

Водоснабжение и канализация

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

т. I

изд. 1906.

В. С. Милонов

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА СССР

7393 ¹⁰/₅₉

Н

ОГЛАВЛЕНИЕ.

2673

н/д

Водоснабжение и канализация.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Основания гигиены городовъ.

стр.

§ 1. Искусственная жизнь городовъ	1
§ 2. Загрязнение воздуха, почвы, подземныхъ водъ и рѣкъ	4
§ 3. Санитарныя или оздоровительныя мѣры	20
§ 4. Главныя принципы гигиены городовъ	28
§ 5. Удаление твердыхъ отбросовъ, грязи и пыли	38
§ 6. Дренажъ почвы	50
§ 7. Водоснабжение и водоудаление	51
§ 8. Кругообращение воды въ городѣ	55
§ 9. Водоснабжение двойное и одиночное	56
§ 10. Задачи канализации городовъ	64

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Историческій обзоръ развития санитарно-инженернаго дѣла.

§ 11. Древніе народы Африки, Азии и Америки	69
§ 12. Древніе греки	94
§ 13. Римская эпоха	108
§ 14. Средніе вѣка	152
§ 15. Эпоха возрожденія	157
§ 16. Семнадцатый вѣкъ	160
§ 17. Восемнадцатый вѣкъ	163
§ 18. Первая часть девятнадцатаго вѣка	166
§ 19. Современная эпоха	170

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Источники водоснабжения.

§ 20. Происхождение воды	187
§ 21. Морская вода	188
§ 22. Атмосферная вода	188
§ 23. Рѣчная и озерная вода	189
§ 24. Грунтовая и ключевая вода	198
§ 25. Опредѣление количествъ воды, могущихъ быть полученными изъ даннаго источника	218

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Количество воды, потребной для разныхъ цѣлей.

§ 26. Способъ измѣренія количества доставляемой воды	221
§ 27. Примѣры количествъ воды, доставляемыхъ разными водопроводами	222

	СТР.
§ 28. Норма суточного расхода воды для отдѣльных потребностей города	225
§ 29. Потеря воды	228
§ 30. Безполезная трата воды	231
§ 31. Колебания расхода воды	234
§ 32. Приростъ населенія	236
§ 33. Среднія годовыя нормы суточного потребленія воды на одного жителя	240

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Изслѣдованіе и выборъ воды для водоснабженія.

§ 34. Требуемыя качества воды и ея источника	246
§ 35. Качественное изслѣдованіе воды	254
§ 36. Гидротиметрія	257
§ 37. Попытки классификаціи питьевыхъ водъ	262
§ 38. Выборъ воды въ зависимости отъ ея назначенія	263

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Добываніе воды.

§ 39. Способы добыванія воды	268
§ 40. Сборъ атмосферной воды въ малыхъ и большихъ количествахъ	270
§ 41. Добываніе воды изъ ручьевъ, рѣкъ и озеръ	274
§ 42. Водоохранилища съ водоудержательными плотинами для собиранія текучихъ и атмосферныхъ водъ	292
§ 43. Добываніе грунтовой воды колодцами	336
§ 44. Артезианскіе колодцы	361
§ 45. Классификація способовъ водоснабженія изъ буровыхъ колодцевъ въ зависимости отъ свойствъ водоносныхъ горизонтовъ	368
§ 46. Сборъ грунтовой воды горизонтальными трубами	378
§ 47. Нѣкоторыя теоретическія данныя для опредѣленія расхода грунтовыхъ водосборовъ	391
§ 48. Добываніе воды изъ ключей	406

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

Общее расположеніе водопроводныхъ сооружений и устройства для проведенія воды.

§ 49. Классификація водопроводовъ	424
§ 50. Примѣры расположенія сооружений въ водопроводахъ	427
§ 51. Трубопроводы	466
§ 52. О расчетѣ размѣровъ чугунныхъ трубъ	488
§ 53. Русскій нормальный метрическій сортаментъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ и техническія условія ихъ изготовленія и приемки	498
§ 54. Акведуки-каналы	528
§ 55. Переходъ черезъ долины (мосты-акведуки и сифоны)	530
§ 56. Производство работъ по устройству акведуковъ и укладкѣ трубъ	532
§ 57. Приборы трубопроводовъ	540
§ 58. Способы подъема воды	548
§ 59. Противопожарные водопроводы	553
§ 60. Приспособленіе существующихъ водопроводовъ къ тушенію пожаровъ	564

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Выпуская въ свѣтъ третье изданіе учебнаго курса Водоснабженія и Канализаціи, которое по отношенію къ нѣкоторымъ своимъ частямъ, появившимся впервые въ видѣ матеріаловъ для курса, является даже четвертымъ, составитель долженъ вновь указать условія, ограничивавшія предѣлы его изложенія.

Водоснабженіе и Канализація читаются въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I, для потребностей коего предназначается по преимуществу настоящій трудъ,—въ объемѣ, отвѣчающемъ утвержденнымъ г. Министромъ Путей Сообщенія программамъ и назначенному для этихъ предметовъ по учебному плану Института времени.

При составленіи названныхъ программъ и опредѣленіи размѣра времени для чтенія лекцій имѣлось въ виду, что многія свѣдѣнія, необходимыя для проектированія водоснабженія и канализаціи, излагаются студентамъ въ курсахъ Гидравлики, Строительной Механики, Паровыхъ Машинъ и проч. и потому не должны быть повторяемы въ курсѣ Водоснабженія и Канализаціи.

По этой причинѣ въ семь послѣднемъ главномъ вниманіе удѣляется выясненію общихъ основаній тѣхъ сложныхъ сочетаній разнообразныхъ научныхъ дисциплинъ, которыя въ своей совокупности даютъ Санитарную Технику въ ея приложеніяхъ къ снабженію населенныхъ мѣстъ чистою водою и удаленію водъ грязныхъ.

Такое построеніе курса не лишило, однако, составителя возможности дать необходимое развитіе и тѣмъ отдѣламъ, которые, касаясь строительныхъ или расчетныхъ вопросовъ,

не находятъ себѣ должнаго мѣста въ иныхъ курсахъ Института. Въ настоящемъ изданіи эти отдѣлы получили нѣкоторое развитіе и обновленіе въ предѣлахъ, конечно, общаго объема допустимыхъ требованій.

Литературные источники, коими составитель пользовался, поименованы въ текстѣ. Сверхъ поименованныхъ сочиненій и данныхъ личного строительнаго опыта — въ настоящій курсъ вошли свѣдѣнія, полученныя непосредственно отъ учреждений и лицъ, завѣдывающихъ водоснабженіемъ и канализаціей.

По отношенію къ характеру изложенія составитель имѣлъ въ виду, что настоящій трудъ предназначается для лицъ съ серьезной технической подготовкой и стремился вездѣ съ возможной точностью установить идеи и принципы тѣхъ или другихъ системъ, устройствъ и пр., избѣгая подробнаго разьясненія частныхъ, которыя могутъ и должны быть усвоены изъ приведенныхъ чертежей и таблицъ.



Водоснабженіе и канализація.

ОБЩЕЕ ВВЕДЕНІЕ.

Основанія гігіены городовъ и историческій обзоръ санитарно-инженернаго дѣла.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Основанія гігіены городовъ.

СОДЕРЖАНІЕ: § 1. Искусственная жизнь городовъ.—§ 2. Загрязненіе воздуха, почвы, подземныхъ водъ и рѣкъ.—§ 3. Санитарныя или оздоровительныя мѣры.—§ 4. Главныя принципы гігіены городовъ.—§ 5. Удаленіе твердыхъ отбросовъ и пр.—§ 6. Дренажъ почвы.—§ 7. Водоснабженіе и водоудаленіе.—§ 8. Кругообращеніе воды въ городѣ.—§ 9. Водоснабженіе одиночное и двойное.—§ 10. Задача канализаціи городовъ.

§ 1. Искусственная жизнь городовъ.

Людымъ, живущимъ небольшими группами на обширномъ пространствѣ полей, лѣсовъ и луговъ, природа почти всегда доставляетъ въ изобиліи необходимыя условія для здоровья: чистый воздухъ, солнечный свѣтъ, воду свободную отъ вредныхъ примѣсей и почву, быстро обезвреживающую не унесенные проточными водами остатки гнѣющихъ органическихъ веществъ.

Но съ увеличеніемъ количества людей, сосредоточенныхъ на одной и той же площади, какъ бы ни были благопріятны мѣстныя естественныя условія, — появляется рядъ вредно вліяющихъ на здоровье причинъ, съ которыми природа одна не въ состояніи бороться. Въ этихъ случаяхъ необходимо придти къ ней на помощь, примѣняя тѣмъ болѣе сложныя и совершенныя способы борьбы съ антисанитарными условіями, чѣмъ многочисленнѣе и гуще населеніе города.

Такія послѣдствія скученности населенія были обнаружены давно.

Издравле уже города носили на себѣ дурную славу мѣсть весьма нездоровыхъ для людей и на этомъ основаніи еще древніе греки, почитавшіе, какъ извѣстно, эскулапа божествомъ, строили этому полубогу здоровья храмы внѣ городскихъ стѣнъ (Доброславинъ. Гигіена. Ч. I. Спб. 1889). Жизнь городскихъ жителей короче и гораздо сильнѣе подвержена болѣзнетворнымъ вліяніямъ, чѣмъ жизнь населенія деревенскаго. На это указываютъ многія статистическія данныя и между прочимъ выводы относительно Шотландіи, основанные на весьма богатомъ и хорошо обработанномъ статистическомъ матеріалѣ (Сборникъ статей по гигиенѣ, издан. Мед. Деп. 1875). Сравненіе различныхъ сельскихъ округовъ Шотландіи, размѣщенныхъ на островахъ и на материкѣ Великобританіи, съ городами показываетъ, что на островахъ, гдѣ населеніе размѣщено болѣе просторно и средняя численность его не превышаетъ 161.308 чел., процентъ смертности равенъ 1,6 въ годъ или 16 промилей; въ округахъ материковыхъ, гдѣ населеніе возрастаетъ уже до 1.758.089 жит., промилевая смертность выше и равна 17,8; въ городахъ же, хотя населеніе и доходитъ только до 1.125.541, но промилевая смертность равняется 27,1.

Самые города Шотландіи можно раздѣлить на три группы, отнеся къ одной группѣ главные города, съ болѣе скученнымъ населеніемъ (болѣе 25.000), къ другой—города средніе, въ которыхъ отъ 10 до 25 т. жит. и къ 3-й небольшіе, гдѣ населеніе разселяется просторнѣе и не превышаетъ 10.000. Сравнивая ихъ, увидимъ изъ нижеслѣдующей таблицы, что сообразно со степенью скученности, процентъ смертности рѣзко видоизмѣняется въ пользу мало населенныхъ городовъ.

	ПРОМИЛИ:		
	Рождаемость.	Смертность.	Браковъ.
Большіе города	38,7	28,2	8,9
Средніе »	38,0	24,5	7,9
Малые »	36,4	21,2	6,8
Деревни	31,4	19,9	5,6

Изъ дальнѣйшихъ изслѣдованій статистики Шотландіи приходятъ даже къ заключенію, что пребываніе въ городахъ соединено съ среднею потерею до 10,5 лѣтъ жизни у каждаго городского жителя.

Такого рода свѣдѣнія доставляетъ статистика и другихъ странъ.

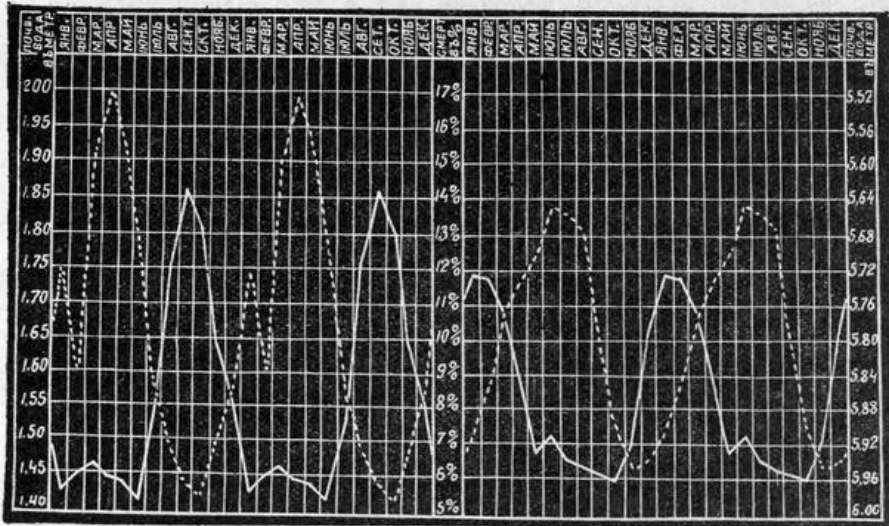
Зависимость смертности и колебания грунтовых водъ.

Berlin 1878—85.

München 1856—83.

— почвенная вода въ метрахъ

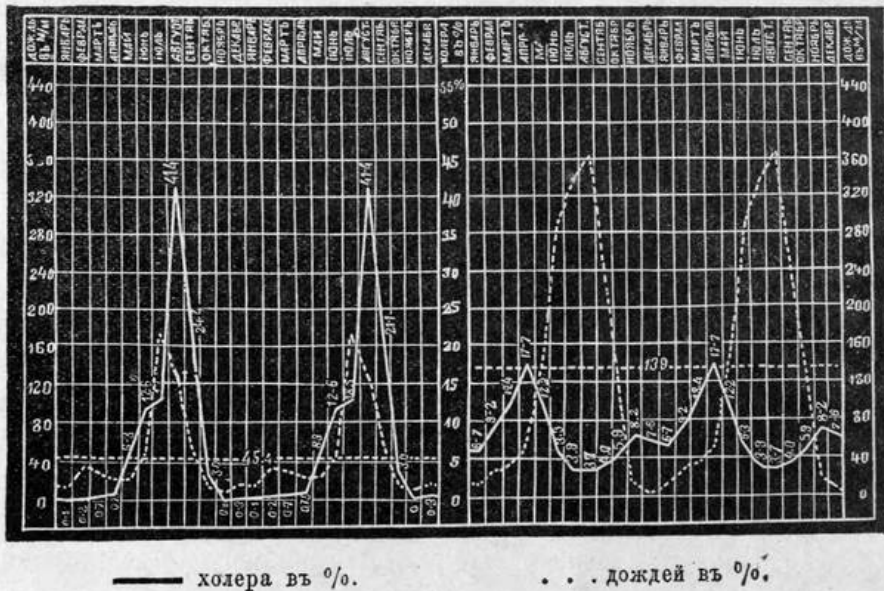
— смертность отъ брюшн. тифа въ %.



Черт. 1 и 2.—Графическое изображеніе средней смертности отъ брюшнаго тифа по мѣсяцамъ за періодъ въ восемь лѣтъ для Берлина (1878—1885) и двадцать восемь лѣтъ (1856—1883) для Мюнхена и среднихъ колебаній горизонта грунтовыхъ водъ за тѣ же періоды. Смертность отъ тифа по мѣсяцамъ выражена въ ‰ отъ общей годовой, а колебанія грунтовыхъ водъ въ метрахъ надъ условнымъ горизонтомъ. (Ньерре, рус. изд. стр. 73).

Лагоръ (Холера 42 г. Дожди 32 г.)

Калькутта (Холера 38 г. Дожди 20 г.)



— холера въ ‰.

. . . дождей въ ‰.

Черт. 3 и 4.—Графическое изображеніе средней смертности отъ холеры по мѣсяцамъ въ Лагоръ и Калькутту и среднихъ количествъ выпадающаго дождя. Въ виду правильности вывода дождя въ тропическихъ странахъ они въ значительной степени являются мѣриломъ влажности почвы, подобно колебаніямъ горизонта грунтовыхъ водъ. (Ньерре, русск. изд. стр. 164).

Исслѣдованія, напримѣръ, для деревень и городовъ Бельгіи или статистика Франціи даютъ подтвержденіе тѣхъ же выводовъ, т. е. что мѣстности наиболѣе населенныя подвергаются наибольшей смертности.

	Умерло на 1.000 ж.	
	Въ городѣ.	Въ дерев.
Англія (1850—59 гг.)	26,7	18,4
Франція (1853—54 гг.)	31,7	23,6
Швеція (1851—55 гг.)	34,5	21,3
Пруссія (1849 г.)	35,7	29,0

Ближайшее изученіе причины этой разницы въ смертности показываетъ, что смертность городская главнымъ образомъ обусловливается такого рода заразными болѣзнями, какъ тифы, или такого рода истощающими организмъ болѣзнями, какъ чахотка, т. е. болѣзнями, зависящими главнымъ образомъ отъ скученности населенія, нечистоты воздуха и отъ загрязненія почвы, на которой населеніе живетъ. Послѣ этого становится совершенно понятнымъ необходимость борьбы человѣка съ тѣмъ вліяніемъ, какое имѣетъ скученность населенія въ городахъ на увеличеніе заболѣваній и смертность.

Такимъ образомъ, однимъ изъ условій благополучнаго существованія большихъ городовъ является вообще нѣкотораго рода *искусственная жизнь*. Безъ нея было бы невозможно наблюдаемое повсюду развитіе громадныхъ столицъ, быстрый ростъ которыхъ требуетъ постоянно рѣшенія все болѣе и болѣе трудныхъ техническихъ задачъ по ихъ оздоровленію.

§ 2. Загрязненіе воздуха, почвы, подземныхъ водъ и рѣкъ.

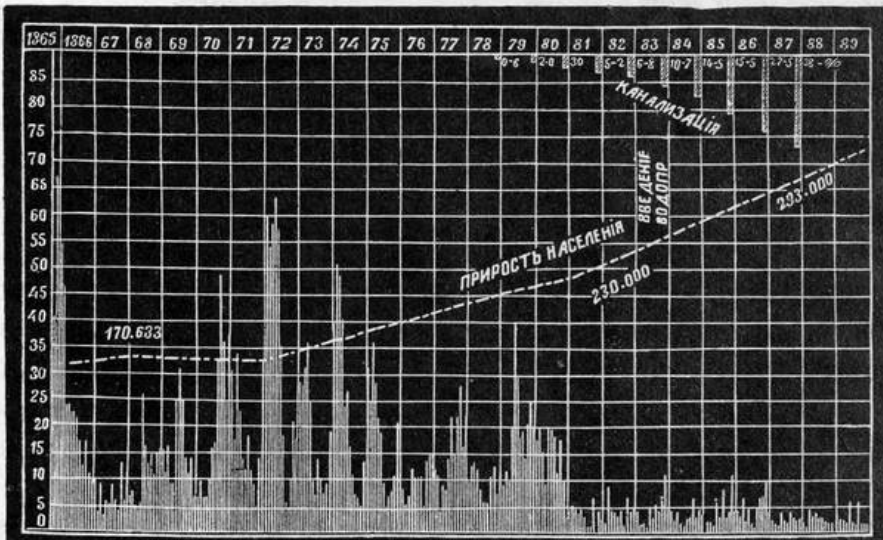
Дыханіе большого числа людей, собранныхъ въ ограниченномъ пространствѣ, обусловливаетъ различныя вредныя для здоровья измѣненія въ составѣ воздуха: количество кислорода уменьшается, а количество водяныхъ паровъ и углекислоты увеличивается. Кромѣ того въ воздухѣ накаплиются органическія частицы, способствующія порчѣ воздуха и распространенію различныхъ болѣзней. Воздухъ—это необходимое вещество для жизни, легко теряетъ тѣ свои свойства, которыя обусловливаютъ поддержаніе жизни, и становится, наоборотъ настоящимъ ядомъ. Къ этой первой причинѣ порчи воздуха (дыханіе) присоединяются еще въ городахъ многія другія:

Вліяніе санитарныхъ улучшеній на уменьшеніе смертности.

Оздоровленіе городовъ Мюнхена, Вѣны, Данцига и Франкфурта на Майнѣ.



Черт. 5—8.—Графикъ, показывающій паденіе годовой смертности (на 100.000 жителей) отъ тифа въ Мюнхенѣ, Вѣнѣ, Данцигѣ и Франкфуртѣ на Майнѣ послѣ устройства водоснабженія и канализаціи. (Ньерре, Handb. der Hygiene, русск. изд. стр. 113).



Черт. 9.—Графикъ, показывающій паденіе мѣсячной смертности отъ тифа въ Мюнхенѣ послѣ устройства водоснабженія и канализаціи. (Ньерре, Handb. der Hygiene, русск. изд. стр. 114).

сжиганіе твердыхъ и газообразныхъ матеріаловъ въ печахъ и топкахъ, въ лампахъ, фонаряхъ и пр., разложеніе животныхъ и растительныхъ остатковъ на дворахъ, огородахъ, на рынкахъ и водосточныхъ канавахъ, испаренія выгребныхъ ямъ, больницъ, фабрикъ и заводовъ.

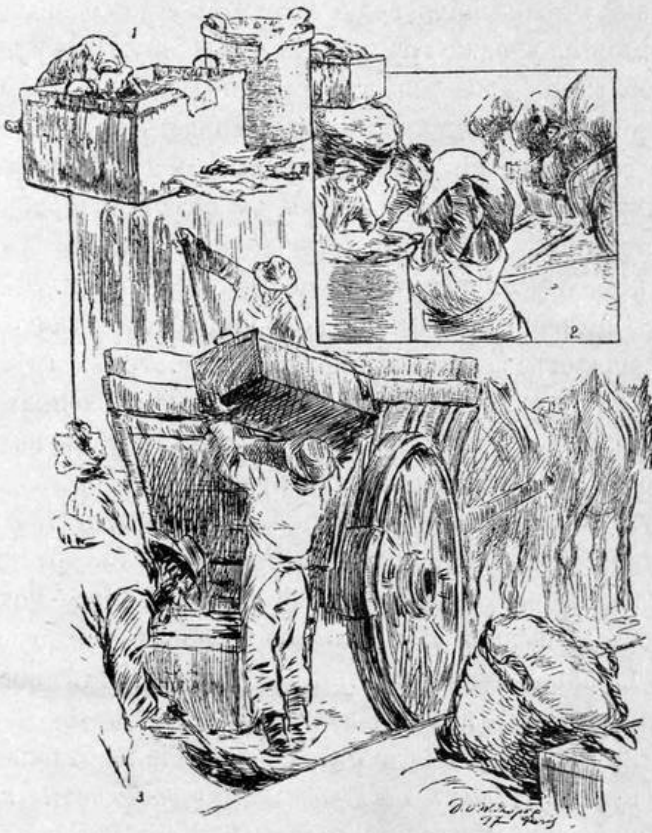
На ряду съ загрязненіемъ воздуха при скученномъ населеніи происходитъ загрязненіе почвы, подземныхъ водъ и рѣкъ.

Если не принимать особыхъ мѣръ для очистки городскихъ улицъ, то органическія вещества и разнаго рода нечистоты скоро образуютъ на нихъ толстые все болѣе и болѣе нарастающіе слои грязи. Явленіе это слишкомъ знакомо всѣмъ видѣвшимъ наши города, чтобы о немъ нужно было распространяться. Уличная грязь проникаетъ и въ верхніе слои почвы, которые кромѣ того постепенно загрязняются еще стекающими въ открытыхъ лоткахъ или по подземнымъ трубамъ грязными водами, содержимымъ выгребныхъ ямъ съ проницаемыми стѣнками, продуктами гніенія человѣческихъ труповъ на кладбищахъ и пр. Во всѣхъ современныхъ городахъ и даже въ тѣхъ изъ нихъ, гдѣ принимаются всевозможныя мѣры для устраненія причинъ, дѣйствующихъ вредно на здоровье, существуютъ въ большей или меньшей степени подобныя печальныя условія. Среди нихъ слѣдуетъ, въ настоящее время, помѣстить и освѣщеніе газомъ, который улетучивается черезъ неизбѣжныя течи въ разныхъ частяхъ громадной сѣти трубъ, проникаетъ въ окружающую почву, пропитываетъ ее углеродистыми соединеніями и сообщаетъ ей черный цвѣтъ и характерный запахъ. Почва при такихъ условіяхъ теряетъ способность питать растенія, санитарное значеніе коихъ такъ велико (см. § 4). Кромѣ того тутъ является опасность взрывовъ, которые могутъ произойти отъ утечки газа и скопленія гремучей смѣси въ водосточныхъ каналахъ, подвалахъ домовъ, и пр.

Подземныя (грунтовая) воды, находясь на небольшой глубинѣ, подвергаются тѣмъ же причинамъ загрязненія, какъ и почва, и обыкновенно еще болѣе способствуютъ вредному дѣйствию этого загрязненія. Съ одной стороны грунтовая вода часто используются для разныхъ цѣлей въ домашнемъ хозяйствѣ, а часто даже для питья, и такимъ образомъ, будучи загрязнены, непосредственно вліяютъ на здоровье; съ другой стороны—уровень этихъ водъ подверженъ періодическимъ измѣненіямъ, такъ что иногда обнажаются слои почвы, которые

Удаление твердыхъ отбросовъ.

Система вывоза въ обыкновенныхъ повозкахъ.



Черт. 10, 11 и 12.

Удаление домашняго мусора:

- 1) Первый сортировщикъ.—2) Тряпичники.—3) Опорожнваніе домовыхъ ящиковъ въ сборную телѣгу.

большою частью находятся подъ водою, иногда же наоборотъ, воды затопляютъ такіе слои, которые обыкновенно остаются сухими; такія перемѣны въ нѣкоторыхъ случаяхъ существеннымъ образомъ измѣняютъ установившееся постепенно состояніе этихъ слоевъ, вызывая выдѣленіе вредныхъ для здоровья испареній, и даже иногда служа прямою причиною появленія эпидемическихъ болѣзней. Въ Индіи давно замѣчено, что возникновеніе холеры всегда совпадаетъ съ періодомъ пониженія уровня грунтовыхъ водъ (черт. 1—4).

Почвенная вода движется въ землѣ по различнымъ направленимъ поръ дѣйствиємъ силы тяжести. Скорость ея движенія замедляется отъ сопротивленія частицъ почвы, и абсолютная скорость въ различныхъ сортахъ почвы, смотря по величинѣ и расположенію зеренъ и зависящихъ отъ этого поръ и капилляровъ, чрезвычайно различна и колеблется, на примѣръ между 0,1—1,5 м. въ часъ.

Движеніе почвенной воды по непроницаемому слою зависитъ, кромѣ того, еще отъ формы послѣдняго, т. е. тамъ, гдѣ непроницаемый слой имѣетъ поверхностный уклонъ, и почвенная вода течетъ по уклону; тамъ, гдѣ слой образуетъ ложбину, почвенная вода даетъ скопленія въ видѣ подземныхъ прудовъ или озеръ.

Существующая въ какомъ-нибудь мѣстѣ почвенная вода образуется такимъ образомъ изъ воды, притекающей съ другихъ мѣстъ, и изъ выпадающаго въ данномъ мѣстѣ дождя. Только когда посторонній притокъ почвенной воды по возможности исключенъ, количество почвенной воды можетъ стоять въ нѣкоторомъ постоянномъ отношеніи къ мѣстному выпадающему дождю.

Для гигиены почвенная вода имѣетъ значеніе по отношенію къ ея вліянію на сырость жилыхъ *построекъ* и по отношенію къ ея вліянію на *развитіе эпидемическихъ болѣзней*. Если горизонтъ почвенной воды продолжительное время держится очень высоко, то приходится для обезпеченія сухости жилыхъ построекъ сухой слой земли увеличить насыпями или же понизить поверхность почвенной воды путемъ дренажа почвы. Замѣтимъ, что находящіяся въ водѣ части строеній страдаютъ при нѣкоторыхъ видахъ строительныхъ матеріаловъ не тамъ, гдѣ онѣ долго находятся подъ водою, но тамъ, гдѣ сырость и сухость чередуются между собою. Такимъ образомъ колебанія почвенной воды имѣютъ большое значеніе при заложении основаній построекъ, въ спеціально строительномъ отношеніи.

Удаленіе твердыхъ отбросовъ.

Система смѣнныхъ ящиковъ.

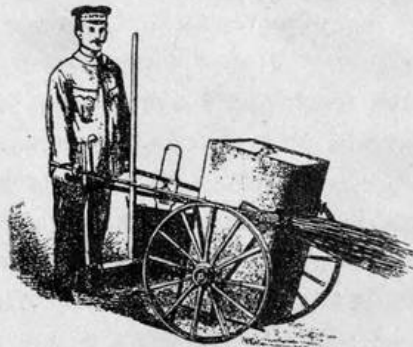


Черт. 13.—Экипажъ для перевозки ящиковъ.

Черт. 14. — Ящики для домашняго мусора; на одномъ видна воронка, предохраняющая отъ разлетанія пыли.



Черт. 15.—Ящикъ для уличнаго мусора.



Отношеніе почвенной воды къ эпидеміямъ извѣстно подъ общимъ именемъ теоріи почвенной воды Петтенкофера. Если почвенная вода поднимается, то обыкновенно наблюдается уменьшеніе числа заболѣваній и случаевъ смерти отъ брюшного тифа и холеры. Если же горизонтъ почвенной воды падаетъ, то наоборотъ наступаетъ повышеніе этихъ болѣзней. Такимъ образомъ и здѣсь имѣетъ значеніе не абсолютное стояніе почвенной воды, но повышеніе и паденіе ея горизонта. (Нурре. Гигіена. Рус. изд. стр. 71).

Гипотеза Петтенкофера, многократно измѣнявшаяся, приняла такую формулу: для происхожденія какой-нибудь инфекціонной болѣзни требуется три неизвѣстныя величины— X , Y , Z . Если X есть личное предрасположеніе къ болѣзни, а Y представляетъ гипотетическаго возбудителя болѣзни, то совокупности X и Y еще недостаточно для происхожденія названныхъ болѣзней. Къ нимъ должна присоединиться еще третья величина Z , которая исходитъ изъ мѣстности, изъ почвы. Петтенкоферъ представлялъ себѣ, что болѣзнетворный микроорганизмъ покидаетъ больного въ состояніи, неспособномъ къ инфицированію; только когда онъ продѣлываетъ процессъ своего развитія въ почвѣ, онъ становится способнымъ къ новому зараженію. Петтенкоферъ называетъ это мѣстнымъ расположеніемъ, а зародышей подобнаго рода—эктогенными. Почва, не имѣющая этой способности, является иммунною. Связь между мѣстнымъ расположеніемъ и почвенною водою представляется по Петтенкоферу, въ томъ, что своимъ подъемомъ и паденіемъ она измѣняетъ влажность верхнихъ загрязненныхъ слоевъ почвы; а это обстоятельство можетъ имѣть то благоприятное, то неблагоприятное вліяніе въ томъ смыслѣ, что возбудители инфекціи могутъ въ этихъ слояхъ то развиваться, то нѣтъ.

Иную гипотезу предположилъ Негели. По этому автору Петтенкоферовскій Y есть уже самъ по себѣ способный къ зараженію зародышъ; однако онъ не можетъ дѣйствовать, если въ почвѣ нѣтъ втораго зародыша другаго рода (вмѣсто Петтенкоферовскаго Z). Только когда организмъ въ данной мѣстности подготовленъ этимъ почвеннымъ микроорганизмомъ Z , можетъ зародышъ Y проявить свое дѣйствіе. Почва, заключающая зародышъ Z , есть болѣзнетворная, неимѣющая его—здоровая.

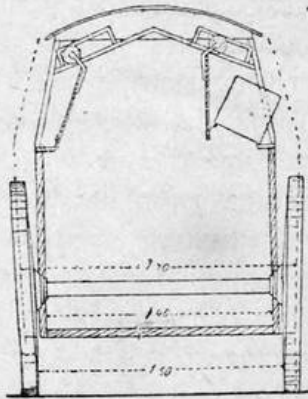
Третья теорія высказана была впервые Фодоромъ и Гюппе и

Удаленіе твердыхъ отбросовъ.

Ассенизація городовъ Берлина и Кельна.



Черт. 16.—Общій видъ мусороотвозной повозки системы «Salubrita».



Черт. 17.—Схематическій разрѣзъ мусороотвозной повозки системы «Salubrita».

Окна устроены такъ, что могутъ оставаться въ открытомъ состояннн непрерывно для работы лопатой (черт. 16) или же автоматически закрываться при выгрузкѣ ящиковъ, какъ только ящикъ опорожненъ (черт. 17).

принята Кенингамомъ и Флюгге; эта теорія находится повидимому въ большомъ согласіи съ тѣмъ, что мы фактически знаемъ о возбудителяхъ инфекціи. Для происхожденія инфекціи требуется, по мнѣнію указанныхъ авторитетовъ, предрасположеніе къ болѣзни, вирулентность возбудителя инфекціи и надлежащая возможность передачи. Такимъ образомъ сущность зависимости отъ мѣстности заключается въ общемъ въліяніи ея на личное предрасположеніе къ болѣзни. Это въліяніе можетъ происходить различнымъ образомъ отъ физическихъ агентовъ, отъ способа питанія, отъ присутствія микроорганизмовъ въ почвѣ.

Такъ какъ въ зависимости отъ выпаденія осадковъ, наблюдаются попеременно періоды сухости и влажности, то и по отношенію къ стоянію почвенной воды бываютъ воды съ высокимъ и годы съ низкимъ стояніемъ ея. Обусловливаемое этимъ въліяніе влажности почвы дѣлаетъ понятнымъ, почему даже чисто мѣстныя эпидеміи, какъ перемежающаяся лихорадка, распространяются время отъ времени пандемически.

Наконецъ, рѣки, пересѣкающія города или даже протекающія вблизи нихъ, получаютъ также значительное количество органическихъ остатковъ въ видѣ городскихъ отбросовъ разнаго рода. Въмѣстѣ съ дождевою водою, стекающею непосредственно по поверхности улицъ, черезъ устья изливающихся въ рѣку водосточныхъ каналовъ, а также съ питающими ее подземными водами, въ рѣку непрерывно попадаютъ элементы загрязненія, составъ которыхъ тѣмъ опаснѣе въ отношеніи въліянія на здоровье обывателей, чѣмъ гуще городъ населенъ и чѣмъ больше въ немъ развита промышленность. По мѣрѣ прибавленія этихъ вредныхъ примѣсей, рѣчная вода постепенно теряетъ свои естественныя качества, такъ что въ нѣкоторыхъ частяхъ рѣки, гдѣ количество вредныхъ веществъ становится особенно значительнымъ, вымираетъ вся рыба.

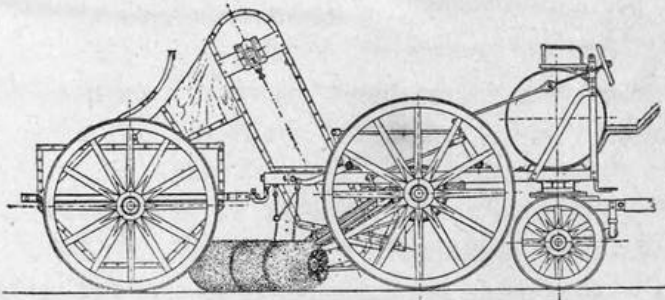
Вездѣ, гдѣ скопляются органическіе отбросы: и въ воздухѣ, и въ почвѣ и въ подземныхъ и въ текучихъ водахъ, происходитъ разложеніе этихъ отбросовъ и микроскопъ обнаруживаетъ присутствие безконечно мелкихъ организмовъ, которые, согласно новѣйшимъ научнымъ открытіямъ, играютъ громадную роль въ природѣ и имѣютъ весьма глубокое въліяніе на условія общественной и индивидуальной жизни. Нѣкоторые изъ этихъ организмовъ живутъ и дышутъ подобно

Удаление твердых отходов.

Ассенизация городов Кельна и Эльберфельда.



Черт. 18.—Перспективный вид. Снарядъ для метенія улицъ, поливки ихъ и собиранія пыли системы «Salus».



Черт. 19.—Схема снаряда для метенія улицъ и проч. системы «Salus».

растеніямъ; другіе, напротивъ приближаются къ животному царству, поглощаютъ изъ воздуха кислородъ и выдѣляютъ углекислоту, и находятся на рубежѣ между растеніями и животными.

Тѣ и другіе носятъ общее названіе *микробовъ* и размножаются или посредствомъ дѣленія (*раздвоеніе*), или же образованіемъ *споръ* или жизнеспособныхъ *зародышей*, которые могутъ быть переносимы на дальнія разстоянія, сохраняя почти безконечную способность къ развитію при встрѣчѣ благоприятной для этого среды.

Многіе изъ этихъ микроскопическихъ организмовъ безвредны, и мы ихъ безнаказанно поглощаемъ постоянно вмѣстѣ съ воздухомъ, которымъ мы дышемъ, съ водою, которую пьемъ, а также въ самой нашей пищѣ. Но нѣкоторые изъ нихъ обладаютъ, повидимому, способностью вызывать опредѣленныя болѣзни, такъ называемыя *инфекціонныя*.

