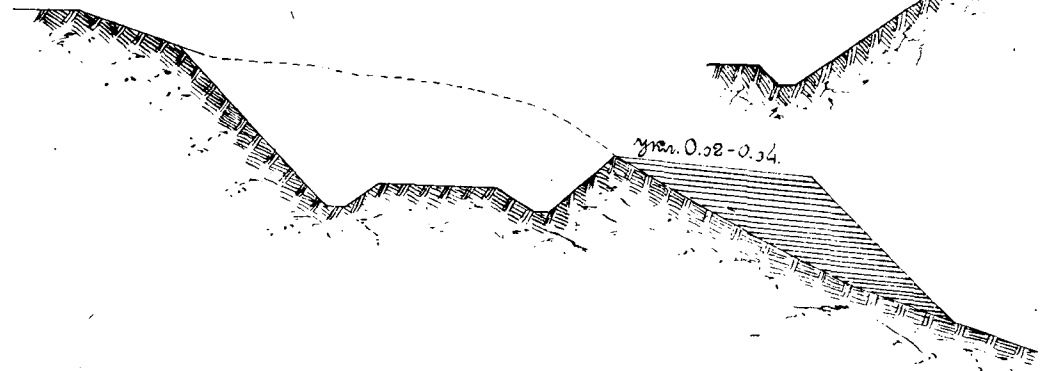


0.30

0.80

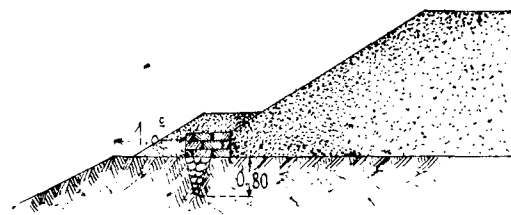
0.25

Чер. №15а.



выс. 0.52-0.54

Чер. №16а.

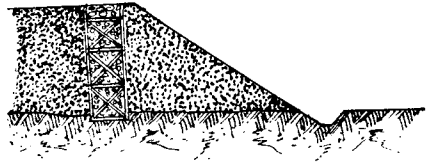


0.80

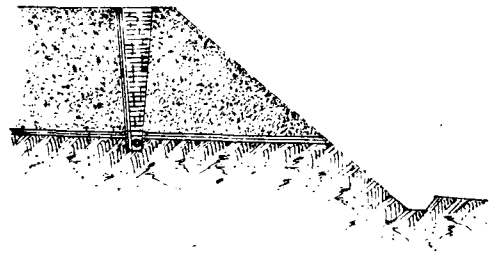
Чер. №16б.



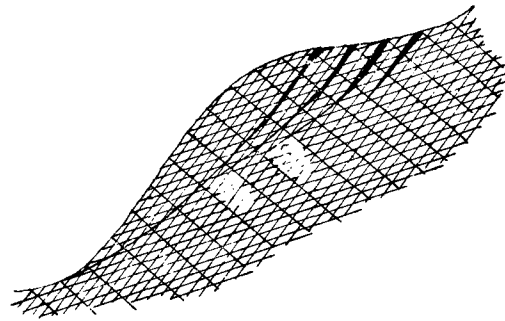
Чер. № 17. а.



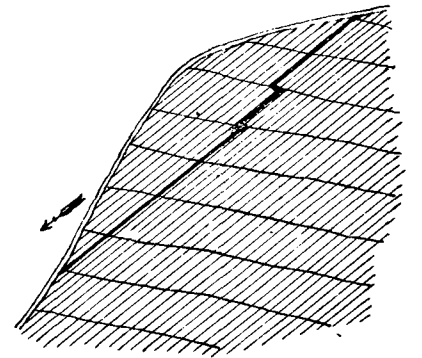
Чер. № 17. б.



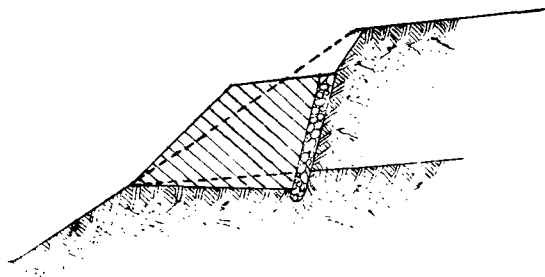
Чер. № 20 а.



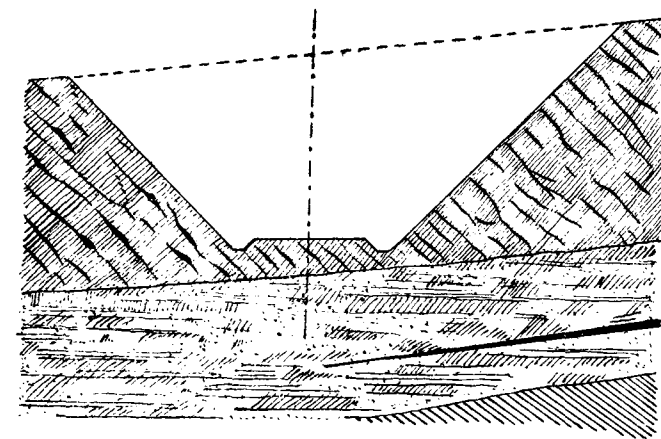
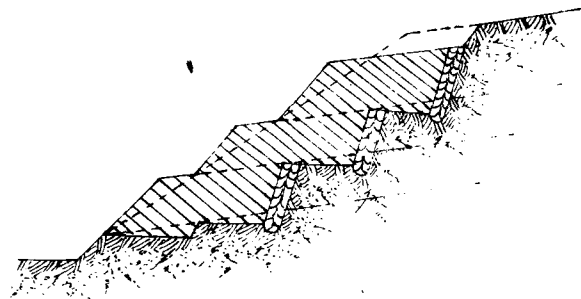
Чер. № 20 б.



Чер. № 18. а.



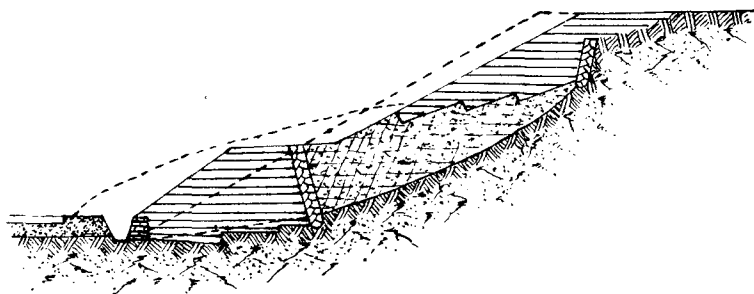
Чер. № 18 б.



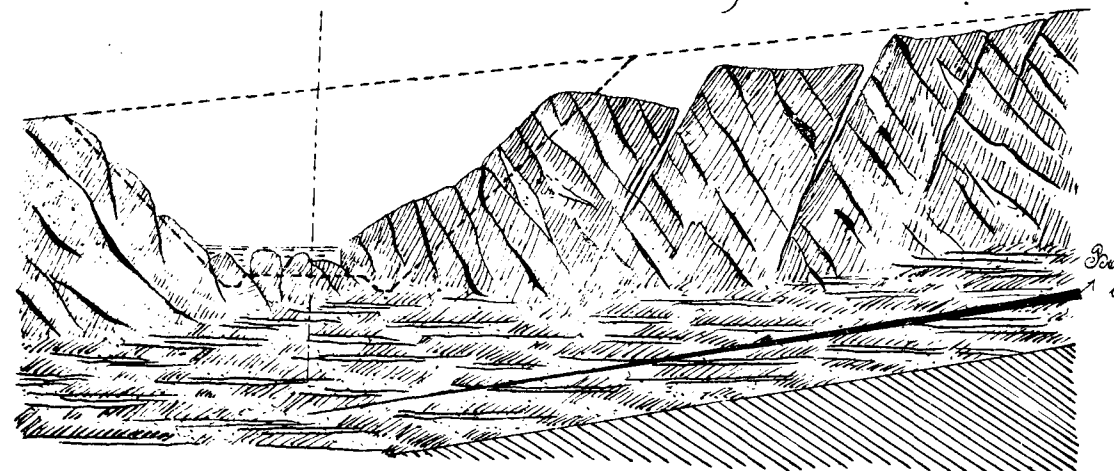
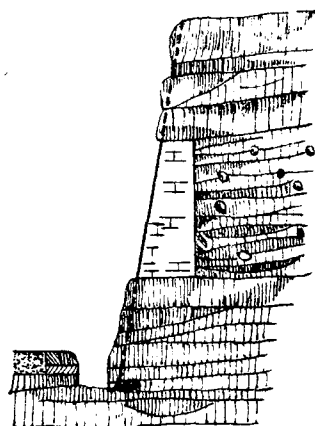
Догонский сарай.

Чер. № 21.

Чер. № 18 в.

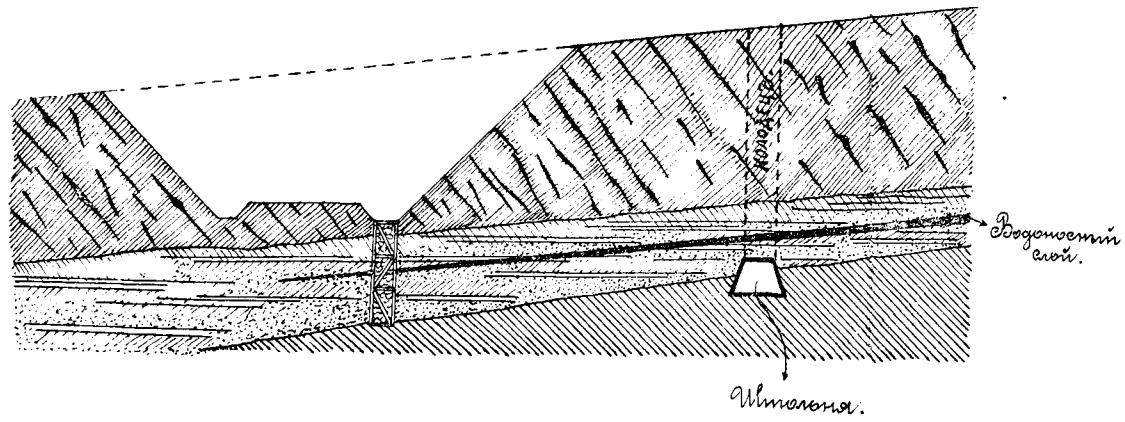


Чер. № 19.

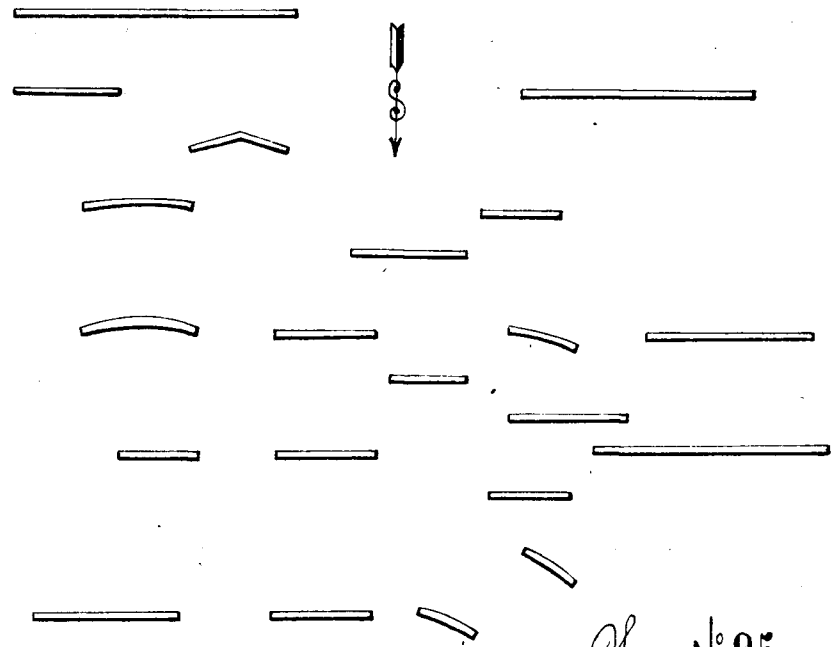


Догонский сарай.

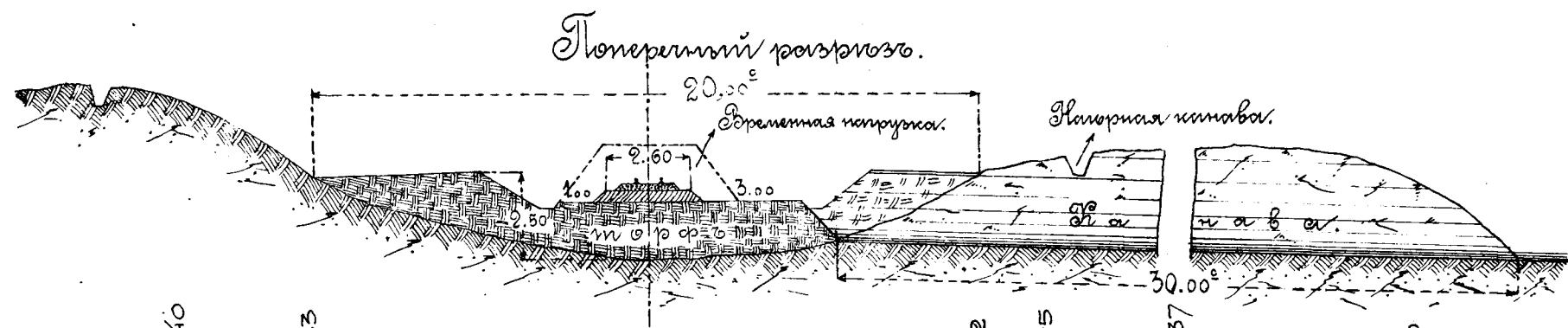
Чер. №22.



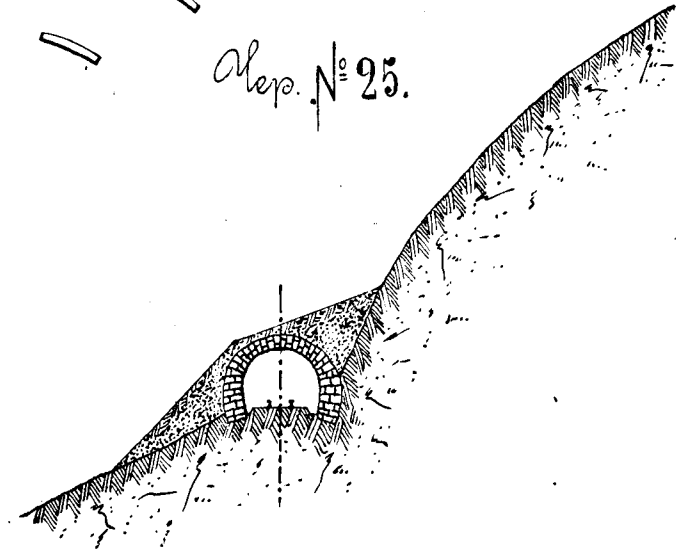
Чер. №24.



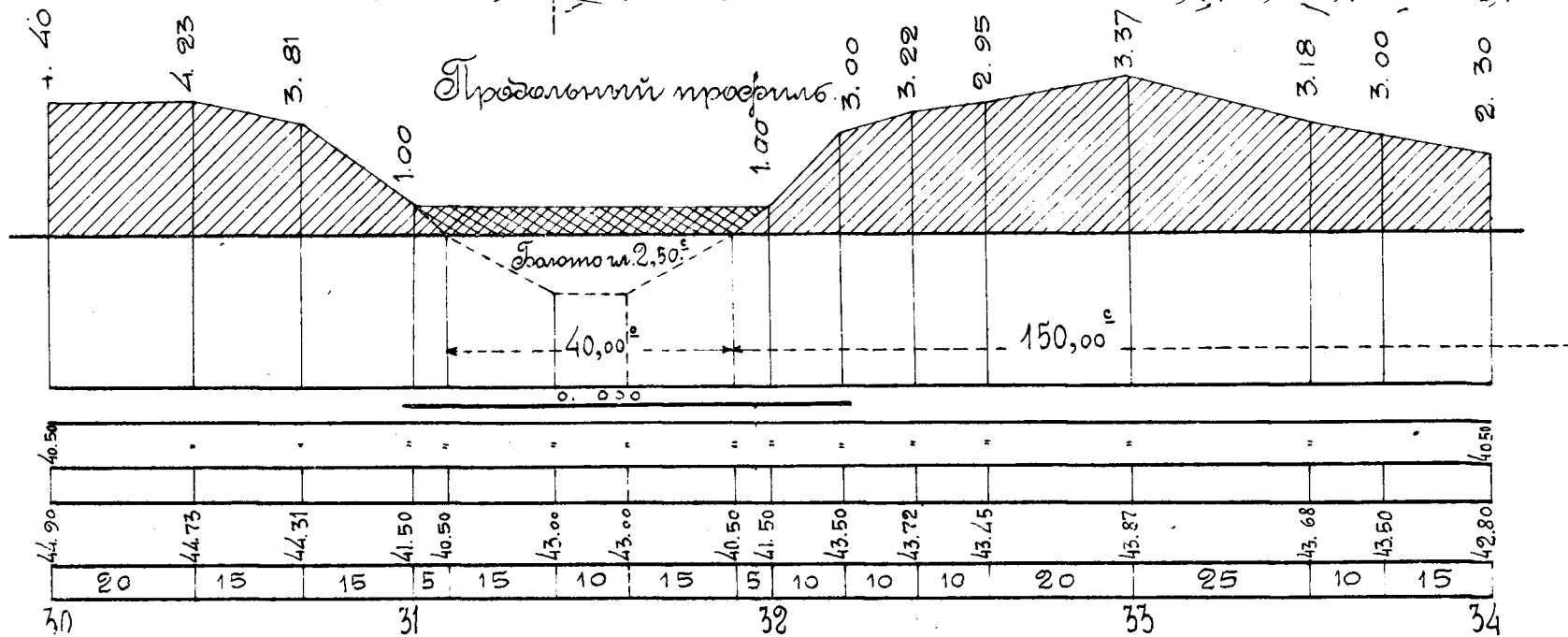
Чер. №23.