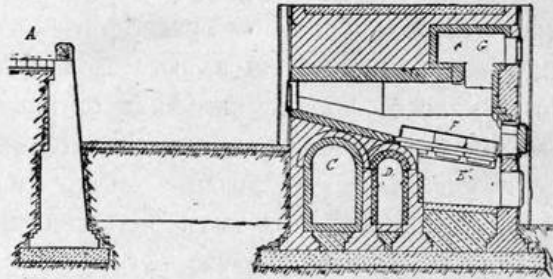
Отличаясь способностью размноженія въ громадномъ числѣ, микробы въ то же время замѣчательны и просторомъ условій для своего существованія. Встрѣчаются виды микроорганизмовъ, растущихъ при 0°, а другіе растутъ при 50°; нѣкоторые виды разрастаются всего роскошнѣе при щелочной реакціи питающей ихъ почвы, другіе же—при кислой. Выборъ питательныхъ веществъ для нихъ вообще менѣе ограниченъ, чѣмъ для животныхъ и высихъ растеній. Въ то время, какъ животныя должны воспринимать сложныя органическія вещества и разрушать ихъ въ своемъ тѣлѣ, а хлорофилловыя растенія нуждаются въ сравнительно простыхъ органическихъ соединеніяхъ (амміакѣ, углекислотѣ и водѣ), микроорганизмы могутъ питаться, какъ простыми соединеніями (за исключеніемъ углекислоты), такъ и сложными питательными веществами. Вообще они предпочитаютъ послѣднія, и нѣкоторые виды могутъ жить *только* организованными питательными веществами, существующими въ животныхъ. (Флюгге, Основы Гигіены. Рус. пер. 1893. Спб.).

Микроорганизмы имѣютъ въ природѣ важное значеніе, потому что ими разрушаются громадныя массы умирающихъ растительныхъ и животныхъ веществъ и обращаются заключающіеся въ нихъ матеріалы въ тѣ простыя соединенія, изъ которыхъ слагаются растенія съ хлорофилломъ.

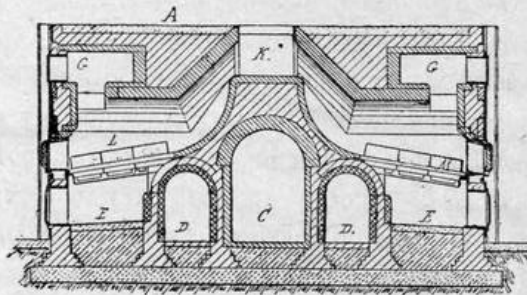
Для гигиены микроорганизмы особенно важны тѣмъ, что во-

Удаление твердых отходов.

Печи для сжигания мусора системы Horsfall.



Черт. 20.—Разрѣзъ одиночной печи.



Черт. 21.—Разрѣзъ двойной печи.

Объясненіе: *A*—поль, *C*, *D* и *G*—воздухопроводы, *E*—зольники, *F*—колосники, *L* и *M*—боковыя воздухопускныя устья, *K*—отверстіе для приѣма мусора.

(The Horsfall Destructors, Report by the R. H. Lord Kelvin, 1898).

первыхъ, они возбуждаютъ *броженіе и гніеніе*, т. е. въ состояніи въ самое короткое время разложить значительное количество органическаго матеріала, при развитіи газовъ. Такое броженіе для насъ въ извѣстныхъ случаяхъ полезно, потому что содѣйствуетъ приготовленію нѣкоторыхъ питательныхъ матеріаловъ (хлѣба, сыра, кефира, пива, вина), въ другихъ же случаяхъ оно вредно, дѣлая многія пищевыя вещества негодными для употребленія, и въ особенности вырабатывая въ гніющихъ смѣсяхъ ядовитыя вещества, такъ называемыя птомаины, и вонючіе газы, которые могутъ вредить здоровью.

Многіе микроорганизмы способны распырить кругъ своего существованія еще болѣе, именно они въ состояніи существовать *чужеядно* или *паразитно* въ живыхъ высшихъ организмахъ, преимущественно въ животныхъ, рѣже въ растеніяхъ. Нерѣдко они причиняютъ болѣзнь и смерть своего хозяина. Такіе микроорганизмы составляютъ причину многихъ заразныхъ болѣзней у людей; сибирская язва, сапъ, брюшной тифъ, холера, бугорчатка, различныя заразные ранныя болѣзни и др. возбуждаются микроорганизмами.

Что микроорганизмы дѣйствительно, съ одной стороны, причиняютъ броженіе и гніеніе, а съ другой—паразитныя болѣзни, въ новѣйшее время доказано, по мнѣнію большинства специалистовъ, вполне опредѣлительно. Однако, еще существуютъ изслѣдователи, которые до сихъ поръ сомнѣваются въ значеніи, приписываемомъ микроорганизмамъ. Одни полагаютъ, что заселенію микроорганизмами и развитію ихъ дѣятельности въ мертвомъ или живомъ веществѣ должно всегда предшествовать химическое измѣненіе, которое они считаютъ главнымъ дѣломъ, появленію же микроорганизмовъ приписываютъ второстепенное значеніе. Другіе предполагаютъ самопроизвольное зарожденіе или возможность образованія микроорганизмовъ изъ умирающей или болѣзненно измѣненной и распавшейся растительной или животной клѣтки такъ, что вовсе не нужно вторженія ихъ извнѣ, для обильнаго развитія въ мертвомъ веществѣ гнилостныхъ организмовъ, или въ живомъ тѣлѣ паразитовъ (теорія микрозиматіи Вéchamp'a, гетерогенезъ Fokker'a и анаморфозъ Wigand'a).

При нынѣшнихъ нашихъ знаніяхъ такія воззрѣнія по мнѣнію большинства специалистовъ принять рѣшительно невозможно, такъ какъ они опровергаются рядомъ самыхъ тщательныхъ изысканій и прямыхъ опытовъ.

01 888K
БИБЛИОТЕКА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Современное состояніе науки не даетъ еще возможности утверждать, что всякая болѣзнь имѣетъ своего микроба; но многочисленныя факты, уже давно извѣстные и нашедшіе объясненіе въ этой новой гипотезѣ, дѣлають ее болѣе чѣмъ вѣроятною, если не для всѣхъ заразительныхъ болѣзней, то по крайней мѣрѣ для большинства изъ нихъ.

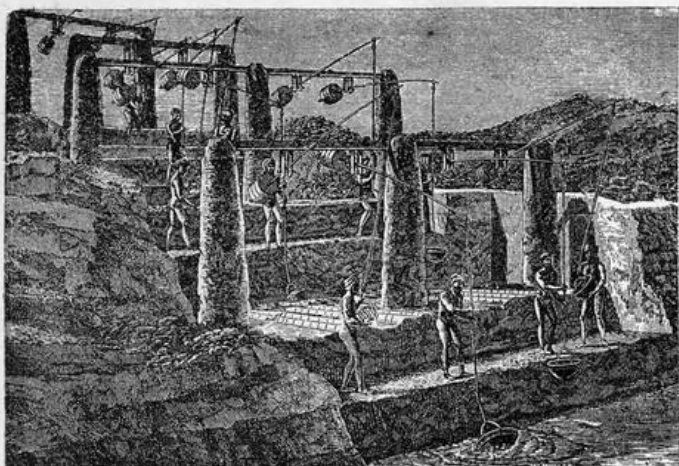
Одинъ какой-нибудь зародышъ, попадая въ условія, благопріятныя для его развитія, немедленно даетъ начало тысячамъ подобныхъ же зародышей, и единственный случай заболѣванія можетъ, такимъ образомъ, сдѣлаться въ весьма короткое время исходною точкою многочисленнаго ряда такихъ же заболѣваній, началомъ настоящей *эпидеміи*. Эти микроскопическіе зародыши носятся въ воздухѣ и обыкновенная пыль всегда содержитъ ихъ въ громадномъ количествѣ.

Микроорганизмы наполняютъ щели половъ, поры дерева и стѣнъ въ домахъ тѣмъ въ большихъ количествахъ, чѣмъ грязнѣе дома содержатся. Грязно содержимые дома, въ которыхъ дали развиваться болѣзнетворнымъ началамъ, съ теченіемъ времени такъ заражаются ими, что оздоровленіе ихъ путемъ дезинфекціи становится невозможнымъ. Такіе дома нужно уничтожать, но и при этомъ необходимо рядъ предосторожностей, чтобы вѣтеръ не разнесъ заразные начала и особенно, чтобы они не проникли въ дома сосѣдей съ щепками и др. матеріалами, которыя такъ быстро подбираются бѣдняками на всякой постройкѣ (*Discussion on Sanitary Disposal of Refuse. Transactions Am. S. C. Eng. Vol. L, p. 139.*)

Если воздухъ и не представляетъ благопріятной среды для развитія микробовъ, онъ во всякомъ случаѣ играетъ для нихъ роль проводника, и вѣтеръ разноситъ ихъ на дальнія разстоянія по всѣмъ направленіямъ. Воздухъ нашихъ жилищъ и улицъ наполняется микробами, которыя, черезъ дыханіе, могутъ осаждаться въ нашихъ легкихъ или проглатываться съ пищею и, такимъ образомъ, проникать во внутрь организма.

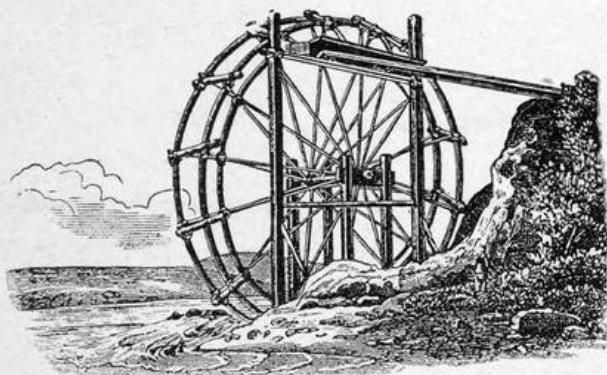
Текучая вода также содержитъ и несетъ съ собою зародыши и микробовъ; нѣтъ, притомъ, сомнѣнія, что она часто представляетъ благопріятныя условія для ихъ развитія и распространенія и что они въ ней *размножаются*. Многочисленныя наблюденія приводятъ къ убѣжденію, что вода можетъ вызвать и передать заболѣваніе *зобомъ, дизентеріею, болотною лихорадкою и пр.* Вода загряз-

Водоподъемная устройства древних египтянъ и китайцевъ.



Черт. 22. — Водоподъемный снарядъ «Шадуфъ» древнихъ египтянъ, основанный на законѣ рычага.

(Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre).



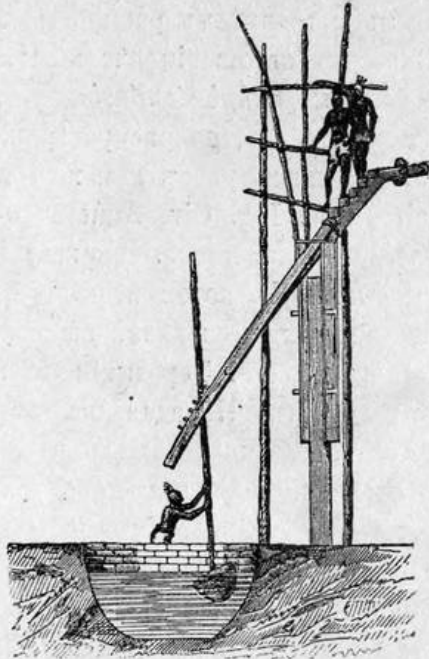
Черт. 23. — Водоподъемное колесо древнихъ китайцевъ, употребляемое со времени глубокой древности и повывъ въ Китаѣ. Колесо построено изъ бамбука. Въ движеніе приводится теченіемъ рѣки. Черпаки — бамбуковыя трубки, прикрѣпленныя къ ободьямъ разныхъ діаметровъ такъ, что, наполнившись водой при проходѣ черезъ рѣчной потокъ и поднявшись на нѣкоторую высоту, трубки затѣмъ опоражниваются въ особый желобъ.

(Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre).

Водоподъемные устройства древних индусовъ.

Черт. 24.—Водоподъемный снарядъ **Picota** или **Kurila**, употребляемый со временемъ глубокой древности и понынѣ въ Индіи и основанный на законѣ рычага.

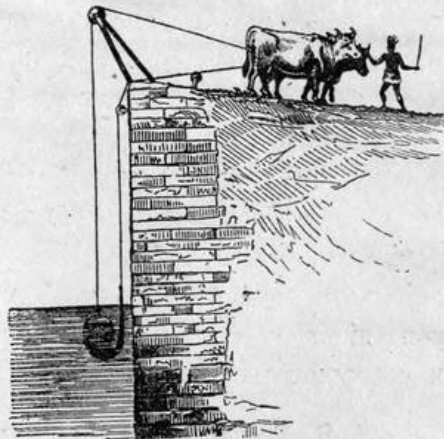
(Reuleaux. Ueber das Wasser in seiner Bedeutung für die Völkerwohlfahrt).



Черт. 25.—Водоподъемный снарядъ, употребляемый со времени глубокой древности и понынѣ въ Индіи и основанный на законѣ блока.

(Reuleaux, loc. cit.).

(см. Merckel—Die Ingenieurtechnik im Altershum. Berlin: 1899).



ненная изверженіями городовъ, содержимымъ водостоковъ, отбросами промышленности и другими подобными веществами, въ этомъ отношеніи особенно подозрительна.

Почва, загрязненная отбросами, также можетъ быть непосредственнымъ источникомъ распространенія весьма серіозныхъ страданій. Въ этомъ отношеніи очень выдающійся примѣръ представляетъ собой болѣзнь *ankylostomiasis*, давно существовавшая въ тропикахъ, а теперь быстро распространяющаяся среди рудничныхъ рабочихъ, работающихъ въ каменноугольныхъ копяхъ Западной Европы (Memoires Soc. Ing. Civ. Août 1903, p. 195), въ Бельгіи, Австріи, Вестфалии и Корнваллисѣ. Она вызывается кишечнымъ червемъ *ankylostoma duodenale*, который, размножаясь съ огромной быстротой въ тонкихъ кишкахъ человѣка, вызываетъ сильную анемію, могущую привести къ смерти. Зародыши этого червя массами встрѣчаются въ изверженіяхъ. Попадая на кожу человѣка, они проникаютъ внутрь тѣла, гдѣ могутъ жить нѣсколько лѣтъ въ томъ же состояніи зародышей, пока не попадутъ въ тонкія кишки; тамъ они обращаются въ червей. Туда же они могутъ попадать и непосредственно чрезъ пищеводъ. Въ Европѣ эта болѣзнь появилась недавно, занесенная какими нибудь рабочими изъ тропическихъ мѣстностей, гдѣ она не имѣетъ профессиональнаго характера. У насъ же она получила этотъ характеръ, благодаря тѣмъ антисанитарнымъ условіямъ, въ которыхъ находятся рудничныя галлерей. Изверженія находятся здѣсь вездѣ непосредственно на землѣ въ тѣсныхъ теплыхъ плохо вентилируемыхъ пространствахъ, гдѣ соприкосновеніе съ ними рабочихъ неизбежно. И грозныя послѣдствія на лицо: массовыя заболѣванія населенія.

Приведенныя соображенія дѣлаютъ очевидной опасность, которой постоянно подвержена жизнь обитателей мѣстностей съ скученнымъ населеніемъ и особенно большихъ городовъ; нельзя не проникнуться сознаниемъ громадной важности тѣхъ задачъ, которыя имѣютъ цѣлью оздоровленіе городовъ, и благотворныхъ послѣдствій, отъ изученія и совершенствованія способовъ рѣшенія этихъ задачъ.

§ 3. Санитарныя или оздоровительныя мѣры.

Вынужденные испытывать на себѣ тяжелыя послѣдствія загрязненія воздуха, почвы и воды, обитатели городовъ во всѣ времена

чувствовали необходимость бороться съ этими причинами, угрожающими ихъ здоровью, принимая рядъ мѣръ, единственною цѣлью которыхъ было возмѣстить искусственно тѣ преимущества, которыхъ не можетъ дать имъ природа. Они придумали и осуществили много приѣмовъ уничтоженія опасныхъ послѣдствій для здоровья людей отъ жизни скученными большими массами въ одномъ мѣстѣ.

Совокупность этихъ приѣмовъ обнимаетъ то, что можно было бы назвать *санитаріей городовъ*, а наука имѣющая предметомъ изученіе законовъ оздоровленія, изслѣдованіе и постоянныя усовершенствованія средствъ для примѣненія этихъ законовъ, получила названіе *гиіены*.

Подъ словомъ гиіена въ разговорномъ языкѣ разумѣютъ обыкновенно не только науку о сохраненіи и увеличеніи человѣческаго здоровья, но и искусство, съ помощью котораго достигается эта цѣль, т. е. санитарію. Въ умахъ специалистовъ уже давно понятіе гиіены, какъ систематизированнаго знанія строго отдѣляется отъ приложенія этого знанія къ охраненію индивидуальнаго и общественнаго здоровья. Такъ, (проф. Хлопинъ: Гиіена и Санитарія съ исторической точки зрѣнія. Спб. 1897), Фр. Эстерленъ въ своемъ руководствѣ къ частной и общественной гиіенѣ, вышедшемъ въ началѣ 50 годовъ нашего столѣтія, определенно говоритъ, что «гиіена, какъ наука, изучаетъ внѣшнія и внутреннія условія, вліяющія на человѣческое здоровье, а гиіена, какъ искусство указываетъ средства и пути, съ помощью которыхъ можно поддержать и улучшить здоровье отдѣльнаго лица и цѣлаго общества».

Можно было бы ожидать, что санитарія, какъ примѣненіе истинъ, добытыхъ научной гиіеной, должна была явиться по времени позже, чѣмъ сама наука. Историческое изученіе предмета показываетъ, что гиіена, какъ искусство охранять частную и общественную жизнь, родилась далеко раньше научной гиіены; гиіеническая практика на много много вѣковъ предшествовала теоріи. Въ этомъ отношеніи гиіена раздѣляла участь почти всѣхъ другихъ естественныхъ наукъ.

Санитарное искусство или приложенія гиіены къ практическимъ потребностямъ человѣчества обнимаютъ собой нѣсколько обширныхъ группъ знанія, среди которыхъ выдающее значеніе принадлежитъ *санитарной гидротехникѣ*. Эта отрасль строительнаго

искусства учить способамъ проведенія водъ и ея удаленія въ цѣляхъ общественнаго здоровья. «Водоснабженія и водостоки» являются однимъ изъ важнѣйшихъ отдѣловъ санитарной гидротехники, обнимающимъ собой снабженіе водой городовъ и вообще густо населенныхъ мѣстъ и освобожденіе такихъ мѣстъ отъ грязныхъ отработавшихъ водъ.

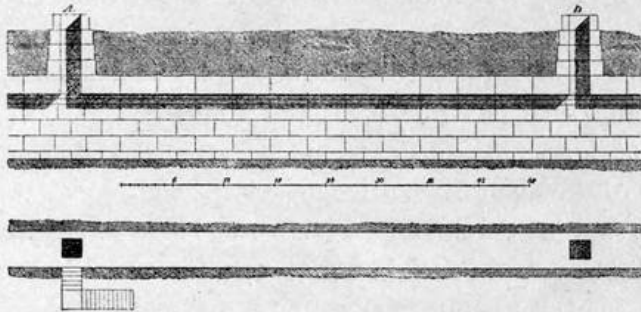
Дѣятельность городского санитарнаго инженера можетъ быть лишь тогда вполне благотворна, если она идетъ рука объ руку съ дѣятельностью врача-гигиениста подѣ общимъ правильнымъ руководствомъ хорошаго городского администратора. Необходимо полное взаимное пониманіе другъ друга этими тремя категоріями дѣятелей, призванныхъ совмѣстно разрѣшать одну общую и недѣлимую задачу оздоровленія города. Надо замѣтить, что узкое специальное образованіе получаемое представителями упомянутыхъ профессій, нерѣдко затрудняетъ для нихъ усвоеніе точекъ зрѣнія другъ друга. Большую помощь въ этомъ отношеніи оказываютъ всякаго рода сѣзды, гдѣ собираются для совмѣстнаго обсужденія санитарныхъ вопросовъ городскіе администраторы, инженеры и врачи. Въ числѣ такихъ сѣздовъ особенно замѣчательны по интенсивности работы и полнотѣ трудовъ ими издаваемыхъ заграницей — международные конгрессы по гигиенѣ и демографіи (Congrès internationaux d'hygiène et de démographie), собранія «Deutscher Verein für die öffentliche Gesundheitspflege» Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux, American Waterworks Association и др., а у насъ въ Россіи Водопроводные и Санитарно-Техническіе Сѣзды, о которыхъ будетъ болѣе подробно сказано далѣе.

Гигіена и санитарія не новы, и древніе въ этомъ направленіи, какъ мы увидимъ далѣе, достигли въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ такого совершенства, до котораго намъ еще очень далеко, но только въ послѣднее время гигиена и санитарія опять пріобрѣли почетъ и лишь съ недавнихъ поръ снова заняли подобающее мѣсто среди другихъ стремленій человѣчества. Теперь нѣтъ ни одной цивилизованной страны, гдѣ не посвящали бы много усилій и денежныхъ средствъ улучшенію условій городской жизни, примѣненію и распространенію санитарныхъ или оздоровительныхъ мѣръ.

Дѣло идетъ, это уже благоразумно сознали, о сохраненіи человѣческой жизни. Для защиты ея никакія жертвы не могутъ считаться чрезмѣрными. И такъ, какъ обитатели городовъ всѣ вмѣстѣ подвер-

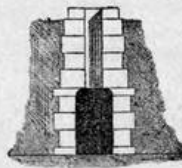
Водопроводы древнихъ сирійцевъ.

Водоснабженіе города Пальмиры.



Черт. 26 и 27.

Черт. 26 и 27. — Продольный разрѣзъ и планъ части акведука, снабжавшаго Пальмиру водой.



Черт. 28.

Черт. 28. — Поперечный разрѣзъ акведука черезъ смотровой колодезь.

(Wood, Les ruines de Palmyra, London 1753; Merckel, p. 120).

гаются опасности и по необходимости должны быть между собою солидарны, то нѣтъ ни одного человѣка, который могъ бы относиться безразлично къ общему санитарному благополучію, хотя бы онъ, благодаря своему положенію, жилъ повидимому при самыхъ прекрасныхъ условіяхъ. Всѣ заинтересованы въ улучшеніи общественнаго здоровья и уменьшеніи общей цифры смертности. Для лицъ же, завѣдывающихъ городскими дѣлами, первѣйшею обязанностью должно быть—устраивать и безпрестанно совершенствовать санитарную часть городского управленія и стремиться къ тому, чтобы всегда и вездѣ соблюдались правила, необходимыя для охраны санитарнаго благополучія.

Для охраны санитарнаго благополучія возможно дѣлать и еще остается сдѣлать очень много. Много городовъ, въ особенности у насъ въ Россіи, находятся еще въ весьма печальныхъ санитарныхъ условіяхъ: самые простые гигиеническіе законы у насъ часто не признаются и не принимаются даже наиболѣе элементарныя мѣры къ оздоровленію. Въ большинствѣ случаевъ замѣчается непростительный индифферентизмъ, освященный рутиною.

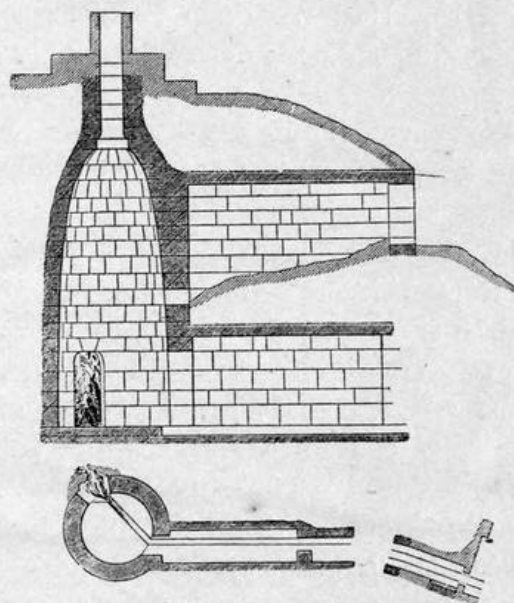
Прекрасные результаты полученные повсюду, гдѣ своевременно приложены были серьезныя усилія и принесены были достаточныя жертвы для улучшенія санитарнаго состоянія городовъ, должны поощрить къ распространенію этого замѣчательнаго движенія и въ предѣлахъ нашего отечества (см. графики на черт. 5 — 9).

Въ Англіи лишь полъ-вѣка тому назадъ возникли серіозныя заботы объ улучшеніи санитарныхъ условій населенныхъ мѣстностей; и уже въ первую половину этого короткаго періода удалось сохранить много человѣческихъ жизней, предотвратить многія болѣзни и даже общественныя бѣдствія: статистика показываетъ, насколько улучшилось общественное здоровье, и полученные въ короткое время результаты могутъ служить указаніемъ того, что должно получиться въ болѣе продолжительный періодъ, если съ настойчивостью и совокупными усиліями большого числа людей преслѣдовать ту же цѣль въ широкомъ масштабѣ. Въ нѣкоторыхъ городахъ смертность уменьшилась въ теченіе первыхъ двадцати-пяти лѣтъ послѣ принятія общественныхъ санитарныхъ мѣръ на 5, 10, 20 и 30%.

При оцѣнкѣ вліянія оздоровительныхъ мѣръ нужно быть, однако, весьма осторожнымъ въ выводахъ, такъ какъ статистика даетъ только конечные результаты весьма многихъ причинъ.

Водопроводы древнихъ грековъ.

Разрѣзъ и планъ каптажныхъ сооруженій ключа на островѣ Косъ.



Черт. 29 и 30.

Ключъ вытекаетъ изъ разсѣлины скалы въ круглый колодезь діаметромъ 2,85 м., покрытый куполомъ и снабженный сверху вентиляціоннымъ отверстіемъ. Далѣе вода течетъ по подземной галлерей вышиной 2 метра и длиной 35 метровъ и затѣмъ выходитъ наружу. Надъ галлереей у колодца устроенъ особый гротъ, повидимому нимфеумъ.

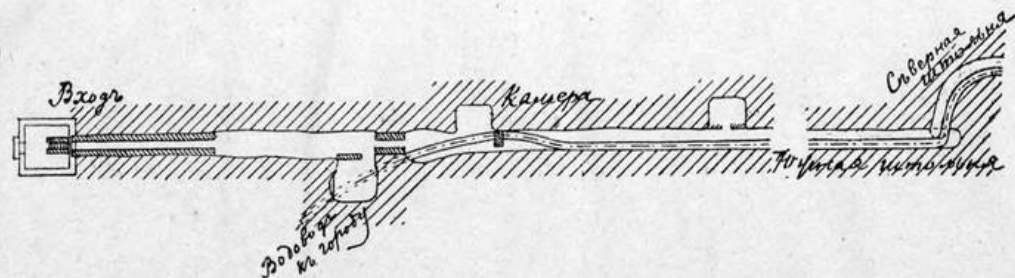
(Baumeister, Denkmäler des Klassischen Alterthums).

Если напимѣрь смертность отъ брюшнаго тифа принять за масштабъ для опредѣленія вліянія почвы и воды на эпидеміи, то оказывается, что болѣзни въ болѣе продолжительные промежутки періодически усиливаются и ослабѣваютъ. Вліяніе работъ по оздоровленію, каковы канализація, водоснабженіе, оказывается въ различной степени велико, смотря по тому, совпадаютъ ли эти работы съ періодомъ естественнаго усиленія или паденія заболѣванія. Такъ въ Германіи въ 16 городахъ послѣ введенія канализаціи наступило пониженіе, но въ 5 городахъ — повышеніе смертности отъ брюшнаго тифа. (Нурре. Гигіена—переводъ подъ редакціей проф. Брусянина, Спб. 1901 г.). Было бы, конечно, ошибкой приписать увеличеніе смертности, вызванное общими причинами, устройству канализаціи.

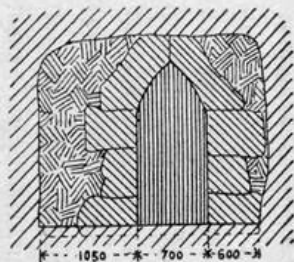
Устройство водопроводовъ и канализаціи въ городахъ съ особенно дурными санитарными устройствами давали впрочемъ вообще и постоянно уменьшеніе смертности, какъ это доказано для Вѣны, Лондона, Мюнхена, Берлина, Данцига, Франкфурта, Гамбурга и др. въ теченіе длинныхъ періодовъ. Напимѣрь, смертность отъ тифа въ Вѣнѣ была за 7 лѣтъ до устройства ключеваго водопровода 5141, пала тотчасъ послѣ устройства новаго водопровода, составляя въ послѣдующіе первые 7 лѣтъ 2037, и понижалась въ слѣдующіе годы еще больше. Отъ дезинтеріи умерло въ Вѣнѣ въ теченіе 7 лѣтъ до водопровода 587, послѣ устройства—только 150.

Другой интересный примѣръ даетъ Лондонъ. Водопроводныя общества Vauxhall и Lambeth Company брали воду въ 1849 году для своихъ раіоновъ изъ сильно загрязненной Темзы въ чертѣ Лондона, и дома, снабжавшіеся этими обществами, одинаково сильно страдали отъ холеры. На 10.000 жителей съ водою Vauxhall'я падало 118, а съ водою Lambeth'скаго водопровода — 125 смертныхъ случаевъ отъ холеры. Затѣмъ Lambeth—Company стала брать воду изъ верхняго теченія рѣки. При рецидивѣ холеры въ 1854 году жители съ Vauxhall'ской водою имѣли 130 смертныхъ случаевъ на 10.000, другіе—только 37. Имѣя въ виду огромныя абсолютныя числа:—Lambeth'скій водопроводъ при 166.906 жителей съ 611 случаями смерти, а Vauxhall'скій при 268.071 жителей съ 3.471 случаями смерти—можно исключить всякое сомнѣніе, признавъ причинную связь между водою и эпидеміями, и ясно видѣть значеніе санитарныхъ улучшеній въ водоснабженіи.

Водоснабженіе города Самоса.

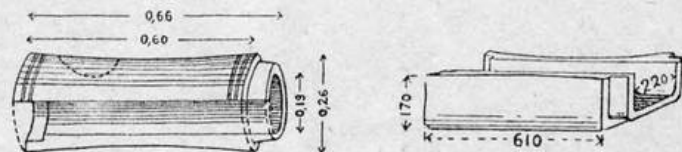


Черт. 31.—Планъ южной штольни (водопроводнаго туннеля), съ показаніемъ устроеннаго въ ней глубокаго рва для гончарной водопроводной трубы.



Черт. 32.—Поперечный разръзъ туннеля въ мѣстахъ, гдѣ онъ былъ обдѣланъ сухой каменной кладкой. Размѣры въ метрическихъ мѣрахъ.

(Fabricius, Alterhümer auf der Insel Samos. Mitth. der Kais. D. Arch. Inst. in Athen, 1884).



Черт. 33 и 34. — Гончарныя трубы, уложенныя въ туннелѣ. На каждой второй трубѣ имѣлось сбоку отверстіе въ 10—15 см. въ діаметрѣ, вѣроятно для цѣлей очистки. Соединенія раструбныя съ стыками залитыми особой замазкой. Размѣры въ метрическихъ мѣрахъ.

Приведенныя данныя достаточно краснорѣчивы, и работы, помощью которыхъ получаютъ подобные результаты, слѣдуетъ считать громаднымъ благодѣяніемъ для человѣчества.

Извѣстно, что на одинъ смертный случай въ городахъ приходится 20 или 30 случаевъ тяжкихъ болѣзней. Такимъ образомъ, надо полагать, что вмѣстѣ съ пониженіемъ общей цифры смертности, принятыми санитарными мѣрами достигнуто соотвѣтственное уменьшеніе числа заболѣваній. Сколько вслѣдствіе этого предотвращено страданій, сколько сбережено расходовъ, сколько сохранено времени для труда!

§ 4. Главные принципы гигиены городовъ.

Гигіена городовъ сводится къ небольшому числу основныхъ принциповъ, къ соблюденію которыхъ направлены всѣ мѣры, предпринимаемыя съ цѣлью улучшенія условій общественнаго здоровья.

Необходимый для дыханія воздухъ долженъ быть сохраненъ по возможности чистымъ (вентиляція улицъ и зданій, растительность въ городахъ).

Въ жилия помѣщенія долженъ свободно проходить солнечный свѣтъ,—непосредственно необходимый для здоровья человѣка и врагъ многихъ болѣзнетворныхъ микроорганизмовъ (правильное начертаніе плана города).

Вода должна доставляться въ количествѣ достаточномъ для удовлетворенія всѣхъ потребностей чистоты, столь важной для сохраненія здоровья; съ другой стороны, воду эту, по крайней мѣрѣ ту часть ея, которая предназначена для питья и домашняго употребленія, необходимо выбирать крайне тщательно и охранять ее отъ всякаго рода загрязненій (водоснабженіе).

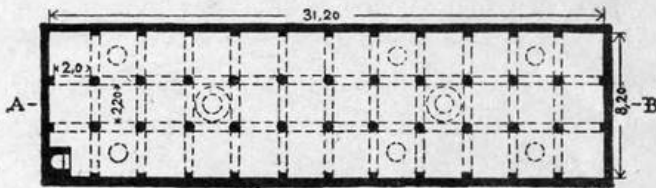
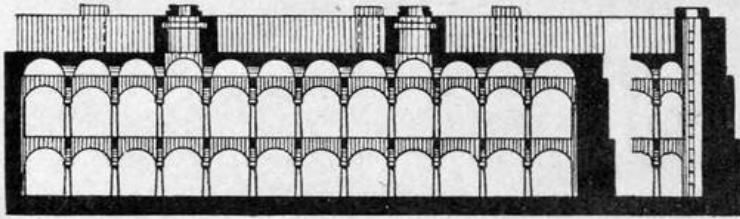
Почва и подземныя воды должны быть защищены всѣми средствами отъ угрожающаго имъ постоянно зараженія (мостовыя, дренажъ).

Наконецъ, необходимо принимать всевозможныя мѣры для быстрого удаленія всѣхъ веществъ, способныхъ къ разложенію, съ цѣлью охранить отъ заразы дома, улицы, атмосферу, подземные каналы и рѣки (водоудаленіе, удаленіе твердыхъ отбросовъ, пыли и грязи).

Для достиженія цѣли оздоровленія недостаточно исполнить одно изъ указанныхъ условій. Они всѣ необходимы и слѣдуетъ стремиться осуществить ихъ одновременно.

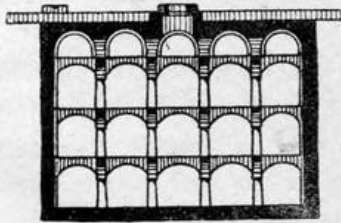
Водопроводы древнихъ грековъ.

Водоснабженіе города Александріи.

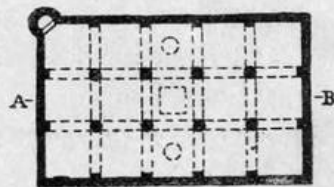


Черт. 35, 36 и 37. — Разрѣзы и планъ двухъ-этажнаго резервуара чистой воды.

(Description de l'Egypte, ou recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Egypte pendant l'expédition de l'armée française).



Черт. 38.



Черт. 39.

Черт. 38 и 39. — Разрѣзы и планъ трехъ-этажнаго резервуара чистой воды.
(Description de l'Egypte, 5 tome).

Естественныя причины, производящія перемѣщеніе воздуха на городскихъ площадяхъ и улицахъ, обыкновенно, обезпечиваютъ достаточно быстрое возобновленіе воздуха, такъ что искусственныя средства для сохраненія чистоты воздуха въ городахъ едва ли представляются нужными. Необходимо, однако, по мѣрѣ возможности, притти въ этомъ отношеніи на помощь природѣ, облегчая дѣйствіе вѣтра и сокращая всѣми доступными мѣрами обыкновенныя причины порчи воздуха.

Такимъ образомъ, при начертаніи городскихъ улицъ слѣдуетъ стараться располагать ихъ такъ, чтобы воздушныя теченія могли слѣдовать по нимъ безпрепятственно и солнце заглядывало въ нихъ почаще. При этомъ слѣдуетъ сообразоваться съ расположеніемъ странъ свѣта и направленіемъ господствующихъ вѣтровъ. Необходимо избѣгать образованія узкихъ и темныхъ переулковъ, окаймленныхъ слишкомъ высокими домами, и тѣсныхъ дворовъ, образующихъ въ нѣкоторомъ родѣ глубокіе колодцы, гдѣ воздухъ возобновляется съ трудомъ.