Чер. №25.

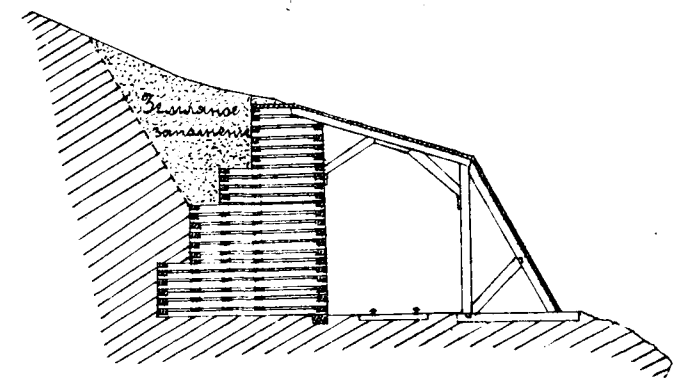


Продольный разрез.

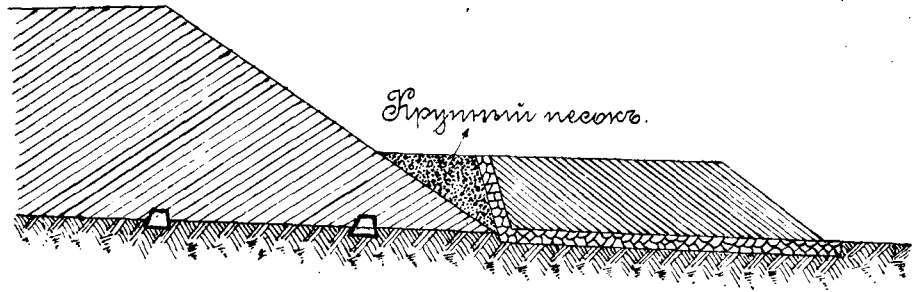


Чер. №26.

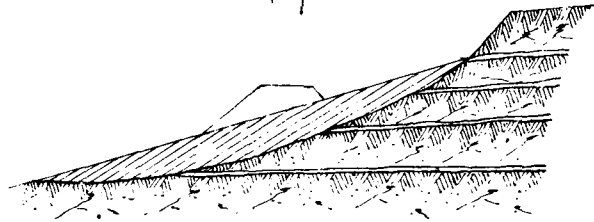
(Венгерская Инженерная м.д.)



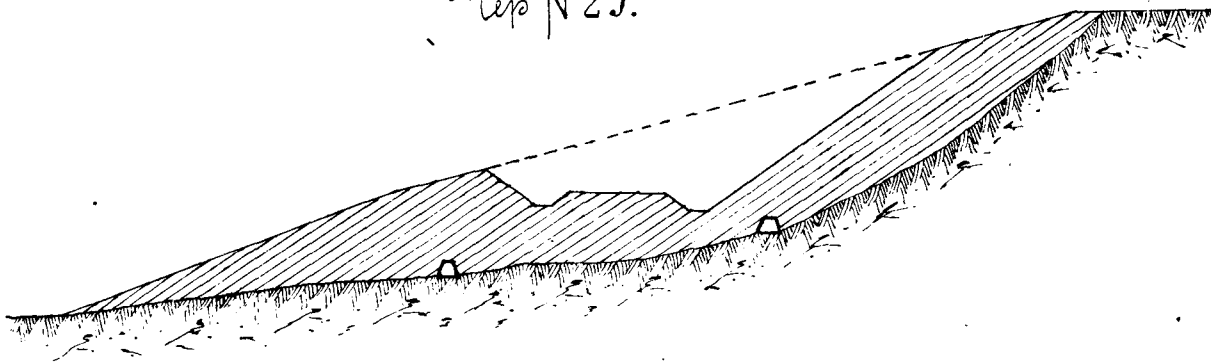
Алея № 27.



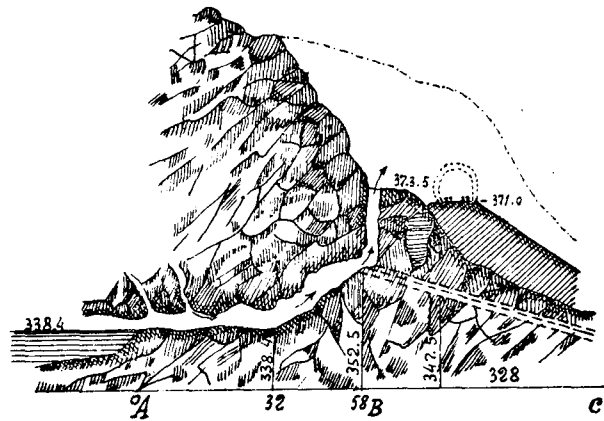
Алея № 28.



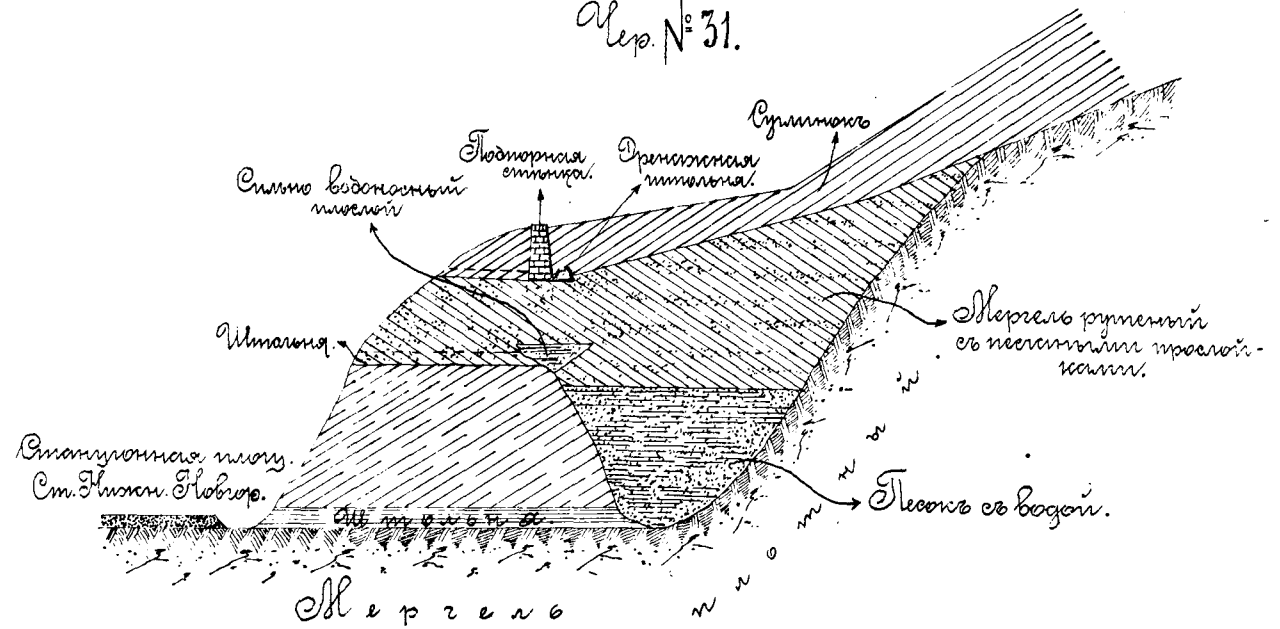
Алея № 29.



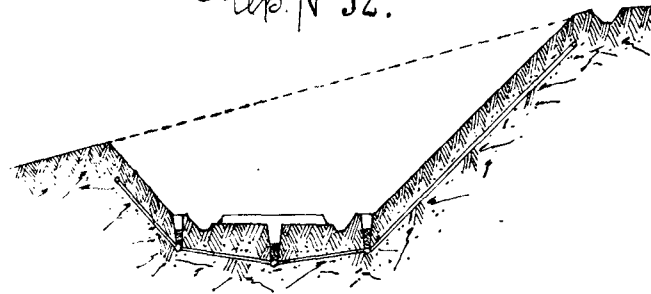
Алея № 30.



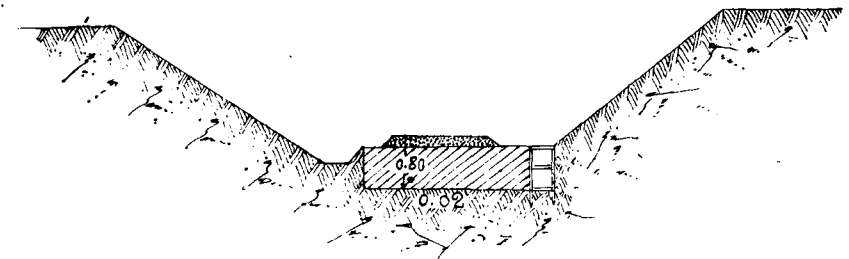
Алея № 31.



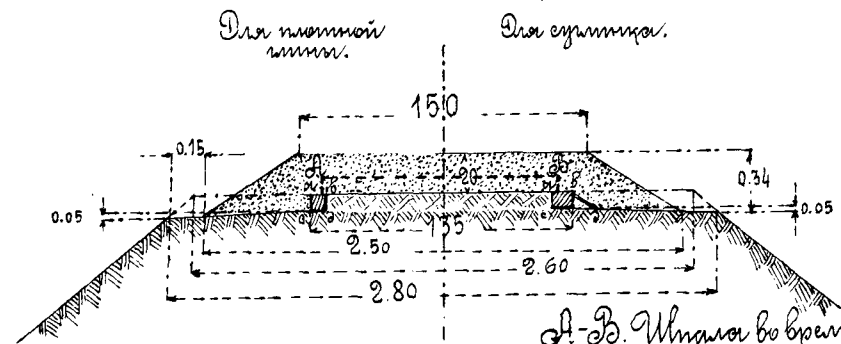
Алея № 32.



Алея № 33.



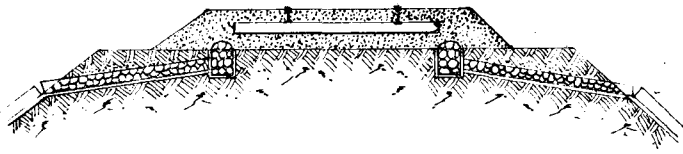
Алея № 34.



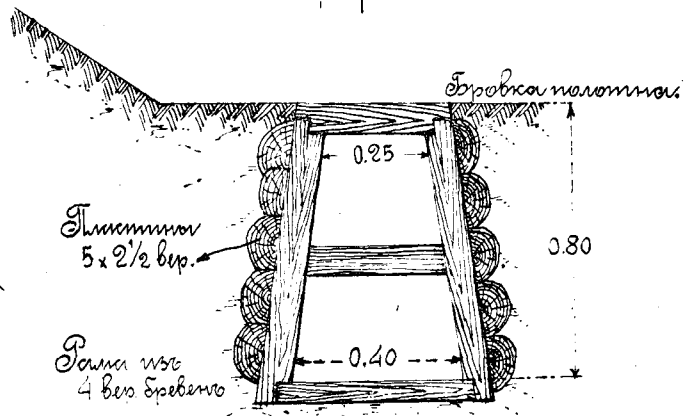
А-Б. Уплотнение во время укладки сыпучего материала.



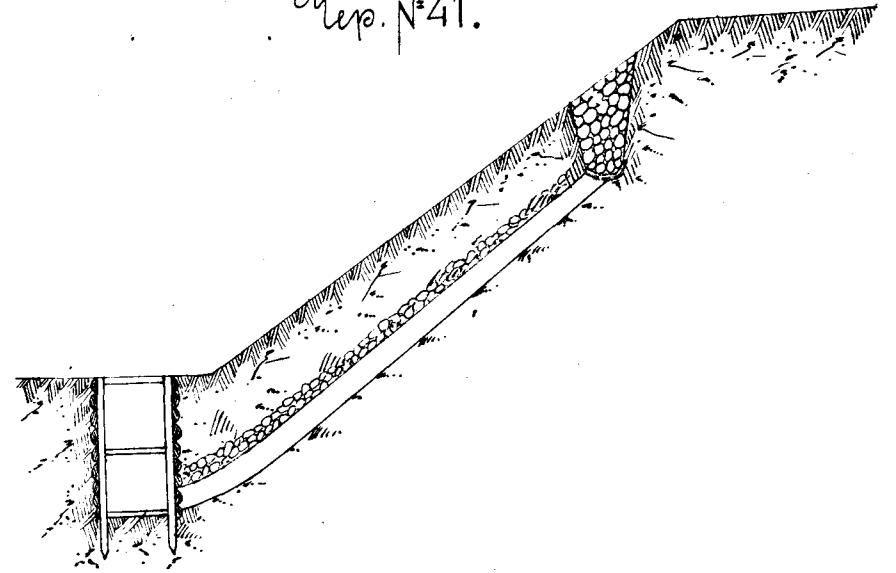
Чер. № 35.



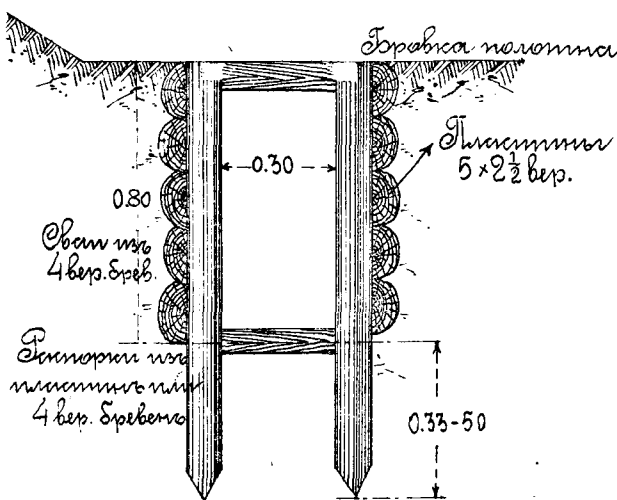
Чер. № 36.



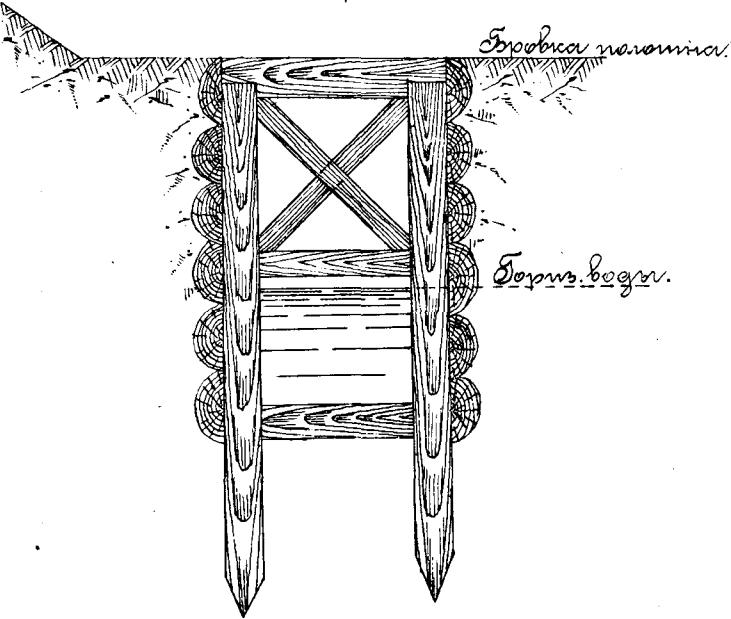
Чер. № 41.



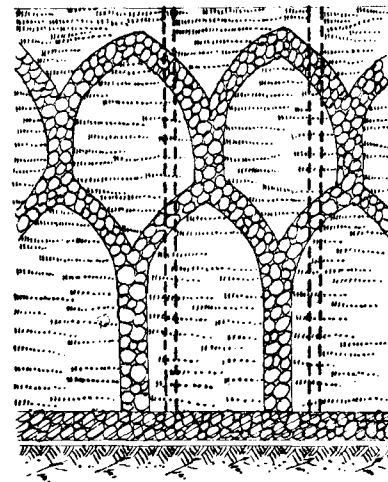
Чер. № 37.



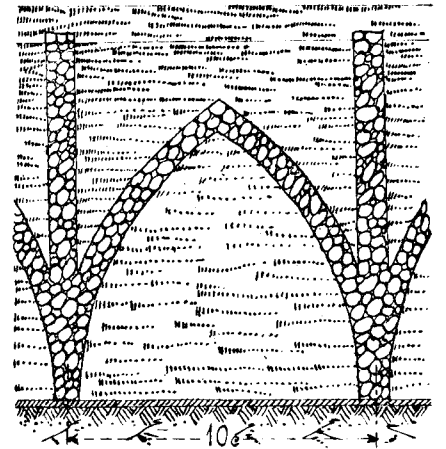
Чер. № 38.



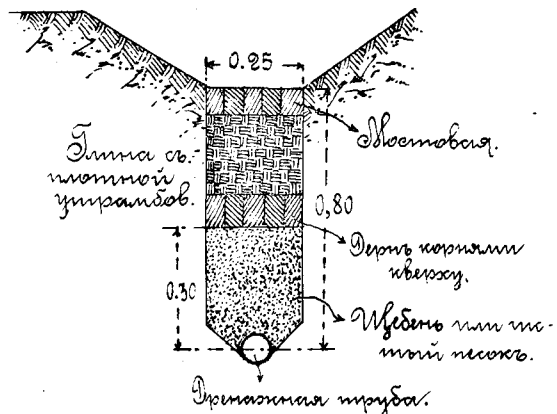
Чер. № 43.



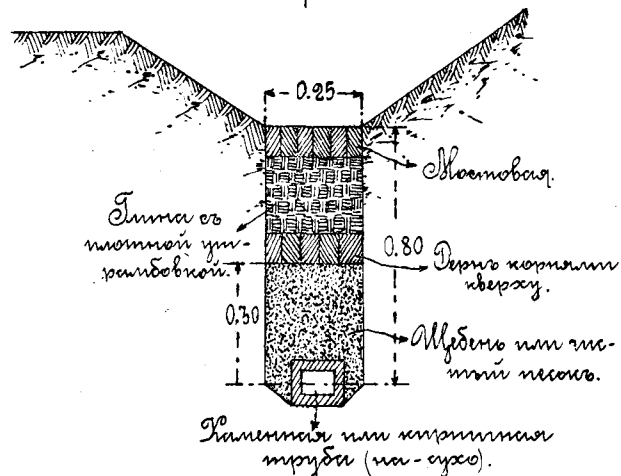
Чер. № 42.



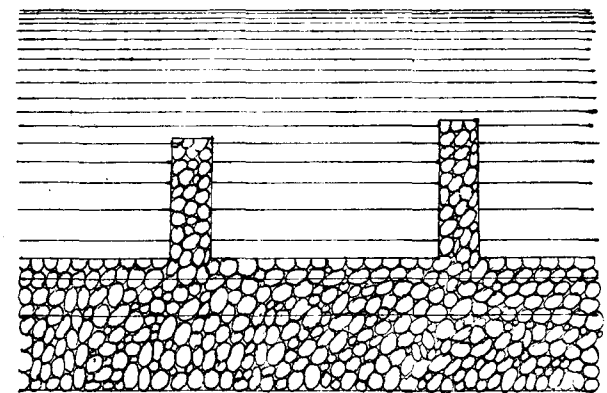
Чер. № 39.



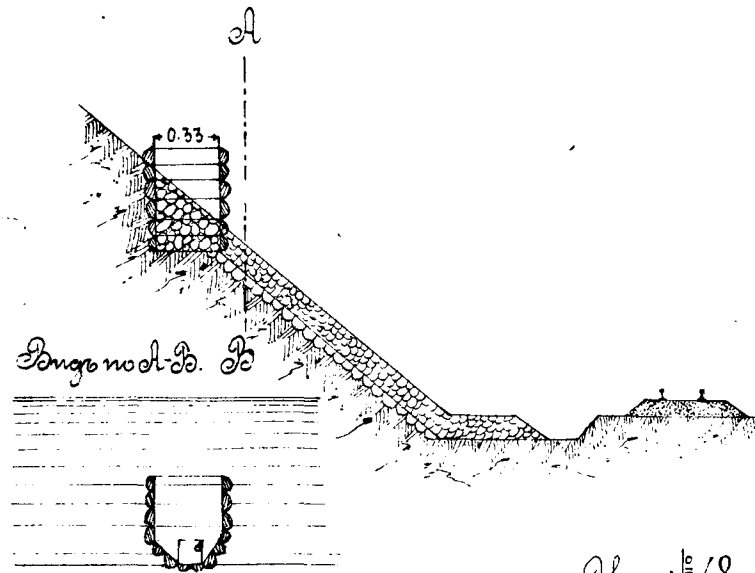
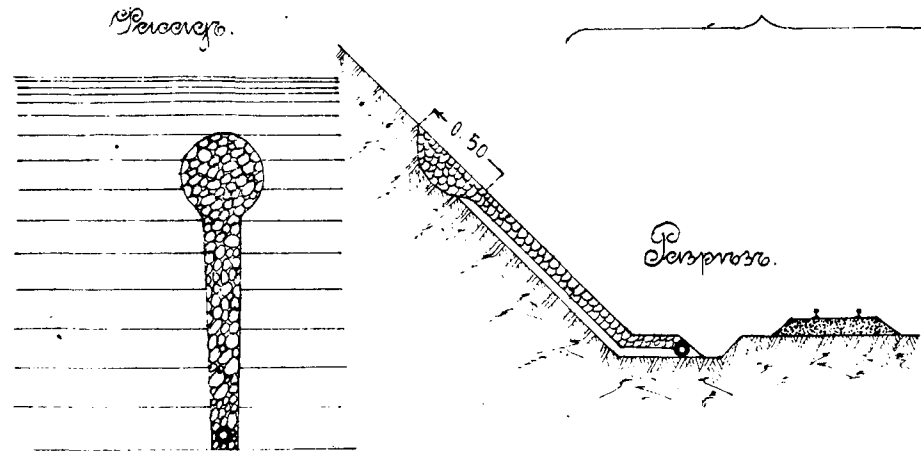
Чер. № 40.



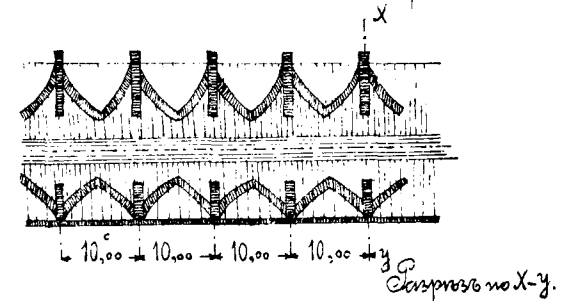
Чер. № 44.



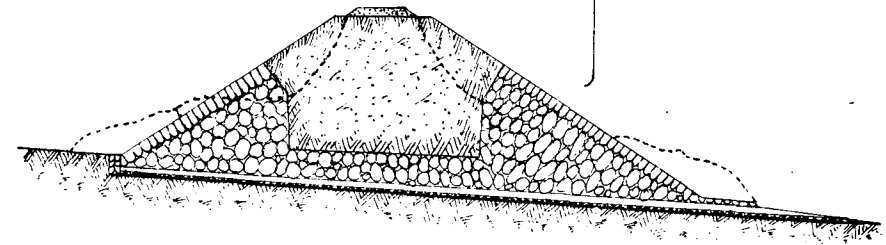
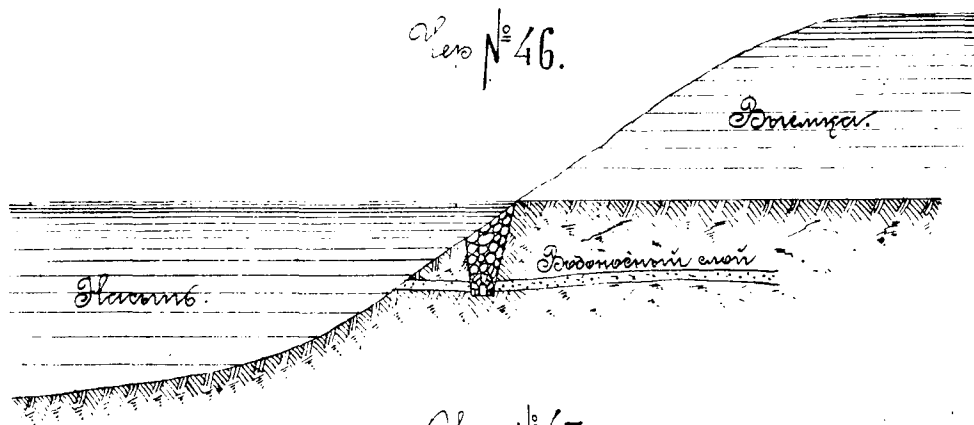
Чер. №45.



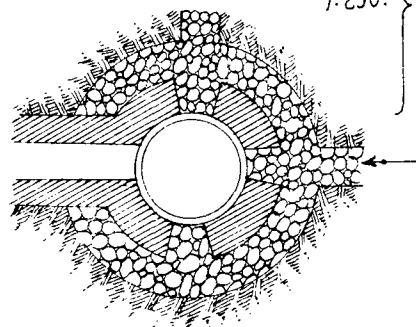
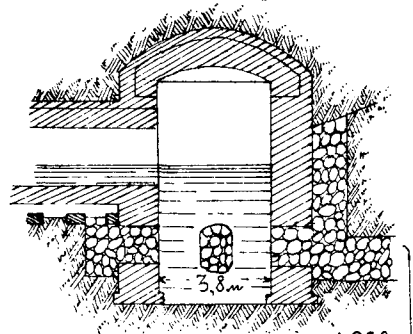
Чер. №48.



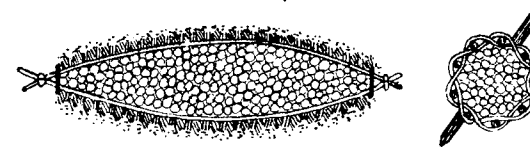
Чер. №46.



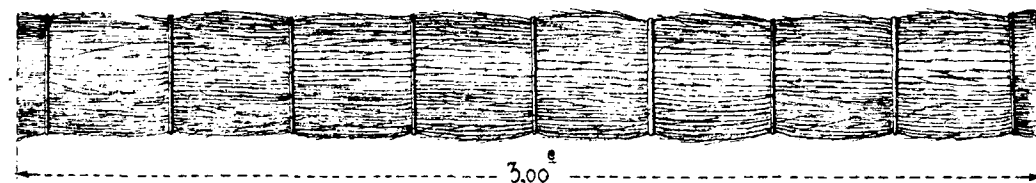
Чер. №47.



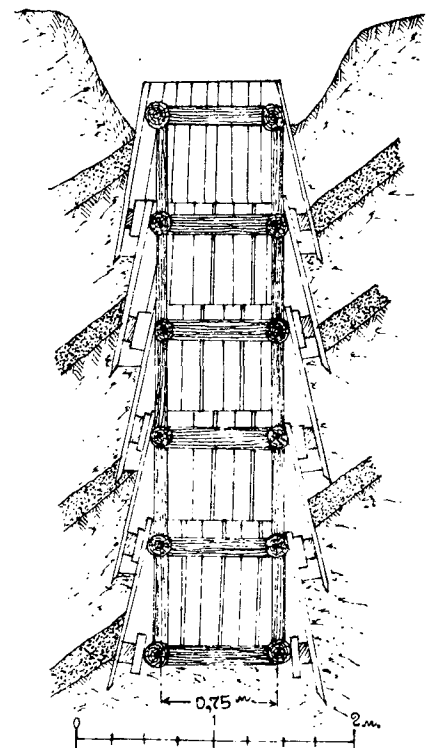
Чер. №49.



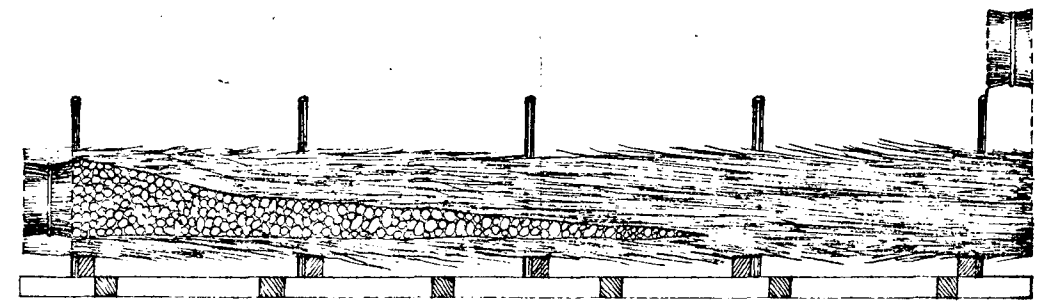
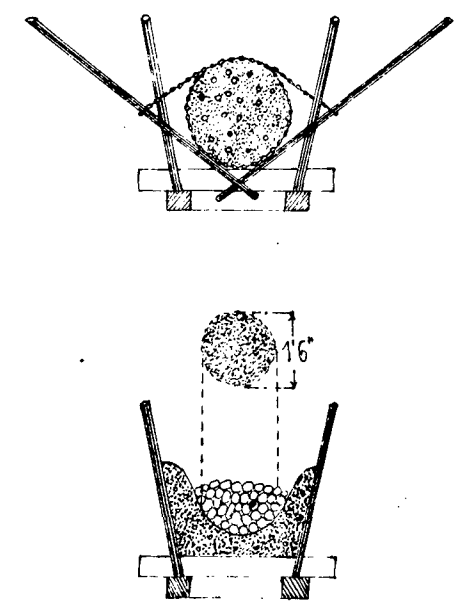
Чер. №50.



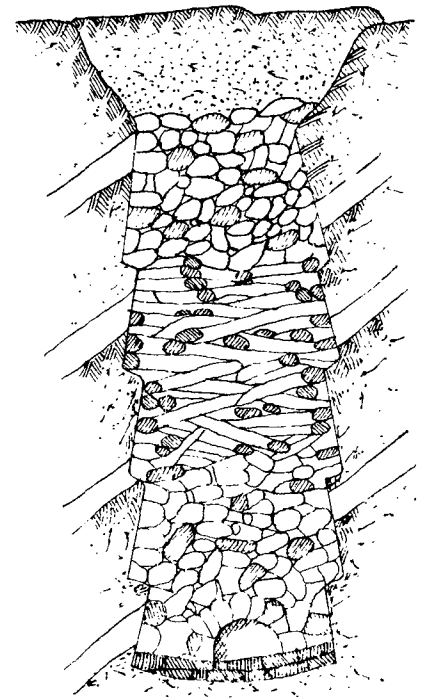
Чер. № 58.



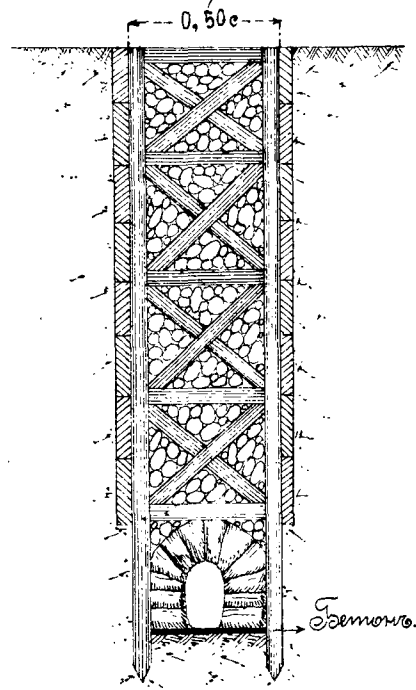
Чер. № 51.



Чер. № 59.