Съ другой стороны, должно принимать мѣры, чтобы вредныя для дыханія газы, вытекающіе изъ трубъ различныхъ топокъ или происходящіе отъ освѣщенія, были удаляемы возможно скорѣе: для этого необходимо, чтобы газы черезъ высокія трубы отводились въ верхніе слои атмосферы, надъ крышами домовъ, гдѣ вѣтры не встрѣчаютъ препятствій. Заведенія, выдѣляющія непріятныя и вредныя для здоровья газы, должны быть расположены по возможности дальше отъ городскихъ жилищъ и помѣщаться за городомъ въ такихъ мѣстахъ, чтобы газы эти не направлялись господствующими вѣтрами къ городу, а, наоборотъ, разсѣивались бы вѣтромъ по другимъ направленіямъ.

Едва ли нужно прибавлять, что на улицахъ города не должны быть оставляемы вещества, способныя разлагаться, а, наоборотъ, необходимо убирать эти вещества и увозить ихъ прочь, прежде чѣмъ начнется ихъ гніеніе.

Опытъ показываетъ, однако, что для городовъ очень значительныхъ размѣровъ, какъ напр. Лондонъ, эти мѣры не могутъ быть соблюдены въ достаточной степени, чтобы дать жителямъ дѣйствительно чистый воздухъ. Въ Лондонѣ, поэтому, былъ поднятъ вопросъ о снабженіи города воздухомъ изъ отдаленной мѣстности при помощи цѣлой сѣти воздухопроводовъ. Мы повидимому находимся, такимъ образомъ, накануне искусственной вентиляціи большихъ городовъ.

Для поддержанія чистоты воздуха, рекомендуютъ также сохранять въ городахъ достаточно мѣста для растительности. Дѣйствительно растенія, какъ извѣстно, имѣютъ свойства утилизировать, для своего дыханія и питанія, какъ разъ тѣ элементы, которые выдѣляются всѣми существами, принадлежащими къ животному царству. Претворяя эти вещества, растенія выдѣляютъ ихъ въ атмосферу въ видѣ газовъ снова способныхъ служить для дыханія людей и животныхъ.

Растенія служатъ еще причиною безпрестаннаго движенія грунтовыхъ водъ, весьма благопріятнаго для оздоровленія почвы, и для своего роста они извлекаютъ изъ почвы разлагающіяся вещества, которыя могли бы служить въ ближайшемъ или отдаленномъ времени причиною зараженій.

Поэтому нѣтъ никакого сомнѣнія, что слѣдуетъ сочувствовать всякой мѣрѣ, имѣющей цѣлью сохранить для растительности часть площади, занятой городскими поселеніями.

Возрастаніе стоимости земель въ большихъ городахъ побуждаетъ, однако, собственниковъ увеличивать постепенно застраиваемыя площади, уменьшая размѣры дворовъ, огородовъ и садовъ. Общественныя управленія должны бороться противъ этого вреднаго стремленія, создавая и ставя подъ охрану общества площади и участки, покрытые растительностью.

Аллеи, парки, общественные сады, скверы, которые столько способствуютъ украшенію города, доставляя также жителямъ удовольствіе, въ то же время являются могущественными средствами оздоровленія.

Они представляютъ *легкія городовъ*, и дѣйствительно въ этихъ мѣстахъ существуетъ огромный запасъ чистаго воздуха, разсѣивающагося по окрестнымъ кварталамъ. Но обыкновенно такія городскія площади существуютъ въ весьма ограниченномъ размѣрѣ и въ небольшомъ числѣ, одинъ только Лондонъ представляетъ исключеніе, въ самомъ центрѣ его существуютъ, помимо различнаго рода скверовъ, расположенныхъ по всѣмъ кварталамъ, и такіе громадныя парки, какъ напримѣръ Гайдъ-Паркъ, С.-Джемсъ-Паркъ, Викторія, Беттерси и др. Это громадныя пространства, засаженныя деревьями, гдѣ не имѣется жилыхъ помѣщеній и которыя способны дѣйствительно очищать воздухъ, въ находящихся около нихъ кварталахъ.

Парижъ въ этомъ отношеніи не можетъ быть поставленъ рядомъ съ Лондономъ. Хотя и среди Парижа большое пространство занято Тюльрийскимъ садомъ, Елисейскими полями и пр., всё же главныя *легкія* Парижа,—если позволительно удержать за ними это названіе—находятся скорѣе за предѣлами его, какъ Булонскій и Венсенскій лѣса. Что касается до Берлина, то въ немъ внутри совсѣмъ почти не имѣется садовъ, такъ какъ прекрасный Thiergarten лежитъ почти за предѣлами собственно города. С.-Петербургъ слишкомъ хорошо извѣстенъ, чтобы о немъ распространяться подробно. Въ С.-Петербургѣ также недостаточно городскихъ садовъ и скверовъ, и распределеніе ихъ, не одинаково для всѣхъ частей города, да и тѣ, которые есть постепенно уничтожаются застройкою зданіями, вслѣдствіе неправильнаго отношенія къ нимъ общества и города.

2) Воздухъ внутри зданій, въ особенности въ такихъ помѣщеніяхъ, которыя служатъ для собраній, какъ напримѣръ: театры, цирки, рестораны и пр., а также въ общихъ жилищахъ, каковы казармы, тюрьмы, школы и пр., въ помѣщеніяхъ, отведенныхъ для больныхъ, госпиталяхъ, ночлежныхъ домахъ, амбулаторіяхъ, — весьма быстро портится дыханіемъ людей, и вредными для здоровья газами, выдѣляющимися изъ источниковъ свѣта и теплоты. Замкнутый въ тѣсныхъ пространствахъ и отдѣленный отъ другихъ помѣщеній, воздухъ въ зданіяхъ подобнаго рода скоро сдѣлался бы совершенно негоднымъ для дыханія, если бы не употреблялись спеціальныя искусственныя средства для весьма частаго возобновленія его. *Вентиляція* зданій принадлежитъ къ числу существенныхъ условій, которыя необходимо имѣть въ виду при постройкѣ зданій, имѣющихъ указанныя выше назначенія; между тѣмъ весьма часто обращаютъ на нее еще слишкомъ мало вниманія, считая ее второстепеннымъ дѣломъ.

Необходимо также заботиться о закрытіи доступа во внутрь жилищъ всякому испорченному воздуху и принять особыя мѣры предосторожности, чтобы внутренній воздухъ помѣщеній не могъ придти въ соприкосновеніе съ воздухомъ канализаціонныхъ трубъ, выгребныхъ ямъ и пр. Вентиляціонныя трубы постоянныхъ погребовъ, спускныя трубы дождевыхъ и домашнихъ водъ и отхожихъ мѣсть могли бы сдѣлаться очагами заразы, если бы у насъ не было надлежащихъ способовъ, помощью которыхъ можно во всякое время закрыть весьма совершеннымъ образомъ сообщеніе между ними и обитаемыми помѣщеніями.

Водоснабженіе города Рима.



Черт. 40. — Общій планъ римскихъ водопроводовъ Appia, Anio Vetus, Marcia, Tepula, Julia, Virgo, Alsetina, Claudia, Anio Novus, Trajana, Severiana, Antoniana, Alexandrina (Hadriana), Aureliana.

3) Мѣры, предпринимаемыя въ цѣляхъ обезпеченія обитателямъ городовъ возможно большаго количества солнечнаго свѣта непосредственно примыкають къ тѣмъ, которыя нужны для чистоты городского воздуха, такъ какъ онѣ существенно сводятся къ правильному начертанію плана города и правильному устройству городскихъ улицъ. Въ этомъ отношеніи прежде всего слѣдуетъ обратить вниманіе на протяженіе улицъ. Въ нѣкоторыхъ большихъ городахъ онѣ бываютъ крайне растянуты. Не говоря уже о тѣхъ весьма часто встрѣчающихся улицахъ, которыя имѣють длину въ нѣсколько верстъ, есть даже и такія, которыя тянутся на 17 верстъ, какъ напр., Оксфорд-стритъ въ Лондонѣ, и еще болѣе длинныя. При такой длинѣ, большое число домовъ стоитъ при весьма невыгодныхъ условіяхъ. Оксфорд-стритъ, напримѣръ, идетъ съ запада на востокъ и, слѣдовательно, на одной сторонѣ улицы, на протяженіи 17 верстъ, всѣ дома обращаются своимъ главнымъ фасадомъ на *сѣверъ*.

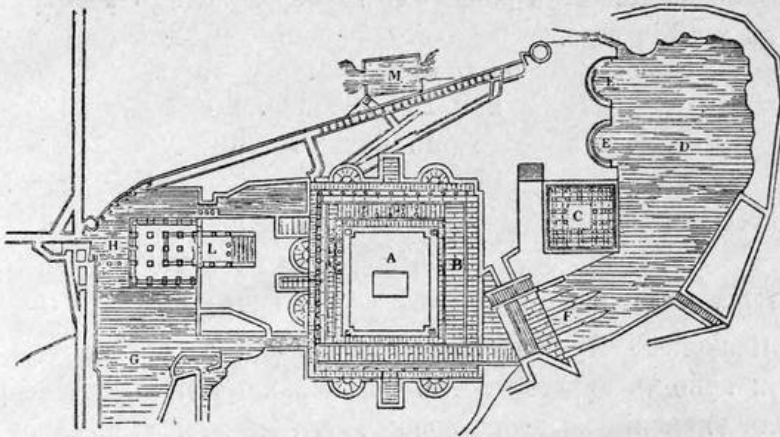
При проложеніи улицъ необходимо обращать также вниманіе на направленіе странъ свѣта и на условіи солнцестоянія.

Съ перваго взгляда можетъ показаться безразличнымъ, съ востока ли на западъ, или съ сѣвера на югъ будутъ проведены улицы, но легко убѣдиться въ необходимости направлять улицы такъ, чтобы въ образующихъ ихъ домахъ не было преобладанія сѣверной стороны, дающей мало свѣта и тепла. Такого рода требованія иногда въ высшей степени затруднительны при исполненіи, но если принимать во вниманіе, что кварталы не должны быть расположены непрерывно прямоугольными четверугольниками, то задача окажется болѣе достижимою. Такъ при вѣрообразномъ расположеніи улицъ, какъ напр., въ Петербургѣ: Гороховой, Вознесенскаго, Невскаго, это условіе можетъ быть легче соблюдено.

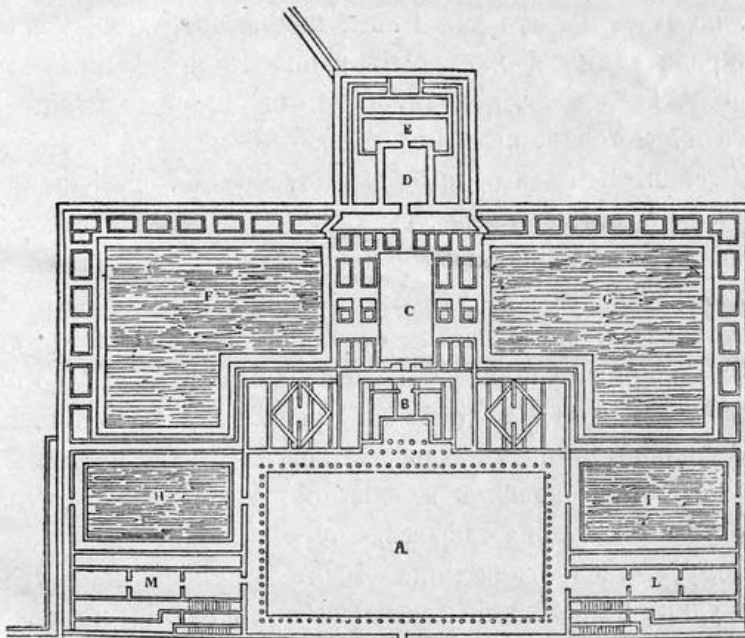
Карлсруэ, Амстердамъ и другіе города доказываютъ ихъ вѣрообразнымъ расположеніемъ улицъ, что подобный планъ, никакихъ неудобствъ не доставляетъ. Имъ можно достигнуть того, чтобы лучи солнца, въ то или другое время дня, заглядывали бы во всѣ жилища.

Если въ городѣ дома расположены въ обычныхъ условіяхъ улицъ, то освѣщеніе лучами одной изъ сторонъ улицы пресѣкается стороною противоположною, какъ скоро длина бросаемой ею тѣни длиннѣе ширины улицы. Длина же тѣни этой зависитъ отъ высоты стоя-

Купальни и бани древнихъ Римлянъ.



Черт. 41. — Планъ римскихъ купаленъ въ г. Нимѣ. Вода получается изъ рѣчки и собирается въ резервуарахъ. *A* — большой дворъ, окруженный крытымъ перистилемъ *B*; *C* — нижнія купальни; *D* — резервуаръ-источникъ воды; *E* — полувинтовая лѣстница, ведущая къ водѣ; *F* — мостъ чрезъ каналъ; *G* — второй резервуаръ, откуда вода проведена въ частныя купальни; вълево отъ резервуара *G* — отводный каналъ отработавшей воды изъ купаленъ; *L* — небольшой храмъ; *M* — третій резервуаръ — меньшихъ размѣровъ (Cresy — Cyclopaedia of Civil Engineering. London, 1848).



Черт. 42. — Планъ римскихъ купаленъ въ Stura. Онѣ были построены на морѣ близъ Анциума при устьѣ рѣчки Stura, нынѣ называемой Conca. *A* — большой дворъ, окруженный колоннами; *B* — вестибюль; *C* — залъ сообщающійся съ морскими купальными бассейнами; *F* — большіе и *H* — малые бассейны для купанья и плаванья — съ морской водой, окруженные кабинетами для купальщиковъ; *D-E* — выступы званія, откуда начинается морской молъ; *L* и *M* — входы въ купальни со стороны города (Cresy).

нія солнца надъ горизонтомъ, или отъ его зенитальнаго разстоянія, и отъ высоты домовъ, затемняющихъ улицу. Для различныхъ широтъ величина высоты солнца имѣетъ опредѣленные размѣры колебаній въ теченіе года.

Высота солнца умѣренныхъ климатовъ:	высп.	низш.
при 23° 28' шир.	90°	43° 4'
» 45°	» 68° 28'	21° 32'
» 55°	» 58° 28'	11° 32'
(Въ С.-Петербурѣ)	» 60°	» 53° 28'
	» 65°	» 48° 28'
Сѣверн. полярн. кр.	» 66°	» 46° 56'
		0° 0'

(Pettenkoffer's Hygiene Luft. 71).

Если принять вмѣстѣ съ Ад. Фогтомъ, который впервые серьезно обратилъ вниманіе на этотъ вопросъ, чтобы во время, самое невыгодное для освѣщенія, а именно 9 декабря, день зимняго солнцестоянія, улица была бы освѣщаема въ теченіе 4 часовъ, т. е. по 2 часа на каждую сторону домовъ, расположенныхъ по меридіану, — съ С. на Ю., то даже для Вѣны, при высотѣ домовъ въ 20 метровъ, ширина улицы должна быть равна 43 метрамъ. Слѣдуя тому же правилу, найдемъ, что подь 50° с. ш. ширина улицы должна быть уже 47 метровъ, подь 55° с. ш. — 86 метровъ и 188 метровъ подь 60° с. ш. Ясно, что подобныя требованія гигиены городовъ не могутъ быть осуществлены, тѣмъ болѣе, что какъ скоро улица отклоняется отъ меридіональнаго направленія, ширина ея должна еще болѣе увеличиваться, чтобы дать принятыя условія освѣщенія. Если остановиться на 3 часахъ освѣщенія въ день 9 декабря, то тотчасъ же ширина улицы уменьшится даже подь 50° до 54 метр., а при 2 часахъ до 69 и до 115 метровъ подь 60° с. ш. Но и эти размѣры слишкомъ значительны для повсемѣстнаго примѣненія. Для широтъ же, болѣе близкихъ къ экватору требованія формулы Фогта легко могутъ быть удовлетворены.

Поэтому, для широтъ высшихъ 40° нельзя основывать требованій ширины улицъ на основаніи длительности инсоляціи, но можно заботиться только о большемъ количествѣ меридіональныхъ улицъ, избѣгая экваторіальныхъ или давая имъ наибольшую шгрину и пролагая ихъ далеко одну отъ другой, чтобы дать возможность домамъ, въ нихъ расположенныхъ, помѣститься вдоль двора меридіональными флигелями.

Вблизи экватора улицы лучше проводить под углом $15-20^\circ$ къ меридіану.

Въ нашихъ условіяхъ тѣмъ менѣе примѣнны вышеуказанныя требованія полученія зимой большое количество солнечнаго свѣта для городскихъ улицъ, что за мѣсяцы ноябрь, декабрь, январь, февраль, даже въ Средней Европѣ едва ли набирается въ декабрѣ и $\frac{1}{2}$ января 7—8 вполнѣ ясныхъ дней. Не имѣя возможности въ нашихъ климатахъ пользоваться прямыми солнечными лучами зимой, мы тѣмъ болѣе должны давать доступъ разсѣянному свѣту къ самымъ отдаленнымъ частямъ нашего жилья. *Но условія освѣщенія при этомъ только тогда удовлетворительны, когда жилище освѣщается свѣтомъ, идущимъ непосредственно съ неба, а не путемъ отраженія его отъ стѣнъ другихъ зданій.*

Для этой цѣли безусловно необходимо, чтобы ширина улицы не была меньше высоты ограничивающихъ ее строеній. (Доброславинъ).

Для оздоровленія или ассенизаціи почвы прежде всего необходимо, точно также, какъ и для оздоровленія атмосферы, удалять на сколько возможно скорѣе, всѣ твердые и жидкіе остатки, отбросы животныхъ и растеній, трупы животныхъ, гніющія или способныя къ разложенію вещества, грязь, отбросы домашняго хозяйства и всякаго рода образующійся неизбежно во всѣхъ городскихъ поселеніяхъ мусоръ, оставленіе коего неубраннымъ и послѣдующее разложеніе можетъ быть одною изъ самыхъ серьезныхъ причинъ зараженія.

Нѣкоторые санитарные дѣятели предлагали сжигать всѣ вещества способныя къ разложенію. Къ этимъ мѣрамъ относится также и проповѣдуемая многими въ послѣдніе годы *«кремация»* или *сожиганіе покойниковъ*. Этимъ средствомъ дѣйствительно достигается весьма быстрое и безопасное истребленіе тѣхъ веществъ, которыя при обыкновенныхъ обстоятельствахъ уничтожаются дѣйствіемъ воздуха и почвы въ теченіе весьма продолжительнаго времени. Но въ большинствѣ случаевъ довольствуются тѣмъ, что располагаютъ *кладбища* а также *бойни*, *свалочныя мѣста* и т. п. по возможности дальше отъ населенныхъ центровъ.

Зал рещеніе устройства *выгребныхъ ямъ* и *бездонныхъ колодцевъ* для поглощенія нечистотъ, сооруженіе водостоковъ, усовершенствованныя системы удаленія нечистотъ—имѣютъ цѣлью предупредить вредоносное дѣйствіе жидкихъ остатковъ на почву и обезпечить

быстрое удаленіе ихъ на дальнее разстояніе. Удаленіе пыли, грязи и отбросовъ домашняго хозяйства должно обезпечиваться при этомъ другими способами.

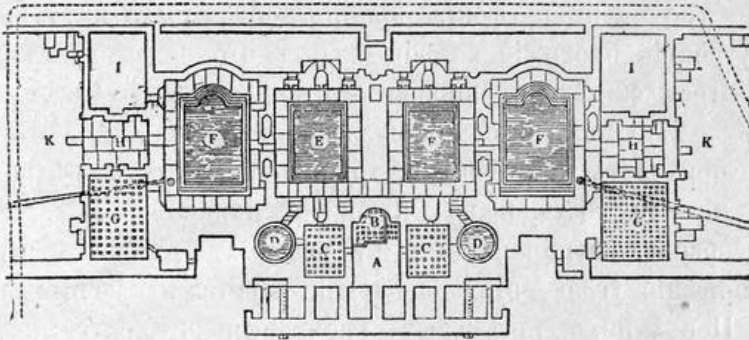
§ 5. Удаленіе твердыхъ отбросовъ, грязи и пыли.

Задача удаленія отбросовъ домашняго хозяйства, которая на первый взглядъ кажется весьма простою, причиняетъ во многихъ городахъ весьма серьезныя затрудненія. Между системою, принятою въ Константинополь, гдѣ забота объ очисткѣ городскихъ улицъ отъ разныхъ отбросовъ и объ удаленіи остатковъ домашняго хозяйства предоставлена всецѣло бродячимъ собакамъ, и усовершенствованными сложными санитарными устройствами нѣкоторыхъ культурныхъ городовъ, есть еще много промежуточныхъ способовъ, болѣе или менѣе удовлетворительныхъ.

Вообще, устройство постоянныхъ свалокъ нечистотъ навозныхъ кучъ, помойныхъ ямъ и пр. должно быть также запрещено въ городахъ, какъ и устройство выгребовъ. Жители во всѣхъ благоустроенныхъ иностранныхъ городахъ обязаны складывать домовый мусоръ на улицу, но не иначе, какъ въ ящикахъ и лишь въ опредѣленные дни и въ извѣстные часы. Спеціальныя рабочіе, вооруженныя надлежащими инструментами, убираютъ немедленно грязь и всякіе другіе твердые отбросы послѣ того, какъ *тряпичники* извлекутъ изъ ящиковъ все, что можетъ еще пригодиться для какого нибудь дѣла: тряпье, старую бумагу и т. д. Мусоръ этотъ увозится на телегахъ на отдаленныя свалочныя мѣста, гдѣ происходитъ разложеніе и вся масса превращается въ богатое удобреніе, которое обыкновенно охотно разбирается крестьянами; во многихъ случаяхъ, гдѣ количество домовыхъ отбросовъ не слишкомъ значительно, удаленіе ихъ не требуется особенно часто и разстояніе перевозки не черезчуръ далеко, сосѣдніе земледѣльцы берутъ на себя трудъ вывозки, засчитывая въ уплату городскому управленію свою работу въ качествѣ части договорной платы за получаемое ими удобреніе, или же принимая это удобреніе, какъ долю причитающагося имъ вознагражденія за удаленіе нечистотъ.

Однимъ изъ первыхъ городовъ, организовавшихъ у себя вывозъ домовыхъ отбросовъ на указанныхъ основаніяхъ явился Парижъ.

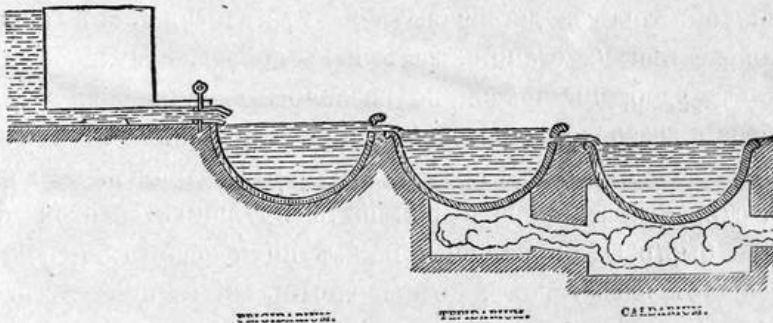
Купальни и бани древнихъ Римлянъ.



Черт. 43.

Планъ римскихъ бань въ Baden-Weiler.

Въ этихъ баняхъ имѣлись отдѣленія для мужчинъ и женщинъ, симметрично расположенныя относительно оси здания. Значеніе буквъ: *A*—hypocaustum, *B*—очагъ, *C*—caldaria, *D*—покрытыя сводами sudatorii, *E*—tepidaria, *F*—frigidaria, *G*—залы съ полами нагрѣваемыми печами, какъ въ caldaria, *H*—вестибулы, *I*—elaeotheresia, *K*—exerdae (Cresy).



Черт. 44.

Разрѣзъ котловъ для нагрѣванія воды въ римскихъ баняхъ (по Витрувію). Они дѣлались изъ мѣди и располагались такъ, что вода стекала изъ одного въ другой, постепенно переходя отъ самой низкой температуры въ къ самой высокой (Cresy).

Помойныхъ ямъ въ Парижѣ нѣтъ давно. Всѣ жидкіе отбросы спускаются въ подземные каналы прямо изъ кухонь, а сухіе складываются въ металлическіе ящики въ кухнѣ же и рано утромъ выносятся прислугой на улицу. Эти ящики носятъ названіе «les boites Poubelle» (по имени префекта полиціи, обязавшаго имѣть ихъ). И всякій утренній прохожій во-очію видитъ, что ничего не пропадаетъ даромъ. Прежде всего къ ящикамъ устремляются собаки, которыя извлекаютъ изъ нихъ все маломальски съѣдобное. Далѣе, вслѣдъ за ними приходятъ старьевщики, тряпичники и другая бѣднота. Выбирается бумага, кость, волосы идущіе въ парикмахерскія, жестянки отъ консервовъ, идущія на выдѣлку дешевыхъ дѣтскихъ игрушекъ и перегорѣвшій уголь—этотъ послѣдній берется исключительно бѣдняками. Послѣ нихъ, пріѣзжаютъ громадныя двухколесныя телѣги, которыя собираютъ изъ ящиковъ остатки и увозятъ ихъ. Оставшееся небольшое количество мелкой пыли и отбросовъ на тротуарѣ и мостовой, послѣ этой уборки, сметается въ краю тротуара; затѣмъ открывается водопроводный кранъ и быстрымъ потокомъ воды все уносится въ подземные водостоки; къ десяти часамъ утра городъ совершенно чистъ (черт. 10—12).

Мусорныя телѣги, принадлежатъ подрядчикамъ, которые служатъ посредниками между городскимъ управленіемъ и земледѣльцами. Мусоръ телѣги доставляютъ на мѣста свалки въ окрестностяхъ города или на станціи желѣзныхъ дорогъ, откуда онъ отправляется для удобренія полей, по различнымъ направленіямъ. Домовые отбросы дозволяется выносить на улицу лишь незадолго до времени назначеннаго для проѣзда мусорныхъ телѣгъ. Мусоръ въ послѣднее время заставляють помѣщать въ ящики особой формы для болѣе быстрого опоражниванія изъ нихъ особымъ небольшимъ механическимъ элеваторомъ, подвѣшеннымъ къ задку телѣги. Тряпичники имѣютъ право искать лишь въ ящикахъ, не выворачивая ихъ содержимаго.

Въ Парижѣ, въ послѣдней четверти XIX вѣка, городъ имѣлъ еще доходы отъ оплаты за пользованіе вывозкою отбросовъ домашняго хозяйства. Съ тѣхъ поръ они сдѣлались, напротивъ, предметомъ все болѣе и болѣе значительнаго расхода для городскаго бюджета (болѣе 2 милліоновъ франковъ въ годъ), хотя способъ вывозки не измѣнился.

Въ Парижѣ нѣсколько разъ уже подымался вопросъ о за-

мѣнѣ открытыхъ телѣгъ крытыми фургонами, объ улучшеніи способа нагрузки для избѣжанія пыли и болѣе быстрой отправкѣ на станціяхъ. Также остается еще найти практическіе и удобные способы для удаленія домашнихъ отбросовъ изъ различныхъ этажей дома во дворъ, для облегченія ихъ уборки и храненія до того момента, когда они должны быть вынесены на улицу.

Неполучившій пока должнаго рѣшенія въ Парижѣ вопросъ о болѣе рациональной выгрузкѣ мусора изъ домовыхъ ящиковъ въ телѣги довольно удачно рѣшенъ въ различныхъ другихъ городахъ, примѣняющихъ телѣги специального устройства. Таковы системы *Kinsbrunner* (Staubschutz-Gesellschaft, Berlin), *Lehbach* (Salubrita-Gesellschaft, Köln) и др.

Ихъ основная черта въ томъ, что телѣга вполнѣ закрыта. Для нагрузки мусора служатъ особыя окна, закрывающіяся затворами специального устройства. Понятіе объ экипажахъ этого рода даютъ черт. 16 и 17, представляющіе общій видъ и разрѣзъ телѣги *Salubrita*, примѣняемой въ Кельнѣ.

Достоинства экипажей этого типа предъ парижскими ясны: при высыпаніи мусора онъ разбрасывается и распыляется въ значительно меньшей мѣрѣ. Недостатокъ—тотъ, что мусоръ все же высыпается въ телѣги на улицахъ среди города и слѣдовательно попадающія въ воздухъ и на мостовыя, хотя и въ относительно маломъ количествѣ, частицы могутъ вредить здоровью жителей.

Система смѣнныхъ ящиковъ представляется еще болѣе рациональной, чѣмъ вышеописанная. Она состоитъ въ томъ, что для собиранія мусора въ квартирахъ служатъ не какіе-нибудь случайные сосуды, а ящики вполнѣ опредѣленной величины и формы составляющіе принадлежность специального мусороотвознаго экипажа. Экипажъ (черт. 13) собираетъ ящики съ мусоромъ, не вываливая ихъ содержимое въ себя, и оставляетъ каждому дому или квартирѣ смѣнные совершенно чистые ящики. Ящики снабжены крышками и иногда особыми воронками (черт. 14), предохраняющими отъ разлетанія пыли. Подобные же ящики служатъ и для собиранія сухого сора на улицахъ (черт. 15), причѣмъ для удобства ихъ ставятъ на ручную телѣжку. Чтобы облегчить передвиженіе домовыхъ ящиковъ также примѣняются особыя телѣжки (черт. 14).

Система смѣнныхъ ящиковъ позволяетъ такимъ образомъ вполнѣ

избѣжать разбрасыванія мусора въ предѣлахъ города, и также движенія по городу болѣе или менѣе загрязненныхъ повозокъ. Недостатокъ системы смѣнныхъ ящиковъ—большой бесполезный грузъ (вѣсъ ящиковъ), который приходится перемѣщать. (См. *Imbeaux. L'alimentation en eau et l'assainissement des villes. Paris. 1902.*)

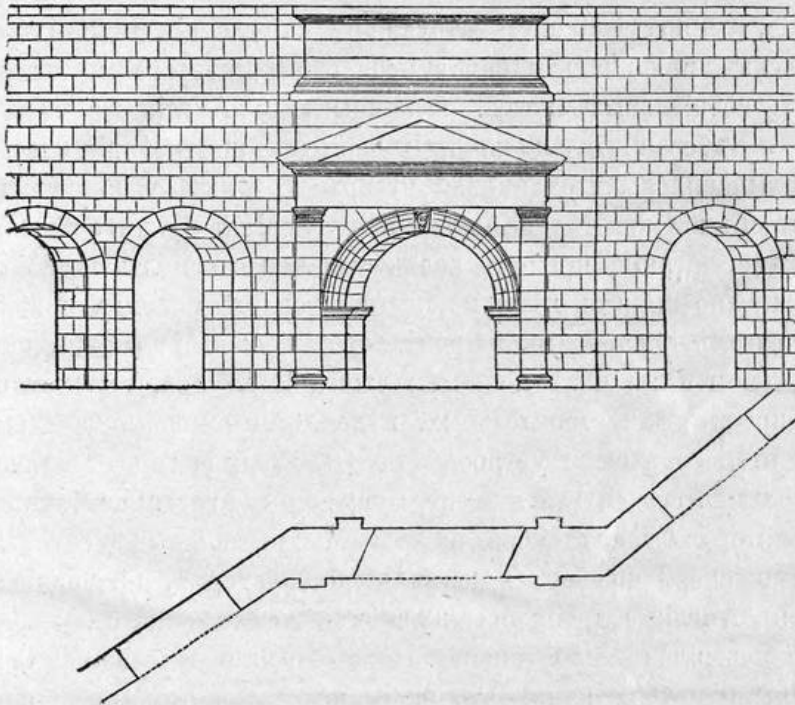
Уличная грязь, большею частью, спускается въ каналы водостоковъ. То же дѣлаютъ въ нѣкоторыхъ городахъ и съ уличной пылью, смывая ее въ водостоки обильнымъ количествомъ воды. Въ большинствѣ же случаевъ пыль и грязь собираются и увозятся изъ города лошадьми. Особая затрудненія представляетъ при этомъ уборка пыли, такъ какъ она всегда разносится вѣтромъ. Для преодоленія этихъ трудностей придумано много приборовъ, одинъ изъ нихъ показанъ на чертежахъ 18 и 19. При этихъ условіяхъ очистка производится быстро и довольно удовлетворительнымъ образомъ.

Вообще въ большихъ городахъ за границей вывозка мусора и грязи образуетъ цѣлую службу, имѣющую свой личный составъ, инструменты, склады, вагоны, баржи, пароходы и пр. и составляющую иногда источникъ нѣкотораго дохода для городского управленія. Таковы, напримѣръ, условія въ нѣкоторыхъ частяхъ Лондона, Берлина и нѣкоторыхъ городахъ Америки. Въ большинствѣ же случаевъ, напротивъ, содержаніе свалочныхъ мѣстъ причиняетъ значительный убытокъ администраціи города.

Отчасти съ цѣлью уменьшенія этого убытка, отчасти для лучшей ассенизаціи города твердые отбросы въ нѣкоторыхъ большихъ городскихъ хозяйствахъ, преимущественно С.-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ стремятся теперь раздѣлить на категоріи въ зависимости отъ ихъ физическихъ особенностей и ихъ промышленныхъ качествъ и каждую категорію утилизировать или уничтожать соотвѣтственнымъ образомъ. Обыкновенно различаютъ слѣдующія категоріи (Hering. Discussion on Sanitary Disposal of Refuse): золу, уличную грязь, сухой соръ и кухонные отбросы. Золу употребляютъ для засыпки низменныхъ мѣстъ, для подмѣси въ строительные растворы и др. Уличная грязь идетъ на удобреніе полей. Сухой соръ разбирается и изъ него извлекаются все могущее представить нѣкоторую цѣнность, а остальное служитъ топливомъ въ паровыхъ котлахъ установокъ для полученія движущей силы, освѣщенія и т. п. Наконецъ, кухонные отбросы употребляются въ пищу для свиней, служатъ для извлеченія изъ нихъ жира, на топливо и т. п.

Водопроводные мосты древнихъ Римлянъ.

Водоснабженіе города Рима.



Черт. 45 и 46.

Фасадъ и планъ части водопроводнаго моста (моста-акведука) Терула и Julia, въ городѣ Римѣ.

Водопроводъ Терула построенъ за 126 лѣтъ до Р. X. Къ нему въ царствованіе Юлія Цезаря былъ присоединенъ новый водопроводъ, названный Aqua Julia. Чертежи показываютъ общую часть моста акведука обоихъ водопроводовъ (Cresy).

Въ иныхъ случаяхъ экономіи въ расходахъ ищутъ въ сокращеніи отвозки мусора, уничтожая его тутъ же въ городѣ посредствомъ сжиганія. Специальныя устройства создаются для этой цѣли (въ Манчестерѣ, Лидсѣ, Лондонѣ, Ц. Селѣ, С.-Петербургѣ и др. мѣстахъ), потребовавъ для своего успѣха очень внимательнаго изученія свойствъ сжигаемыхъ матеріаловъ и весьма тщательной технической разработки мусоросжигательныхъ печей.

Такая разработка была сдѣлана по преимуществу въ городахъ Англіи, гдѣ подъ влияніемъ затрудненія въ удаленіи домовыхъ сухихъ отбросовъ, появилась и самая идея сжиганія этого мусора посредствомъ специальныхъ печей, названныхъ въ Англіи же «деструкторами». Въ сравнительно короткій періодъ существованія «деструкторовъ» выяснилось, что домовый мусоръ не только удобно сжигается, но что онъ же можетъ при извѣстныхъ условіяхъ служить и топливомъ для самосжиганія, причемъ количество теплоты получается большее, чѣмъ нужно для этой цѣли, и избытокъ теплоты можно утилизировать для другихъ надобностей. Кромѣ того, неожиданно оказалось, что шлаки и пепель, какъ продукты сжиганія мусора, тоже можно эксплуатировать для строительныхъ цѣлей. Самыя первыя печи для сжиганія отбросовъ были устроены въ 1873 году въ городѣ Манчестерѣ. Нѣсколько лѣтъ спустя инженеръ Фрейеръ (Freyer) изобрѣлъ новую печь, которая была устроена также въ Манчестерѣ въ 1878 году. Свою печь инженеръ Фрейеръ и назвалъ «деструкторъ», и названіе это теперь въ Англіи сохранилось для всѣхъ печей подобнаго назначенія, а оттуда перешло и на континентъ. Первыя печи обладали такими разнообразными недостатками, что опасались даже, что придется совершенно отказаться, по непригодности ихъ, отъ идеи сжиганія мусора.

Эти неудачи не остановили, однако, задуманнаго дѣла и, благодаря дальнѣйшему и постоянному улучшенію печей, можно теперь сказать, что сжиганіе удовлетворяетъ вполнѣ требованіямъ гигиеническимъ и въ извѣстныхъ условіяхъ можетъ удовлетворять требованіямъ экономическимъ.

Въ настоящее время распространеніе деструкторовъ въ Англіи постепенно увеличивается, и система сжиганія домового мусора начинаетъ распространяться и на континентъ Европы. Англійскіе города съ небольшимъ числомъ жителей, въ сущности по своей величинѣ не были повидимому безусловно принуждены мѣнять прежній

способъ уничтоженія отбросовъ, и все таки въ большомъ числѣ случаевъ примѣнили систему сжиганія. Обстоятельство это прямо указываетъ, что деструкторы при извѣстныхъ условіяхъ могутъ быть желательной системой избавленія отъ твердыхъ городскихъ отбросовъ.

Сжиганіе деструкторами, какъ оказалось уменьшаетъ въ нѣкоторыхъ городахъ Англїи собранный мусоръ до $\frac{1}{3}$ части его первоначальнаго вѣса и до $\frac{1}{4}$ величины его объема. Въ печахъ остаются только зола и шлаки, которые не могутъ быть вредными, такъ какъ они очищены отъ всякой заразы и эти продукты сжиганія, какъ выше было сказано идутъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ на приготовленіе строительнаго матеріала.

Несомнѣнно цѣлесообразные въ санитарномъ отношеніи деструкторы могутъ быть далеко не всегда выгодны въ экономическомъ. Въ городахъ съ очень мокрымъ домовымъ мусоромъ онъ можетъ требовать особыхъ устройствъ и затратъ для полнаго сжиганія. Получаемые отбросы далеко не всегда можно утилизировать. Наконецъ, сжигать приходится и такія части мусора, которыя могутъ быть полезны или же мусоръ надо сортировать, что требуетъ времени, мѣста и можетъ быть источникомъ загрязненія воздуха и почвы. Такимъ образомъ, вопросъ о примѣненіи деструкторовъ долженъ пока считаться требующимъ спеціальнаго изслѣдованія для каждаго частнаго случая, по отношенію къ свойствамъ мусора, къ типу печи и къ общей цѣлесообразности уничтоженія мусора въ данныхъ условіяхъ сожиганіемъ.

Для показанія основныхъ частей устройства мусора сожигательной печи можетъ служить, на примѣръ, одинъ изъ распространенныхъ въ Англїи деструкторъ системы Горсфаль.

Деструкторъ этотъ изображенъ на чертежахъ 20 и 21. Надъ сводомъ топливника помѣщается большая камера, куда входятъ продукты горѣнія для болѣе полнаго разложенія. Выходы для газовъ, расположены на концѣ печи противоположномъ тому, изъ котораго мусоръ поступаетъ для сжиганія. Такимъ образомъ газы должны проходить самое жаркое мѣсто. Для увеличенія температуры примѣняется паровая искусственная тяга. Въ топливникѣ получается такая высокая температура, что внутри печь накаляется до бѣла.

Мусоръ подвозится подводами и сваливается рядомъ съ печами. Здѣсь имѣются дверки для питанія печей, которыя открываются на площадку, ведущую къ колосникамъ. Въ концѣ колосниковъ до-

мѣщена дверка для шлаковъ и переработки мусора во время сжиганія. За площадкой, принимающей мусоръ и наклоненной книзу, колосники, составляющіе ея продолженіе, устроены также съ общимъ уклономъ книзу для облегченія переработки мусора и отдѣленія шлаковъ. Камера, имѣющаяся надъ топливникомъ, отдѣлена отъ него сводомъ изъ огнеупорнаго кирпича, а для прохода газовъ оставлены небольшія отверстія въ сводѣ. Деструкторъ долженъ пережигать всѣ органическіе остатки и мусоръ и превращать ихъ въ газы безъ запаха, безцвѣтные и состоящіе только изъ углекислаго газа, перемѣшаннаго съ воздухомъ и парами воды. Когда сбрасывается мусоръ на площадку въ печь, сейчасъ же начинаютъ выдѣляться газы, и эти газы проходятъ чрезъ огонь и затѣмъ чрезъ отверстія въ сводѣ въ камеру, накаленную до-бѣла. Такимъ образомъ въ этомъ деструкторѣ газы, являющія продуктами разложенія мусора, совершенно пережигаются.

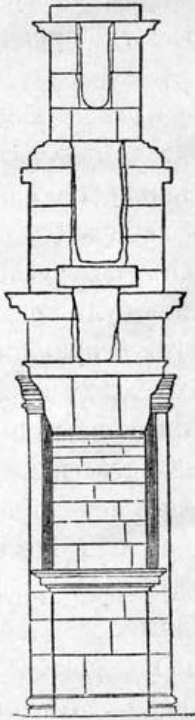
Слѣдуетъ повидимому придавать большую важность имѣющейся въ описанной печи внутренней приѣмной площадкѣ, такъ какъ мусоръ здѣсь совершенно высушивается до поступленія на колосники. Вредные газы такимъ образомъ во время сушки выдѣляются медленно и поэтому совершенно пережигаются, а мусоръ, поступающій на колосники, лучше и болѣе равномерно сжигается, потому что онъ уже сухой. Вообще представляется нераціональнымъ жечь мокрый мусоръ, какъ это дѣлается въ нѣкоторыхъ иныхъ деструкторахъ.

Во многихъ городахъ Россіи мы находимся въ отношеніи уборки мусора и грязи въ совершенномъ младенествѣ.

Какія бы мѣры ни были приняты для полнаго и быстрого удаленія твердыхъ отбросовъ, фактически невозможно достигнуть того, чтобы на городскихъ улицахъ не оставалась хотя бы малая часть этихъ отбросовъ. Правда, изъ этихъ остатковъ часть опять удаляется при метеніи улицъ, смывается дождями и уносится въ водостоки. Но нѣкоторая доля этихъ твердыхъ нечистотъ все таки остается, и эти остатки, обращаясь въ жидкую грязь, пропитываютъ верхній слой почвы и скоро совершенно загрязняютъ его, если онъ не хорошо защищенъ отъ проникновенія въ него органическихъ веществъ, соотвѣтственно одеждою.

Городскія улицы обдѣлываются въ видѣ шоссе, мостовыхъ, тротуаровъ—различною одеждою, соотвѣтствующею потребностямъ дви-

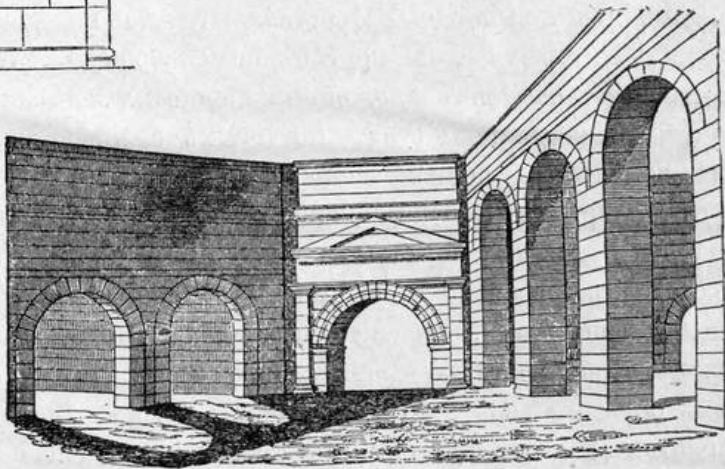
Водопроводные мосты древних Римлянъ.



Водоснабженіе города Рима.

Черт. 47. Поперечный разрѣзь моста-акведука
водопроводовъ Julia, Terula и Marcia.

Всѣ эти три водопровода получали воду изъ разныхъ источниковъ. Вода была разнаго качества. У города три водопровода сходились на общемъ мостѣ-акведука. Разныя воды текли другъ надъ другомъ въ отдѣльныхъ каналахъ. Чтобы предупредить просачиваніе воды изъ верхнихъ каналовъ въ нижніе, принимались особыя мѣры. Дно каждого канала было изъ цѣльнаго камня, задѣланнаго краями въ кладку. Сверхъ камня былъ положенъ слой черепицы и цемента. Каждый каналъ былъ доступенъ осмотру при помощи особыхъ входныхъ отверстій. Такой осмотръ регулярно производился особыми суб-инженерами, которые были обязаны постоянно доносить о состояніи сооружений (Cresy).



Черт. 48.

**Видъ соединенія римскихъ водопроводовъ Julia, Terula и Marcia
въ одинъ общій акведукъ.**

женія Эти способы обдѣлки въ большинствѣ случаевъ удовлетворяютъ указаннымъ выше санитарнымъ условіямъ, но не всѣ они въ одинаковой степени совершенны.

Нѣкоторыя обдѣлки совсѣмъ непроницаемы, напримѣръ *асфальтовые и цементныя*, и вполнѣ защищаютъ грунтъ отъ проникновенія въ него органическихъ остатковъ.

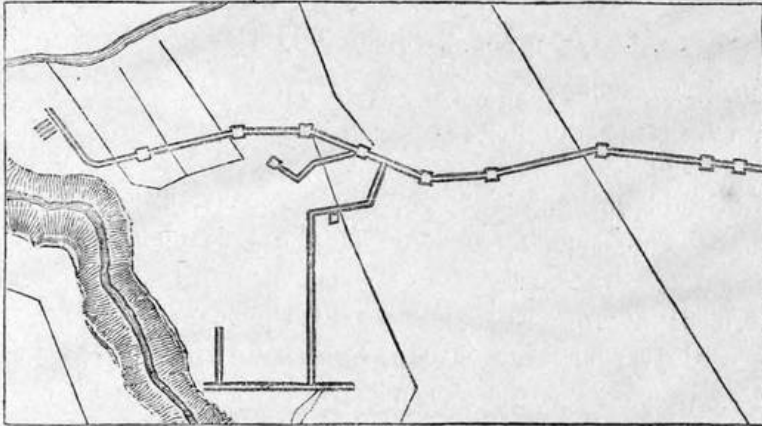
Менѣе совершенны другіе способы устройство одежды изъ непроницаемыхъ матеріаловъ, соединенныхъ, однако, такимъ образомъ, что между ними остается большое или меньшее количество швовъ. Въ послѣдніе, при нѣкоторыхъ условіяхъ, можетъ забираться вода, содержащая органическія примѣси, которыя затѣмъ подвергаются разложенію. Къ этой категоріи одежда принадлежитъ булыжная мостовая, которая при обыкновенныхъ условіяхъ почти непроницаема но послѣ большихъ дождей песчаный слой въ швахъ между камнями иногда оказывается размытымъ или швы эти растрескиваются при внезапной оттепели. То же неудобство представляетъ каменная одежда въ видѣ шоссеинаго слоя, хотя и въ меньшей степени, такъ какъ, въ шоссеинной корѣ отдѣльные камешки или щебенки со всѣхъ сторонъ облѣплены пескомъ и швы между ними распределены по всѣмъ направленіямъ и чрезвычайно малы.

Наконецъ, нѣкоторыя одежды состоятъ изъ матеріаловъ, непроницаемость которыхъ сама по себѣ не совершенна. Къ этому разряду относятся *досчатые тротуары и торцовыя мостовыя*. Даже въ томъ случаѣ, когда швы этихъ мостовыхъ заливаются асфальтомъ или цементомъ, полная непроницаемость не можетъ быть достигнута по причинѣ гигроскопичности и недостаточной долговѣчности самага дерева. Неудивительно поэтому, что верхній слой такой мостовой, въ особенности на выбоинахъ, пропитывается иногда гнилостными веществами, что несомнѣнно должно вызывать неудобства, въ особенности во время жаровъ.

Такимъ образомъ, изъ всѣхъ способовъ, которые перечислены, наиболѣе отвѣчающихъ санитарнымъ требованіямъ способомъ мощенія улицъ должно признать способъ *мощенія асфальтомъ*. Имъ вымощены уже многія улицы городовъ, наиболѣе подвинувшихся впередъ въ санитарномъ отношеніи, каковы, напр. Лондонъ, Парижъ и Берлинъ. Асфальтъ представляетъ непроницаемую оболочку улицъ, препятствуетъ нечистотамъ скопляться на поверхности ихъ и

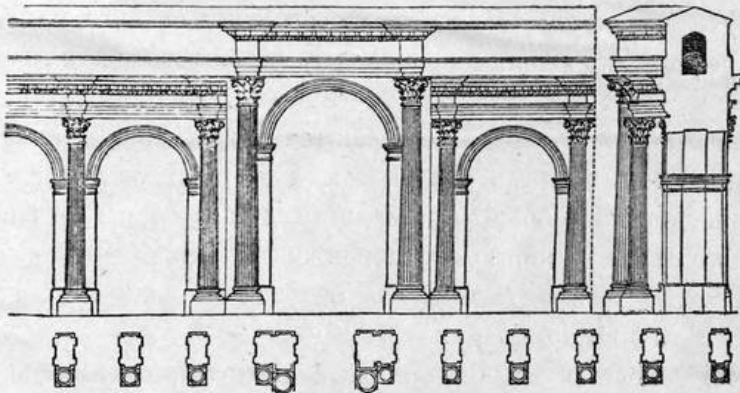
Водопроводные мосты древнихъ Римлянъ.

Водоснабженіе города Рима.



Черт. 49.

Планъ водопровода Virgo, устроеннаго въ 21 году до Р. Х. Онъ имѣлъ отстойный бассейнъ, покрытый сводами (черт. 95 --97). Его аркады (черт. 50) отличались большой красотой и богатствомъ украшеній (Cresy).



Черт. 50 и 51.

Фасадъ разрѣзь моста римскаго водопровода Virgo (водопроводный каналъ покрытъ на разрѣзѣ черной краской).

облегчаетъ удаленіе ихъ въ уличные водостоки. Кромѣ того, асфальтъ сохраняетъ почву города въ чистотѣ, не пропуская въ нее нечистоты. Мощеніе асфальтомъ даетъ притомъ очень гладкую поверхность мостовой и уменьшаетъ механическую трату силъ людей и животныхъ для перевозки и переноски тяжести.

§ 6. Дренажъ почвы.

Дурнымъ условіемъ для санитарнаго состоянія города является, вообще, существованіе подъ землею слоя грунтовыхъ водъ на *небольшой* глубинѣ.

Всѣ жидкія нечистоты, проникшія въ почву, вмѣсто того, чтобы просачиваться дальше, постепенно подвергаясь полному измѣненію, задерживаются стоячимъ слоемъ подпочвенныхъ водъ и загрязняютъ его. При этихъ условіяхъ у обывателей чаще всего является поползновеніе устраивать бездонные выгребы для спуска нечистотъ въ слой подземной воды, чтобы избѣгнуть расходовъ на очистку, и самыя строгія правила и бдительный надзоръ не въ состояніи совершенно прекратить подобныя, вредныя для общественнаго здоровья, злоупотребленія. Затѣмъ, малѣйшее разстройство и нарушеніе непроницаемости имѣющихъ дно выгребовъ, водостоковъ и пр. немедленно отражается загрязненіемъ подпочвеннаго слоя.

Уровень грунтовыхъ водъ измѣняется въ зависимости отъ времени года, количества осадковъ и состоянія сухости или сырости атмосферы; эти измѣненія вообще, какъ было указано, имѣютъ вредное вліяніе, съ точки зрѣнія санитарныхъ условій, потому что съ пониженіемъ уровня воды обнажаются загрязненные слои почвы, гніеніе въ которыхъ тогда ускоряется, а съ поднятіемъ уровня воды она приноситъ съ собою въ верхніе слои причины разложенія и зараженія. Весьма часто эти перемѣщенія уровня подпочвенныхъ водъ непосредственно вызываютъ болѣзни и эпидеміи, какъ объ этомъ уже упомянуто въ § 2.

Древніе знали о вредномъ вліяніи подпочвенныхъ водъ. Знаменитый римскій техническій писатель Витрувій, о которомъ мы подробно скажемъ далѣе, говоритъ о нихъ и совѣтуетъ бороться съ ними помощью *дренажа*.

Дѣйствительно, часто оказывается весьма полезнымъ понизить уровень грунтовыхъ водъ или дать имъ стокъ. Застоявшаяся вода

тогда приобретает подвижность и при возобновленіи ея въ почву переходит нѣкоторое количество кислорода, который облегчаетъ процессъ постепенной переработки органическихъ веществъ.

Но до настоящаго времени случаи примѣненія дренажа въ городахъ еще весьма малочисленны. Въ нѣкоторыхъ довольно рѣдкихъ случаяхъ, при устройствѣ водостоконъ укладывали также дренажныя трубы, преимущественно въ тѣхъ же выемкахъ, рядомъ съ самыми водосточными трубами, или подъ ними, но безъ всякаго съ ними сообщенія. Это было сдѣлано, напримѣръ, въ Данцигѣ, въ нѣкоторыхъ участкахъ Мюнхена и въ различныхъ городахъ Англіи и Америки. Многочисленными наблюденіями установленъ фактъ весьма благопріятнаго вліянія дренажа на общественное здоровье: послѣ устройства его замѣчалось уменьшеніе числа заболѣваній чахоткою, тифозною горячкою, воспаленіемъ легкихъ и другими подобными болѣзнями.

§ 7. Водоснабженіе и водоудаленіе.

Явное вліяніе воды на благополучіе человѣческаго тѣла придаетъ ей совершенно особую важность. Вода является необходимымъ проводникомъ новыхъ элементовъ, которые она доставляетъ организму, пробѣгая по всѣмъ частямъ его, затѣмъ она же уноситъ съ собою вещества, которыя не были усвоены организмомъ или выдѣляются различными его органами. Отсюда ясно вытекаетъ необходимость выбора для питья, по возможности, самой чистой воды. Это требованіе столь просто и естественно, что всѣми понимается какъ бы инстинктивно, и во всѣ времена, у всѣхъ народовъ, считалось такою безспорною истиной, противъ которой немислимо было бы возражать.

Результаты новѣйшей науки подтвердили самымъ положительнымъ образомъ, что вода, употребляемая для питья, имѣетъ громадное значеніе въ санитарномъ отношеніи.

Рядомъ съ заботами о доставленіи городскимъ жителямъ хорошей воды для питья, должно заботиться, какъ разъяснено выше, объ оздоровленіи самаго города, и въ числѣ всѣхъ дѣятелей, которыми можно пользоваться для достиженія этой цѣли, наиболѣе видная роль принадлежитъ опять-таки водѣ. Дождь очищаетъ атмосферу, отнимая отъ воздуха часть накопившихся въ немъ вредныхъ при-

мѣсей. Затѣмъ, протекая по землѣ, на крышахъ и пр., дождевая вода увлекаетъ съ собою пыль и всякія другія мелкія частицы. Но дождь не можетъ освободить городскія улицы отъ всѣхъ нечистотъ, накопившихся въ разныхъ мѣстахъ. Для удаленія подобнаго рода частиць мусора и грязи, которыя не могли быть смыты дождемъ или сметены вѣтромъ, необходимо прибѣгнуть къ искусственному воспроизведенію дождя, употребляя поливку и періодическую промывку улицъ, для чего необходимо имѣть обильное количество воды.

Къ этимъ главнымъ заботамъ — снабженію водою для питья и оздоровленію при помощи воды—присоединяется еще рядъ другихъ задачъ, которыя составляютъ необходимое условіе человѣческой жизни и общественнаго здоровья: таковы доставленіе воды для домашняго употребленія, для варки пищи, для стирки и мытья всякаго рода, для бань, и пр. и пр.

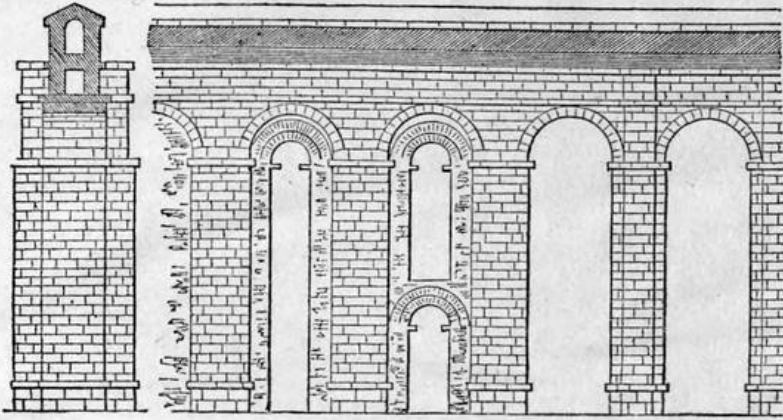
Вода, употребленная въ дѣло и содержащая различныя органическія примѣси, уже болѣе негодна къ употребленію, и, наоборотъ, присутствіе ея лишь вредно. Если ее оставить на мѣстѣ, то содержащіяся въ ней, въ видѣ раствора или мути, органическія вещества вскорѣ начнутъ разлагаться, распространяя дурной запахъ, вредныя испаренія и міазмы. Такая вода можетъ въ короткое время сдѣлаться серьезною причиною болѣзни. Поэтому необходимо заботиться о возможно быстромъ удаленіи этой воды, облегчая ей стокъ по поверхности земли или черезъ подземные каналы. Необходимо освободить отъ этой воды какъ жилища, такъ и улицы и отвести ее въ возможно короткое время на такое разстояніе, чтобы разложеніе содержащихся въ ней органическихъ веществъ не могло имѣть вреднаго вліянія на здоровье населенія города.

Однако, этого еще недостаточно; слѣдуетъ опасаться, что загрязненная вода, стекая по естественному склону мѣстности, принесетъ заразу въ нѣкоторыя сосѣднія, ниже расположенныя мѣстности раньше, чѣмъ естественные дѣятели освободятъ ее отъ содержащихся въ ней органическихъ веществъ и совершенно ее очистятъ. Поэтому можетъ оказаться необходимою *очистка* отработавшей воды искусственными способами.

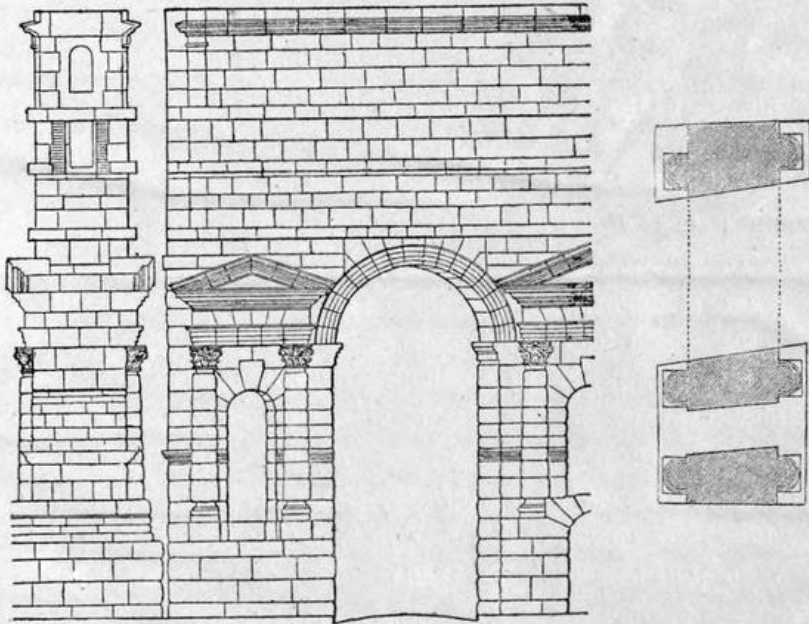
Краткій обзоръ разнообразной дѣятельности воды въ городскихъ поселеніяхъ даетъ возможность усмотрѣть выдающуюся важность ея для дѣла охраненія народнаго здравія. Отсюда легко понять

Водопроводные мосты древнихъ Римлянъ.

Водоснабженіе города Рима.



Черт. 52 и 53.—Общій водопроводный мостъ Aqua Anio Vetus и Aqua Claudia.
Часть фасада и разръзъ (Cresy).



Черт. 56.

Черт. 54, 55 и 56.—Общій водопроводный мостъ Aqua Claudia и Aqua
Anio Novus. (Часть фасада, разръзъ и часть плана).

громадное значеніе всего того, что касается доставленія воды въ города и снабженія ею жителей, а также отведенія ея и очистки.

Вода, являющаяся элементомъ питанія и дѣятелемъ для охраны здоровья, естественнымъ проводникомъ пищи и въ то же время— вредныхъ зародышей и всякаго рода выдѣленій,—должна, безъ сомнѣнія, въ ряду другихъ необходимыхъ для жизни элементовъ, прежде всего привлекать къ себѣ вниманіе обитателей городовъ.

Дѣйствительно, въ городахъ пока еще весьма рѣдко производятся работы, направленныя къ очисткѣ воздуха и оздоровленію почвы. Въ этомъ отношеніи чаще всего ограничиваются примѣненіемъ лишь нѣкоторыхъ полицейскихъ и административныхъ мѣръ, имѣющихъ цѣлью предупрежденія порчи воздуха и зараженія почвы. Если иногда для этой цѣли и производятся какія-нибудь работы, то большею частью лишь вслѣдствіе исключительныхъ обстоятельствъ, причемъ обыкновенно эти работы являются вспомогательными въ ряду болѣе важныхъ работъ другого характера.

Загѣмъ, способъ устройства дорожной одежды главнымъ образомъ примѣняется такой, который можетъ доставить наибольше удобствъ для движенія экипажей.

Разсадка деревьевъ, полезная въ санитарномъ отношеніи, производится главнымъ образомъ для украшенія города и доставленія пріятнаго отдыха жителямъ. Вентиляцію какого-либо зданія, сообразно его назначенію, устраиваютъ часто не при самой постройкѣ, а впоследствии, когда опытъ выяснитъ нѣкоторые недостатки или неудобства, получающіеся вслѣдствіе недостатка чистаго воздуха. Наконецъ, дренажъ подпочвеннаго слоя подъ существующими жилищами предпринимается лишь въ чрезвычайныхъ случаяхъ, въ силу какихъ-либо настоятельныхъ для этого мотивовъ.

Но нельзя себѣ вообразить какой-либо изъ болѣе значительныхъ благоустроенныхъ современныхъ городовъ безъ *водоснабженія*; доставляющаго ко всѣмъ пунктамъ города необходимое количество воды для всякаго рода употребленія, для питья, мытья и другихъ хозяйственныхъ и гигиеническихъ потребностей,—и безъ *канализаціонной сѣти*, назначенной для удобнаго и быстрого удаленія воды, загрязненной органическими веществами.

§ 8. Кругообращеніе воды въ городѣ.

Итакъ, съ одной стороны, общественное здравіе требуетъ, чтобы всѣмъ жителямъ города, въ какой бы части его они ни жили, доставлялась вода возможно лучшаго качества и въ такомъ количествѣ, которое во всякое время удовлетворяло бы всѣмъ ихъ потребностямъ; съ другой стороны, въ силу тѣхъ же требованій общественнаго здравія, необходимо, чтобы загрязненная различными вредными примѣсями и органическими веществами вода немедленно удалялась изъ домовъ, а затѣмъ возможно скорѣе была бы отведена на дальнее разстояніе отъ черты города.

Поэтому приходится установить въ городахъ родъ *непрерывнаго кругообращенія* или циркуляціи воды, и эта система кругообращенія можетъ считаться однимъ изъ необходимыхъ условій жизни, однимъ изъ наиболѣе важныхъ правилъ гигиены.

Для этого требуется, чтобы чистая вода, доставляясь въ достаточномъ количествѣ каждому городу, непрерывно притекала въ различные его участки и распредѣлялась по всѣмъ домамъ и квартирамъ. Въ то же время отработавшая, загрязненная вода должна находить во всякомъ помѣщеніи выходное устье, черезъ которое она вытекала бы и, соединяясь съ грязными водами изъ сосѣднихъ обитаемыхъ помѣщеній, постепенно сливалась съ водой, притекающей изъ другихъ участковъ города, чтобы, наконецъ, общемою массою излиться въ такое мѣсто, гдѣ она уже не можетъ причинить вреда.

Легко понять, что подобная полная система циркуляціи требуетъ сложныхъ и разнообразныхъ устройствъ, изъ которыхъ одни должны собирать воду изъ источниковъ водоснабженія, проводить ее и непрерывно собирать въ назначенныхъ для этого мѣстахъ для образованія необходимаго запаса; другія устройства должны быть назначены для распредѣленія воды, сначала по отдѣльнымъ участкамъ, а затѣмъ по развѣтвляющимся все болѣе и болѣе мелкимъ проводамъ, идущимъ къ безчисленнымъ отверстіямъ, откуда она разбирается для употребленія; наконецъ, еще одинъ рядъ устройствъ долженъ собирать грязныя воды во всѣхъ мѣстахъ, гдѣ онѣ образуются, затѣмъ отводить ихъ помощью отдѣльныхъ трубъ, образующихъ

систему послѣдовательно соединяющихся и увеличивающихся проводовъ и приводящихъ въ концѣ концовъ всю отработавшую воду въ водостокъ большаго сѣченія, который и выводитъ ее за предѣлы города.

Часто сравниваютъ эту систему циркуляціи воды въ городахъ съ движеніемъ крови въ организмѣ животнаго.

Какъ въ одномъ, такъ и въ другомъ случаѣ, жизненная жидкость протекаетъ и распредѣляется по сложной системѣ каналовъ, развѣтвленій и сосудовъ все меньшаго и меньшаго діаметра и, наконецъ, черезъ мельчайшія трубки достигаетъ тѣхъ пунктовъ, гдѣ происходятъ превращенія, существенно необходимыя для правильнаго функционированія различныхъ частей организма. Затѣмъ, отслуживши своему назначенію, измѣнившись въ составѣ, вслѣдствіе употребленія въ дѣло, принявши въ себя бесполезныя или вредныя вещества, выдѣляемая тѣмъ самымъ организмомъ, которому она принесла жизнь, эта же жидкость, продолжая свое движеніе, переходитъ въ рядъ другихъ каналовъ, сначала весьма узкихъ и многочисленныхъ, а затѣмъ все болѣе и болѣе расширяющихся и объединяющихся въ небольшое число проводовъ, и, наконецъ, изливается въ общіе отводные стволы, которые приводятъ ее въ соприкосновеніе съ естественными дѣятелями, имѣющими назначеніе оживлять ее для новаго употребленія.

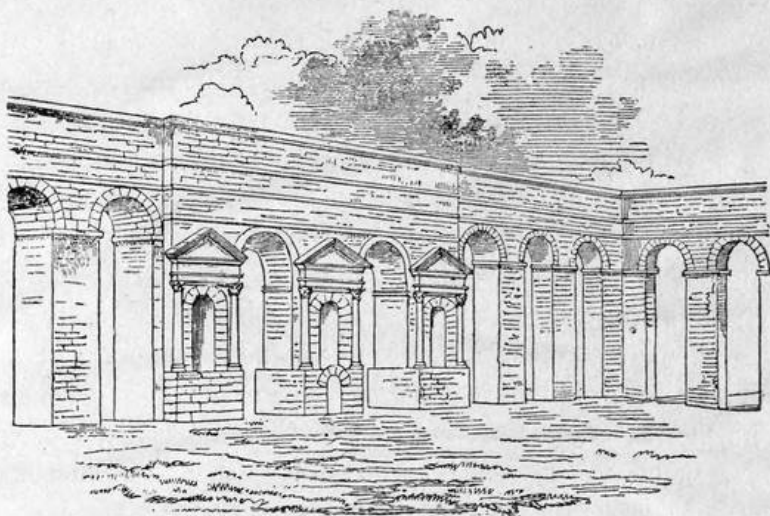
Водоснабженіе и сѣтъ водопроводовъ соотвѣтствуютъ *системѣ артерій*; водосточныя трубы, отводные каналы и коллекторы — *системѣ венъ*.

§ 9. Водоснабженіе двойное и одиночное.

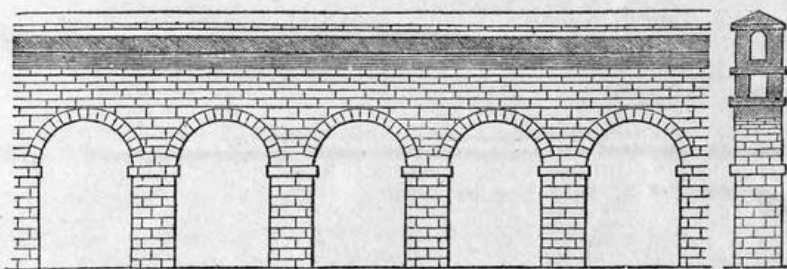
Сначала человѣкъ употреблялъ воду только для утоленія жажды; онъ нуждался въ небольшомъ количествѣ ея и былъ не всегда разборчивъ относительно ея качества. Затѣмъ постепенно развивается потребность къ опрятности; человѣкъ при этомъ употребляетъ больше воды, которую онъ хочетъ имѣть свѣжею и чистою. Впослѣдствіи онъ научается пользоваться водою для разнообразныхъ потребностей, начиная съ мытья одежды до примѣненія энергіи воды въ качествѣ движущей силы. Съ каждымъ шагомъ впередъ человѣческой промышленности открывается новый способъ употребленія воды до того момента, когда она дѣлается необходимымъ элементомъ въ домахъ, на

Водопроводные мосты древнихъ Римлянъ.

Водоснабженіе города Рима.



Черт. 57. — Общій мостъ водопроводовъ Aqua Claudia и Aqua Anio Novus. (См. черт. 54 — 56).



Черт. 58 и 59. — Часть фасада и разръзъ римскаго акведука Claudia и Anio Novus. На немъ сходились два различныхъ водопровода, вода коихъ не смѣшивалась, будучи разнаго качества. Общая длина водопровода Claudia (начать 481 г. по основаніи Рима) была 46406 римск. шаг., изъ коихъ 36230 — подъ землей и 10186 на аркадахъ; длина Anio Novus была 58700 рим. шаг., изъ нихъ 49300 — подъ землей, 9300 на поверхности и 6491 на аркадахъ (ср. съ данными таблицы № 1). Нѣкоторыя изъ послѣднихъ имѣли болѣе 100 ф. вышины. Прежде чѣмъ войти въ акведукъ вода рѣки Anio Novus отстаивалась въ особомъ резервуарѣ (Cresy).

улицахъ, въ фабрикахъ, и, наконецъ, превращается въ одно изъ наиболѣе драгоцѣнныхъ средствъ къ охраненію общественнаго здравія.

Въ современныхъ городахъ водоснабженіе должно удовлетворять такимъ образомъ весьма различнымъ и многообразнымъ потребностямъ.

На первомъ мѣстѣ слѣдуетъ поставить снабженіе водою для *домашняго употребленія*, причемъ наиболѣе важна вода, употребляемая для *питья*. Есть мѣстности, гдѣ пьютъ мало воды: въ сѣверныхъ странахъ, напримѣръ, обыкновенное питье составляетъ пиво, сидръ и другія жидкости, получаемыя посредствомъ броженія, такъ что въ этихъ краяхъ относительно мало придають значенія вкусу, свѣжести и чистотѣ воды для питья. Въ другихъ мѣстахъ, а въ особенности въ южныхъ краяхъ, вода, напротивъ, есть обыкновенный напитокъ, и поэтому качества ея весьма высоко цѣнятся. Но повсюду вода употребляется для мытья тѣла, для варки пици и различныхъ относящихся къ этому потребностей, для стирки бѣлья, для содержанія въ чистотѣ комнатъ, для чистки дворовъ и пр.; затѣмъ идетъ водопой домашнихъ животныхъ, поливка садовъ и огородовъ и пр. Наконецъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ въ домахъ водою пользуются, какъ движущею силою, и въ этомъ отношеніи наиболѣе извѣстнымъ примѣромъ могутъ служить гидравлическія подъемныя машины, которыя въ послѣдніе годы распространяются въ большихъ городахъ.

Въ то же время водоснабженіе должно удовлетворять разнообразнымъ *общественнымъ нуждамъ*. Водою изъ водопроводовъ пользуются для санитарныхъ цѣлей—поливки и очистки улицъ, промывки водосточныхъ канавъ и пр., для украшенія и освѣженія мѣстъ отведенныхъ для прогулокъ—поливки растеній, питанія фонтановъ, а также, въ интересахъ безопасности—для тушенія пожаровъ.

Затѣмъ слѣдуютъ различныя *промышленныя потребности*, столь разнообразныя, что ихъ невозможно перечислить даже приблизительно: нѣтъ ни одной мастерской, въ которой вода не играла бы важной роли, ни одной фабрики, гдѣ бы она не примѣнялась.

Изъ приведеннаго выше краткаго разсмотрѣнія разнообразныхъ назначеній воды вытекаетъ, что случаи пользованія ею можно раздѣлить на двѣ различныя категоріи.

Въ однихъ случаяхъ вода непосредственно или посредственно приводится въ соприкосновеніе съ нашими органами и при этихъ

Водопроводы древнихъ Римлянъ.

Водоснабженіе города Рима.

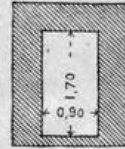
Поперечныя сѣченія акведуковъ.



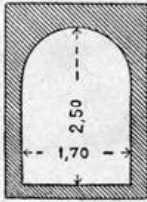
Черт. 60. — Appia.



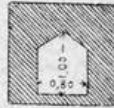
Черт. 61. — Anio vetus.



Черт. 62. — Marcia.



Черт. 63. — Marcia
(у источника).



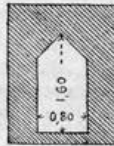
Черт. 64. — Tepula.



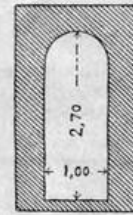
Черт. 65. — Julia.