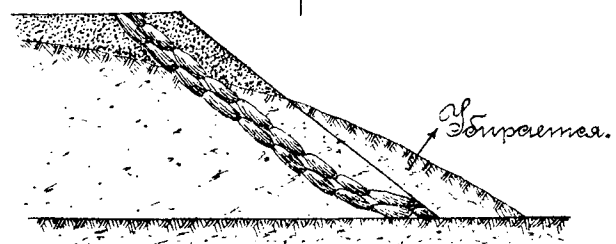
Чер. № 57.



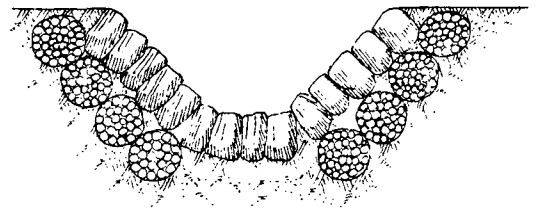
Чер. № 54.

Деревяск.  
2,30  
Искусств. земля.  
фонтан.  
Для покрытия ступеней и др.  
не боится дождя.

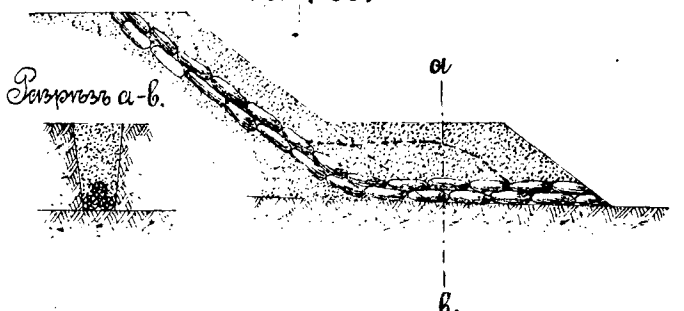
Чер. № 56.



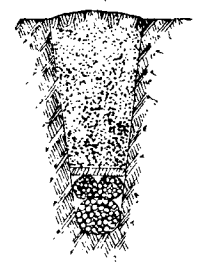
Чер. № 53.



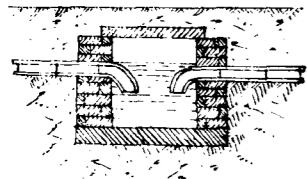
Чер. № 55.



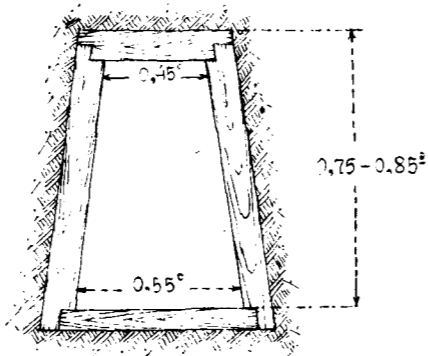
Чер. № 52.



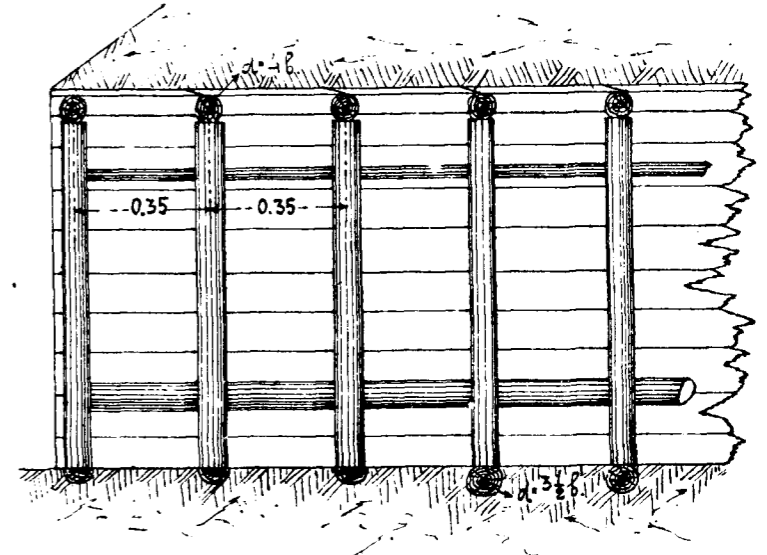
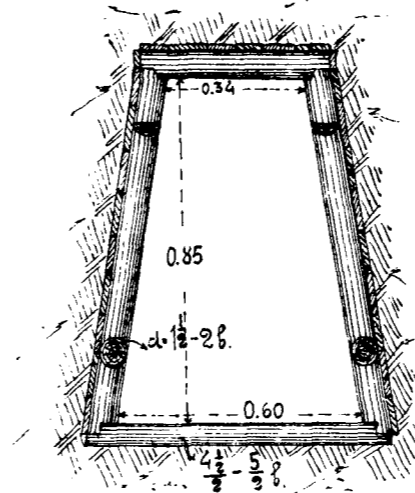
Чер. №60.



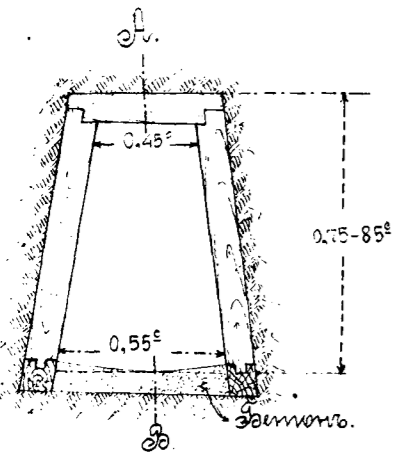
Чер. №61.



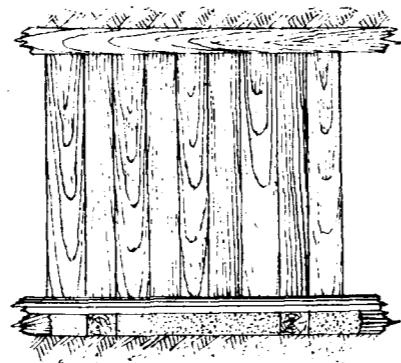
Чер. №63  
Фиг. II.



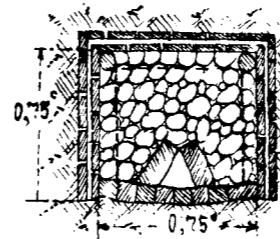
Чер. №62.



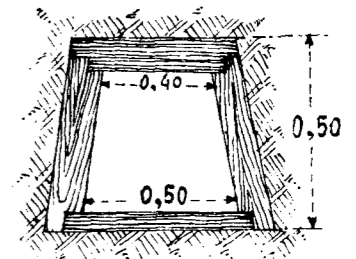
Переплет с ост-ст.



Чер. №64.



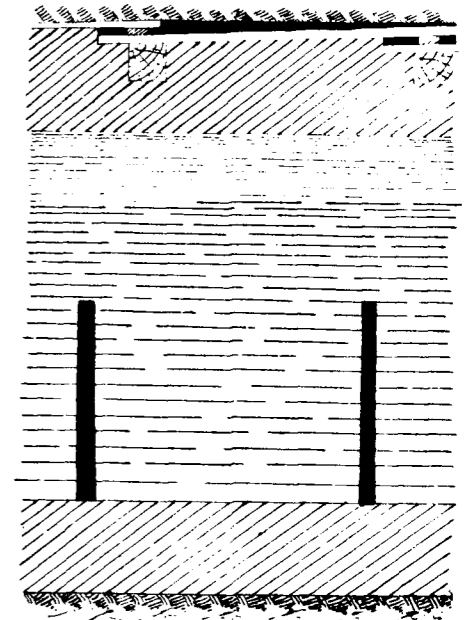
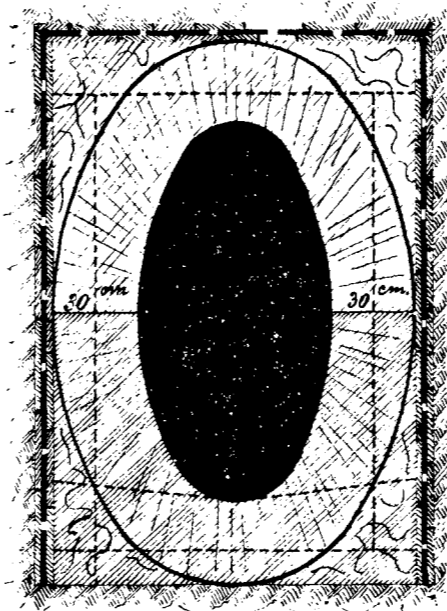
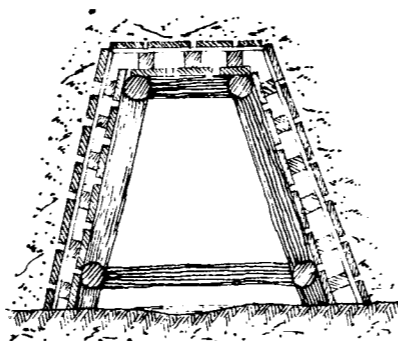
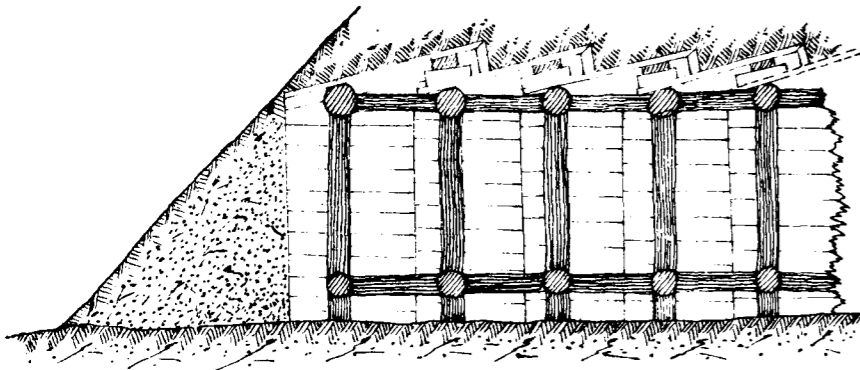
Чер. №65.



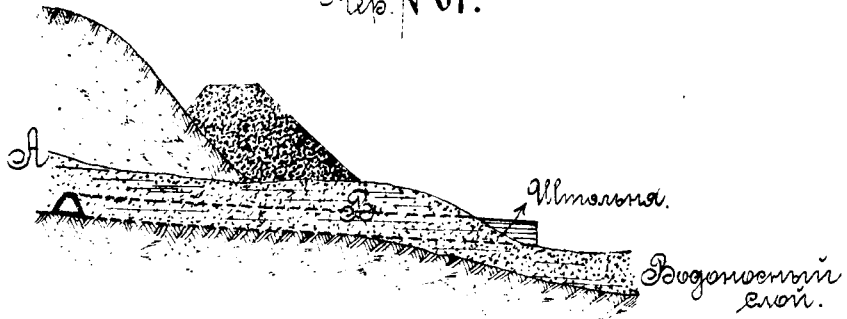
Чер. №66.

Чер. №63.

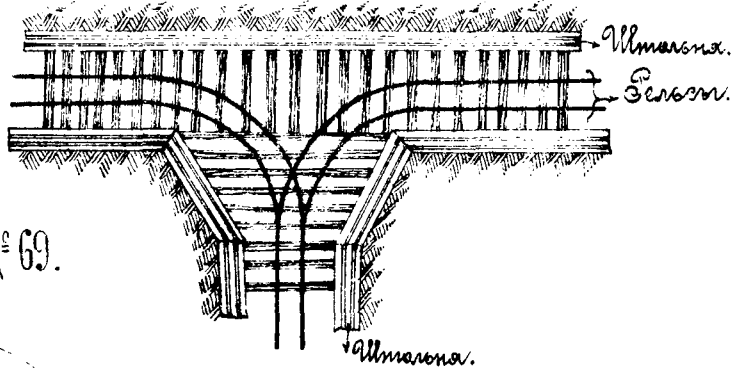
Фиг. I.



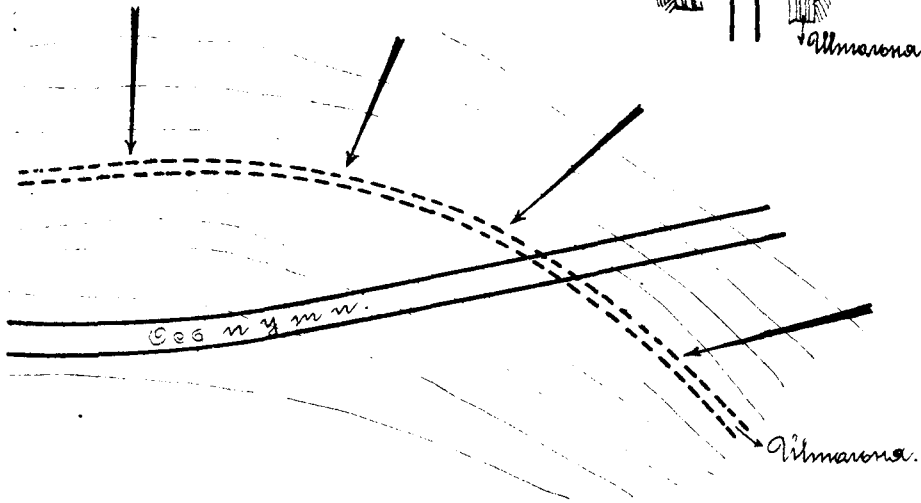
Чер. № 67.



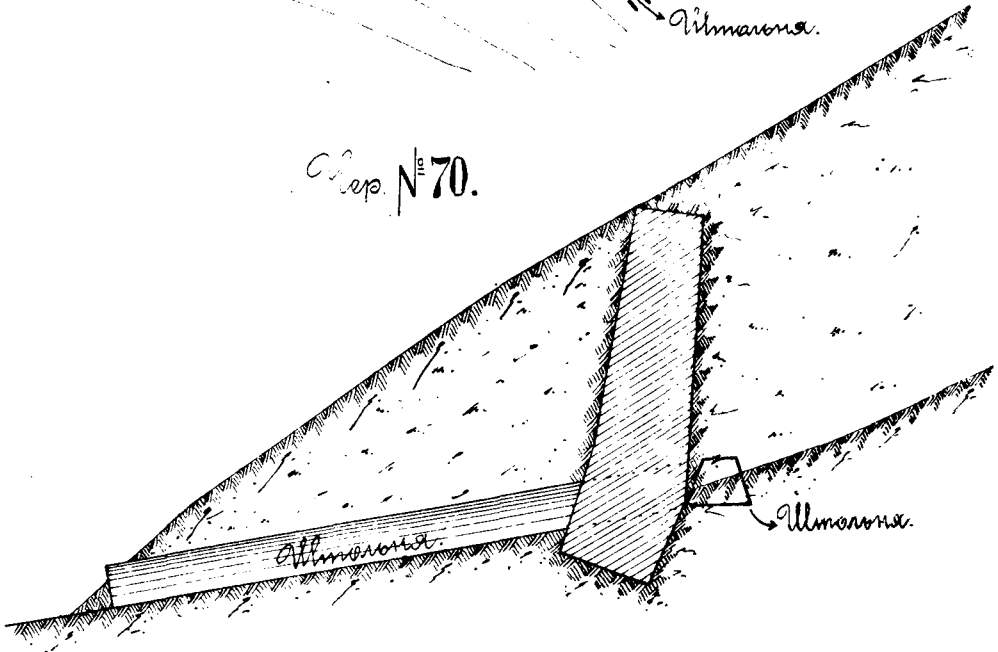
Чер. № 68.



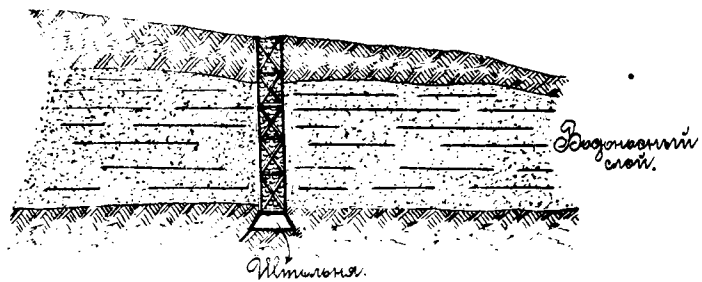
Чер. № 69.



Чер. № 70.



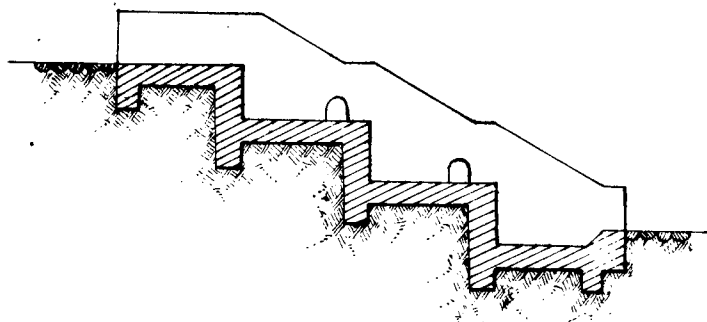
Чер. №71.