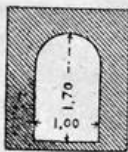
Черт. 66. — Virgo.



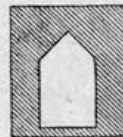
Черт. 67. — Augusta.



Черт. 68. — Anio novus.



Черт. 69. —
Felice.



Черт. 70. —
Hadriana.



Черт. 72. —
Severiana.

Черт. 71. —
Alexandrina.

условіяхъ заботы объ общественномъ здоровіи возлагають на насъ обязанность требовать, чтобы получаемая вода была совершенно чиста, такъ что возможность присутствія въ водѣ вредныхъ примѣсей не должна быть допущена.

Въ другихъ случаяхъ, гдѣ вода употребляется для мытья и вообще очистки всякаго рода, а также для другихъ цѣлей, съ примѣненіемъ нагрѣванія или химическихъ дѣйствій, абсолютная чистота воды не составляетъ необходимости. Изъ этого не слѣдуетъ, что мы должны отказаться отъ стремленія достать для указанныхъ цѣлей по возможности наиболѣе чистую воду, такъ какъ для нѣкоторыхъ промышленныхъ цѣлей въ этомъ отношеніи существуютъ весьма серьезныя требованія. Такъ, напримѣръ, для питанія паровыхъ котловъ заслуживаетъ предпочтенія вода, содержащая наименьшее количество солей; но родъ микробовъ, которые могутъ содержаться въ этой водѣ, для насъ безразличенъ. Вообще для удовлетворенія потребностей, относящихся ко второй категоріи, можно пользоваться встрѣчающеюся въ большинствѣ случаевъ, водою.

Такимъ образомъ, можно разсматривать воду, назначенную для снабженія города, съ двухъ точекъ зрѣнія, отличая ту воду, которая назначена къ употребленію для санитарныхъ цѣлей въ тѣсномъ смыслѣ слова, причемъ качество ея безусловно должно имѣть вліяніе на общественное здоровье, отъ той воды, которая назначена для употребленія съ другими цѣлями, причемъ чистота ея гораздо менѣе важна, чѣмъ количество.

Съ одной стороны нужна вода *для питья*, беря это слово въ весьма широкомъ смыслѣ, съ другой стороны—вода для мытья и другихъ подобныхъ примѣненій, или *вода для промышленныхъ цѣлей*. Въ Германіи эти два разряда воды получили различныя названія, нынѣ общепринятыя, Trinkwasser—вода для питья, и Nutzwasser—вода для промышленнаго употребленія.

Совокупность всѣхъ устройствъ, назначенныхъ для доставленія необходимой воды для частныхъ, общественныхъ и промышленныхъ потребностей цѣлой группы жилищъ, чаще всего—цѣлаго города или нѣсколькихъ сосѣднихъ поселеній, а въ болѣе рѣдкихъ случаяхъ—отдѣльной части какого-нибудь города, называется *водопроводомъ*.

Выборъ источника, изъ котораго заимствуется вода, и общее

расположеніе необходимыхъ сооружений должны быть проектированы такъ, чтобы по возможности удовлетворить наилучшимъ образомъ всѣмъ главнымъ требованіямъ. Если, какъ это часто бываетъ, всѣ поставленныя условія не могутъ быть одновременно удовлетворены въ самой полной мѣрѣ, тогда необходимо съ точностью опредѣлить тѣ условія, которыя имѣютъ наибольшее значеніе и непременно должны быть выполнены, безъ чрезмѣрнаго ущерба для тѣхъ или другихъ поставленныхъ требованій. Соотвѣтственно этимъ заданіямъ составляется проектъ и исполняются работы.

Иногда по санитарнымъ соображеніямъ приходится совершенно отказаться отъ такого проекта, который былъ бы превосходенъ во всѣхъ другихъ отношеніяхъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ необходимо рѣшиться на самыя тяжелыя денежныя жертвы для предотвращенія санитарныхъ неудобствъ, если существуетъ опасность, что непринятіе своевременныхъ мѣръ можетъ повлечь за собою вредъ для общественнаго здоровья. Иногда наоборотъ приходится мириться съ нѣкоторыми неудобствами, не быть даже, особенно щепетильнымъ въ требованіяхъ относительно абсолютной чистоты воды и т. п. напр., когда дѣло идетъ прежде всего о доставленіи въ достаточномъ количествѣ необходимой воды для промышленныхъ нуждъ.

Не смотря на разнообразіе потребностей и множество различныхъ условій, иногда совершенно противорѣчивыхъ, которыя представляются при устройствѣ водоснабженія, слѣдуетъ предпочитать вообще систему *одиночнаго водоснабженія*; одна и та же вода при этомъ служитъ для всѣхъ родовъ потребленія и доставляется всѣмъ жителямъ одною сѣтью водопроводовъ. Система эта заслуживаетъ предпочтенія по ея простотѣ, дешевизнѣ первоначальнаго устройства и эксплуатаціи и легкости содержанія. Въ особенности же она важна въ санитарномъ отношеніи, такъ при ней исключается возможность пользованія жителями для питья водой неудовлетворительнаго качества. Система одиночнаго водоснабженія оказывается единственною цѣлесообразною, когда дѣло идетъ о доставленіи воды поселенію небольшихъ или среднихъ размѣровъ, причемъ необходимо достигнуть этой цѣли возможно скорѣе и проще и не имѣется особыхъ препятствій для полученія достаточнаго количества воды удовлетворительнаго качества.

Но въ нѣкоторыхъ большихъ городахъ, гдѣ по разнообразію по-

требностей, нельзя удовлетворить ихъ однимъ водопроводомъ и необходимо пользоваться нѣсколькими отдѣльными водопроводами, равно и въ тѣхъ поселеніяхъ, гдѣ часть воды уже доставляется существующими водопроводами, но вслѣдствіе развитія города настала необходимость обратиться къ дополнительному водоснабженію, а также во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда вода, добываемая съ легкостью, отличается низкимъ качествомъ, или когда получение чистой воды обходится очень дорого, приходится обращаться къ системѣ *двойнаго водоснабженія*, т. е. устраивать двѣ отдѣльныя полныя и параллельныя сѣти трубъ, изъ которыхъ одна доставляетъ чистую воду, назначенную для питья и употребленія въ домашнемъ хозяйствѣ, а другая менѣе доброкачественную воду для мытья, для снабженія фонтановъ, поливки улицъ и другихъ городскихъ потребностей, а также для промышленныхъ цѣлей. Это раздѣленіе устройствъ, конечно, усложняетъ дѣло и затрудняетъ эксплуатацію, но тѣмъ не менѣе оно можетъ оказаться иногда весьма выгоднымъ. Принципъ этого раздѣленія является, впрочемъ, естественнымъ слѣдствіемъ указаннаго выше различія между двумя назначеніями воды, доставляемой водоснабженіемъ.

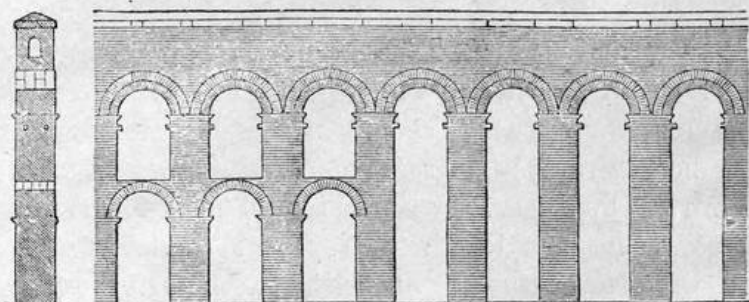
Выборъ между этими двумя системами, конечно, совершенно зависитъ отъ мѣстныхъ условій, и по этому предмету нельзя дать категорическихъ общихъ указаній. Въ каждомъ частномъ случаѣ, въ зависимости отъ мѣстныхъ обстоятельствъ и особыхъ требованій, необходимо рассмотретьъ предварительно различные способы рѣшенія поставленной задачи и затѣмъ, послѣ тщательнаго сравненія, выбрать тотъ способъ, который кажется наиболѣе подходящимъ.

Но примѣняя систему двойнаго водоснабженія, слѣдуетъ имѣть въ виду, что при ней неизбежно пользованіе нѣкоторыми частями населенія по небрежности, невниманію и др. причинамъ водой худшаго качества, а отсюда—возможность болѣе или менѣе серьезныхъ ааболѣваній, если вода втораго сорта заключаетъ въ себѣ болѣзнетворныя начала.

Двойная система водоснабженія не должна быть принимаема по этому иначе, какъ въ случаѣ весьма серьезно обоснованной необходимости.

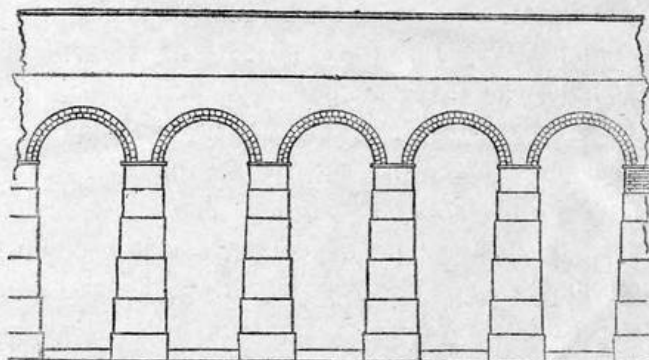
Водопроводные мосты древних Римлянъ.

Водоснабженіе города Рима.

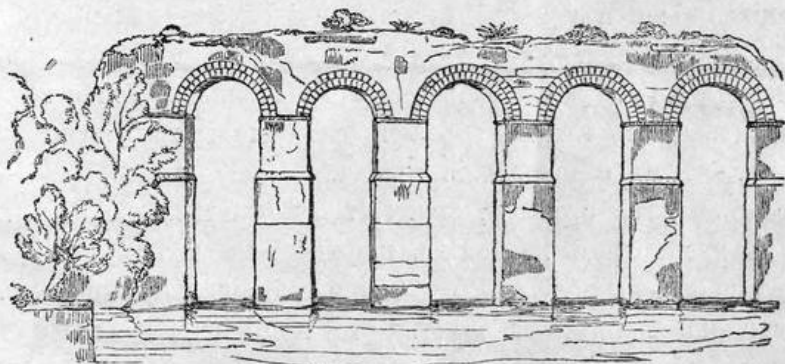


Черт. 73. — Фасадъ и разрѣзь водопроводнаго моста Alexandrina, построеннаго императоромъ Александромъ Северомъ въ III вѣкѣ до Р. X.

Водоснабженіе города Меца.



Черт. 74. — Фасадъ водопроводнаго моста въ Жоу.



Черт. 75. — Общій видъ водопроводнаго моста въ Жоу въ полуразр. состояніи. Мецскій водопроводъ Римлянъ имѣлъ въ длину 11373 туаза. Онъ доставлялъ городу воду ключей и пересѣкалъ р. Мозель мостомъ, представленнымъ на черт. 74 и 75 (Cresy).

§ 10. Задачи канализации городов.

Быстрое удаление грязных водъ, которыя неминуемо въ скоромъ времени стали бы вредными, есть необходимое продолженіе всякаго водоснабженія, къ *водоснабженію* должно присоединиться оздоровленіе при посредствѣ *водостоковъ* или *канализація* города, чтобы образовать тотъ кругооборотъ, ту непрерывную циркуляцію, о важномъ значеніи которой для оздоровленія городовъ сказано было выше.

Воды, употребленныя въ домашнемъ хозяйствѣ, *помои*, выпускаемые изъ домовъ воды, выпускаемая изъ фабрикъ, наконецъ, человѣческія изверженія—нечистоты изъ отхожихъ мѣсть и ватерклозетовъ, все это вмѣстѣ составляетъ *сточныя воды*, отъ которыхъ необходимо освобождаться съ наивозможно большею скоростью.

Къ этому количеству грязныхъ водъ, относительно небольшому и почти постоянному, слѣдуетъ прибавить весьма переменный притокъ *дождевыхъ водъ*. Дождевую воду часто собираютъ и употребляютъ для хозяйственныхъ цѣлей; но въ городахъ вода эта такъ загрязняется, что ее нельзя не считать вредною, и повсюду, гдѣ устроено водоснабженіе, скоро перестаютъ пользоваться дождевою водою и помышляютъ лишь о томъ, чтобы возможно скорѣе и легче отъ нея освободиться.

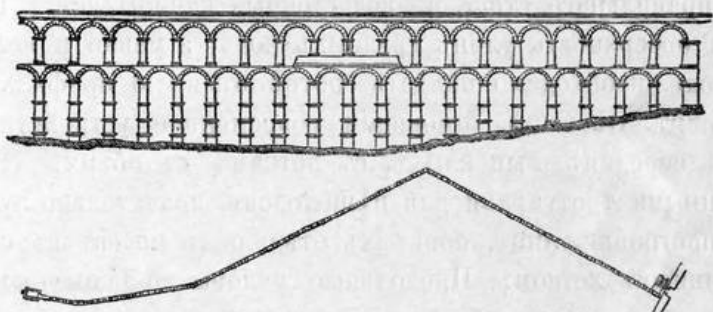
Обильный и продолжительный ливень совершенно смываетъ нечистоты съ поверхности улицъ и въ значительной мѣрѣ содѣйствуетъ очищенію ихъ; менѣе продолжительные и слабые дожди дополняютъ поливку, производятъ естественную промывку сточныхъ канавъ и облегчаютъ очистку всѣхъ каналовъ, назначенныхъ для отвода вредныхъ водъ. Дождь такимъ образомъ слѣдуетъ считать вспомогательнымъ средствомъ оздоровленія города.

Но, съ другой стороны, количество дождевыхъ водъ, выпадающихъ во время грозы на данной площади, на столько превосходитъ количество грязныхъ водъ, доставляемыхъ тою же площадью, даже въ густо населенныхъ городахъ, что при условіи отвода дождевыхъ водъ приходится придавать сооруженіямъ городской канализаціонной сѣти гораздо болѣе большіе размѣры, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда сѣть эта служила бы лишь для стока нечистотъ и водъ домашняго хозяйства. Такимъ образомъ, смотря по обстоятельствамъ, дождевыя

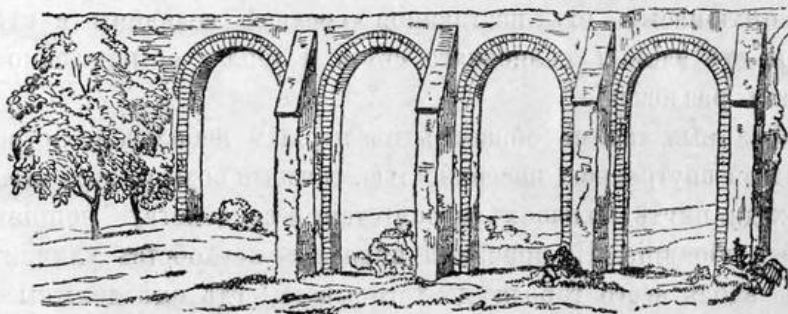
Водопроводные мосты древнихъ Римлянъ.



Черт. 76. — Водопроводный мостъ близъ Volsci (Этрурія). Время сооруженія точно неизвѣстно; его относятъ къ имперскому періоду.



Черт. 77. — Водопроводный мостъ въ Сеговіи (фасадъ и планъ). Построенъ Траяномъ. Кладка изъ отесанныхъ камней безъ раствора. Длина моста 2200 футъ. Высота до 190 футъ.



Черт. 78. — Водопроводный мостъ Esterelle близъ Монса. Его особенность контрфорсы у быковъ, вызванные сильными вѣтрами, дующими по долинь (Cresy).

воды могут играть роль весьма важнаго вспомогательнаго средства ассенизаціи или значительной для нея помѣхи.

Весьма часто, однако, стараются утилизировать дождевыя воды для ассенизаціи города и водосточную сѣть устраиваютъ такимъ образомъ, чтобы по каналамъ ея могли стекать одновременно всѣ грязныя воды вмѣстѣ съ дождевыми (обще-сплавная система).

Но въ послѣднее время, въ особенности въ Англіи и въ Америкѣ, удаляютъ отдѣльно дождевыя и отдѣльно домашнія воды вмѣстѣ съ нечистотами, устраивая для этого двѣ совершенно независимыя сѣти различнаго характера и состоящія изъ совершенно обособленныхъ сооружений; устройство подобной *раздѣльной системы* водостоковъ оправдывается при этомъ приведенными выше соображеніями о роли дождевыхъ водъ.

Для правильнаго стока въ водосточные каналы всѣхъ попадающихъ на поверхность улицъ грязныхъ водъ, а равно и всѣхъ дождевыхъ водъ, необходимо придать соответственную профиль поверхности улицъ. Въ этомъ отношеніи современное устройство мостовыхъ, въ серединѣ выпуклыхъ, съ лотками съ обѣихъ сторонъ и возвышенными тротуарами для пѣшеходовъ, значительно лучше старинной постройки улицъ, покатыхъ отъ обоихъ краевъ къ серединѣ, съ срединнымъ лоткомъ. Продольные уклоны должны быть достаточны, чтобы не могло образоваться застоя воды, и чтобы всѣ воды въ самое короткое время попадали въ ближайшія приѣмныя устья водосточной сѣти.

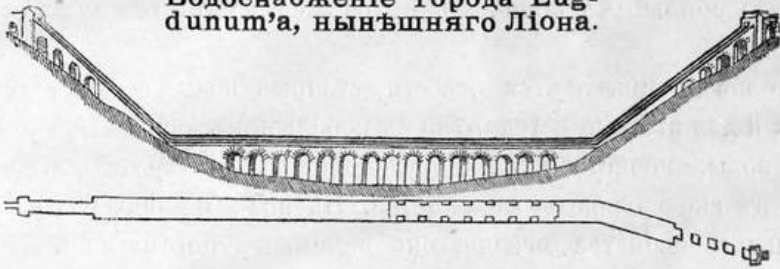
Здѣсь воды изливаются въ подземные каналы, гдѣ температура мало отклоняется отъ постоянной средней величины и гдѣ онѣ укрыты отъ вліянія солнечнаго свѣта и тепла, обыкновенно ускоряющихъ разложеніе.

Собранныя такимъ образомъ въ трубахъ небольшаго сѣченія и съ гладкой внутреннею поверхностью, грязныя воды быстро стекаютъ, не находя нигдѣ большихъ препятствій и не дѣйствуя непріятно на зрѣніе и обоняніе. Не причиняя никакихъ неудобствъ улицамъ, онѣ текутъ вдоль всего города до того мѣста, гдѣ онѣ должны изливаться, причемъ мѣсто это по возможности выбирается такимъ образомъ, чтобы сточныя воды здѣсь не могли уже имѣть вреднаго вліянія на общественное здоровье.

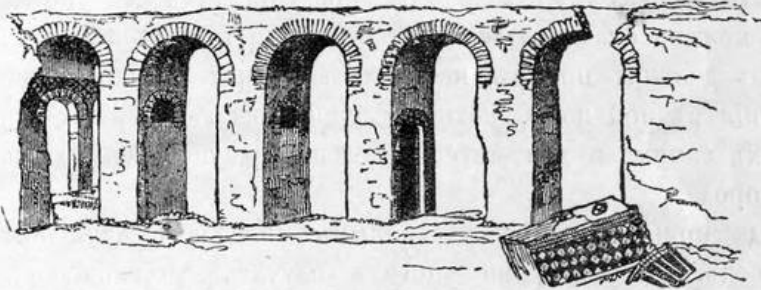
Дѣйствіе сѣти водостоковъ не всегда влечетъ за собою полное

Водопроводные мосты древних Римлян.

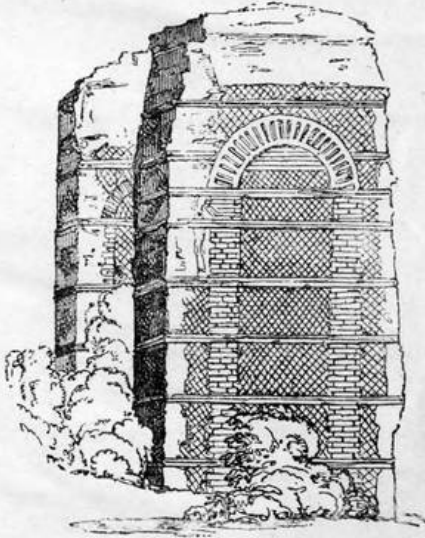
Водоснабжение города Lugdunum'a, нынѣшняго Лиона.



Черт. 79.—Фасадъ и планъ одного изъ мостовъ-сифоновъ водопровода Лиона.

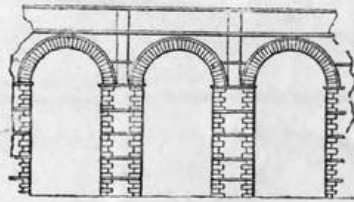


Черт. 80.— Видъ водопроводнаго моста St. Just въ Лионѣ.

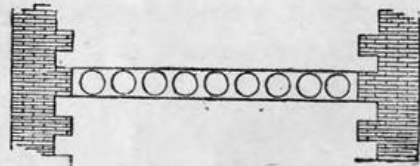


Черт. 81.— Современный видъ быковъ римскаго водопроводнаго моста въ Лионѣ.

Водоснабжение Lugdunum'a Римлянъ (нынѣшняго Лиона) представляетъ ту замѣчательную особенность, что въ немъ большая роль была отведена мостамъ-сифонамъ, по которымъ вода переходила черезъ долины, подъ напоромъ, при посредствѣ свинцовыхъ трубъ.



Черт. 82.— Фасадъ части водопроводнаго моста.



Черт. 83.— Деталь кладки быка.

оздоровленіе мѣстности. Чаще всего коллекторы впадаютъ въ рѣку, теченіе которой должно уносить все содержимое водостоковъ настолько далеко, чтобы всѣ вредныя составныя части уничтожались отъ смѣшенія съ обильнымъ количествомъ свѣжей воды и отъ естественнаго окисленія.

Но когда приходится отвести сточныя воды весьма большого города и для этого имѣется рѣка съ небольшимъ сравнительно расходомъ воды, нечистоты не могутъ вполне обезвредиться, и рѣка скоро въ свою очередь заражается. Въ водѣ ея образуются подозрительнаго свойства осадки, она начинаетъ портиться и дѣлается негодною для питья, рыба перестаетъ въ ней водиться, изъ нея выдѣляются зловонныя газы и пр.

Въ такихъ случаяхъ задача оздоровленія, какъ уже упомянуто въ § 7, не можетъ оканчиваться спускомъ нечистотъ въ рѣку, и жители городовъ должны принять необходимыя мѣры для предупрежденія зараженія рѣчной воды, которая скоро можетъ сдѣлаться вредною для нихъ самихъ и для жителей селеній, расположенныхъ по рѣкѣ ниже города.

Тогда прибѣгаютъ къ различнымъ способамъ *очищенія* сточныхъ водъ. Эта мѣра, во многихъ случаяхъ должна составлять естественное дополненіе всякой значительной системы оздоровленія городовъ.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Историческій обзоръ развитія санитарно-инженернаго дѣла.

СОДЕРЖАНІЕ: § 11. Древніе народы Африки, Азии и Америки.—§ 12. Древніе Греки.—§ 13. Римская эпоха.—§ 14. Средніе вѣка.—§ 15. Эпоха возрожденія.—§ 16. Семнадцатый вѣкъ.—§ 17. Восемнадцатый вѣкъ.—§ 18. Первая часть девятнадцатаго вѣка.—§ 19. Современная эпоха.

§ 11. Древніе народы Африки, Азии и Америки.

Забота объ общественномъ здоровьѣ занимала уже законодателей глубокой древности. Сознаніе, что здоровье есть общественное благо, подлежащее защитѣ общества или государства, явилось прежде, чѣмъ каждый членъ изъ развитаго чувства самосохраненія научился цѣнить здоровье для себя лично. Въ такомъ явленіи однако нѣтъ ничего страннаго, если принять во вниманіе, что еще и въ настоящее время, по словамъ Петтенкофера, относительно здоровья «всѣ мы поступаемъ, какъ расточительный наслѣдникъ богатыхъ родителей. Не зная настоящей цѣны здоровью, полученному по наслѣдству, мы издерживаемъ его безъ расчета, не заботясь о будущемъ. Только тогда узнаемъ цѣну этого богатства, тогда является у насъ желаніе его сохранить, когда мы изъ здоровыхъ превращаемся въ больныхъ» (проф. Хлопинъ). Благодаря такой непредусмотрительности отдѣльныхъ лицъ и благодаря особенностямъ общежитія, создаются общія указанная выше (§ 2) неблагоприятныя для здоровья условія, съ которыми не въ силахъ бороться отдѣльныя личности, т. е. загрязняются воздухъ, вода и пр. Вотъ почему на помощь отдѣльнымъ лицамъ для охраненія общественнаго здравія съ давнихъ временъ выступила принудительная власть государства. Слѣды такого

вмѣшательства мы находимъ уже у Египтянъ; но еще рѣзче и опредѣленнѣе оно выражено у Евреевъ.

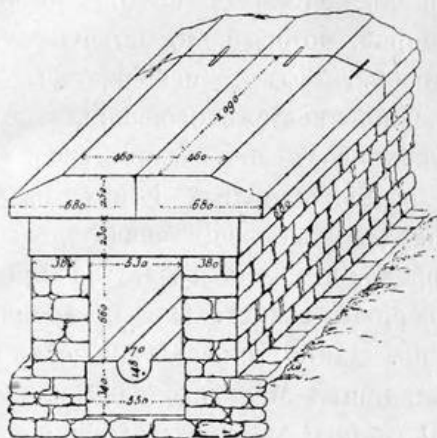
Оставшіеся до нашего времени памятники свидѣтельствуютъ, что многіе народы, съ самой глубокой древности, имѣли довольно высокое представленіе объ основныхъ законахъ общественнаго здравія. Почти повсюду существовали *въ видѣ религиозныхъ предписаній* правила, направленные собственно къ охранѣ общественнаго здравія, и цѣлый рядъ обычаевъ *релиознаго культа* назначенъ былъ для укрѣпленія и регламентаціи строгаго примѣненія подобныхъ правилъ. Заботы о чистотѣ тѣла, омовенія, купанія въ священныхъ водахъ предписаны всѣми древними религіями.

Источники и фонтаны поставлены были подъ особую охрану божества, и весьма часто храмы воздвигались въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ ключи пробиваются изъ-подъ земли. Дельфійскій оракуль, храмъ въ Геліополисѣ и Соломоновъ храмъ устроены были вблизи естественныхъ источниковъ.

Нѣтъ ни одного обитаемаго мѣста въ древнемъ мірѣ, имя котораго сохранено исторіею, гдѣ бы не находились слѣды специальныхъ устройствъ, и часто весьма значительныхъ, для доставленія воды годной для питья или же для отвода вредныхъ водъ. Иногда устройство этихъ сооруженій исполнялось въ такихъ грандіозныхъ размѣрахъ и съ такими условіями прочности и долговѣчности, что они пережили самые красивые, самые знаменитые памятники древней архитектуры и служатъ почти единственными указаніями мѣстъ исчезнувшей цивилизаціи. Таковы, на примѣръ, существующіе еще нынѣ колодцы въ Геліополисѣ и Эфесѣ, реставрированный Карѳагенскій акведукъ и мн. др.

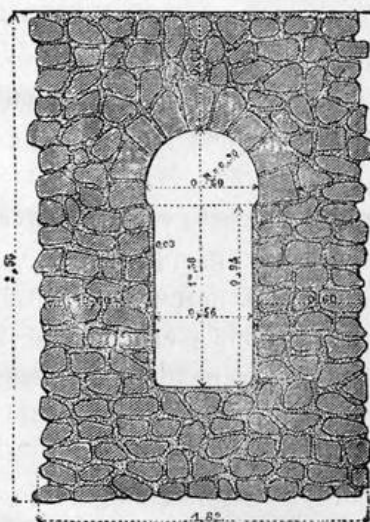
Египетъ и Месопотамія, колыбель нашей цивилизаціи, представляютъ собою страны съ теплымъ и сухимъ климатомъ, гдѣ дожди выпадаютъ не часто, а источники встрѣчаются рѣдко. Здѣсь необходимость въ водѣ давала себя чувствовать тѣмъ болѣе сильно, что средства для полученія ея были недостаточны. Поэтому изобрѣтательность человеческого ума въ этихъ странахъ весьма рано направлена была къ отысканію искусственныхъ способовъ для собиранія, подъема и сохраненія запасовъ воды для питья. Слѣды этихъ стремленій находятся повсюду. Письменные памятники всѣхъ эпохъ и историческіе факты доказываютъ важное значеніе, которое при-

Водопроводы древнихъ Римлянъ.



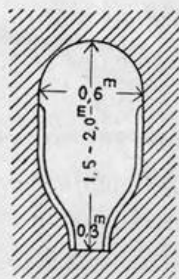
Черт. 84.—Разрѣзъ и перспективный видъ надземнаго акведука, служившаго для наполненія водой резервуара въ **Hiero** въ окрестностяхъ **Epidaurus'a**; вода текла въ каналъ, помѣщенный внутри каменной галлерей, покрытой сверху большими плитами.

(Blouet. Expedition Scientifique en Morée, Merckel, p. 50).



Черт. 85.—Профиль акведука въ Sens, имѣвшаго длину 16,7 километра и доставлявшаго около 31.000 куб. м. воды въ сутки.

(Belgrand. Les aqueducs romains).



Черт. 86.—Профиль водопровода Макринуса въ Неаполѣ, построеннаго въ 65 году по Р. X. и найденнаго въ 80-тыхъ годахъ XIX вѣка. Акведукъ высѣченъ въ скалѣ и въ нижней части покрытъ 15 миллиметровымъ слоемъ штукатурки.

(Rassel, Antike Wasserleitung des Macrinus in Neapel, Cbl. der Bauverw. 1883).

давалось жителями этихъ странъ запасамъ воды: Авраамъ покупаетъ колодезь у Авимелеха, Моисей сейчасъ же послѣ перехода черезъ Черное море извлекаетъ свѣжую воду изъ скалы; бьющіе изъ земли ключи встрѣчаются въ мечтаніяхъ поэтовъ и Магометъ не забываетъ украсить ими рай, который онъ общаетъ правовѣрнымъ.

Благополучіе древняго Египта основано было всецѣло на изумительной искусственной системѣ орошенія, которая имѣла цѣлью использованіе высокихъ водъ при разливѣ рѣки Нила.

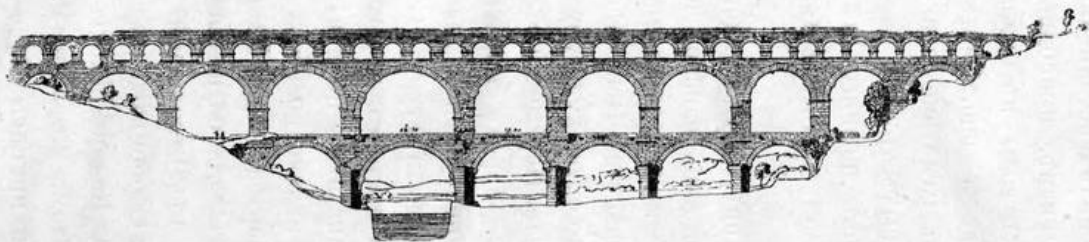
Вѣроятно, что древніе обитатели Египта изобрѣли *искусственныя водохранилища* для накопленія значительныхъ массъ водъ въ обильное влагою время, чтобы пользоваться ими впослѣдствіи малыми частями въ періоды засухъ. Они построили для этой цѣли гигантскія сооруженія. Наиболѣе извѣстное, если не самое большое, изъ этихъ водохранилищъ, Меридское озеро, имѣло водную площадь болѣе 12.000 гектаровъ. Указателями его уровня служили, какъ думаетъ историкъ, двѣ пирамиды, высотой въ 165 метровъ.

Египтянамъ мы также обязаны изобрѣтеніемъ различныхъ типовъ *водоподъемныхъ машинъ* (черт. 22), которыя служили для поднятія воды изъ Нила на обоихъ берегахъ его, для орошенія полей и для снабженія водой городовъ, и устройство которыхъ удалось возстановить, благодаря іероглифическимъ надписямъ. Примѣромъ такой водоподъемной станціи для цѣлей городского водоснабженія являются водоподъемныя колеса одной крѣпости, лежавшей на Нилѣ. Они описаны Страбономъ. Приводились они въ движеніе 150 каторжниками.

Люди, которые создали въ полномъ объемѣ удивительную систему оплодотворенія долины Нила, умѣли хорошо цѣнить услуги, доставляемая водою въ жгучемъ климатѣ, а потому должны были подвинуть весьма далеко искусство, обнимающее способы ея собиранія, храненія и распредѣленія. Они не оставили однако какихъ-либо грандіозныхъ сооруженій спеціально предназначенныхъ для нуждъ городского водоснабженія. Причиной этому естественныя условія. Отсутствие ключей и малые осадки заставляли по преимуществу пить рѣчную воду Нила, вдоль котораго или исходящихъ изъ него каналовъ и были расположены города. Однако, Египтяне рано научились искусству рытья глубокихъ колодцевъ, что подтверждается многочисленными историческими надписями, восходящими

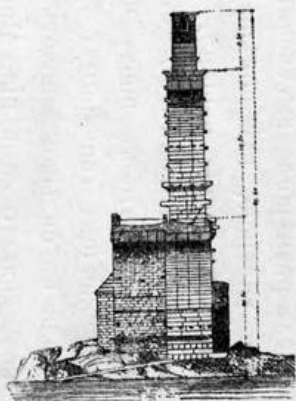
Водоснабженіе города Nemausus'a, нынѣшняго
Нима (Франція).

Гардскій мостъ (Pont du Gard).



Черт. 87. — Фасадъ Гардскаго водопроводнаго моста въ современномъ состояніи (Debauve).

Поясненіе: Гардскій мостъ — одинъ изъ первыхъ водопроводныхъ мостовъ, построенныхъ римлянами въ Италіи. Онъ считается однимъ изъ шедевровъ римскаго зодчества. Высота уровня воды въ акведукъ надъ уровнемъ воды въ рѣкѣ болѣе 157 футъ; полная высота моста болѣе 161 фута; длина поверху болѣе 885 футъ. Онъ входитъ въ составъ гравитаціоннаго водопровода общей длиной 134.575 футъ, которымъ снабжался водой городъ Nemausus, нынѣшній Нимъ. Водопроводъ имѣлъ еще нѣсколько другихъ мостовъ акведуковъ, нынѣ разрушенныхъ. Гардскій мостъ построенъ изъ тщательно отесанныхъ камней, положенныхъ *безъ раствора*; цементированъ только кюветъ водопроводнаго канала. Уклонъ поверхности воды былъ — 0,0004 (Cresy).



Черт. 88.
Разрѣзъ Гардскаго водопроводнаго моста въ современномъ состояніи.

до 2500 года до Р. Х. (см. подробности Merckel, Die Ingenieurtechnik im Alterthum, Berlin, 1899; стр. 470—471). Вблизи пирамиды Гизе находятся *колодезы*, которые безъ сомнѣнія относятся къ одному съ нею времени. Колодезь Иосифа, въ Каирѣ, сдѣланъ въ весьма отдаленную эпоху, а между тѣмъ устройство его свидѣтельствуесть объ очень высокомъ уровнѣ гидравлическихъ знаній строителей. Онъ состоитъ изъ двухъ послѣдовательныхъ колодцевъ, весьма большихъ размѣровъ, высѣченныхъ въ скалѣ и соединенныхъ промежуточною камерою, гдѣ помѣщался механизмъ, приводившій въ дѣйствіе водоподъемную машину. Горизонтъ воды въ нижнемъ колодцѣ находился въ глубинѣ 90 метровъ подъ землею. Считаютъ почти несомнѣннымъ, что въ эпоху Фараоновъ Египтяне знакомы были съ употребленіемъ гончарныхъ и свинцовыхъ трубъ.

Гигіена была въ большомъ почетѣ у жрецовъ древняго Египта. Отъ нихъ, безъ всякаго сомнѣнія, Моисей заимствовалъ нѣкоторыя изъ своихъ санитарныхъ предписаній.

Хотя у насъ сохранилось меньше памятниковъ, относящихся къ гидравлическимъ познаніямъ древнихъ народовъ Азіи, однако, положительно извѣстно, что у Вавилонянъ и Ассиріянъ искусство проведенія воды находилось на высокой степени совершенства. Несомнѣнно, однако, что эти народы уже унаслѣдовали высокую культуру отъ болѣе раннихъ обитателей долинъ Тигра и Евфрата. Первые извѣстные исторіи жители этой страны были сумерійцы, народъ тюркскаго племени, пришедшій въ долину Евфрата изъ центральной Азіи и, вѣроятно привнесшій съ собою основы китайской культуры. Самостоятельное существованіе этого народа имѣло мѣсто съ пятого (?) по третье тысячелѣтіе по Р. Х., когда они подпадаютъ подъ власть семитическихъ племенъ. Сумерійцы положили начало колоссальной сѣти каналовъ, которая съ теченіемъ вѣковъ изрѣзала всю Вавилонію. Каналы эти служили различнымъ цѣлямъ: для осушенія болотъ, для орошенія поля, для предохраненія отъ наводненій, для снабженія городовъ водою и для судоходства. Особеннаго развитія эти работы достигли при вавилонскомъ царѣ Кадурь-Мабугъ въ 1960—1920 гг. до Р. Х. и затѣмъ въ девятомъ вѣкѣ до Р. Х. когда жила легендарная Семирамида, которой приписывается созданіе цѣлаго ряда выдающихся сооружений, дорогъ, каналовъ и водопроводовъ. Водоснабженіе Вавилона, получавшаго воду изъ рѣки

при помощи сѣти пересѣкавшихъ городъ каналовъ, получило въ этотъ періодъ особенное развитіе, такъ какъ эта великолѣпная столица была украшена садами, построенными на искусственныхъ террасахъ покрытыхъ спаянными свинцовыми листами.

Ассирія, хотя гораздо позже Вавилоніи, выступила также на путь большихъ гидротехническихъ работъ съ цѣлью поднятія своего благосостоянія. Въ числѣ этихъ работъ видное мѣсто занимаютъ исполненныя при Сенахерибѣ (704—681 до Г. Х.) водопроводныя работы въ Ниневіи. Вода была проведена изъ притока Тигра—Кусура особымъ каналомъ. Изъ той же рѣки Сенахерибъ снабдилъ водой особыми 18 каналами 18 деревень. Въ Ассириі однако часто для водоснабженія городовъ устраивались и колодцы. Ассурнасіпаль (884—860 до Р. Х.) въ своей длинной надписи сообщаетъ, что онъ вырылъ глубокій колодезь для снабженія храма водой. Этотъ колодезь открытъ среди развалинъ Ниневіи. Въ Калахѣ найденъ также глубокій колодезь, возлѣ котораго обнаружены остатки трубопроводовъ и акведуковъ. Месопотамскіе колодцы вообще очень глубоки и имѣютъ ступени, по коимъ достигали воды.

Ассирійцамъ однако, какъ это несомнѣнно установлено ихъ барельефными изображеніями, было вполнѣ извѣстно примѣненіе блока и они пользовались для подъема воды изъ колодцевъ ведрами съ перекинутой черезъ блокъ веревкой.

Съ подчиненіемъ Месопотаміи Вавилонянами въ концѣ седьмого вѣка до Р. Х. гидротехническія работы въ долинѣ Евфрата достигаютъ непостижимыхъ даже для нашего времени предѣловъ. Напримѣръ, при царицѣ Нитокрисѣ для улучшенія условій орошенія и вѣроятно для уменьшенія вреда разливамъ рѣкъ было построено искусственное водохранилище. Озеро или искусственное водохранилище, созданное царицею Нитокрису, имѣло такіе громадныя размѣры, что оно могло принять въ себя 22 дневный расходъ Евфрата. При сынѣ Нитокрисы—Навуходоносорѣ Тигръ и Евфратъ были соединены каналомъ, доступнымъ для военныхъ судовъ того времени. Отъ этого канала для нуждъ орошенія отвѣтвлялись сотни боковыхъ. Кромѣ того, для уменьшенія опасности наводненій Навуходоносоръ построилъ въ долинѣ Евфрата каналъ въ 600 километровъ длины, который служилъ также для нуждъ судоходства и осушенія низменныхъ болотистыхъ мѣстностей Евфрата и его дельты.

Для исполненія этихъ работъ привлекались плѣнные евреи, которые оплакивали затѣмъ свою судьбу «на рѣкахъ Вавилонскихъ».

На берегахъ Евфрата, какъ и на берегахъ Нила, были весьма распространены черпальныя машины для поливки полей, приводившіяся въ движеніе людьми или животными, и весьма возможно, что въ этой странѣ надо искать происхожденіе норіи. Вѣроятно, она именно и была примѣнена въ висячихъ садахъ Семирамиды.

Для орошенія Вавилонскихъ *висячихъ садовъ* вода изъ Евфрата дѣйствительно подымалась машиною на высоту 92 метровъ и затѣмъ распредѣлялась подъ напоромъ по металлическимъ трубамъ. Семирамида съ справедливой гордостью сказала: «Я заставила теченіе воды направиться, согласно моей волѣ, и моя воля обратила ее туда, гдѣ она должна была принести пользу; черезъ нее я сдѣлала плодородными изсохшія земли».

Ниневія и Вавилонъ снабжены были сѣтью настоящихъ водосточковъ. Употребленіе воды для удаленія экскрементовъ повидимому появилось прежде всего въ древней Азіи.

Жители Центральной Азіи, нынѣшняго Туркестана и Персіи, также въ весьма отдаленныя эпохи явились выдающимися мастерами въ дѣлѣ не только проведенія воды, но и ея добыванія. Обладая чрезвычайно плодородной почвой, нуждавшейся только въ орошеніи, чтобы давать колоссальные урожаи, народы, населявшіе эти части Азіи еще во времена вполне доисторическія, создали у себя цѣлую сѣть водопроводовъ, преслѣдовавшихъ по преимуществу цѣли земледѣльческой культуры. Они выработали приемы постройки водоподпорныхъ плотинъ въ руслахъ рѣкъ для поднятія горизонта воды и направленія ея въ оросительныя каналы. Они научились проводить эти каналы съ такимъ расчетомъ, чтобы возможно лучше использовать уклонъ мѣстности и оросить возможно большее пространство. Цѣлыя рѣки разбирались ими при посредствѣ подобныхъ сооружений, образовавшихъ внутри страны какъ бы искусственную дельту. Наконецъ, когда не было достаточно наземныхъ водъ, древніе иранцы и ихъ сосѣди умѣли добывать для своихъ нуждъ подземныя и направлять ихъ къ мѣсту потребленія.

Въ Персіи, Афганистанѣ, Средней Азіи, Кашгаріи, Китаѣ и на Кавказѣ съ давнихъ временъ примѣнялся для этой цѣли очень замѣчательный способъ добыванія подземныхъ (фреатическихъ) водъ

посредствомъ такъ называемыхъ кяризовъ. Просуществовавъ рядъ тысячелѣтій, способъ этотъ примѣняется и нынѣ.

Кому приходилось путешествовать въ упомянутыхъ выше странахъ, тотъ навѣрно обратилъ вниманіе на встрѣчающіеся часто по пути ряды колодцевъ, иногда закрытыхъ, а чаще открытыхъ, вытянутыхъ по какой-нибудь линіи на цѣлые десятки верстъ; колодцы, соединенные подземною галлереею, въ одну сторону увеличиваются по глубинѣ, а въ другую — уменьшаются и, наконецъ, дѣлаются настолько мелкими, что галлерей переходитъ въ открытую канаву, по которой вытекающая изъ галлерей вода бѣжитъ къ полямъ и садамъ. (Л. Цимбаленко. Кяризы Закаспійской области. Спб. 1896).

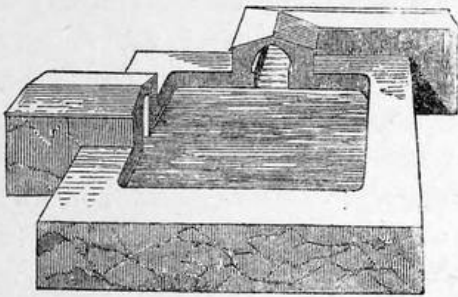
Эта система колодцевъ, галлерей и канавы и составляютъ въ совокупности то, что называется кяризомъ (иногда называютъ керизомъ, кяргизомъ, въ Афганистанѣ — кана (Kanat) и т. д.). Благодаря этому замѣчательному гидротехническому азіатскому сооруженію въ странахъ, лишенныхъ рѣкъ и ключей и обладающихъ знойнымъ и, сухимъ климатомъ, жили, живутъ и процвѣтаютъ не только деревни и города, но и цѣлые оазисы и провинціи.

Добываніе воды посредствомъ кяризовъ весьма распространено въ гористыхъ и предгорныхъ частяхъ Азіи; въ особенности же часто встрѣчаются кяризы въ Персіи, которая считается ихъ родиной, откуда и до сихъ поръ выходятъ лучшіе мастера — кяризнники. Въ одной Нишапурской провинціи считается до 12.000 кяризовъ, изъ коихъ нѣкоторые имѣютъ въ длину до 10 и болѣе верстъ.

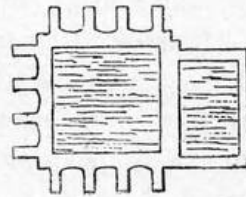
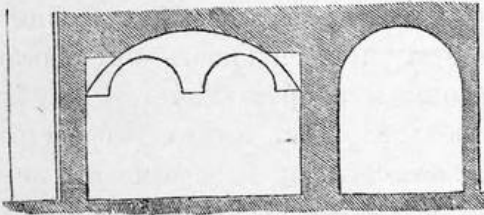
Въ Закаспійской области много кяризовъ, дѣйствующихъ и заброшенныхъ, находится въ асхабадскомъ и атекскомъ оазисахъ. Обиліе здѣсь этихъ гидротехническихъ сооруженій объясняется тѣмъ, что до покоренія области, туркмены во время набѣговъ на Персію вводили оттуда плѣнныхъ и заставляли ихъ добывать подземную воду; сами же туркмены — плохіе мастера и хотя они въ настоящее время иногда пытаются рыть кяризы или возобновлять старые, но ихъ работа обыкновенно или оканчивается полною неудачею или настолько плоха, что приходится прибѣгать къ найму мастеровъ-персіянъ.

Обыкновенно кяризные галлерей выходятъ на дневную поверхность, но случается, что устья ихъ заканчиваются въ сборныхъ колодцахъ, откуда вода поднимается навверхъ какимъ-нибудь двига-

Отстойные бассейны, фильтры и резервуары древнихъ Римлянъ.

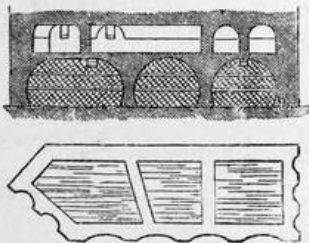


Черт. 89. — Видъ римской лимаріи или отстойнаго бассейна, имѣющаго цѣлю дать возможность водѣ оставить наносы, прежде чѣмъ поступить въ распределительный каналъ. Впускной и выпускной каналы расположены подъ прямымъ угломъ.



Черт. 90 и 91.

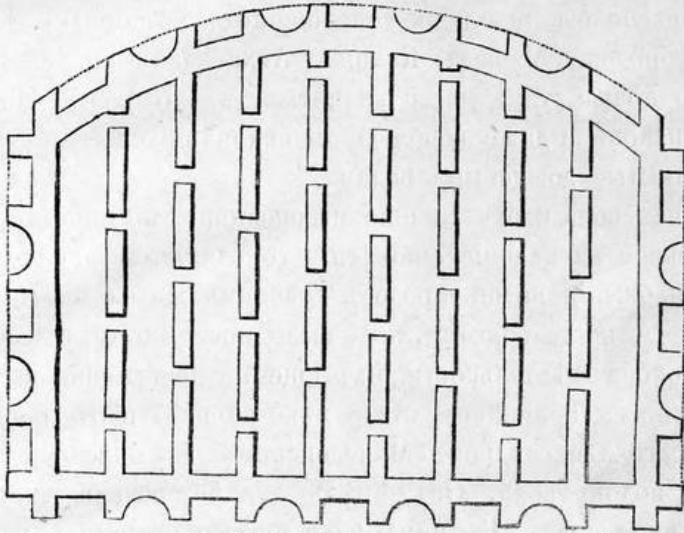
Разрѣзъ и планъ римской cunctis piscinis, т. е. резервуара покрытаго сводами и служащаго для храненія запаса воды внѣ вліянія колебаній температуры и пр.



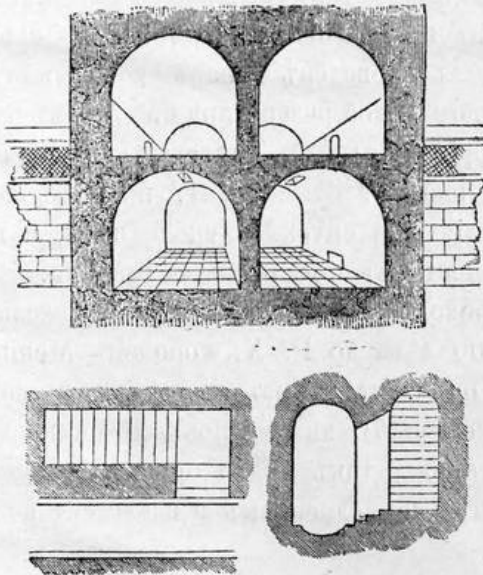
Черт. 92 и 93. — Разрѣзъ и планъ римскаго фильтра соединеннаго съ резервуарами чистой воды. Вода поступала въ нижнія три отдѣленія, гдѣ, проходя изъ одного въ другое, чрезъ фильтрующія препятствія, становилась все чище и чище и въ очищенномъ видѣ проходила въ верхнія галлерей, откуда ее можно было брать для употребленія (Cresy).

Отстойные бассейны, фильтры и резервуары древних Римлянъ.

Водоснабженіе города Рима.



Черт. 94.—Планъ резервуара **Sette Sale**, въ которомъ вода собиралась для бань Тита въ Римѣ, а по мнѣнію некоторыхъ писателей для арены Колизея, когда послѣдняя превращалась въ бассейнъ для водныхъ представлений (паушасіа). Наружныя стѣны имѣютъ обратныя арки. Резервуаръ покрытъ сводами. Онъ состоитъ изъ девяти сообщающихся между собой отдѣленій.



Черт. 95, 96 и 97. — Отстойный бассейнъ и резервуаръ (Conser-tacula) римскаго водопровода **Virgo**. Вода входила въ вершинѣ одной изъ верхнихъ галлерей и спускалась по второй верхней геллерей въ нижнія отдѣленія, гдѣ и отстаивалась. Объемъ этого резервуара былъ точно измѣренъ для разныхъ горизонтовъ и имѣлась возможность выпускать воду въ каждый моментъ въ желаемомъ количествѣ. На чертежѣ внизу показанъ планъ и разрѣзъ лѣстницы, ведущей къ верхнимъ отдѣленіямъ резервуара (Cresy).

телемъ. Часто линіи кяризовъ идутъ весьма близко другъ отъ друга, на разстояніи до 2-хъ сажень; нерѣдко рядъ кяризовъ, идущихъ въ одномъ направленіи, пересѣкаетъ другъ друга по нѣсколько разъ и тогда на поверхности земли мы видимъ многочисленныя группы колодезь, расположенныхъ въ совершенномъ безпорядкѣ. Такъ окрестности городовъ Мешедъ, Кочана, Асхабада и пр. настолько открыты, что ночью, тамъ легко свалиться въ колодець. Нерѣдко находятъ ишаковъ и даже верблюдовъ, свалившихся въ колодцы, особенно размытые дождевыми водами.

Кяризная вода идетъ вообще на орошеніе, но иногда она имѣетъ и специальное назначеніе снабженія города питьевою водою.

Для снабженія водой городовъ древними жителями Центральной Азіи, и въ частности персами, тоже было, повидимому, сдѣлано много, но эта сторона дѣятельности ихъ еще не достаточно изслѣдована. Въ развалинахъ Триполиса, этого нѣкогда цвѣтущаго города Персіи, разрушеннаго Александромъ Македонскимъ, найдены остатки весьма сложнаго водопровода. Онъ имѣлъ два резервуара чистой воды, высѣченные въ скалѣ. Къ нимъ вели частью открытые, частью подземныя акведуки.

Извѣстны также водопроводы построенные Ардеширомъ I (226 — 240 по Р. Х.) въ Фиразабадѣ и Шапуромъ I (240 — 271 по Р. Х.) въ Шустерѣ. Для питанія послѣдняго была заграждена массивной каменной плотиною рѣка Карунъ и образовано обширное водохранилище. Отъ него къ городу былъ проведенъ каналъ, который огибалъ весь городъ. Для пользованія водой резервуара въ другомъ направленіи (вѣроятно для цѣлей орошенія) былъ сдѣланъ туннель длиной въ 300 и шириной въ 15 шаговъ. Въ плотинѣ, поставленной въ рѣкѣ были устроены отверстія для спуска лишней воды, а на плотинѣ поставленъ каменный мостъ въ 44 арочныхъ пролета.

Очень замѣчательнъ водопроводъ города Вана въ Закавказьѣ, построенный по преданію за 800 лѣтъ до Р. Х. королемъ Меннасомъ и донныѣ дѣйствующій. Онъ состоитъ изъ открытыхъ и подземныхъ акведуковъ общей длиной въ 70 километровъ. Водопроводъ служитъ какъ для снабженія города, такъ и для орошенія полей. Городъ Ванъ считается у армянъ очень древнимъ и извѣстенъ подъ именемъ города Семирамиды

Персы столь хорошо понимали необходимость охранять рѣки

отъ нѣкоторыхъ причинъ загрязненія, что ихъ законы запрещали бросать туда человѣческія изверженія.

Финикіяне, этотъ выдающійся по своей кипучей энергіи народъ древняго міра, очень рано заняли выдающееся положеніе и въ дѣлѣ водоснабженія городовъ. За тысячу съ лишнимъ лѣтъ до Р. Х. они не только имѣли въ своихъ городахъ прекрасно устроенные водопроводы, но явились строителями водоснабженій и учителями въ этомъ дѣлѣ сосѣднихъ народовъ, въ томъ числѣ у евреевъ (Merckel, p. 472).

Изъ водопроводныхъ устройствъ Финикійскихъ городовъ особенно замѣчательны сооруженія Тира и Кароагена.

Въ Тирѣ они весьма искусно каптировали нѣсколько восходящихъ ключей, окруживъ ихъ надъ поверхностью земли каменными стѣнами въ видѣ колодцевъ, въ которыхъ вода поднималась надъ землею на высоту 15—20 футъ. Переливаясь черезъ край, она падала искусственнымъ водопадомъ, приводившимъ въ движеніе нѣсколько мельницъ. При посредствѣ сѣти открытыхъ и подземныхъ акведуковъ вода проводилась къ городскимъ домамъ и въ сады. Особый трубопроводъ уложенный подъ водой морского пролива, отдѣлявшаго отъ материка островъ, на которомъ также развилось городское поселеніе, приводилъ и туда ключевую воду. Четыре большихъ ключевыхъ колодца существуютъ еще и въ настоящее время. Равно существуетъ на бывшемъ островѣ, нынѣ обратившемся въ полуостровъ, *Sour*, колодезь, питающійся водой повидимому по финикійскому когда-то подводному, нынѣ зарывшемуся въ морской наносъ, трубопроводу.

Водоснабженіе Кароагена сначала было тоже ключевое съ большими запасными резервуарами. Впослѣдствіи къ нимъ была проведена вода издалека особымъ водопроводомъ, вошедшимъ повидимому въ составъ большого римскаго акведука, сдѣланнаго въ 123 году по Р. Х. Адрианомъ.

Интересно, что Финикіяне дѣлали водопроводныя трубы между прочимъ изъ олова; такія трубы были найдены въ водопроводѣ кароагенской колоніи въ Сициліи — *Motye*.

Ближайшіе сосѣди Тира, города Дамаскъ и Пальмира, имѣли также прекрасное водоснабженіе. Дамаскъ снабжался изъ рѣки Барода водой, которая была проведена каналомъ къ городу и рас-

ходилась чрезъ сѣть меньшихъ каналовъ по всѣмъ улицамъ, площадямъ и почти по всѣмъ дворамъ. Тоже было и въ Пальмирѣ, куда вода Бароды, а можетъ быть и ключей, также была проведена при помощи подземнаго акведука, поражающаго законченностью и тщательностью своей постройки (черт. 26—28), и туннеля, высѣченнаго въ скалѣ (Mergel, стр. 118). Въ Дамаскѣ и Пальмирѣ вода обыкновенно была проведена въ домахъ въ открытый бассейнъ посреди вымощеннаго мозаикой двора; оттуда она текла въ другой бассейнъ въ кухнѣ, а затѣмъ омывала ретирадникъ. Такое устройство дѣлало очевидно нужной и канализаціонную сѣть въ городѣ.

Изъ другихъ городовъ древней Сиріи въ интересующемъ насъ отношеніи замѣчательны Епифанія, Гауранъ, Шоба, Дами, Ледша, Ремта, Мивесъ (библейское Гадаръ) и пр. Особенно выдающееся значеніе имѣетъ водоснабженіе послѣдняго города при помощи акведука длиною въ нѣсколько десятковъ верстъ, пересекающаго долины и рѣки на весьма смѣлыхъ мостахъ и имѣющаго даже сифонъ изъ гончарныхъ трубъ діаметромъ въ 20 см., заключенныхъ въ каменную кладку.

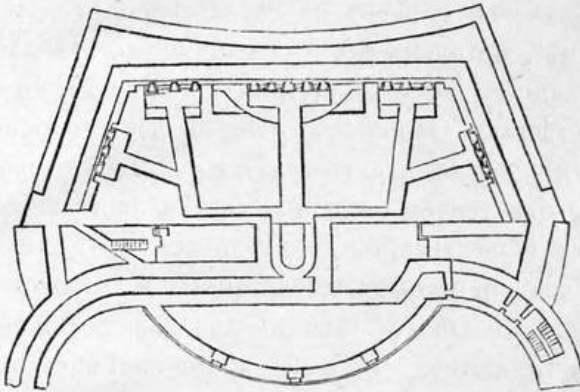
Законы Моисея также изобилуютъ предписаніями, относящимися къ гигиенѣ, и Израильтяне благочестиво соблюдали ихъ въ теченіе многихъ вѣковъ.

Въ Библии, кромѣ нравственныхъ и религіозныхъ предписаній, имѣются опредѣленные требованія по охраненію общественнаго здоровья и указаны лица, обязанныя слѣдить за исполненіемъ этихъ законовъ, т. е. положено начало, такъ называемой, санитарной полиціи. По смыслу государственнаго устройства евреевъ, основаннаго на теократическомъ принципѣ, у нихъ обязанности санитарнаго надзора были возложены на священниковъ, совмѣщавшихъ въ себѣ такимъ образомъ званіе жреца, врача-діагноста и чиновника санитара (Хлопинъ).

Санитарныя постановленія евреевъ касались самыхъ разнообразныхъ сторонъ ихъ частнаго и общественнаго быта, начиная съ пищи и кончая супружескими отношеніями. Такъ евреямъ было запрещено употреблять въ пищу кровь, ѣсть мясо свиней, мясо хищныхъ звѣрей и птицъ и нѣкоторыхъ другихъ животныхъ; въ этихъ запрещеніяхъ нельзя не видѣть заботу о народномъ здоровіи, попытку регулировать народную діету. Но не одна пища обратила

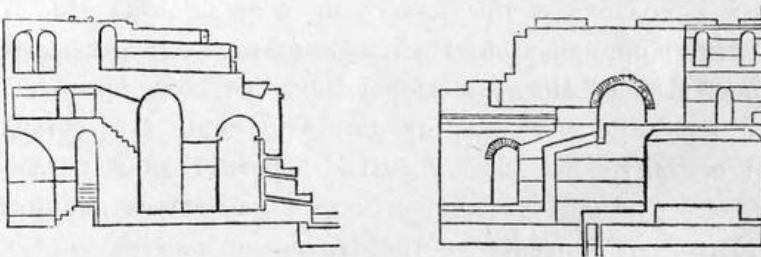
Отстойные бассейны, фильтры и резервуары древнихъ Римлянъ.

Водоснабженіе города Рима.



Черт. 98.

Планъ резервуара чистой воды (Castellum) въ водопроводѣ гор. Рима Aqua Julia. Резервуаръ былъ помѣщенъ передъ городской стѣной. Онъ имѣлъ три отдѣленія, изъ коихъ вода распредѣлялась такимъ образомъ, чтобы сначала могли быть удовлетворены общественныя, а затѣмъ уже частныя нужды.



Черт. 99 и 100.

Разрѣзы резервуара чистой воды (Castellum) (черт. 98) въ водопроводѣ города Рима Aqua Julia.

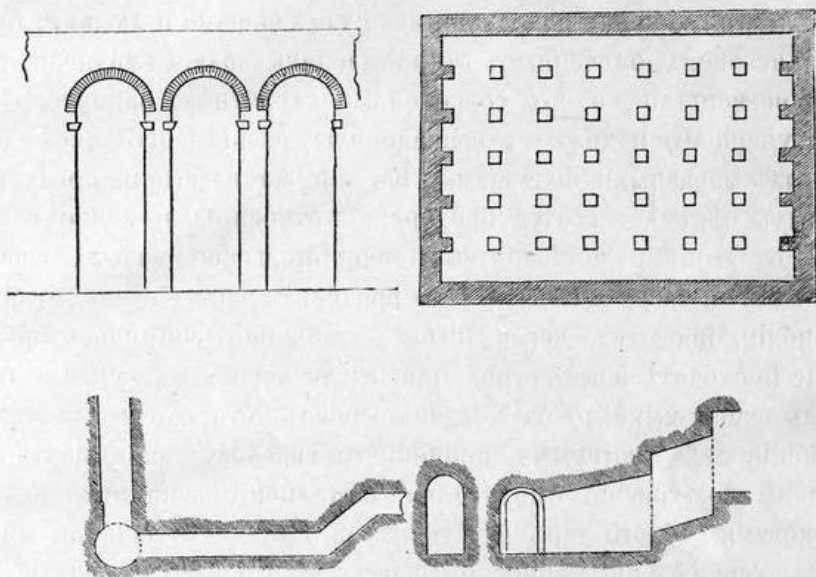
на себя вниманіе еврейскаго законодательства; оно предписываетъ охранять отъ загрязненія почву, приказывая для отправления необходимыхъ потребностей выходить за предѣлы лагеря и засыпать изверженія землей, запрещаетъ пить воду изъ болотъ, даетъ указанія о постройкѣ домовъ и нѣкоторыя другія. Съ самыхъ древнихъ поръ евреи умѣли охранять чистоту колодезной воды (Бытіе XXIX, 2—3), а позднѣе, во времена царей, строили водопроводы и каналы (Соломонъ), организовали удаленіе нечистотъ изъ городовъ и пр. О необходимости полнаго отдыха, послѣ усиленной работы мы читаемъ въ четвертой заповѣди: «Помни день субботній» и т. д. (Исх. XX, 10), въ чемъ видятъ зачатки регулированія рабочаго времени, имѣющаго и теперь столь важное значеніе какъ съ санитарной, такъ и съ общественной точки зрѣнія.

Особенно подробно были выработаны и строго примѣнялись евреями правила борьбы съ нѣкоторыми заразными болѣзнями, по всей вѣроятности, потому, что въ то время свирѣпствовали жестокія эпидеміи, о которыхъ часто упоминается въ Библии. «Когда у кого появится на кожѣ тѣла его опухоль или лишай, или пятно и на кожѣ тѣла его сдѣлается язва, какъ бы язва проказы, то должно привести его къ Аарону священнику или къ одному изъ сыновъ его священниковъ» (Лев. XIII 2 и сл.). Священникъ, если затрудняется въ діагностикѣ болѣзни, имѣетъ право заключить больного на 7 дней; по истеченіи этого срока больной вновь подвергается осмотру и смотря по ходу болѣзни, священникъ или выпускаетъ его на свободу, или выселяетъ за предѣлы стана, если болѣзнь окажется заразительной, напр. проказой. Въ послѣднемъ случаѣ одежда и вещи больного сжигались. Послѣ выздоровленія больному предписывалось принести очистительную жертву, омыть одежды его, остричь всѣ волосы его, омыть все тѣло и только черезъ 7 дней послѣ этихъ обрядовъ онъ считался чистымъ и могъ возвратиться домой. Нужно отмѣтить, что для омовенія употреблялась не простая вода, а вода, къ которой прибавлялся пепелъ отъ жертвеннаго животнаго, приготовленный съ соблюденіемъ правилъ, сильно напоминающихъ современную асептику (Багинскій). Описанныя мѣры обхожденія съ заразными больными настолько полны и цѣлесообразны, что къ нимъ почти нечего прибавить и съ современной точки зрѣнія. (Хлопинъ).

Во многихъ предписаніяхъ Моисеева закона замѣчается не только

Отстойные бассейны, фильтры и резервуары древних Римлянъ.

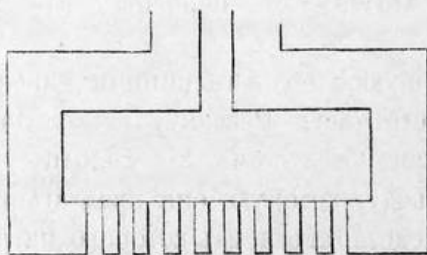
Водоснабженіе города Рима.



Черт. 101, 102, 103 и 104.

Разрѣзъ, планъ и детали крытаго резервуара большихъ размѣровъ.

Водоснабженіе города Ліона (Lugdunum).



Черт. 105.— **Планъ резервуара** помѣщавшагося предъ мостомъ-сифономъ Ліонскаго водопровода. Онъ помѣщался на вершинѣ башни. Его длина 14 футъ, ширина $4\frac{1}{2}$ фута. Со стороны долины онъ имѣлъ 9 овальныхъ отверстій на высотѣ 9 ф. отъ дна, къ которымъ примыкали 9 свинцовыхъ трубъ

діаметромъ въ 8 дюймовъ, составлявшихъ 9 параллельныхъ сифоновъ и переходившихъ по мосту (черт. 79) на другую сторону долины во второй, пріемный, резервуаръ. Назначеніе описаннаго резервуара—задерживать осадки и дать возможность удобно перейти отъ открытаго канала къ сифону (Cresy).

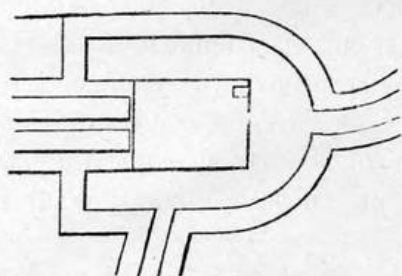
забота о скорѣйшемъ прекращеніи появившейся болѣзни, но и желаніе предупредить самую возможность зараженія; къ такимъ мѣрамъ относятся: запрещеніе касаться мертвыхъ животныхъ и людей, причемъ для очищенія, прикоснувшійся къ мертвому, долженъ былъ въ теченіе 7 дней вымыть себя 2 раза, а шатеръ, въ которомъ кто либо умеръ, со всѣми находившимися тамъ вещами и людьми, окроплялся иссопомъ, омоченнымъ въ жертвенную воду. Семидневная изоляція евреевъ то же, что современный карантинъ, окропленіе жилища умершаго похоже на современную дезинфекцію домовъ послѣ больныхъ заразными болѣзнями. Къ той же категоріи предупредительныхъ мѣръ—относятся предписанія относительно воиновъ и добычи, отнятой на полѣ битвы: «непріятельское золото, серебро, мѣдь, желѣзо, олово и свинець, что проходитъ черезъ огонь, говорится въ Библии, проведите черезъ огонь, чтобы оно очистилось; все же, что не проходитъ черезъ огонь, проведите черезъ воду; послѣ битвы одежды ваши вымойте на 7-й день и послѣ того входите въ станъ».

Общій духъ, которымъ проникнуто еврейское санитарное законодательство, хорошо выражается часто повторяющимися въ Библии словами, «благо тебѣ будетъ и долголѣтень будешь на землѣ», т. е. за соблюденіе закона обѣщается счастье и долголѣтіе каждому еврею, въ отдѣльности; преслѣдуя въ своихъ предписаніяхъ благо цѣлой націи, еврейскій законъ не забываетъ интересовъ и каждого отдѣльнаго члена общества и не приноситъ ихъ всецѣло въ жертву общимъ интересамъ. Эта сторона санитарнаго еврейскаго законодательства заслуживаетъ вниманія и рѣзко отличаетъ еврейскую эпоху общественной гигиены отъ періодовъ, греческаго и отчасти римскаго. (Хлопинъ).

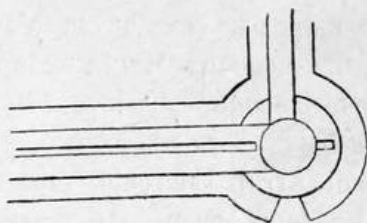
Вода играла вообще выдающуюся роль въ исторіи еврейскаго народа. У колодца Елеазаръ встрѣчаетъ Ревекку, и молодая дѣвушка спускается по ступенькамъ, ведущимъ къ колодцу, чтобы почерпнуть своимъ кувшиномъ воду, которую она предлагаетъ посланцу Авраама. Знаменитый колодезь Іакова, изъ котораго патріархъ утолялъ свою жажду, расположенъ у Сихема и еще въ настоящее время изъ него пьютъ воду паломники, направляющіеся изъ Галилеи къ Іерусалиму; онъ высѣченъ въ скалѣ и глубина его болѣе 30 метровъ. Колодезь, изъ котораго пилъ воду царь Давидъ между Вифлеемомъ и Іерусалимомъ, и теперь еще посѣщается путешественниками.

Отстойные бассейны, фильтры и резервуары древнихъ Римлянъ.

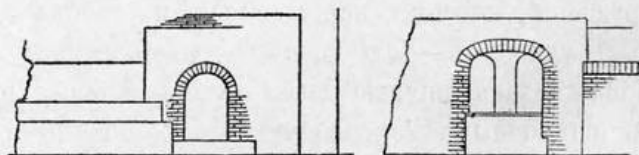
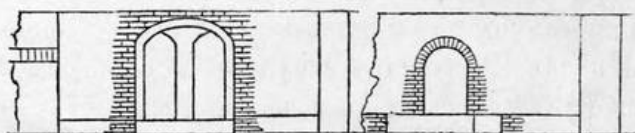
Водоснабженіе города Меца.



Черт. 106.— Планъ отстойнаго бассейна въ водопроводѣ древняго Меца.



Черт. 107.— Планъ резервуара чистой воды въ водопроводѣ древняго Меца.



Черт. 108, 109, 110 и 111.

Разрѣзы резервуара чистой воды въ водопроводѣ древняго Меца (Cresy).

Въ Иерусалимѣ было сначала всего два колодца и одинъ источникъ на мѣстѣ храма; но искусство явилось на помощь природѣ, и дождевая вода собиралась тамъ въ большомъ числѣ цистернъ, открытыхъ прудовъ и высѣченныхъ въ скалѣ резервуарахъ.

Но и этотъ источникъ водоснабженія сталъ недостаточенъ и воду къ Иерусалиму пришлось вести издалека.

Результатами многолѣтнихъ работъ по водоснабженію Иерусалима явилось устройство пяти слѣдующихъ водопроводовъ:

водопровода изъ пруда Мамила или верхняго водопровода, канала отъ колодца Маріи къ пруду Силоамскому въ долину Кедрона, сѣвернаго водопровода, западнаго водопровода, водопровода изъ Соломоновыхъ прудовъ, соединеннаго съ ключами долины Wadi Bijar и Wadi Arrub (Merckel, стр. 475).

Изъ нихъ теперь дѣйствуютъ только первый и второй. Остальные же разрушены.

Первый состоитъ изъ открытаго канала, обдѣланнаго на большомъ протяженіи каменной одеждой и оштукатуреннаго для непроницаемости бетоннымъ растворомъ изъ извести и кирпичнаго щебня. Вода въ прудѣ Мамила равно и въ другихъ получилась путемъ собиранія атмосферныхъ осадковъ и отчасти изъ ключей.

Пруды по преимуществу образовывались искусственной выемкой въ скалистой почвѣ. Устройство верхняго водопровода приписываютъ безъ особой увѣренности въ точности Гискіи (728—699 л. до Р. Х.).

Водопроводъ отъ колодца Маріи интересенъ тѣмъ, что на протяженіи 537 метровъ онъ проходитъ въ туннелѣ, высѣченномъ въ скалѣ и служащемъ доказательствомъ большой смѣлости строителей и тѣхъ затрудненій, которыя представляла постройка туннелей въ особенности съ уклономъ—безъ точныхъ геодезическихъ инструментовъ. Постройка велась оцупью, давая весьма кривыя штольни съ начатыми по ошибочнымъ направленіямъ и брошенными тупиками; работа однако велась съ двухъ концовъ и встрѣча двухъ галлерей была осуществлена; на мѣстѣ этой встрѣчи поставлена интересная памятная доска, рассказывающая объ этомъ событіи. Начало постройки этого водопровода относится къ царствованію Гискіи; окончаніе—къ гораздо болѣе позднему времени.

Западный водопроводъ представляетъ собой каналъ, проведенный

на скатъ горы и собиравшій повидимому непосредственно воду дождей, падавшую на верхнюю часть этого ската.

Водопроводъ изъ прудовъ Соломона—самый значительный изъ водопроводовъ Иерусалима. По преданію онъ дѣйствительно сооруженъ при Соломонѣ (1015—975 до Р. Х.). Предполагають, однако, что его строителями были не евреи, а приглашенные Соломономъ финикійскіе мастера.