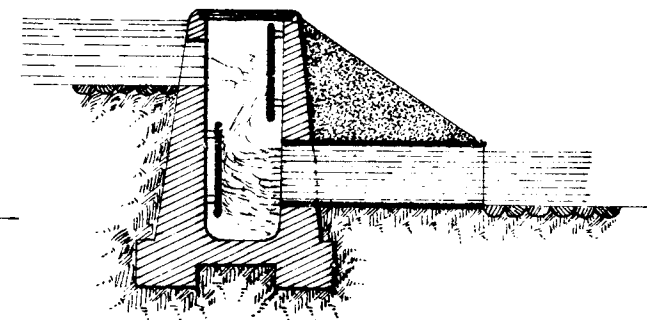
Чер. №72.



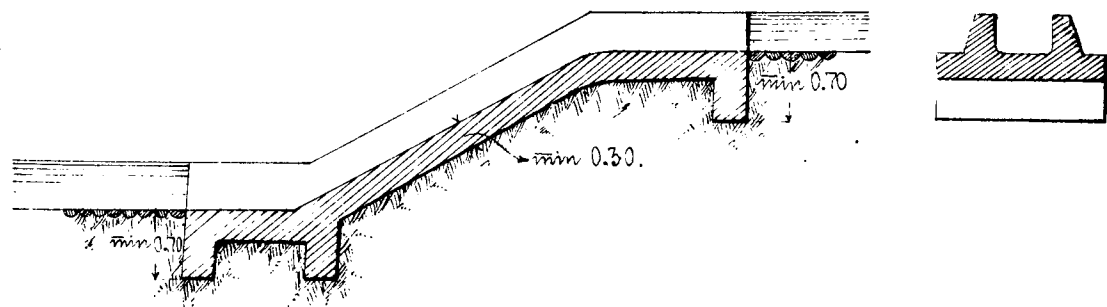
Чер. №78.



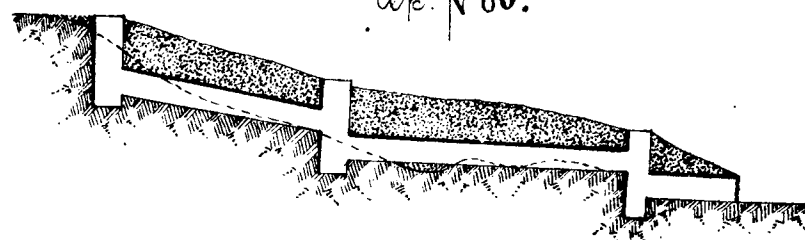
Чер. №79.



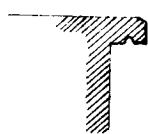
Чер. №73.



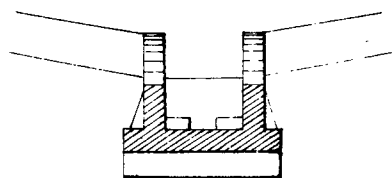
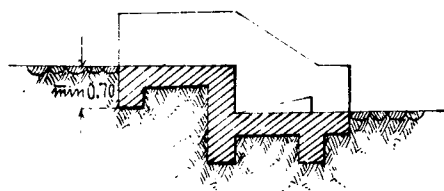
Чер. №80.



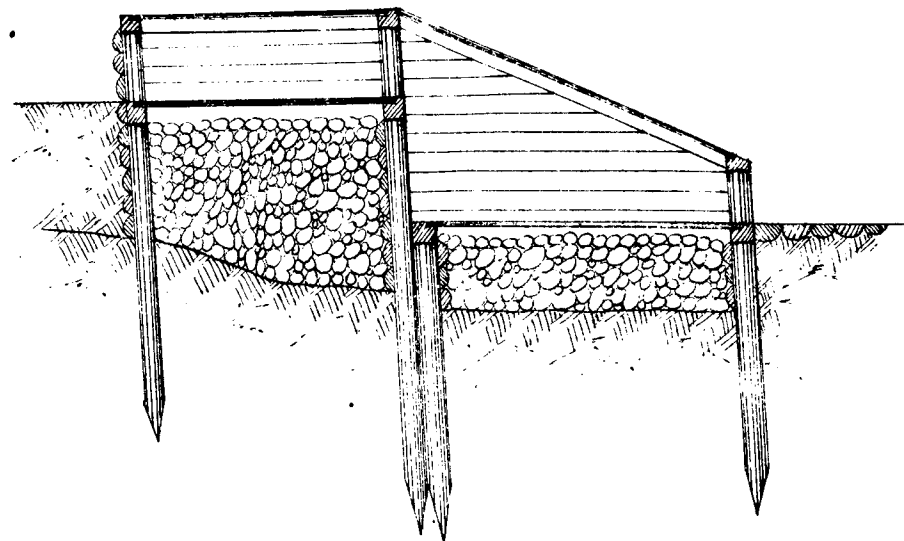
Чер. №74.



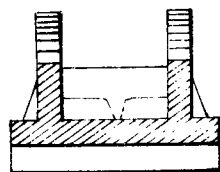
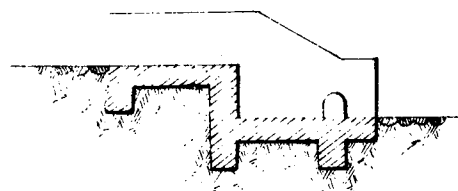
Чер. №75.



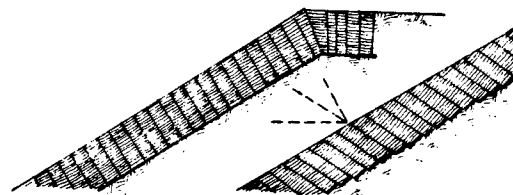
Чер. №81.



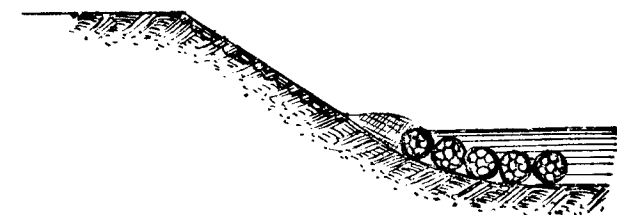
Чер. №76.



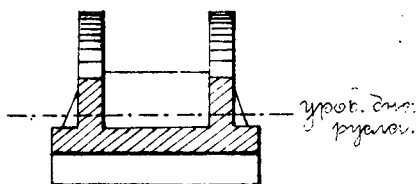
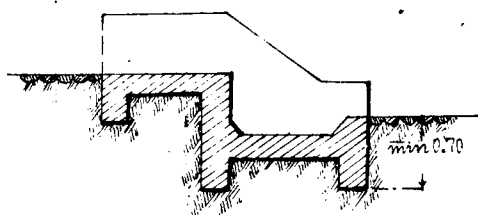
Чер. №82.



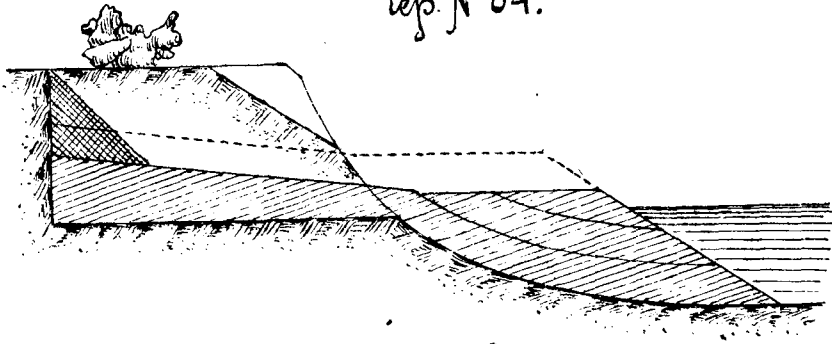
Чер. №83.



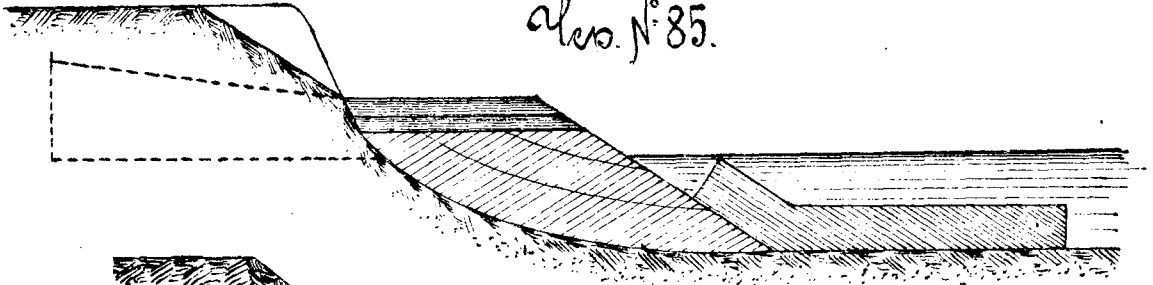
Чер. №77.



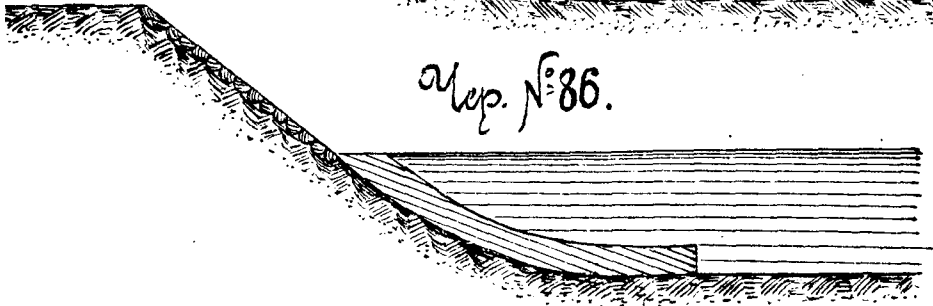
члр. №84.



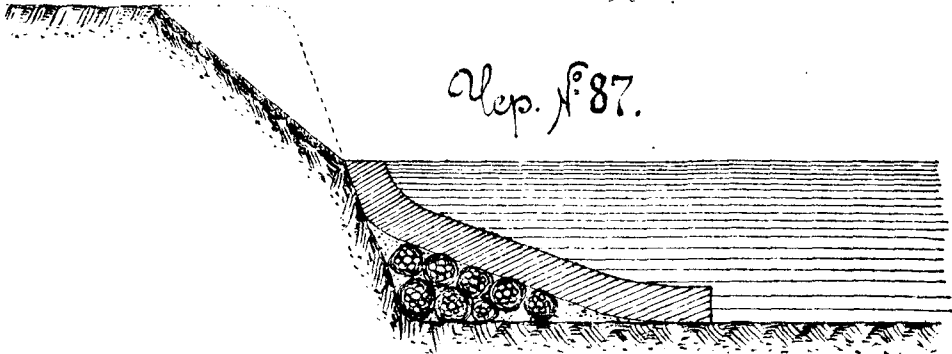
члр. №85.



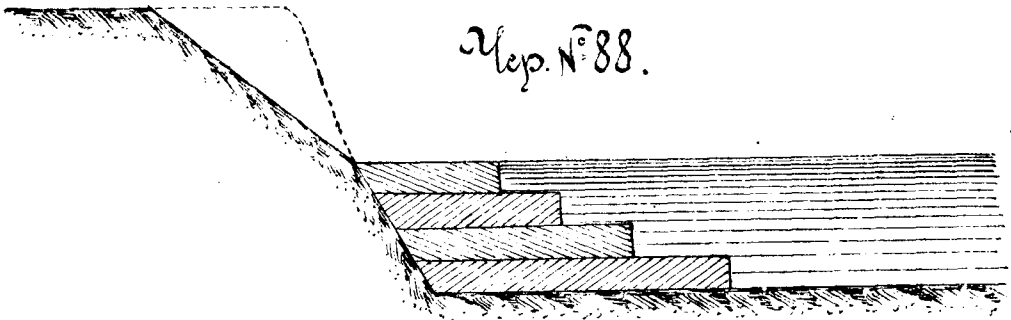
члр. №86.



члр. №87.

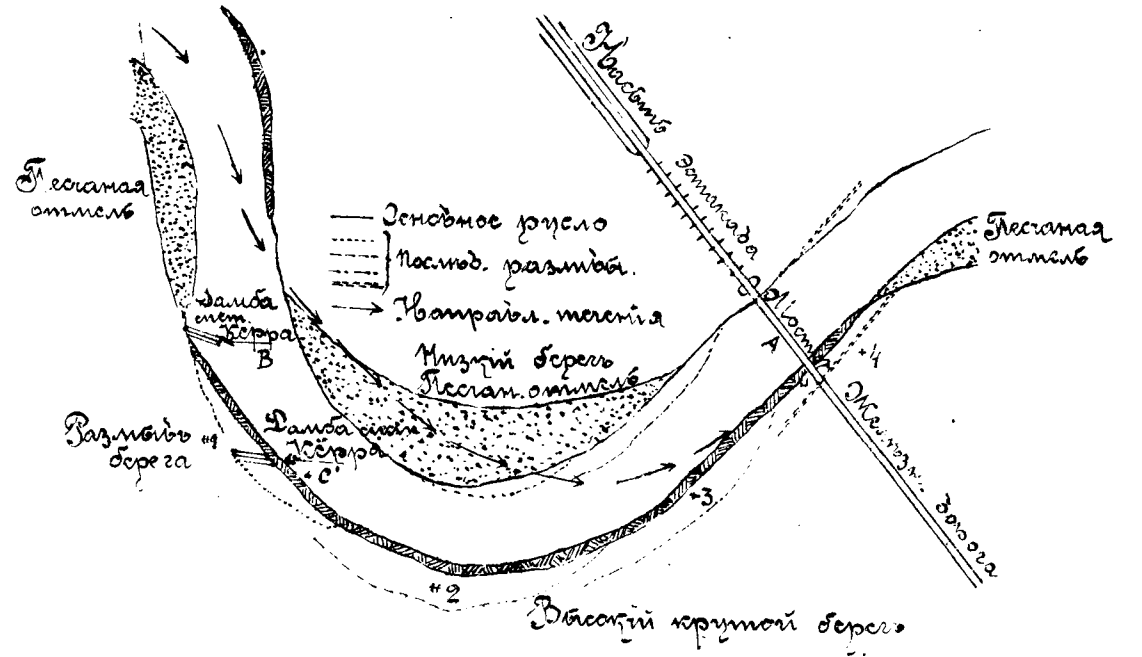
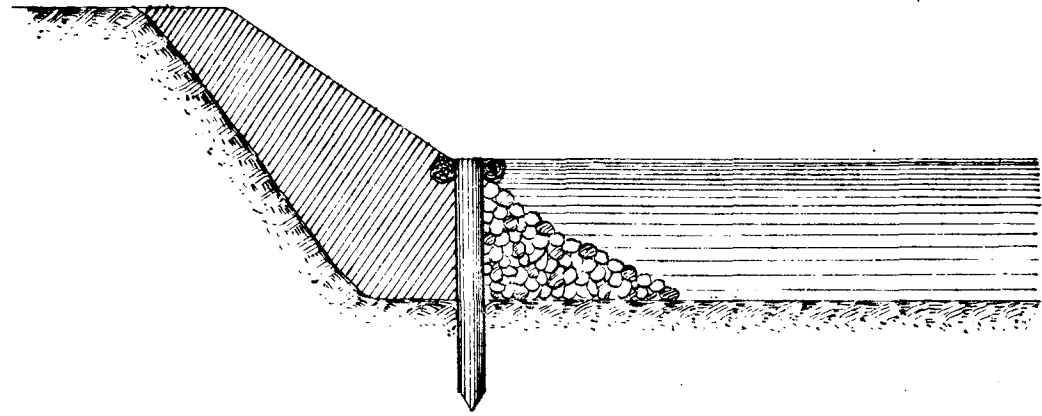


члр. №88.