Источникомъ водоснабженія въ Соломоновомъ водопроводѣ служатъ ключи, выходящіе на поверхность въ долинахъ Wadi Bijar и Wadi Arrub и нѣкоторые другіе, всѣ, лежащіе на значительномъ разстояніи къ югу отъ Иерусалима и на большой надъ нимъ высотѣ. Вода этихъ ключей, собираясь вмѣстѣ отдѣльными дренами, подходила къ запаснымъ резервуарамъ, называемымъ Соломоновыми прудами, и оттуда текла къ городу. Она могла быть направлена къ городу и въ обходъ резервуаровъ.

Прудовъ три и они расположены одинъ надъ другимъ, такъ что излишекъ воды изъ верхняго могъ переливаться въ нижній.

Размѣры прудовъ:

верхній: длина 380 футъ, ширина 229—336 футъ, глубина 25 футъ;
средній: длина 429 футъ, ширина 160—250 футъ, глубина 32 футъ;
нижній: длина 582 фута, ширина 148—207 футъ, глубина 25—50 футъ;
въ днѣ послѣдняго пруда былъ ключъ.

Повидимому вначалѣ для наполненія прудовъ пользовались ближайшими къ нимъ четырьмя ключами, но впослѣдствіи съ развитіемъ потребности въ водѣ обратились къ ключамъ упомянутыхъ долинъ Wadi Bijar и Wadi Arrub. При проведеніи воды изъ этихъ долинъ пришлось построить водопроводы значительной длины съ участками, проходящими въ туннеляхъ, и водопроводнымъ мостомъ.

Водопроводъ изъ Соломоновыхъ прудовъ къ Иерусалиму также представляетъ большой интересъ. Онъ имѣетъ длину до 7 часовъ пути и не менѣе двухъ магистралей разныхъ уровней, а можетъ быть и три. Обѣ магистрали идутъ въ видѣ акведуковъ, но на нѣкоторомъ протяженіи верхней встрѣчены каменные трубы въ 15 дюймовъ внутренняго діаметра; это указываетъ, что вода быть можетъ проводилась въ пониженныхъ мѣстахъ подъ напоромъ. Только верхнюю магистраль относятъ къ временамъ Соломона; нижнюю же къ болѣе позднему времени. Трассы обѣихъ магистралей очень извилисты и сложны. Нижняя имѣетъ туннельные участки.

Нижняя магистраль питала по пути городъ Виелеемъ и приводила воду къ храму въ значительномъ количествѣ, требовавшими нуждами тогдашняго жертвеннаго богослуженія.

По свидѣтельству исторіи, вода въ изобиліи текла къ Іерусалиму и та часть ея, которая не была потреблена въ городѣ, шла на поливку садовъ.

Открывши мѣсто, гдѣ стоялъ Соломоновъ храмъ, можно было возстановить общее его очертаніе въ планѣ, благодаря найденной цѣлой системѣ подземныхъ водостоковъ, высѣченныхъ подъ нимъ въ твердой скалѣ и поэтому ускользнувшихъ отъ разрушенія. Расположеніе ихъ совершенно соотвѣтствуетъ сохранившимся описаніямъ въ талмудѣ, и не подлежитъ повидимому сомнѣнію, что въ Іерусалимскомъ храмѣ дѣйствовала система канализаціи и очистки нечистотъ въ почвѣ (Bechmann: *Salubrité Urbaine*, Paris 1898); кровь приносимыхъ въ жертву животныхъ отводилась вмѣстѣ съ грязными водами изъ храма, и вѣроятно также со сточными водами ближайшихъ частей города, къ двумъ бассейнамъ, расположеннымъ на разныхъ высотахъ и соединеннымъ подземною галлереею. Въ первомъ изъ этихъ бассейновъ осаждались твердыя вещества, которыя продавались на удобреніе садовникамъ долины Кедрона; во второмъ бассейнѣ собирались воды, для орошенія царскихъ садовъ.

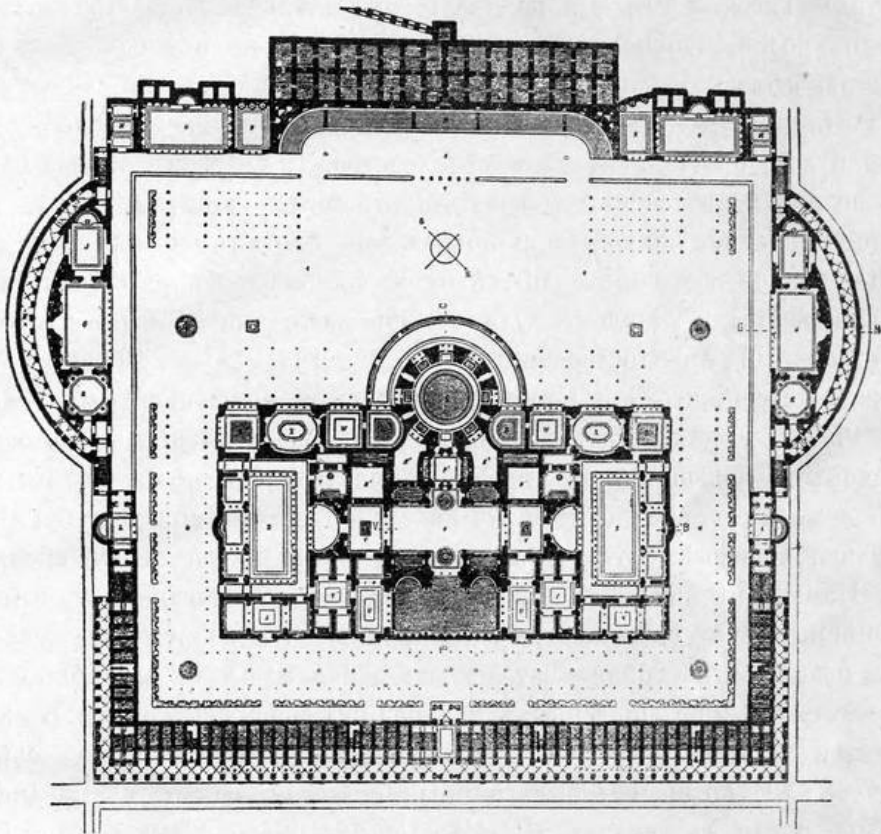
Эту систему, имѣвшую специальное назначеніе служить для нуждъ храма и удаленія отбросовъ жертвоприношеній, не слѣдуетъ смѣшивать съ канализаціей города въ современномъ смыслѣ, на существованіе которой въ Іерусалимѣ нѣтъ никакихъ указаній.

Народы крайняго Востока также умѣли въ самыя отдаленныя времена доставлять себѣ искусственными мѣрами необходимую воду для своихъ потребностей.

Китайцы со временъ глубокой доисторической древности были народомъ съ очень высоко поставленной земледѣльческой культурой. Очень рано они начали прибѣгать къ искусственному орошенію почвы, основы коего, по мнѣнію нѣкоторыхъ изслѣдователей взяты ими изъ Центральной Азіи. Для нуждъ орошенія сооружались болѣе чѣмъ за двѣ тысячи лѣтъ до Р. Х. огромные водопроводные каналы. Наряду съ работами этого характера китайцамъ пришлось рано начать борьбу съ ужаснѣйшими наводненіями своихъ громадныхъ рѣкъ. Первые колоссальныя работы этого рода были предприняты въ

Купальни и бани древнихъ Римлянъ.

Термы Каракаллы въ Римѣ.



Черт. 112. — Планъ ($\frac{1}{4,000}$ нат. в.)

I. Круговыя строенія и площади.

- A — главный входъ;
- B — передняя площадь;
- D — мѣста для сидѣнья;
- E — резервуары воды;
- F — отдѣльныя бани
- G
- H } выходы, залы для ораторовъ,
- I }
- K } библиотеки, галлерей для про-
- L }
- M } гулокъ, магазины и проч.
- N }

II. Центральное строеніе.

- N' — дворы;
- O — frigidarium;
- P — tepidarium;
- Q — caldarium;
- R, W, X, Y, Z' — продолженіе бан-
ныхъ помѣщеній;
- S — входный залъ;
- T — соединительные дворы;
- V — переднія къ tepidarium'у;
- Z — дворы съ колонадами.

(Handb. der Archit., изд. 1899 г., 5 Halbbd. 3. стр. 14: отсюда же черт. 113, 114 и 115).

2297 году до Р. Х. послѣ наводненія, при которомъ воды Янтсеніанга слились съ водами Гоанхо. На берегахъ этихъ рѣкъ подобно тому какъ въ Египтѣ на берегахъ Нила и въ Вавилоніи на берегахъ Тигра и Евфрата, началась замѣчательная борьба искусства съ природой, неокончившаяся еще и понынѣ, но приведшая къ созданію весьма большихъ гидротехническихъ сооружений. Сооруженія эти преслѣдуютъ цѣли защиты отъ наводненій, водоснабженіе для нуждъ орошенія и цѣли судоходства. По берегамъ обѣихъ рѣкъ возводились въ теченіе тысячелѣтій огромные защитные валы, теченіе рѣкъ измѣнялось при посредствѣ плотинъ и въ связи съ естественной системой водныхъ путей создалась колоссальная сѣть искусственныхъ каналовъ. Однимъ изъ важнѣйшихъ былъ каналъ, построенный въ царствованіе династіи Чу (1121—249 до Р. Х.) между Янтсеніангомъ и Гоанхо и описанный Конфуціемъ (551—479 до Р. Х.). Каналъ этотъ называется Императорскимъ и соединяетъ Пекинъ съ большинствомъ провинцій центрального и южного Китая. По нему и вообще по сѣти Китайскихъ каналовъ совершается дѣятельная перевозка грузовъ и пассажировъ и въ настоящее время.

Наряду съ каналами для нуждъ орошенія создавались въ Китаѣ обширныя искусственныя водохранилища. Эти сооружения, какъ и вообще вся культурная дѣятельность древняго Китая, подробно описывается въ многочисленныхъ сочиненіяхъ древнихъ китайскихъ писателей, къ сожалѣнію еще далеко не достаточно извѣстныхъ европейцамъ. Нѣкоторыя весьма цѣнныя свѣдѣнія объ этомъ предметѣ можно найти въ трудахъ *Plath'a* (*Ueber Feldwege, Bewässerungskanäle und Dämme in Alt-China; Die Beschäftigung der alten Chinesen; см. Abhandlungen der Kgl.-Bayr. Akad. München, 1865, Bd. 10 и 1871, Bd. 12*).

О работахъ китайцевъ спеціально въ области водоснабженія городовъ извѣстно пока мало. Несомнѣнно, однако, что они весьма давно достигли большого искусства въ рытвѣ колодцевъ огромной глубины,—до 500 метровъ (*Meßkel*) и въ устройствѣ снарядовъ для подъема воды. Для послѣдней цѣли примѣнялись въ колодцахъ барабаны съ навивающеюся веревкою, а въ рѣкахъ и каналахъ колеса, иногда дѣйствующія вполнѣ автоматически силою теченія воды, и др. приборы (черт. 23).

Китайцы же изобрѣли дифференціальный блокъ, которымъ пользовались съ давнѣйшихъ временъ.

Полагають также, что они весьма рано уже были знакомы съ устройствомъ артезіанскихъ колодезевъ.

Въ Индіи колодцы и пруды такъ распространены, что происхожденіе ихъ необходимо приходится отнести къ самой глубокой древности. Англичане, при занятіи этой страны, нашли въ ней многія тысячи подобныхъ сооруженій. Въ одной Мадрасской провинціи насчитали болѣе 53.000 прудовъ или искусственныхъ водохранилищъ, и нѣкоторые изъ этихъ резервуаровъ отличаются колоссальными размѣрами. Одинъ изъ нихъ занимаетъ площадь въ 20.000 гектаровъ и имѣетъ въ окружности 48 километровъ. На Цейлонѣ нѣкоторыя долины заграждены земляными водоудержательными плотинами, которыя превосходятъ своими размѣрами величайшія сооруженія этого рода, устроенныя въ наше время. Водоснабженіе изъ искусственныхъ водохранилищъ является отличительной чертой Индіи. Развитіе именно этого типа водоснабженія объясняется мѣстными метеорологическими условіями—рѣдкіе, но сильные дожди—и невозможностью земледѣльческой культуры безъ искусственнаго орошенія и притомъ обильнаго. Кромѣ земляныхъ водоудержательныхъ плотинъ въ Индіи встрѣчаются каменные и смѣшанной конструкціи. Многія плотины имѣютъ предохранительныя водосливы и водоспуски. Въ Индіи также многочисленны древніе ирригаціонные каналы, отводящіе воду рѣкъ при помощи водоподъемныхъ плотинъ. Для нуждъ питанія водой собственно городовъ, лежавшихъ не у рѣкъ, служили преимущественно упомянутыя выше искусственныя водохранилища, обыкновенно имѣвшія цѣлью и орошеніе ближайшихъ мѣстностей. Индусы изобрѣли также различныя приспособленія для подъема воды; нѣкоторыя изъ нихъ показаны на черт. 24 и 25.

Индійской медицинѣ, въ эпоху Ведъ, извѣстно было вліяніе воды на здоровье; она предписывала чистоту жилищъ и одежды и присвоивала цѣлебныя свойства чистой водѣ вообще, въ особенности водамъ Ганга, священной рѣки Индусовъ.

Совершенно независимо отъ развитія санитарно-инженернаго дѣла среди древнихъ народовъ стараго свѣта оно шло по пути интенсивнаго прогресса и въ Новомъ Свѣтѣ у тѣхъ мало извѣстныхъ древнихъ народовъ, которые довели въ горахъ и степяхъ Америки свою культуру до столь замѣчательной высоты. Кортесъ въ 1519 году нашель у ацтековъ въ Tenochtitlan'ѣ (Мексика) госпитали, инвалид-

ные дома и весьма тщательно устроенные общественные ретиградники. Инки въ Перу устраивали обширныя водохранилища, заграждая долины искусственными каменными плотинами, толщина коихъ въ основаніи доходила до 25 метровъ. Они проводили воду при помощи гравитаціонныхъ водопроводовъ пересѣкавшихъ долины и рѣки на мостахъ-акведукахъ (Huerre. Handbuch der Hygiene).

Къ сожалѣнію эта сторона дѣятельности древнихъ культурныхъ народовъ Новаго Свѣта, подобно многимъ другимъ, еще весьма мало изучена и о ней имѣется очень мало данныхъ, особенно по отношенію къ техникѣ санитарно-инженернаго дѣла.

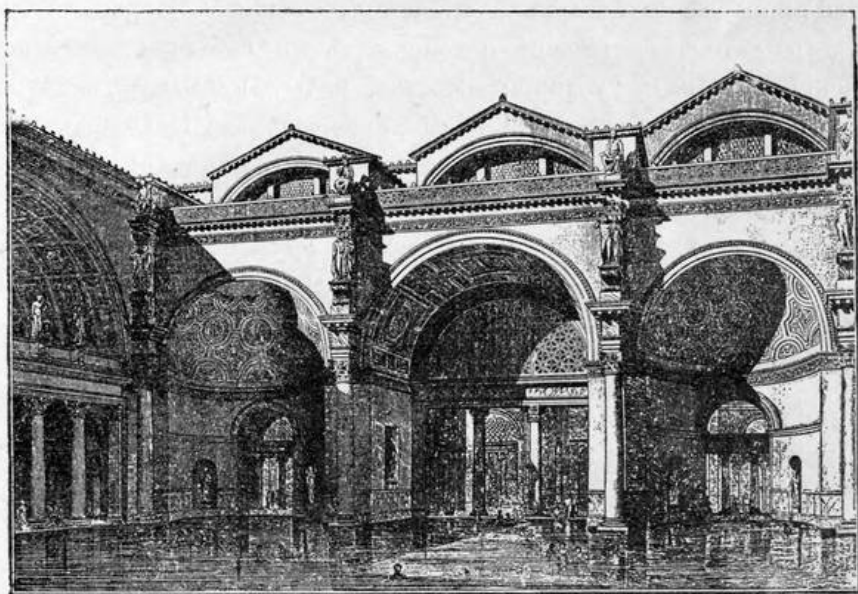
§ 12. Древніе греки.

Въ самомъ началѣ политической жизни грековъ, мы встрѣтаемся съ идеей, что здоровье гражданъ есть общественное достояніе, и забота о немъ должна лежать на государствѣ.

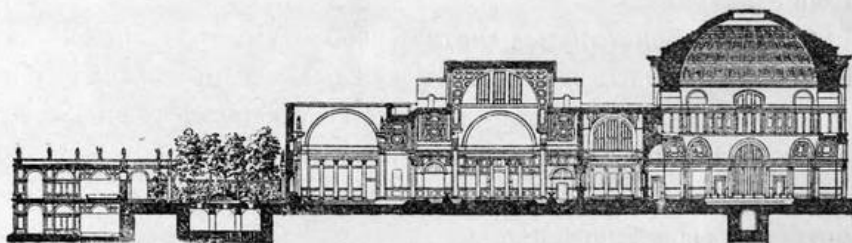
Постоянная классовая борьба внутри греческихъ племенъ, жестокая внѣшняя война за политическую независимость и за право гегемоніи, которыми наполнена вся древнѣйшая исторія грековъ, выработали у нихъ военную форму государственнаго управленія; вмѣстѣ съ этимъ у греческихъ законодателей сложился взглядъ на каждого отдѣльнаго человѣка только какъ на члена и слугу государства, какъ на средство и орудіе, съ помощью котораго осуществляется государственная идея. Этотъ взглядъ на человѣка отразился и на мѣрахъ охраненія народнаго здравія; эти мѣры въ общемъ преслѣдуютъ цѣль создать изъ cadaго грека прежде всего воина, защитника отечества, развить въ немъ физическую силу, мужество и выносливость, нисколько не заботясь о развитіи индивидуальных качествъ. Всякій спартанецъ, со дня рожденія являлся уже собственностью государства; только здоровый ребенокъ имѣлъ право жить—слабый ребенокъ осуждался на смерть; приговоръ надъ жизнью и смертью новорожденныхъ произносили уполномоченные государства—старѣйшины. Съ 7 до 18 лѣтъ молодыхъ спартанцевъ обучали въ государственныхъ гимназіяхъ главнымъ образомъ гимнастикѣ и военному строю; во всякую погоду ихъ водили въ легкомъ плащѣ, безъ обуви и съ непокрытой головой; приучали выносить увѣчья и побои

Купальни и бани древнихъ Римлянъ.

Термы Каракаллы въ Римѣ.



Черт. 113. — Frigidarium (0 — плана, черт. 112).



Черт. 114. — Разрѣзъ центрального строенія по линіи *AB — BC*
плана (черт. 112). $\frac{1}{2000}$ нат. велич.

безъ крика и слезъ; кормили однообразно и въ проголодь извѣстной черной спартанской похлебкой.

Только что приведенные законы о воспитаніи дѣтей были обнаружены на нѣсколько вѣковъ раньше, чѣмъ появился первый научный трактатъ по гигиенѣ. Гигіена, какъ наука, родилась также въ Греціи, и имѣетъ общаго отца съ медициной—*Гиппократъ*. Трактатъ Гиппократа о воздухѣ, водѣ и пр., считается первымъ научнымъ трактатомъ по гигиенѣ и содержитъ въ себѣ систематическое изученіе внѣшнихъ условій: воздуха, воды, климата различныхъ странъ—съ точки ихъ вліянія на здоровье человѣка. Исходнымъ пунктомъ изслѣдованій Гиппократа служило положеніе, что хотя здоровье и болѣзнь «божественны, но происходятъ по закону природы» и находятся въ тѣсной связи съ окружающими внѣшними условіями: климатомъ, почвой, качествомъ воды и т. д. Ясное представленіе о законѣрности явленій устранило въ изслѣдованіяхъ Гиппократа мистическій элементъ, придавало его наблюденіямъ объективность, а его трактату, во многихъ его частяхъ, научность, понимая это слово въ современномъ его значеніи (проф. Хлопинъ). Болѣе поздніе греческіе писатели—философы Платонъ и Аристотель—съ большимъ убѣжденіемъ развивали «теорію среды» Гиппократа. «То въ чемъ мы больше всего нуждаемся для тѣла, говоритъ Аристотель, оказываетъ и наибольшее вліяніе на здоровье: это главнымъ образомъ вода и воздухъ. Для города же самое важное хорошее положеніе». Платонъ пишетъ о необходимости устройства купалень мѣстъ для гимнастическихъ игръ и объ усиленіи состава санитарныхъ чиновниковъ.

Платонъ и Аристотель, считая необходимымъ условіемъ для охраны общественнаго здоровья въ каждомъ человѣческомъ обществѣ доставленіе достаточнаго количества доброкачественной воды для питья, вмѣняли въ обязанность всѣмъ лицамъ, на которыхъ возложено завѣдываніе общественными дѣлами, обращать на этотъ предметъ всѣ свои попеченія.

Съ того времени, когда гигиеническія знанія начали приводиться въ систему и складываться въ теоретическія положенія, когда ученые и философы, опираясь на эти положенія, начали предъявлять практической жизни опредѣленные санитарныя требованія, въ Греціи искусство охраненія народнаго здоровья до извѣстной степени

подпадаетъ вліянію теоретическаго знанія, т.-е. нарождающейся науки, и отъ послѣдней получаетъ новый толчекъ къ дальнѣйшему развитію. Въ греческихъ большихъ городахъ мы видимъ устройство сточныхъ каналовъ, т. е. начало такъ называемой сплавной канализаціи городскихъ нечистотъ; видимъ организацію санитарной полиціи для контроля за продажей сѣстныхъ припасовъ и нанитковъ, а также за постройкой домовъ и т. д. Что же касается мѣръ борьбы съ заразными болѣзнями, то въ этомъ отношеніи греческая санитарія мало подвинулась впередъ сравнительно съ еврейской. Изоляцію примѣнявшуюся евреями въ широкихъ размѣрахъ, греки замѣнили дезинфекціей и при томъ не только дезинфекціей жилыхъ помѣщеній, но и наружнаго воздуха. Во время эпидемій они окуривали въ домахъ сѣрой и ароматическими веществами, зажигали на улицахъ огни и т. д.—съ цѣлю очистить воздухъ отъ вредныхъ міазмовъ. Трупы умершихъ отъ заразныхъ болѣзней сжигали.

Влеченіе, проявленное греками древнихъ временъ къ широкому пользованію водою въ жилищахъ и садахъ, относятъ къ числу многихъ заимствованій, сдѣланныхъ ими изъ цивилизаціи болѣе древнихъ народовъ Малой Азіи и Египта. Въ Одиссеѣ упоминается уже о существованіи двойной системы каналовъ въ садахъ Алкиноя. Одному изъ героевъ греческой міеологіи. Геркулесу, преданіе приписываетъ изобрѣтеніе теплыхъ ваннъ. Къ числу весьма цѣнныхъ греками устройствъ принадлежатъ искусно исполненные фонтаны, художественные каскады и водометы для освѣженія воздуха.

Бани, которыя долгое время считались предметомъ роскоши, доступнымъ лишь для богачей, впоследствии въ Греціи пріобрѣли значеніе общедоступныхъ учрежденій. Ванны были уже въ употребленіи у древнихъ Пелазговъ (ванная комната въ Тиринсѣ, точно отвѣчающая описанію Гомера).

Сохранились многочисленныя письменныя доказательства того, что греки придавали очень большое значеніе мѣрамъ чистоты и оздоровленія.

Однимъ изъ заслуживающихъ вниманія—можетъ служить надпись на Дельфійскомъ храмѣ, состоявшая изъ слѣдующихъ словъ: «Запрещено производить нечистоты на этой священной почвѣ». Грустно признаться, что человѣчество въ теченіе тридцати вѣковъ совершенно не ушло впередъ въ этомъ отношеніи, такъ какъ еще въ на-

стоящее время приходится писать на нашихъ зданіяхъ о такомъ же запрещеніи (Bechmann. Salubrite Urbaine).

Ключи почитались греками священными; не зная ихъ происхожденія, греки охотно приписывали его сверхъестественнымъ причинамъ. Ключи представлялись ихъ воображенію то путями сообщенія къ внутренности земли, то расцелинами, черезъ которыя просочилась въ землю вода послѣ потопа. Ихъ обдѣлывали особыми колодцами, чтобы вода не терялась и вытекала свободно, не подвергаясь загрязненію (каптажъ ключей—см. гл. VI); часто ключи греки старались ограждать отъ взоровъ непосвященныхъ, окружая ихъ зданіями, предназначенными культу боговъ. У такихъ ключей приносились жертвы; въ числѣ другихъ—бросали въ воду деньги. Вода священныхъ ключей употреблялась на поливку принадлежавшихъ храмамъ лавровыхъ плантацій. Храмы въ Греціи явились такимъ образомъ первоначальными школами водопроводной техники. Ключи, не имѣвшіе характера священныхъ, также обыкновенно окружались колодцами и покрывались особыми зданіями. Въ нихъ устраивались часто роскошно украшенные гроты, посвященные нимфамъ. Здѣсь въ прохладномъ воздухѣ близъ журчащаго ключа греки любили проводить время въ бесѣдахъ или игрѣ въ кости. Одинъ изъ наиболѣе замѣчательныхъ сохранившихся ключевыхъ домовъ находится на островѣ Кос (черт. 29 и 30).

Вода была для грековъ одною изъ четырехъ стихій природы; она высоко цѣнили ея благотворныя дѣйствія и поэты ихъ воспѣвали ей хвалу.

Не имѣя никакихъ средствъ анализа, греки, однако, научились различать относительныя качества различныхъ водъ: Гиппократъ приписываетъ болотной водѣ, а равно и жесткой водѣ вредное вліяніе на здоровье; онъ предлагаетъ даже не пить воды, сохраняемой въ цистернахъ, но превозносить употребленіе свѣжей и въ особенности ключевой воды.

Въ Греціи колодцы были весьма многочисленны и заслугу прорытія перваго колодца приписывали Данаѣ.

Когда съ увеличеніемъ населенія въ греческихъ городахъ мѣстные ключи и колодцы оказывались недостаточными для снабженія жителей водой, греки прибѣгали къ устройству цистернъ для собиранія дождевой воды. Послѣдняя очень цѣнилась древними, которые

обыкновенно считали ее особенно здоровой, что способствовало сильному распространению постройки цистернъ. Между прочимъ ихъ было много и въ Афинахъ, гдѣ имъ придавали видъ бутылокъ съ узкимъ горломъ и широкой нижней частью. Цистерны вырывались въ землѣ, по преимуществу въ скалистомъ грунтѣ, и покрывались внутри для непроницаемости штукатуркой. Кромѣ домовыхъ цистернъ въ нѣкоторыхъ городахъ дѣлались и общественныя большихъ размѣровъ; такая цистерна между прочимъ есть въ Акрополѣ. Кромѣ цистернъ вода дождевая собиралась въ нѣкоторыхъ городахъ и въ открытые резервуары значительныхъ размѣровъ. Таковъ напримѣръ резервуаръ въ Туріи, имѣющій 20 шаговъ длины, 10 ширины и 13 футъ глубины; онъ частью высѣченъ въ скалѣ, частью надстроенъ подъ землей изъ крупныхъ камней. Въ другомъ подобномъ резервуарѣ стѣны облицованы внутри цилиндрами изъ обожженной глины.

Дальнѣйшей стадіей въ развитіи водоснабженія въ древней Греціи, послѣ ключей, колодезь и цистернъ,—явилось, какъ и вездѣ, проведеніе воды къ городу изъ болѣе или менѣе отдаленныхъ мѣстъ посредствомъ водопроводовъ. Остатки водопроводовъ весьма многочисленны какъ въ самой Греціи, такъ и въ ея колоніяхъ. Изъ городовъ Греціи могутъ быть отмѣчены въ этомъ отношеніи: *Микены, Афины, Мегара, Оивы, Кирра, Деметріосъ, Фарсалосъ, Наваринъ, Андрусса, Олимпія, Коринѳъ*. Въ колоніяхъ должны быть названы: *Амазія, Самосъ, Камиросъ, Смирна, Эфесъ, Патара, Метимна, Пергамъ, Сиракузы, Акрагасъ, Кирена, Антиохія и Александрія*.

Источниками водоснабженія были ключи, рѣчки, искусственные резервуары дождевыхъ водъ. Проводилась вода при посредствѣ каналовъ, обыкновенно подземныхъ, или трубопроводовъ. Стремленіе скрыть водопроводъ, сдѣлать его невидимымъ и по возможности трудно находимымъ для непосвященнаго—рѣзко отличаетъ водопроводныя сооруженія древнихъ грековъ отъ таковыхъ древнихъ римлянъ, которые наоборотъ принимали всѣ мѣры, чтобы придать водопроводу монументальный характеръ. Цѣли, преслѣдовавшіяся обоими народами были при этомъ различны. Греки выработали свой методъ повидимому подъ вліяніемъ стратегическихъ соображеній, заботясь, чтобы при осадѣ города непріятель не могъ легко лишитъ его воды; несомнѣнно однако, что они преслѣдовали и цѣль сохраненія воды въ возможно свѣжемъ состояніи. Римляне не боялись осадъ и ихъ

водопроводы являлись наряду съ удовлетвореніемъ потребности въ водѣ средствомъ для вліянія на населеніе величественнымъ видомъ построекъ и для удовлетворенія тщеславія созидателей.

Не входя здѣсь въ описаніе всѣхъ перечисленныхъ выше водопроводовъ древней Греціи (свѣдѣнія о нихъ см. въ соч. Меркел'я, стр. 492 и сл. и въ приводимыхъ имъ литературныхъ источникахъ), остановимся лишь на главнѣйшихъ.

Аѣины въ періодъ своего наибольшаго разцвѣта имѣли 18 водопроводовъ при населеніи около 200.000 жителей.

Одинъ изъ этихъ водопроводовъ начинается въ рѣкѣ Иллисѣ въ видѣ шахты сдѣланной въ ея днѣ площадью $1,3 \times 1,3$ метра, проводящей воду въ высѣченный подъ рѣкой въ скалѣ каналъ. Каналъ идетъ по долинѣ рѣки на 2—2,5 метровъ подъ ея ложемъ и имѣетъ вентиляціонные колодцы по берегамъ въ разстояніи 57—65 метровъ другъ отъ друга. На равнинѣ между Аѣинами и Пиреемъ каналъ выходитъ на земную поверхность. Водопроводъ этотъ повидимому служилъ для порта Аѣинъ — Пирея. Для защиты его отъ непріятеля по обѣимъ сторонамъ водопроводнаго канала были построены крѣпостныя стѣны.

Другой водопроводъ былъ чисто грунтового типа. Онъ состоялъ изъ обширнаго многокамернаго колодца съ примыкающими къ нему штольнями. Колодецъ и штольни высѣчены въ скалѣ въ самомъ городѣ; до сихъ поръ открыто шесть камеръ и семь штолень. Въ этомъ подземномъ резервуарѣ скоплялись грунтовые воды.

Впослѣдствіи, когда съ увеличеніемъ потребленія колодезь не давалъ достаточно воды, къ площади, гдѣ находится колодезь была проведена въ VI вѣкѣ до Р. Х. подземная галлерей, по которой къ Аѣинскому колодцу притекала вода изъ верхней части долины р. Иллисса. Въ концѣ галлерей въ городѣ былъ устроенъ большой резервуаръ. Галлерей въ той части ея, которая открыта нынѣ, имѣетъ 1,3 — 1,5 метра вышины и 0,65 метра ширины. Галлерей проходитъ въ скалистомъ грунтѣ. Надъ ней есть второй сухой туннель въ разстояніи около 12 метровъ, соединенный съ водопроводной галлереей вертикальными шахтами. Этотъ верхній туннель устраивался повидимому ранѣе нижняго и служилъ для того, чтобы придать нижнему водопроводному необходимый уклонъ съ должной точностью, не заставляя притомъ по возможности рабочихъ работать

въ водѣ. Отъ водопроводной галлерей идутъ двѣ гончарныя трубы съ свинцовыми стыками.

Подобный описанный другой подземный акведукъ, построенный въ древнюю эпоху, точно установить которую еще не удалось, питаетъ и теперь Аѳины хорошей питьевой водой. Галлерей имѣетъ ширину 0,7 и вышину 0,6 метра. Вентиляціонные или смотровые колодцы—глубиной 9—10 метровъ и діаметромъ 1,2—1,5 метровъ; въ одномъ мѣстѣ гдѣ галлерей лежитъ очень глубоко колодцы достигаютъ 45 метровъ глубины. Къ главной галлерей примыкаютъ нѣсколько второстепенныхъ. (Ziller. Ueber Die Antiken Wasserleitungen Athens, Mith. Arch. Inst. Athen. Abth. 17, 18, 19 Bd. 1892—1894).

Очень интересно грунтовое водоснабженіе при посредствѣ водосборныхъ колодцевъ и водосборной галлерей устроенное для города Олимпіи, лежавшаго въ маловодной мѣстности. Колодцы устроены въ числѣ девяти въ сосѣдней долинѣ Кладеоса. Собирающаяся въ нихъ грунтовая вода была проведена акведуками и трубопроводами къ Олимпіи. Водосборная галлерей проходила туннелемъ подъ возвышенностью Кроніонъ. Колодцы имѣютъ круглую или четырехугольную форму. Четыре круглые колодца діаметромъ 0,92 — 1,35 метра имѣютъ обдѣлку изъ отдѣльныхъ гончарныхъ колець вышиной 0,60—0,70 метра и толщиной $2\frac{1}{2}$ —4 сантиметра. Каждое кольцо состоитъ изъ четырехъ частей, соединенныхъ свинцовыми скобами. Одно кольцо въ одномъ изъ колодцевъ цѣльное.

Въ Олимпіи былъ устроенъ запасный резервуаръ, высокаго уровня, откуда вода разводилась по каналамъ и трубамъ къ водоразборнымъ бассейнамъ и др. мѣстамъ потребленія.

Водопроводные каналы были различнаго устройства; одинъ изъ нихъ обдѣланъ кирпичной кладкой, облицованной свинцовыми листами. Трубопроводы были изъ гончарныхъ трубъ или изъ свинцовыхъ трубъ, задѣланныхъ въ оболочку изъ извести.

Лишняя вода изъ водоразборныхъ бассейновъ отводилась особымъ большимъ водоводомъ. (Curtius, Adler und Hirschfeld, die Ausgrabungen zu Olympia, 5 Bd).

Геродотъ въ III томѣ своихъ сочиненій даетъ нѣкоторыя подробности объ акведукахъ города Самоса, построенномъ въ VII вѣкѣ до Р. X. (по нѣкоторымъ даннымъ болѣе точно время опредѣляется

625 г. до Р. X. (Burr-Ancient and Modern Engineering) архитекторомъ изъ Мегары, по имени Эвпалинось. Акведукъ этотъ одинъ изъ трехъ значительнѣйшихъ по словамъ Геродота греческихъ водопроводовъ.

Новѣйшія изслѣдованія подтвердили показанія Геродота и дали очень точныя указанія относительно водоснабженія древняго Самоса (Fabricius, *Alterthümer auf der Insel Samos*). Задача, искусно рѣшенная Эвпалиносомъ, заключалась въ проведеніи въ городъ воды изъ ключа, вытекавшаго позади горы, находящейся къ сѣверу отъ города. Съ этой цѣлью въ горѣ былъ сдѣланъ туннель около километра длиной. Онъ частью высѣченъ въ скалистомъ грунтѣ и имѣетъ размѣръ около 8×8 фут., въ болѣе мягкихъ грунтахъ туннель обдѣланъ сухой кладкой и размѣръ въ свѣту меньше. Въ туннелѣ съ одной стороны сдѣланъ ровъ глубиной возрастающей до 8,30 метра, на днѣ коего уложены водопроводныя трубы; такое устройство объясняется, подобно двойному туннелю Аѣинскаго водопровода, построенному позднѣе Самосскаго по нѣкоторымъ даннымъ на 65 лѣтъ (Burr.-Ancient and Modern Engineering) невозможностью за отсутствіемъ точныхъ измѣрительныхъ приборовъ придать дву туннелю должныя уклоны для самотока. Мѣстами верхняя и нижняя штольни не имѣютъ непрерывнаго соединенія между собой (черт. 31—34). У начала водопровода былъ построенъ обширный каптажный гротъ съ потолками, поддерживаемыми 15 колоннами. Водопроводъ проходилъ черезъ весь городъ до самого порта. Здѣсь между прочимъ притекающая вода приводила въ движеніе двое водяныхъ часовъ которые показывали мѣсяцы, дни и часы.