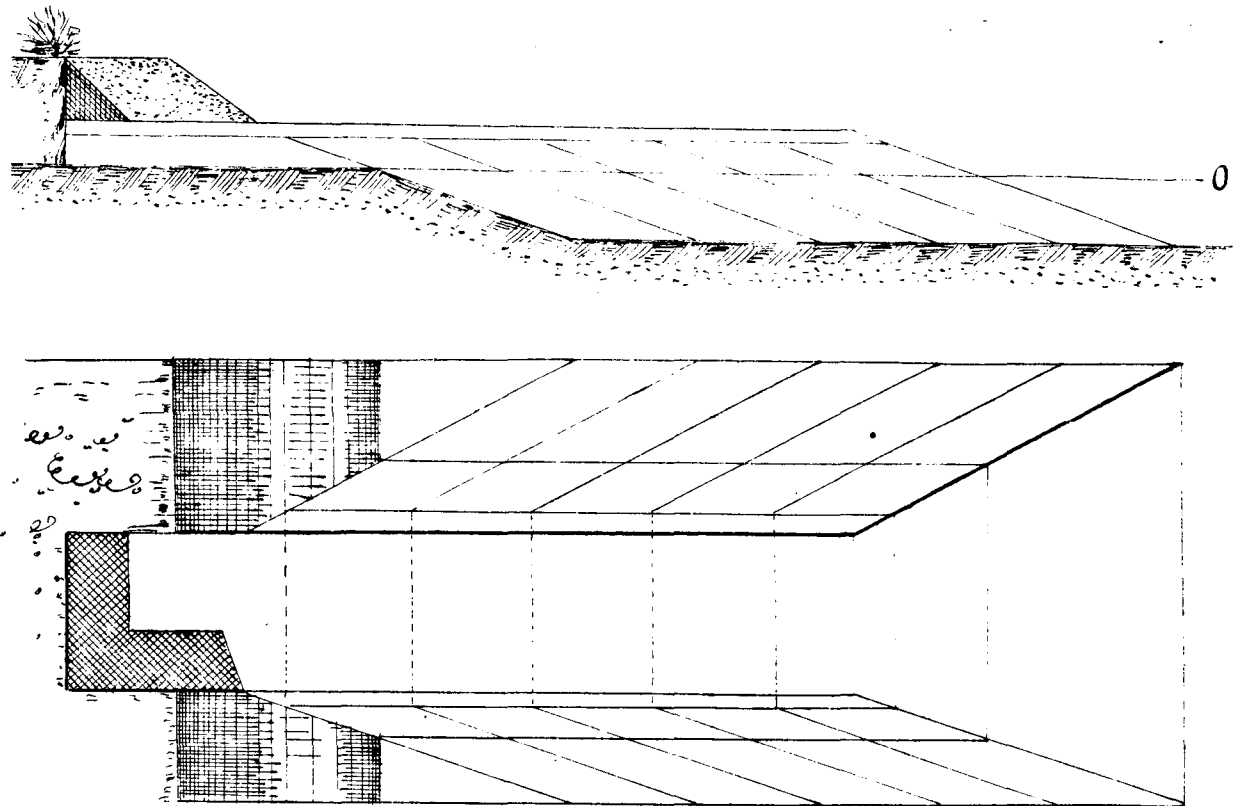
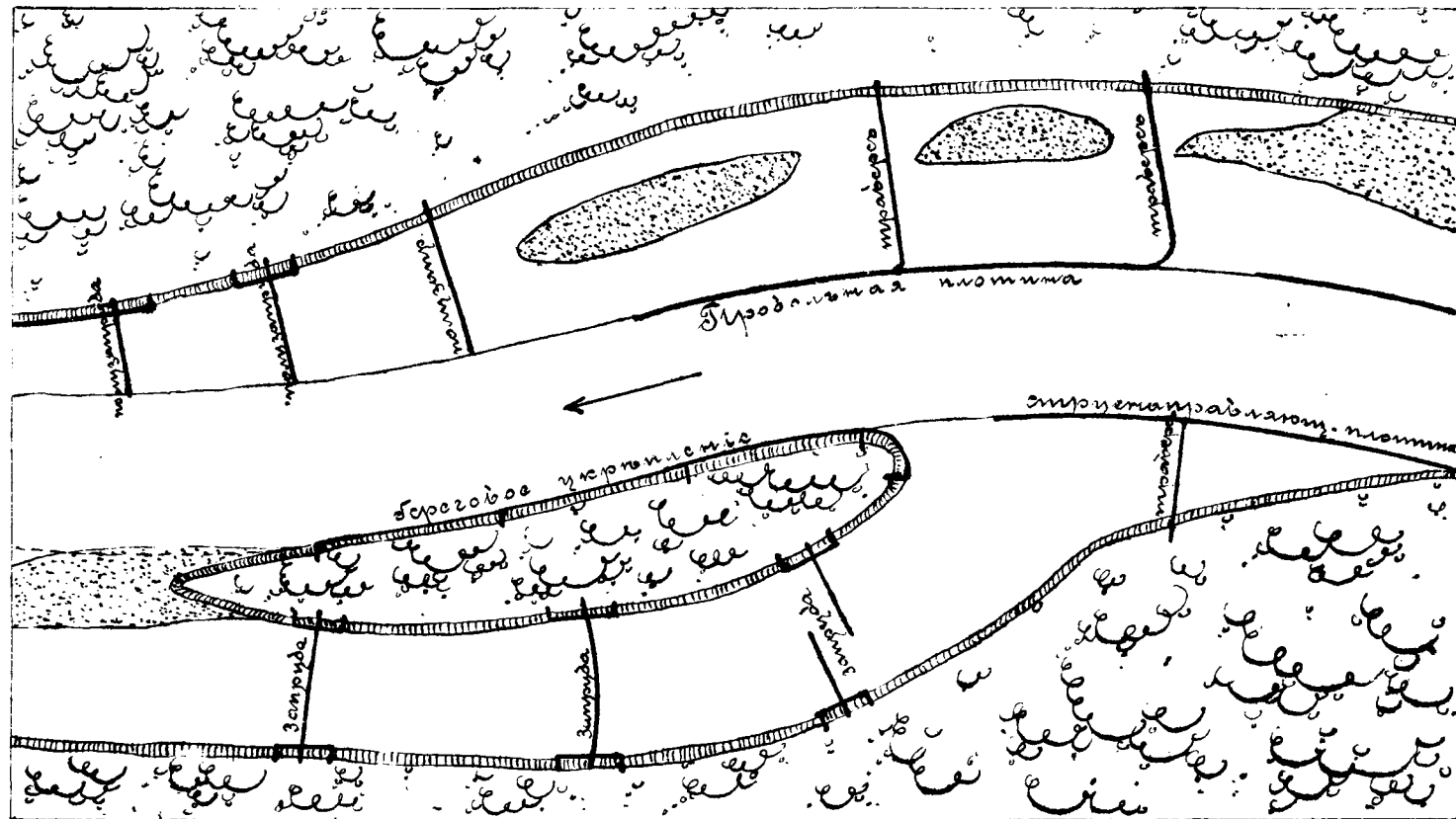
Чер. № 92.

Чер. № 89.



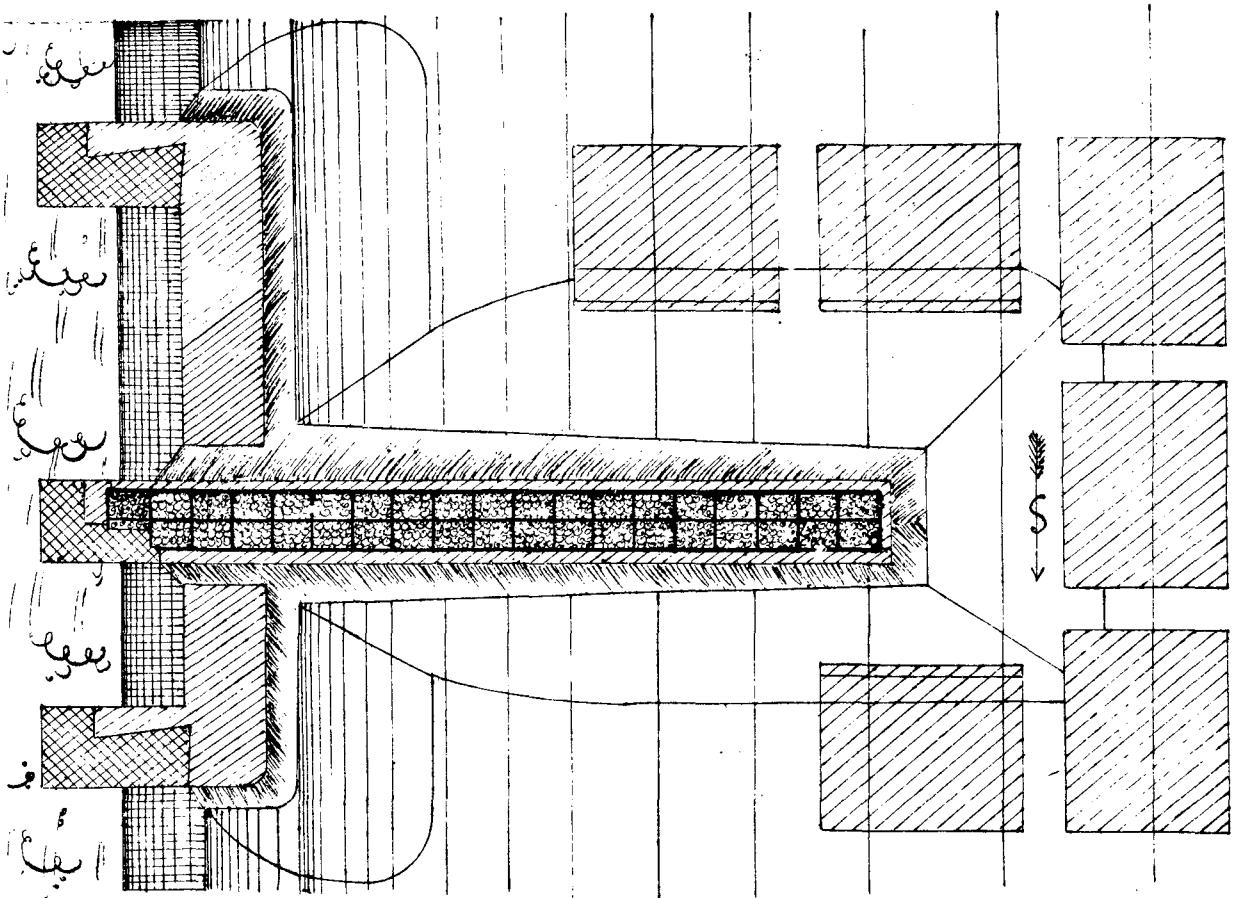
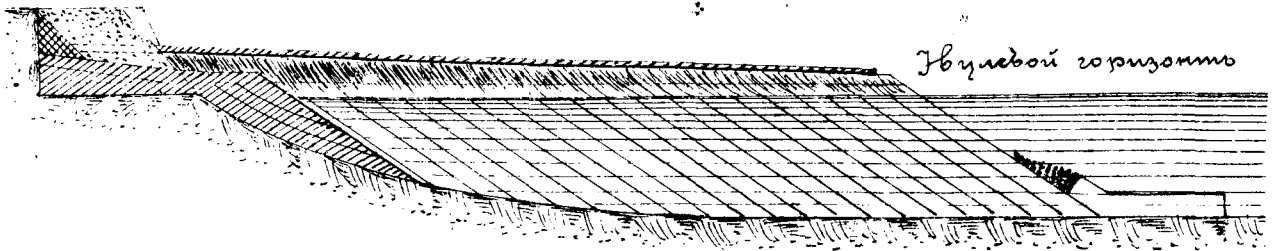
Чер. № 91.

Чер. № 96.

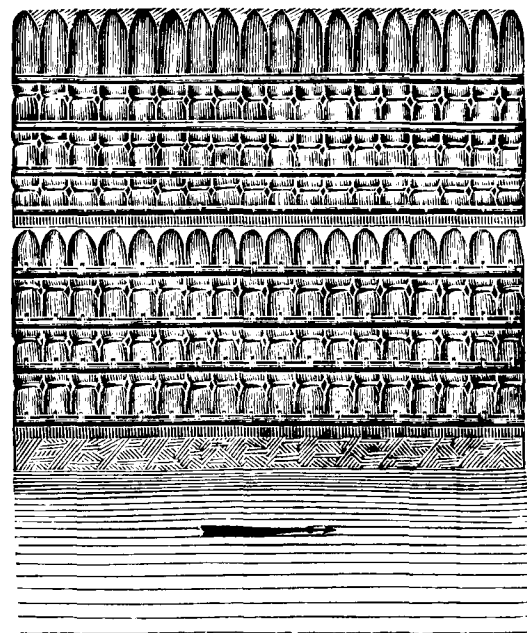
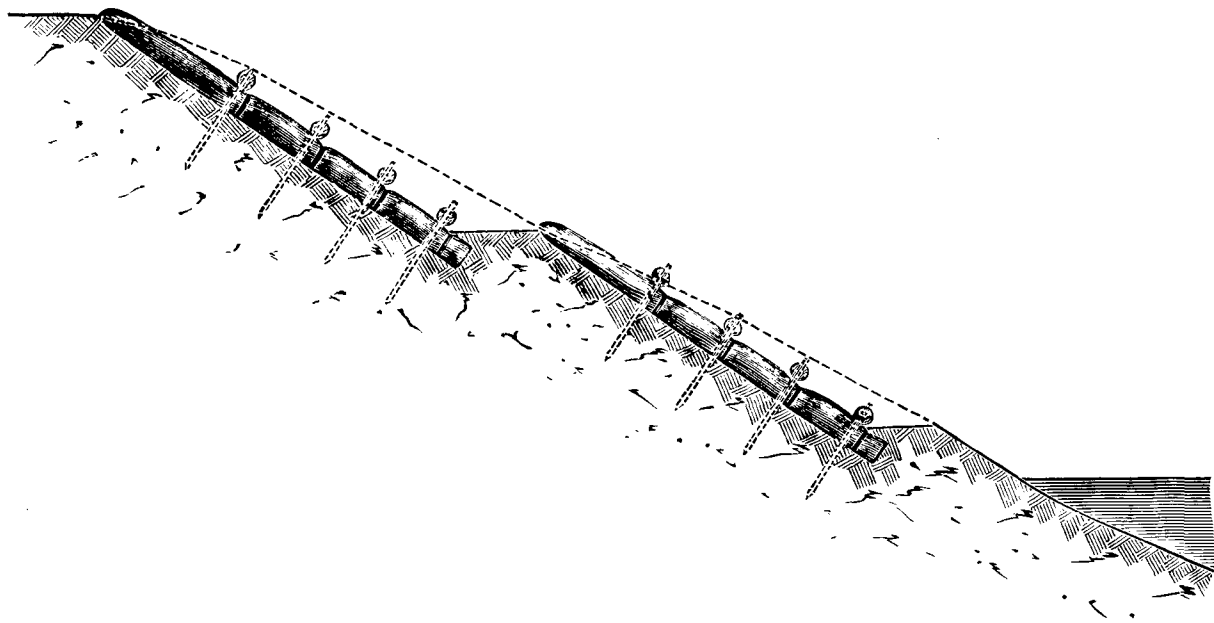




Чер. № 97

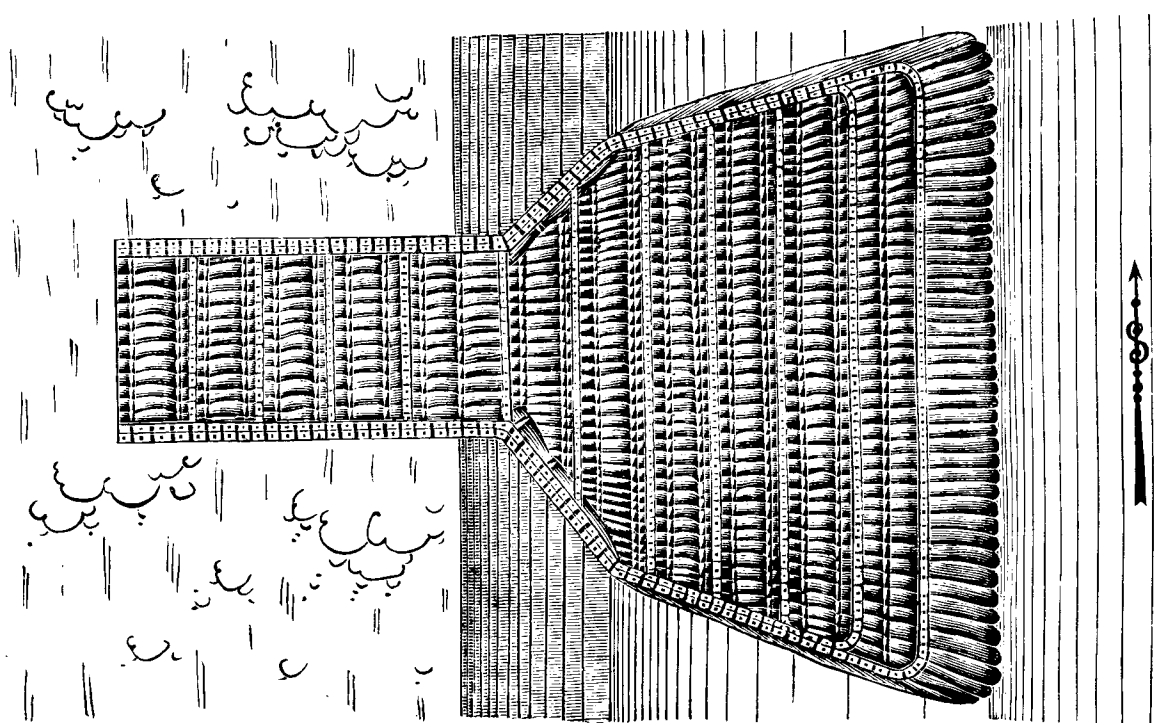
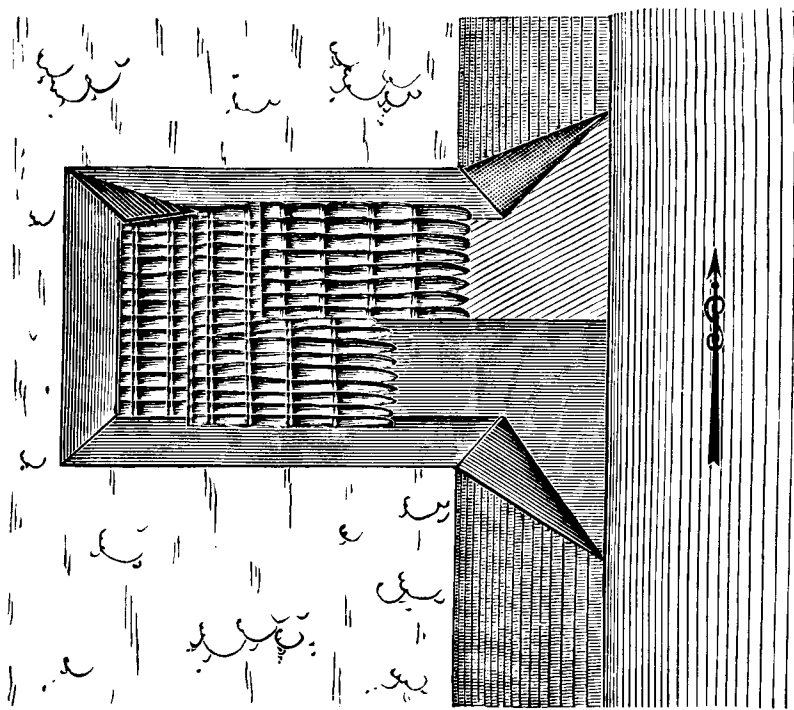
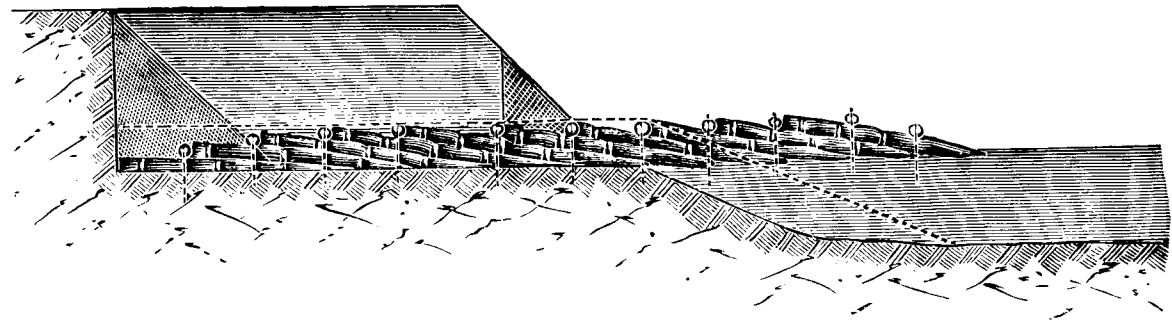
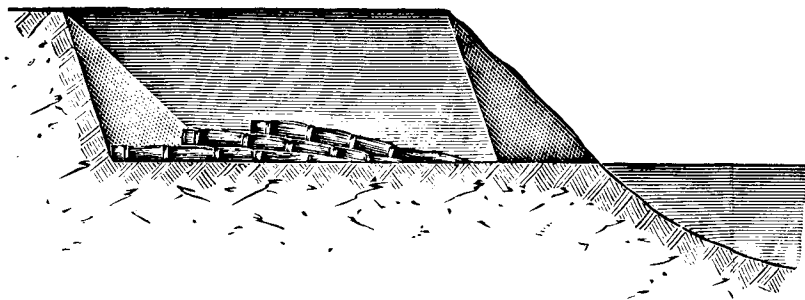


Черт. № 90.

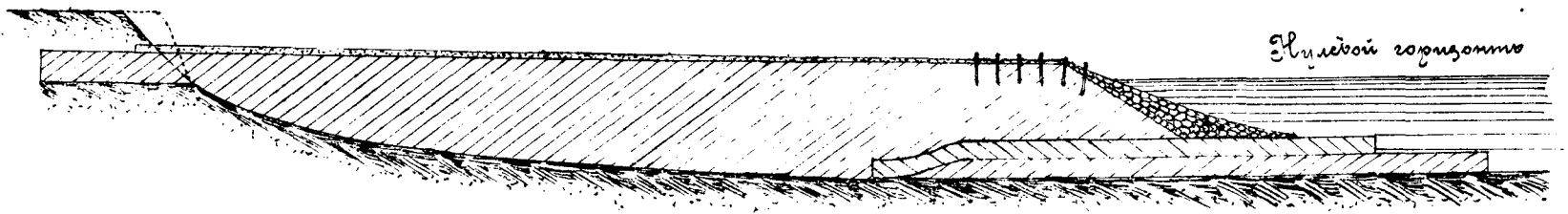


الخط. № 93.

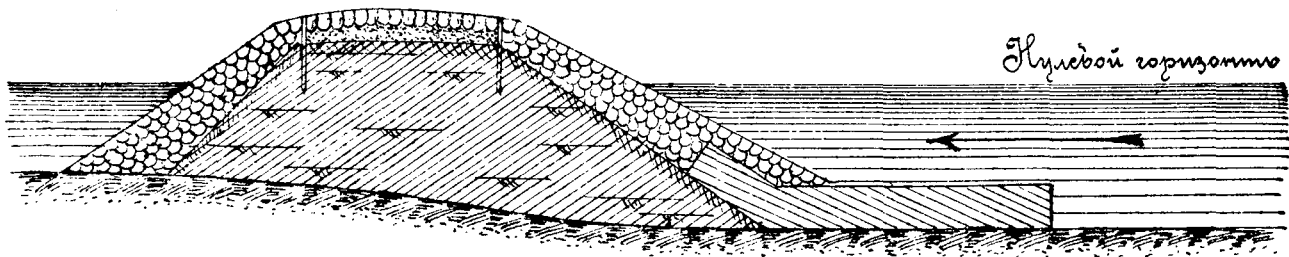
الخط. № 94



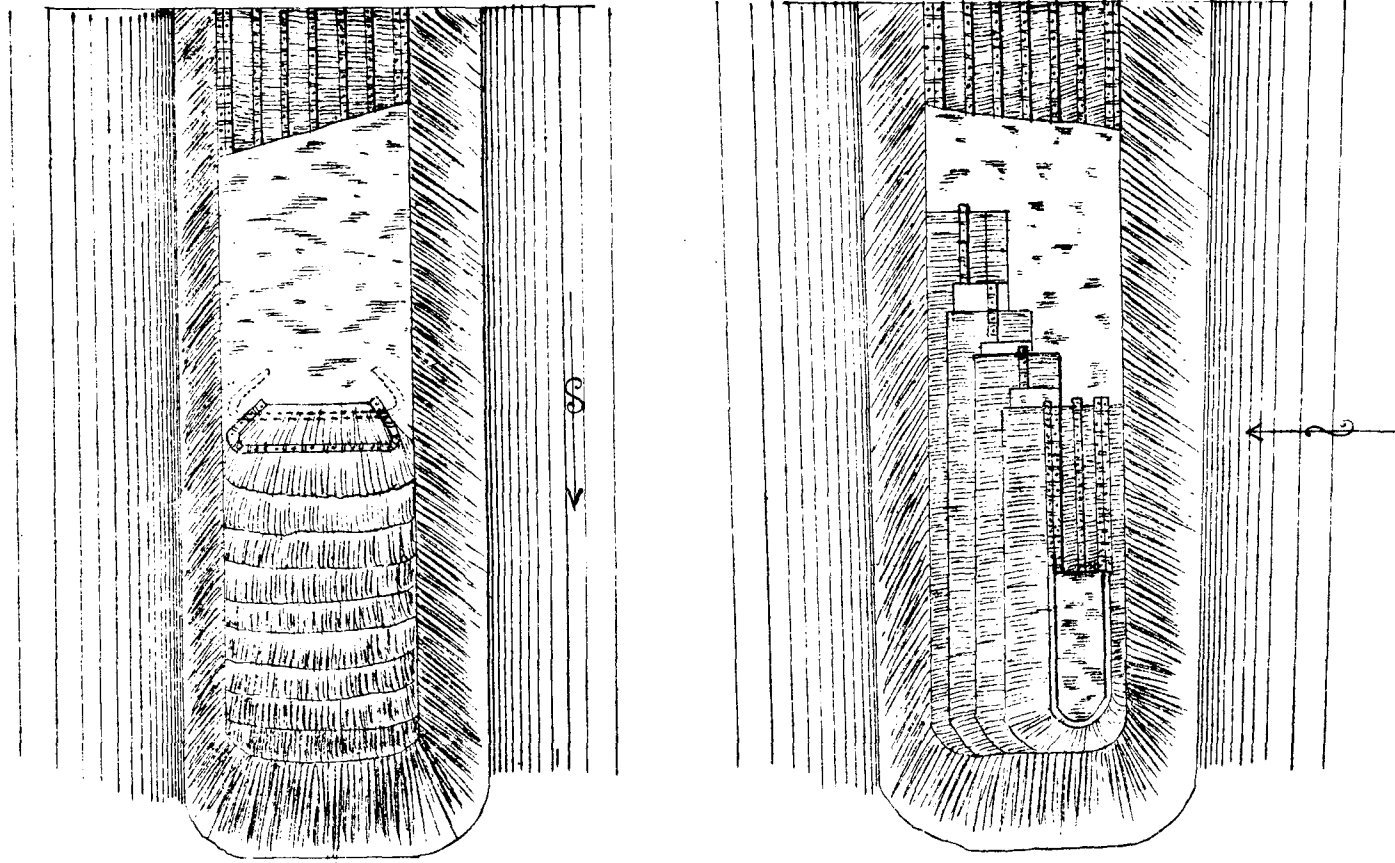
Чер. № 98.



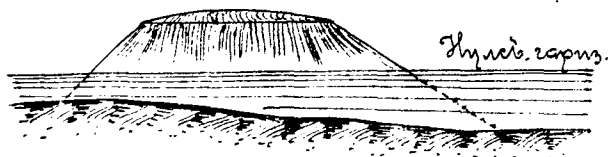
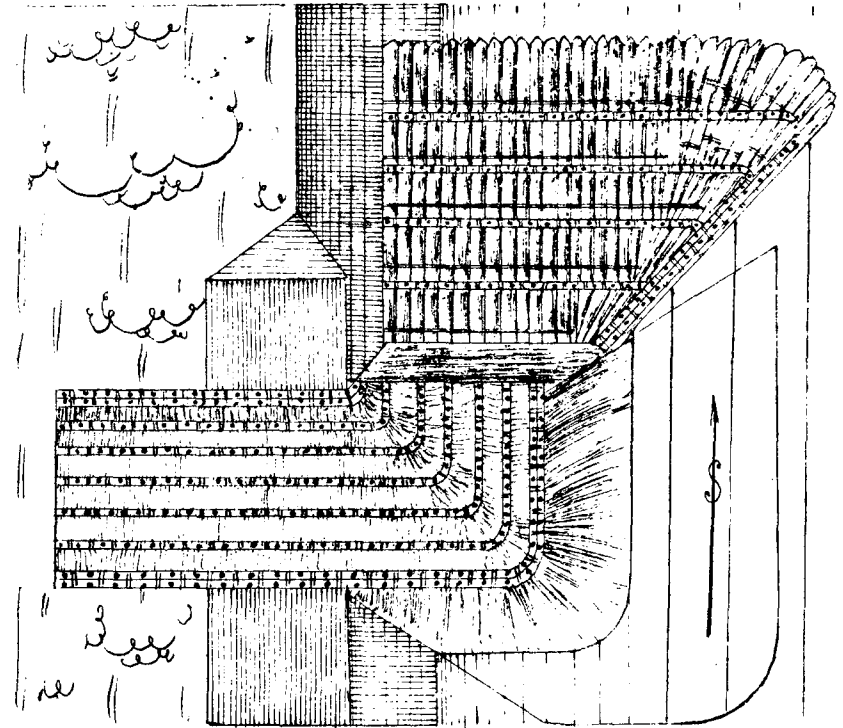
Чер. № 99.



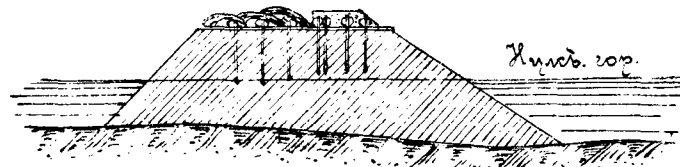
чер. № 100.



чер. № 102.

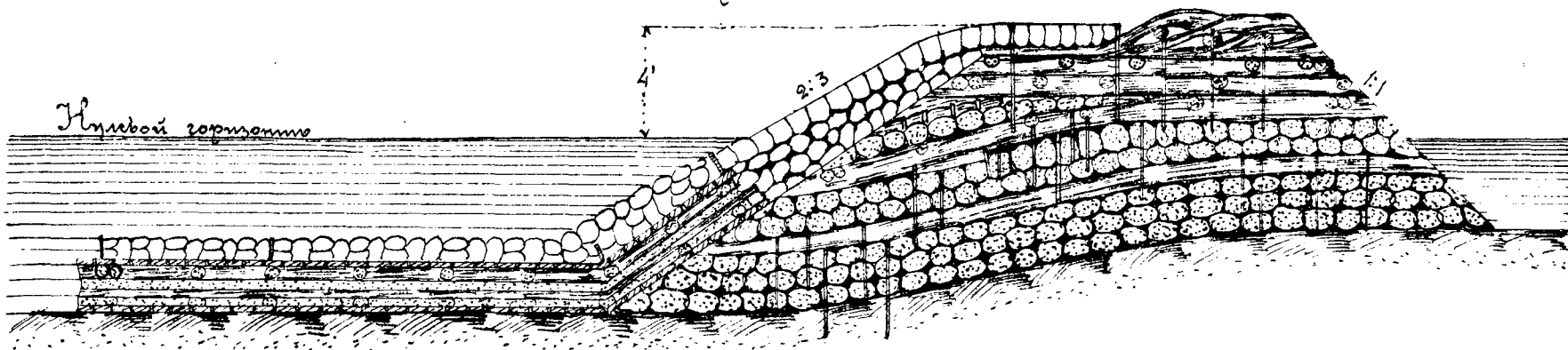


Глубоко. распу.

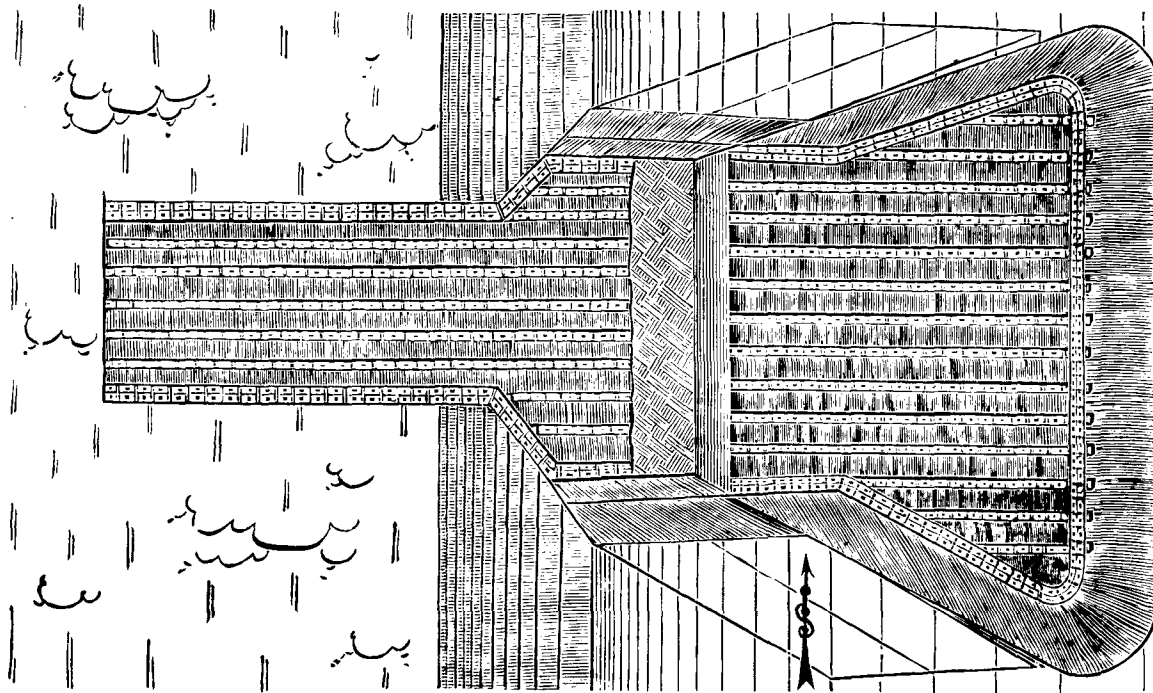
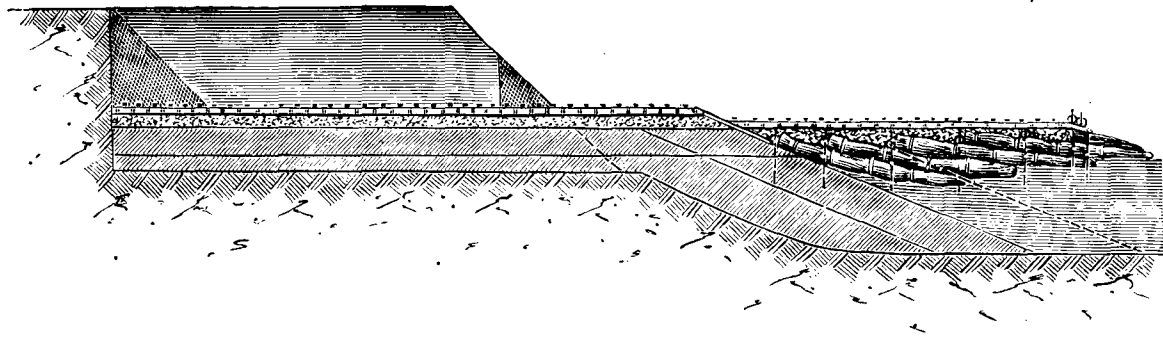


Глубоко. распу.

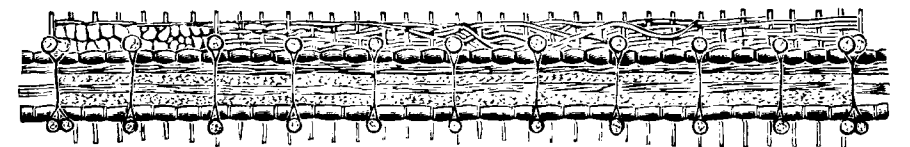
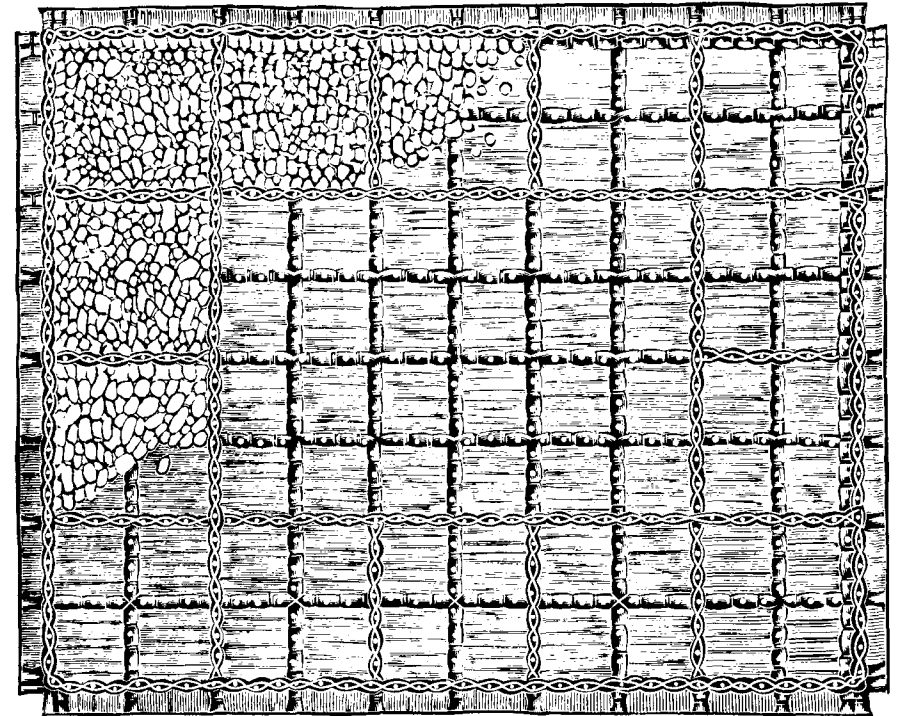
чер. № 101.



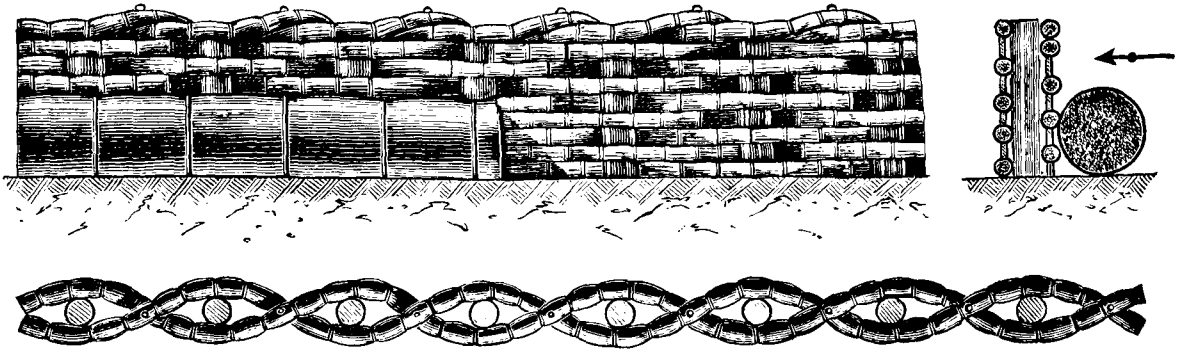
алеп. № 95.



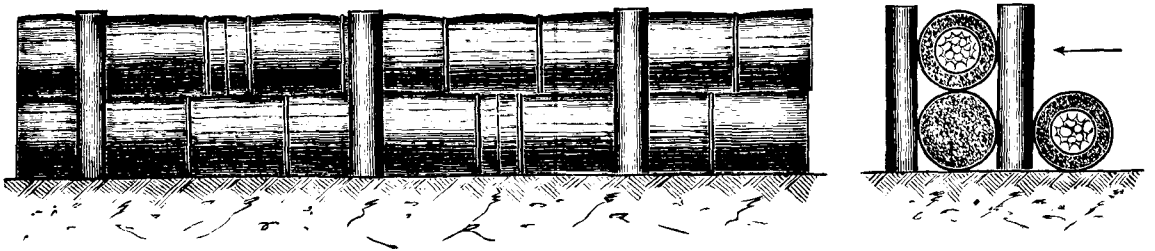
алеп. № 108.



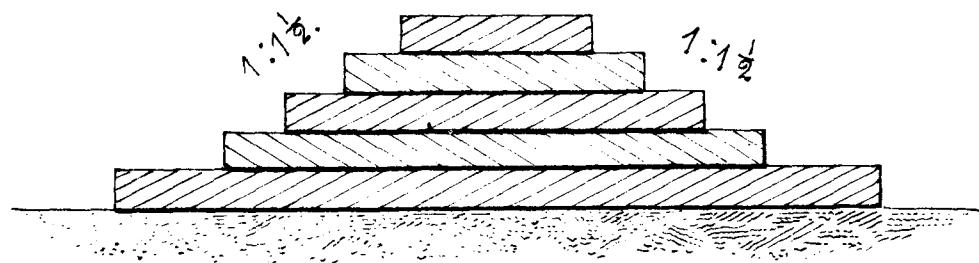
ал. №110.



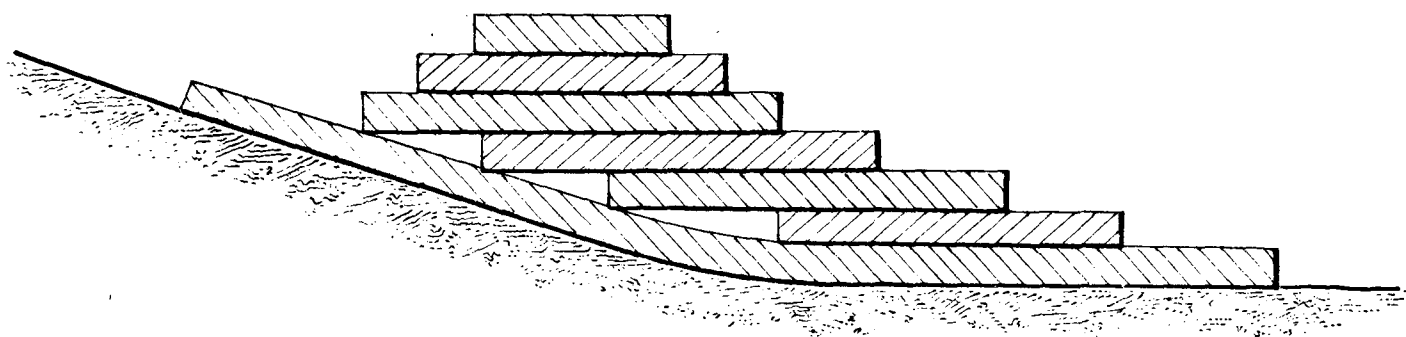
ал. №111.



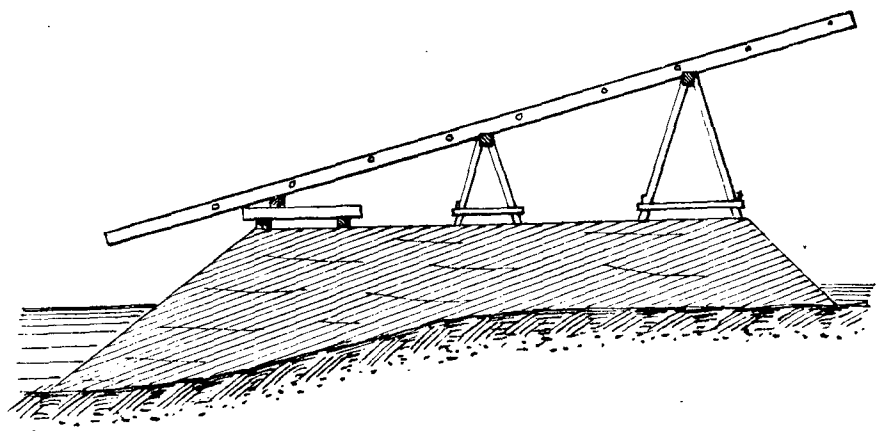
чер. №103.



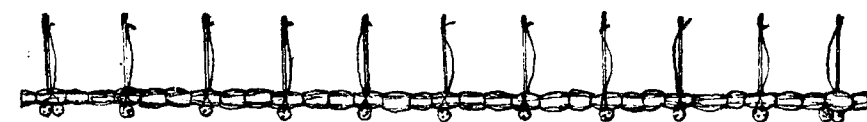
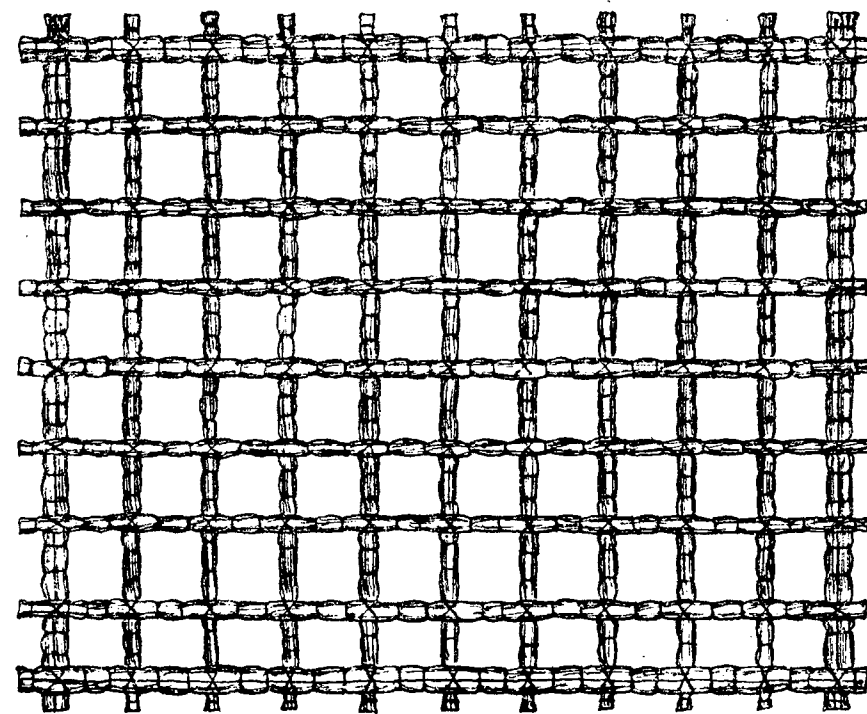
чер. №104.



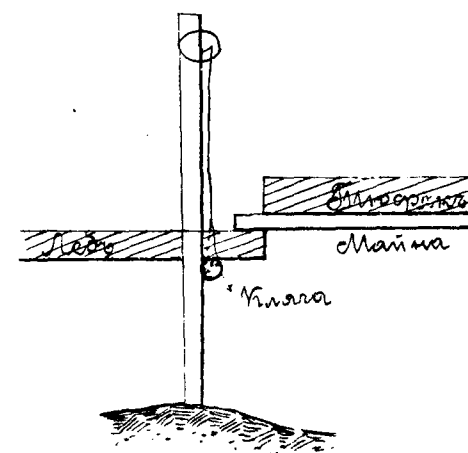
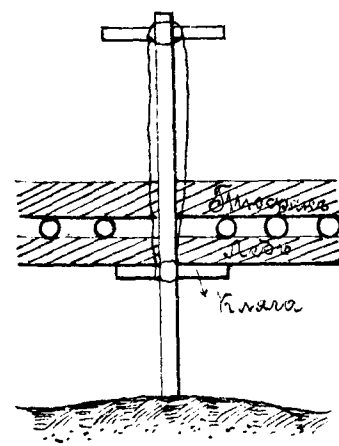
чер. №105.



чер. №106.

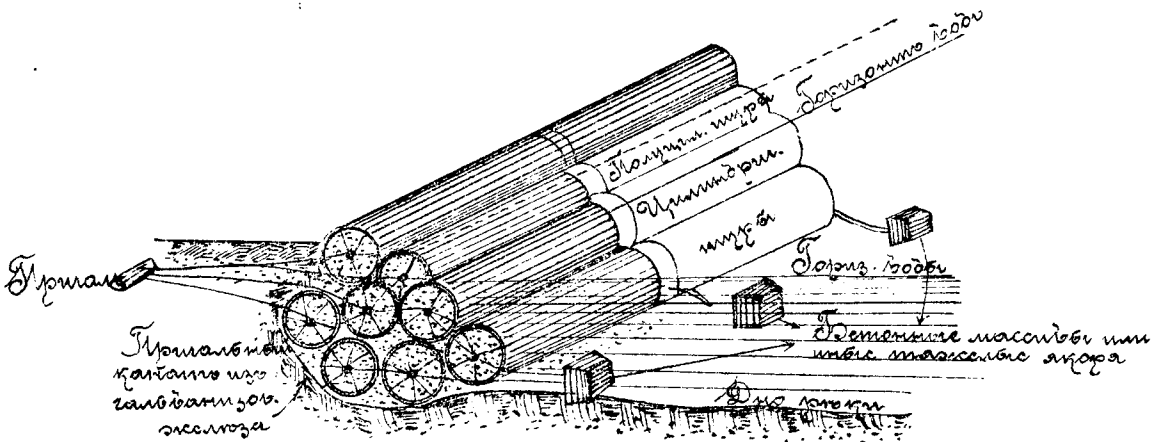


чер. №107.





Черз. №109



Черз. №112