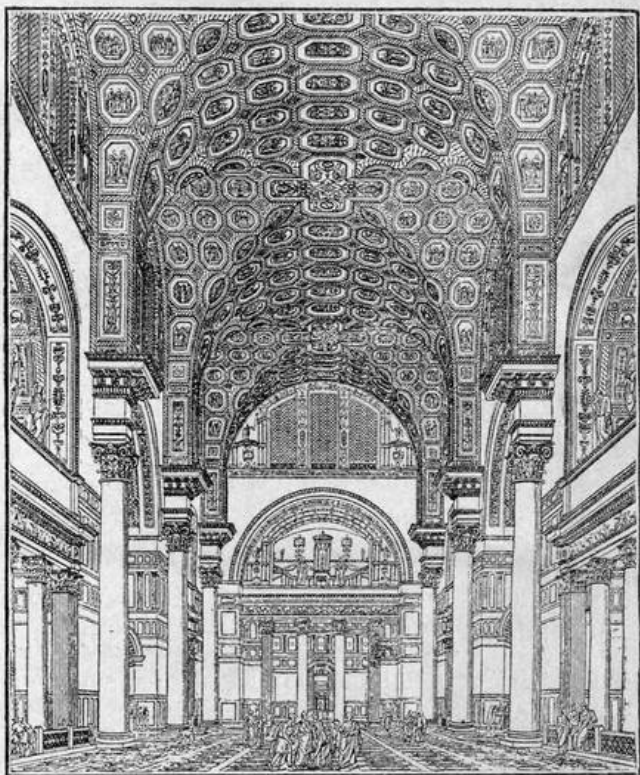
Среди другихъ колониальныхъ водопроводовъ древнихъ Грековъ очень замѣчательны напорные водопроводы въ Патарѣ (въ Малой Азіи), въ Метимнѣ на Лесбосѣ и въ Пергамѣ,

Въ Патарѣ вода была проведена въ глубокой древности, такъ что возникаетъ предположеніе, не былъ ли здѣсь примѣненъ водопроводный сифонъ Греками въ первый разъ и не являются ли Греки изобрѣтателями напорнаго водопровода. Эти вопросы остаются пока безъ отвѣта, хотя относительно перваго изъ нихъ можно выразить сомнѣніе, чтобы такое совершенное и значительное сооруженіе, какъ сифонъ Патарскаго водопровода могло не имѣть серьезныхъ и удачныхъ предшественниковъ.

Водопроводъ въ Патарѣ состоялъ изъ каменнаго аведука, покрытаго

Купальни и бани древнихъ римлянъ.

Термы Каракаллы въ Римѣ.



Черт. 115.—Tepidarium.

(P—плана, черт. 112.)

плитами, который велъ воду къ городу изъ отдаленныхъ не разысканныхъ еще источниковъ. При пересѣченіи водопровода съ долиной горнаго ручья, преграждавшаго ему путь и устроена напорная часть или сифонъ. Съ этою цѣлью поперекъ рѣки построена каменная стѣнка, горизонтальная посрединѣ и поднимающаяся подъ углами 169 и 156 градусовъ по краямъ, и въ ея толщѣ устроенъ напорный каменный трубопроводъ или сифонъ. Длина сифонной стѣны 231 метр., толщина 2,95 и вышина 9,6 метра. Для прохода водъ, текущихъ по долинѣ въ стѣнѣ сифона сдѣланы два отверстія. Патарскій сифонъ хорошо сохранился (Texier, Description de l'Asie Mineure).

Въ Метимнѣ вода проведена изъ ключа, находящагося въ 7 километрахъ отъ города. Водопроводъ преимущественно состоитъ изъ уложенныхъ въ землю гончарныхъ трубъ съ чистымъ діаметромъ 8 см. и длиною звена въ 35 см. Черезъ каждыя 40 шаговъ есть вентиляціонный колодезь для освѣженія воды. Напорная часть устроена для перехода чрезъ низменность передъ городомъ и состоитъ изъ задѣланныхъ въ кладку гончарныхъ трубъ съ стѣнками толщиной 4 сантиметра. Въ городѣ водопроводъ имѣетъ резервуаръ, откуда вода распределяется въ различные водоразборные фонтаны. Метимнскій водопроводъ дѣйствуетъ и понынѣ. (Koldewey. Die Antiken Baureste der Insel Lesbos).

Водопроводъ въ Пергамѣ является въ техническомъ отношеніи быть можетъ самымъ интереснымъ сооруженіемъ древней Греціи. По изслѣдованіямъ инженеровъ *Gräber*'а (Gräber. Die Wasserleitungen von Pergamon. Abh. Ak. der Wis. Berlin 1887) и *Giebler*'а (Giebler, Ueber einige älteste Wasserleitungen und deren Beziehungen zu den neuesten. Verhandlungen des deutschen Verbandes von Gas- und Wasserfachmännern 1896), высокая часть Пергама, въ которой были расположены королевскій дворецъ, театръ, храмы и пр. снабжалась водой при посредствѣ напорнаго водопровода, давленіе въ коемъ доходило до 20 атмосферъ и во всякомъ случаѣ не было меньше 16 атмосферъ. Вода была проведена изъ ключей за 60 километровъ. Она собиралась на склонѣ горы, лежащей въ трехъ съ лишнимъ километрахъ отъ возвышенности Пергама въ точкѣ, превосходящей послѣднюю по высотѣ на 35 метровъ. Здѣсь былъ сдѣланъ отстойный резервуаръ, имѣвшій два отдѣленія. Въ первомъ вода отстаивалась и переливалась черезъ три высоко помѣщенные отверстія во второе, откуда поступала въ на-

порную трубу. Къ резервуару отъ ключей вода текла по гончарнымъ трубамъ числомъ три, діаметромъ 18 см., съ длиной звена 48 см. и толщиной стѣнокъ 6—9 см. Устройство напорной трубы еще недостаточно выяснено раскопками. Весьма вѣроятно, что она была построена при помощи высверленныхъ камней.

Наконецъ, совсѣмъ особое мѣсто среди греческихъ водопроводовъ занимаетъ грандіозное устройство резервуарной системы Александріи. Вода въ Александрію была проведена изъ Нила большимъ судоходнымъ каналомъ, изъ котораго отвѣтвлялись многочисленные подземные акведуки, направлявшіеся къ различнымъ частямъ города и даже на островъ Фаросъ и служившіе для наполненія запасныхъ водохранилищъ-цистернъ. Ихъ было 360. Онѣ были различной формы и величины. Онѣ достигали огромныхъ размѣровъ имѣя многоярусныя поддерживающія своды арки (черт. 35—39). Эта сложная система резервуаровъ Александріи являлась слѣдствіемъ непостоянства качества воды Нила, мало пригодной для питья во время наводненій, и опасности прекращенія дѣйствія канала при осадахъ.

Греками употреблялись различные типы насосовъ. Въ сочиненіяхъ Геродота находится самое древнее изъ извѣстныхъ описаній всасывающаго насоса, состоящаго изъ трубы, въ которой движется сплошной поршень. У грековъ употреблялся также подъемный насосъ, съ полымъ поршнемъ, снабженнымъ клапаномъ; большинство ихъ кораблей снабжено было этимъ приборомъ. Наконецъ, Витрувій приписываетъ греку Ктезивію, ученику Герона, изобрѣтеніе нагнетательнаго насоса, который, слѣдовательно, появился за 150 лѣтъ до Р. Х. и сначала повидимому состоялъ изъ двухъ цилиндровъ и воздушнаго резервуара, какъ наши пожарные насосы. Насосъ былъ деревянный, а поршни чаще всего дѣлались изъ кожи.

Греки умѣли, проводя воду помощью деревянныхъ желобовъ или трубъ, снабжать ихъ деревянными или металлическими кранами.

Большое искусство въ устройствѣ трубопроводовъ составляетъ отличительную черту древнегреческихъ водопроводныхъ инженеровъ и ставить ихъ въ этомъ отношеніи на первое мѣсто между древними строителями водоснабженія въ разныхъ странахъ.

Поводомъ къ развитію этой стороны дѣла явилось уже отмѣченное стремленіе Грековъ проводить воду подъ землю — для защиты ея отъ согрѣванія, загрязненія и непріятели.

Трубопроводы давали очевидную возможность удовлетворять съ большимъ удобствомъ такой задачѣ. Они укладывались иногда, какъ мы видимъ, въ туннеляхъ, вырытыхъ обыкновенно въ скалистомъ грунтѣ, но чаще укладывались прямо въ землю.

Матеріаломъ для изготовленія трубъ служили камень, глина, свинецъ и можетъ быть бронза; послѣднее предположеніе еще не получило подтвержденія въ раскопкахъ.

Каменные трубы получались путемъ высверливанія или выдалбливанія цилиндрическаго канала въ длинныхъ кускахъ камня; соединялись они выдолбленными муфтами и швы замазывались известковымъ растворомъ.

Гончарныя трубы выдѣлывались въ видѣ цилиндровъ безъ наружнаго раструба. Для соединенія ихъ также служили муфты сдѣланныя въ толщинѣ стѣнки цилиндрическаго или четырехграннаго тѣла трубы (черт. 33 и 34). Обыкновенно греческія гончарныя трубы удовлетворяютъ требованію имѣть одинаковый внутренній діаметръ по всей длинѣ звена и въ этомъ отношеніи выгодно отличаются отъ многихъ римскихъ трубъ, часто имѣвшихъ видъ кувшиновъ безъ дна, вложенныхъ одинъ въ другой. Но стѣнки ихъ, какъ уже упомянуто, не отвѣчаютъ современному требованію о постоянствѣ толщины и особой прочности стѣнъ. Именно въ стыкѣ толщина стѣнки уменьшена для образованія внутренней муфты до половины нормальной. Отношеніе толщины стѣнокъ гончарныхъ трубъ къ ихъ діаметру въ греческихъ трубахъ обыкновенно правильно. Въ римскихъ это далеко не всегда такъ, въ нихъ толщина не только не всегда соотвѣтствуетъ діаметру, но даже не постоянна для одного и того же звена трубы, колеблясь отъ 3 — 5 мм. у устья до 20 мм. по срединѣ.

Греки обращали также вниманіе на тщательность задѣлки швовъ между отдѣльными звеньями гончарныхъ трубъ. Для этой цѣли преимущественно употреблялся известковый растворъ и чтобы онъ не вываливался примѣнялись различныя болѣе или менѣе остроумныя устройства.

Для трубъ, находившихся подъ большимъ давленіемъ въ дюкерахъ, примѣнялась иногда звеня заливка свинцомъ.

Свинцовыя трубы грековъ дѣлались изъ листового свинца, полученнаго прокатываніемъ или ковкой и запаяннаго вдоль шва.

Раннее употребленіе трубъ для проведенія воды ознакомило грековъ съ ихъ важными качествами—возможностью проводить воду подъ давленіемъ. Этими качествами трубопроводовъ греки широко пользовались. Въ ихъ городахъ было много бьющихъ вверхъ фонтановъ, а въ водопроводныхъ магистральныхъ были не рѣдки сифоны или дюкеры. Изъ фонтановъ извѣстны, напримѣръ Аѳинскіе, стоявшіе въ непосредственной связи съ водопроводомъ; ихъ строителемъ былъ Ментонъ.

Для устройства сифоновъ или дюкеровъ примѣнялись охотно каменные трубы въ виду ихъ большей прочности. Въ такомъ дюкерѣ слабымъ мѣстомъ были только стыки трубъ, тогда какъ въ гончарныхъ или свинцовыхъ прочность трубъ могла не оказаться соотвѣтствующей давленію на всемъ протяженіи трубы. Дюкеры изъ каменныхъ трубъ найдены въ старѣйшемъ греческомъ напорномъ водопроводѣ въ Патарѣ и въ Метимнѣ.

Давленіе въ дюкерахъ древнихъ грековъ достигало 16—20 атмосферъ, тогда какъ въ наиболѣе значительномъ дюкерѣ Римлянъ въ Лионѣ (Mont Pilat) оно не превосходитъ 12 атмосферъ.

Въ области удаленія нечистотъ греки также достигли значительнаго совершенства.

Въ домахъ своихъ греки устраивали часто отхожія мѣста, а при отсутствіи ихъ пользовались переносными сосудами.

Въ своихъ городахъ греки устраивали обширныя канализаціонныя сооруженія, какъ это доказываютъ остатки канализаціонныхъ сооруженій въ Аѳинахъ, Олимпіи, Акрагасѣ (Агригентѣ), Самосѣ и друг. Въ Аѳинахъ дѣйствовала повидимому общесплавная система канализаціи съ утилизаціей отбросовъ на ирригаціонныхъ поляхъ. Главный коллекторъ приводилъ грязныя воды къ обширному закрытому бассейну, откуда онѣ разводились къ предполагаемымъ поляхъ орошенія при посредствѣ подземныхъ каменныхъ или кирпичныхъ каналовъ или гончарныхъ трубъ. Часть древняго главнаго коллектора существуетъ и теперь, равно и отводныя канавы. Одинъ изъ нихъ состоитъ изъ гончарныхъ трубъ діаметромъ 0,67 метра; труба состоитъ изъ двухъ полуцилиндровъ соединенныхъ пазами и шестью свинцовыми кламмерами. Въ водостокахъ Аѳинъ найдены слѣды устройствъ для ихъ искусственной промывки, а въ отводныхъ каналахъ нашли слѣды затворовъ, позволявшихъ пускать или не пускать жидкость на данное поле.

Канализація Олимпіи имѣла сходный характеръ. Городскіе водостоки соединялись въ общій коллекторъ, который приводилъ ихъ къ обширному закрытому бассейну, откуда нечистоты вытекали дальше. Водостоки въ городѣ были сдѣланы изъ камня и имѣли полукруглую профиль, отводный каналъ изъ кирпича.

Въ Самосѣ водосточные каналы, остатки коихъ также найдены, были высѣчены въ скалѣ и проходили подъ землей черезъ городъ, направляясь къ порту. Размѣры нѣкоторыхъ подземныхъ водостоковъ Самоса были такъ значительны, что чрезъ одинъ изъ нихъ по словамъ Геродота убѣжалъ изъ Акрополя тиранъ Мэандріосъ.

Великіе законодатели древней Греціи не упускали издавать постановленія, относящіяся до отысканія и употребленія воды. Солонъ опредѣлилъ периметръ, до котораго должно распространяться пользование общественнымъ колодеземъ. Въ этого периметра каждый долженъ для своего употребленія копать собственный колодезь и не ближе двухъ метровъ отъ сосѣднихъ владѣній. Но если кто-нибудь, вырывъ колодезь до 20 метровъ, не находилъ въ немъ воды, то онъ имѣлъ право пользоваться каждый день водою въ размѣрѣ 54 литровъ изъ колодца своего сосѣда.

§ 13. Римская эпоха.

Наслѣдники культурныхъ богатствъ Грековъ—Римляне получили отъ нихъ и гигиеническія знанія, и принципы охраненія общественнаго здоровья. Впрочемъ, зачатки санитаріи существовали у Римлянъ и раньше, вполне самостоятельно: такъ въ древнѣйшихъ римскихъ законахъ—12 таблицахъ—встрѣчаются нѣкоторыя санитарныя предписанія общаго характера относительно надзора за пищевыми припасами, клоаками и каналами и нѣк. др. Но апогея своего развитія искусство охраненія общественнаго здоровья достигло у римлянъ во времена вторыхъ царей, въ это время по санитарному благоустройству Римъ далеко превосходилъ Аѳины. Строительнымъ уставомъ Нерона въ Римѣ была нормирована не только высота домовъ, но сообразно съ высотой ихъ, и ширина улицы. Правда, съ современной точки зрѣнія эти нормы не вполне выдерживаютъ критику, но не нужно забывать, что въ нашихъ современныхъ строительныхъ законодательствахъ нормы относительно ширины улицъ и

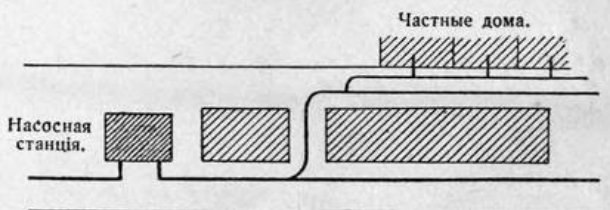
Городская водопроводная сѣть древнихъ римлянъ.

Сравнительныя схемы.



Черт. 116.

Схема римской водопроводной сѣти для домового водоснабженія.



Черт. 117.

Схема нормальной водопроводной сѣти для домового водоснабженія (Merckel, стр. 542 и 544).

Рѣзкое отличіе древнеримской схемы водопроводной городской сѣти отъ нормальной современной заключается въ томъ, что въ современной рядъ домовъ получаетъ воду изъ одной общей уличной трубы, тогда какъ въ римской каждый домъ имѣлъ отдѣльный проводъ изъ резервуара. Этотъ проводъ шелъ во дворъ (Cavaedium) дома, гдѣ изъ него вода чрезъ фонтанъ, бьющій или небьющій, вытекала непрерывно днемъ и ночью въ бассейнъ (Impluvium). Въ періоды маловодья устанавливалась нерѣдко раздача воды лишь въ опредѣленные часы; это дѣлалось не только въ Римѣ, но даже въ отдаленныхъ провинціяхъ, напримѣръ въ Африкѣ.

высоты домовъ также далеко не соответвуютъ требованіямъ научной гигиены (см. § 4). Заботы о чистотѣ улицъ въ Римѣ лежали на домохозяевахъ, за которыми наблюдали эдилы. Эдилы также наблюдали за продажей съѣстныхъ припасовъ, преслѣдовали фальсификацію, главнымъ образомъ продажу испорченной провизіи, а также всякаго рода обмѣриваніе и обвѣшиваніе.

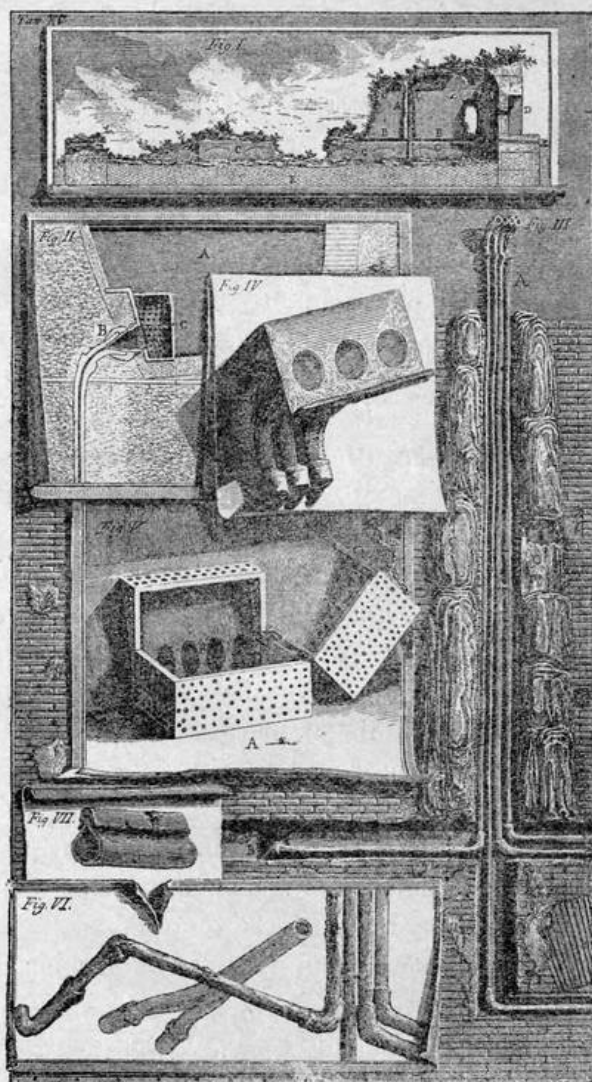
Въ древнемъ Римѣ обильное, доходившее до расточительности, употребленіе воды для общественныхъ и частныхъ надобностей стало дѣйствительно необходимостью, до такой степени, что лица, желавшія снискать себѣ расположеніе народа, считали лучшимъ для этого средствомъ жертвовать значительныя суммы на постройку новыхъ сооружений для собиранія, проведенія и утилизаціи воды. Для полученія обильныхъ количествъ водъ Римляне не жалѣли трудовъ и не отступали ни предъ какими препятствіями и матеріальными жертвами. Хотя они и не особенно далеко подвинули искусство гидротехники, но за то они дали его примѣненію столь широкое и грандіозное развитіе, что еще въ настоящее время ихъ успѣхи въ этомъ дѣлѣ служатъ предметомъ удивленія. Оставленные ими образцы величественныхъ сооружений и замѣчательная организація устроенной ими санитарной службы сдѣлали древній Римъ классическимъ городомъ водоснабженія, водоудаленія и ихъ примѣненій.

Купальни находились въ Римѣ и римскихъ колоніяхъ въ большомъ почетѣ (черт. 41 и 42). Въ первые три или четыре вѣка для этого пользовались водою изъ р. Тибра и мѣста для купанія находились вблизи Марсова Поля. Впослѣдствіи устроенъ былъ громаднѣйшій прудъ съ общественными купальнями, куда вода доставлялась водопроводомъ Арріа.

Врачъ Цицерона, повидимому, содѣйствовалъ распространенію болѣе утонченныхъ приемовъ греческаго водолеченія, хотя нужно замѣтить, что врачебное сословіе въ теченіе всей римской исторіи принимало очень мало участія въ санитарно-общественныхъ мѣропріятіяхъ; врачи удовлетворялись только лечебной дѣятельностью. Вскорѣ появились горячія бани (термы), роскошь которыхъ достигла замѣчательнаго развитія (черт. 43, 44, 112—115, 130). Бани сдѣлались мѣстомъ собранія и развлеченія. Наиболѣе богатые и вліятельные граждане проводили въ нихъ большую часть дня. Нѣкоторые пользовались банею до семи разъ въ день, и Плиній могъ сказать, что въ теченіе шести вѣковъ бани составляли всю медицину Римлянъ.

Трубопроводы древнихъ римлянъ.

Детали свинцовыхъ водопроводныхъ трубъ.



Чертежи

118—124.

Fig. I. Общій видъ разваливъ резервуара водопроводовъ Julia съ показаніемъ разводившихъ воду свинцовыхъ трубъ (A, B).—Fig. II. Разрѣзъ устья одной изъ водопроводныхъ трубъ (B).—Fig. III. Общій видъ четырехъ параллельныхъ разводившихъ трубъ.—Fig. IV. Общій видъ устья трехъ параллельныхъ разводившихъ трубъ.—Fig. V. Общій видъ дырчатого ящика, прикрывающаго устья трубъ и предохраняющаго ихъ отъ засоренія.—Fig. VI. Колѣна и отъѣвленія трубъ.—Fig. VII. Способъ исполненія трубы изъ свинцовыхъ листовъ.

Бани были самага разнообразнаго устройства и величины. Они были частныя и общественныя. Частныя устраивались въ домахъ. Примѣромъ устройствъ такого рода можетъ служить баня найденная въ одномъ изъ домовъ Помпеи и представленная на черт. 130.

Наиболѣе полная общественная римская баня состояла изъ шести главныхъ отдѣленій. Первое называлось *apodyterium* или *sproliatorium* и служило для раздѣванія. Оно было не во всѣхъ баняхъ. Гдѣ его не было—раздѣвались во второмъ отдѣленіи *frigidarium*, предназначенномъ въ баняхъ полнаго состава для купанья въ холодной водѣ.

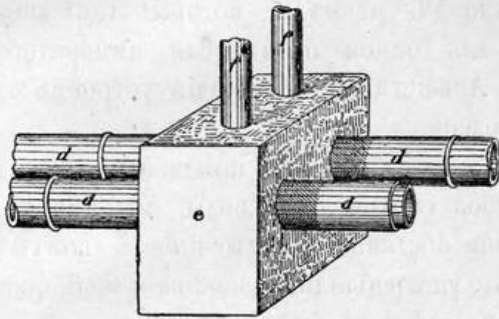
Слѣдующее отдѣленіе *tepidarium* имѣло болѣе теплую воду и воздухъ и служило для постепеннаго перехода отъ холодной бани къ горячей *laconium* или *comamerata sudatio*, гдѣ воздухъ былъ сильнѣе нагрѣтъ и гдѣ бралась горячая воздушная ванна.

Далѣе шло отдѣленіе—*balneum* или *caldaria*—гдѣ мылись въ теплой водѣ и, затѣмъ—*eleonthesium* или *onctuarium*, гдѣ опрыскивались духами и натирались благовоніями. Подъ теплыми помѣщеніями бань распространялись жаровые ходы отъ подземнаго очага *hypocaustum*. Совокупность устройствъ по согрѣванію воды называлась *praefurnium*. Въ баняхъ была также удобная площадка для тѣлесныхъ упражненій *palaestra*. Самыя замѣчательныя по благоустройству и простотѣ бани устроены въ Римѣ Антоніемъ Каракаллою площадью въ 110.536 кв. метровъ (черт. 112—115). Часть этихъ термъ еще нынѣ существуетъ.

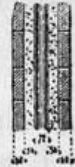
Фонтаны, бассейны и другія устройства для общественнаго пользованія водою были въ Римѣ чрезвычайно многочисленны и обыкновенно украшались скульптурами, мраморными или бронзовыми статуями Юпитера-Дожденосца, египетскаго божества Канопы или аллегорическими фигурами, скрывавшими въ себѣ водопроводныя трубы, причѣмъ пасть или другая часть тѣла фигуры служила устьемъ, черезъ которое изливалась водяная струя. Большое число подобныхъ фонтановъ найдено было въ Помпеѣ и Геркуланумѣ, и сохранившіеся образцы древней живописи указываютъ, что тогда уже римляне умѣли устраивать фонтаны, въ которыхъ вода подымалась вертикальною струею. Въ загородныхъ домахъ, гдѣ Римлянѣ развивали пышную роскошь, сады украшались фонтанами и искусственными водопа-

Трубопроводы древних римлянъ.

Детали гончарныхъ и свинцовыхъ трубъ.



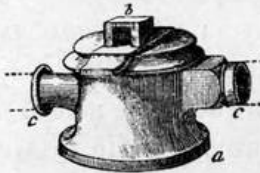
Черт. 125.



Черт. 126 и 127.

Черт. 125.—Двойная магистраль Страсбургскаго водопровода. (*dd*—водопроводныя гончарныя трубы диаметромъ 20 сантим.; *e*—опоры изъ кирпичной кладки размѣромъ 60 × 60 × 88 см., постановленныя на нѣкоторыхъ разстояніяхъ; трубы задѣланы въ эту кладку; *ff*—вентиляціонныя трубы).

Черт. 126 и 127.—Уличныя и домовыя провoda Страсбургскаго водопровода изъ свинцовыхъ или гончарныхъ трубъ диаметромъ 4—7 сантиметровъ, задѣланныя въ кладку изъ бетона, съ облицовкой изъ кирпича (Strassburg und Seine Bauten, Arch. u. Ing. Ver. f. Els. Lothr, Merckel, p. 580).



Черт. 128.



Черт. 129.

Черт. 128.—Водопроводный кранъ, найденный во дворѣ Гиверіа на Капри. (Mazois et Gau, les Ruines de Pompei). Часть *b* вращалась въ части *a* и заперала или отпирала трубу *c*.

Черт. 129.—Свинцовый водопроводъ Лионскаго водопроводнаго сифона у Mont Pilat. Трубы сдѣланы изъ свинцовыхъ листовъ съ верхнимъ стыкомъ, залитымъ особой замазкой (*A*). Въ виду неспособности такихъ трубъ выдерживать внутреннее давленіе, онѣ были заключены въ сифонъ въ каменную кладку. На внутреннихъ стѣнкахъ трубъ найдены значительныя осадки извести (*B*), (Belgrand, Les aqueducs Romains).

дами. При этомъ они умѣли соединять самыя эффектныя изобрѣтенія гидравлики съ богатѣйшею художественною декораціею.

Храмы, театры и ристалища, устроенныя на окраинахъ Рима снабжались обильно водою. То же было и въ циркахъ; много бассейновъ назначено было для навмахій, которыя такъ забавляли на, селеніе Рима; лишь для одной этой цѣли императоръ Августъ велѣлъ отвести воды Альсіетины, а Клавдій устроилъ трибуны на берегахъ Фукинскаго озера.

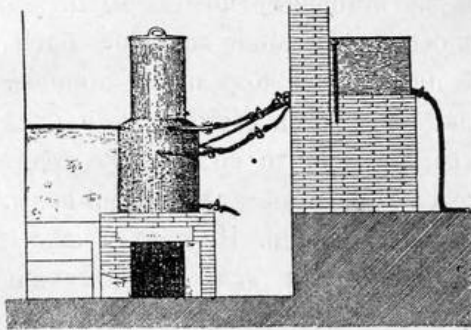
Доказательство важнаго значенія, придававшагося римлянами всему тому, что касалось употребленія воды, мы находимъ еще въ роскоши, съ которою они обставляли внутренность своихъ термъ, гдѣ весьма часто, на примѣръ, употреблялись мозаика и мраморная обдѣлка, причемъ трубы и краны сдѣланы были изъ массивнаго серебра. Что говорить о спеціальной сѣти трубъ, устраивавшейся въ театрахъ для освѣженія зрителей брызгами мелкихъ водяныхъ капель, на подобіе цѣлаго облака росы! Столовая Нерона также была снабжена подобнымъ приспособленіемъ. Во время пиршествъ императоровъ или богатѣйшихъ патриціевъ устраивали даже душистую искусственную росу, причемъ часто затрачивались громадныя суммы на самыя рѣдкіе и тонкіе духи, для сообщенія ей особаго аромата.

Римляне были не только замѣчательными строителями водопроводовъ, но и превосходными техническими писателями въ этой области. Наболѣе замѣчательны изъ нихъ Marcus Vitruvius Pollio и Julius Frontinus.

Витрувій жилъ въ царствованіе Августа и руководилъ постройкой стѣнобитныхъ и др. военныхъ машинъ. Онъ самъ себя называетъ архитекторомъ, но въ дѣйствительности согласно нашей нынѣшней номенклатурѣ является инженеръ-архитекторомъ. По ходатайству Октавіи, сестры Августа, онъ былъ награжденъ пенсіею и свой досугъ посвятилъ составленію обширнаго труда по строительному искусству, обнимающему всѣ отрасли инженернаго дѣла. Текстъ этого замѣчательнаго труда (Marcus Vitruvius Pollio: De Architectura), дошолъ до насъ, но чертежи Витрувія затеряны и могутъ быть возстановляемы лишь по описанію (Vitruv. Baukunst. Uebersetzung von August Rode).

Водоснабженію городовъ Витрувій удѣляетъ большое мѣсто въ своемъ сочиненіи и рисуеътъ весьма стройную и полную картину

Устройство ванной въ Помпеѣ.



Черт. 130.

Разрѣзъ ванной комнаты и котельнаго помѣщенія съ показаніемъ резервуара для воды, трубопроводовъ, котла для нагреванія воды и топки.

(Mittheilungen des Kais. Deutsch. Arch. Inst. Röm. Abth. B. IV).

Котель состоитъ изъ двухъ цилиндрическихъ частей діаметромъ 59 и 35 сантиметровъ и соединяется тремя трубопроводами съ резервуарами для воды въ сосѣдней комнатѣ и съ ванной. Трубопроводы снабжены многочисленными кранами, благодаря коимъ имѣлась возможность снабжать купальное помѣщеніе по усмотрѣнію теплою или холодной водой. Въ Помпеѣ были найдены также котлы водотрубнаго типа.

положенія водопроводнаго дѣла римлянъ въ современную ему эпоху и взглядовъ римскихъ инженеровъ на способы осуществленія задачъ рациональнаго добыванія и проведенія воды.

Объ опредѣленіи качествъ питьевой воды Витрувій говоритъ: «Воду испытываютъ и опредѣляютъ ея достоинство слѣдующимъ образомъ. Если это вода, текущая по поверхности земли, то прежде чѣмъ начать ее проводить, наблюдай съ большимъ вниманіемъ тѣлесную крѣпость живущихъ вблизи людей. Если они сильны, съ хорошимъ цвѣтомъ лица, не имѣютъ болѣзни ногъ или глазъ, то вода годна. Если же источникъ ново открытый ключъ, то обрызгай сосудъ изъ коринеской или иной хорошей бронзы водой; если не будетъ на бронзѣ пятенъ, то вода очень хороша. Также вскипяти воду въ котлѣ, дай ей затѣмъ отстояться и слей ее, если на днѣ не будетъ ни песка, ни ила, то вода также годится».

Далѣе признаются хорошими и здоровыми воды, если въ нихъ на огнѣ быстро свариваются овощи. Не менѣе важный показатель того, что вода чиста и очень здорова, ясность и прозрачность ея въ ключѣ, непроизрастаніе въ ней мха и травъ, отсутствіе грязи, тамъ гдѣ она протекла.

Относительно розысканія воды для водоснабженія Витрувій даетъ очень обширныя и подробныя указанія, какъ можно опредѣлить мѣсто, гдѣ за отсутствіемъ ключей выходящихъ на земную поверхность, можно рассчитывать найти подъ землею источники. Онъ указывалъ наружные признаки водоносныхъ мѣстъ, свойство различныхъ грунтовъ, опыты, которые должно сдѣлать, чтобы выяснить водоносность данной мѣстности, когда внѣшніе признаки недостаточны и т. д.

«Когда эти опыты сдѣланы и признаки водоносности въ какомъ либо мѣстѣ найдены, то вырой колодець въ этомъ мѣстѣ, и если нападешь на источникъ воды, то вырой еще нѣсколько колодцевъ вокругъ и соедини ихъ между собой подземными галлереями», говоритъ далѣе Витрувій.

Искать ключи Витрувій совѣтуетъ въ горахъ, преимущественно на склонахъ, обращенныхъ къ сѣверу. «Источники тамъ пріятнѣе, здоровѣе и обильнѣе, потому что они не лежатъ противъ солнца; кромѣ того деревья и сами горы своей тѣнью мѣшаютъ солнечнымъ лучамъ непосредственно проникать въ почву и извлекать изъ нея

влагу. Дождевая вода также преимущественно собирается въ долинахъ и снѣгъ вслѣдствіе густоты лѣса лежитъ въ тѣни деревьевъ и горъ дольше; когда же онъ таетъ, то вода просачивается въ землю и чрезъ ея слои течетъ къ подошвѣ горы, гдѣ появляется въ видѣ журчащихъ ключей. На равнинахъ нѣтъ водныхъ жилъ, а если и есть, то онѣ не могутъ быть здоровы. Сильный солнечный жаръ, не умѣряемый никакой тѣнью, извлекаетъ всю влагу съ поверхности земли; если же гдѣ-нибудь вода и выйдетъ на земную поверхность то воздушныя теченія отнимутъ отъ нея наиболѣе нѣжныя, чистыя и здоровыя частицы и разсѣютъ ихъ, оставивъ на мѣстѣ только тяжелыя, жесткія и непріятныя частицы воды».

Относительно проведенія воды Витрувіемъ даны также очень обстоятельныя указанія. «Воду проводятъ тремя способами, говорить онъ, именно или каналами съ кюветами изъ каменной кладки, или свинцовыми трубами, или гончарными трубами. При каменныхъ акведукахъ кладка должна быть самая прочная и подошва кювета точно вывѣрена, чтобы паденіе на сто футовъ не было менѣе половины фута.

«Такіе каналы должны быть покрыты сводами, чтобы солнце не попадало на воду. Если между ключемъ и городомъ есть горы, то поступай слѣдующимъ образомъ. Сдѣлай въ горѣ туннель, котораго уклонъ долженъ соответствовать предшествующему указанію.

«При скалистомъ грунтѣ водотокъ нужно высѣчь въ самой породѣ. Если же подошва туннеля состоитъ изъ земли или песка, то обдѣлай его каменной кладкой и построй сводомъ, и тогда уже проводи чрезъ него воду. Чрезъ каждые 140 футовъ нужно сдѣлать смотровой колодець.

«При свинцовыхъ трубопроводахъ можно непосредственно у источника сдѣлать резервуаръ.

«Затѣмъ отъ резервуара къ городу нужно провести трубы, которыя должны соответствовать количеству проводимой воды». Перечисливъ размѣры свинцовыхъ трубъ и ихъ вѣсъ, Витрувій говоритъ далѣе: «Если случится, что, хотя источникъ и имѣетъ относительно города необходимый подъемъ, но промежуточная мѣстность недостаточно возвышена, то въ глубокихъ мѣстахъ слѣдуетъ устраивать поддерживающія водопроводъ строенія (мостъ акведука); можно также, если обходъ не великъ обвести трубопроводъ вокругъ горы (переводъ

Роде). Тамъ же гдѣ долины широки, проведи трубы по склону горы внизъ и поддержи ихъ въ долинѣ низкими поддерживающими строениями, чтобы дать уклону видъ кривой (сифонъ); эта кривая вслѣдствіе своего большого растяженія плавно поднимается по другой сторонѣ долины и вода должна подняться до вершины этой стороны. Если трубу проложить по дну долины не плавной кривой или не устроить поддерживающія строения, а сдѣлать рѣзкій переломъ, то вода его разрушитъ и разорветъ соединенія трубъ» (переводъ Бельграна). Въ сифонѣ (venter) должны быть воздушныя отверстія, чтобы можно было бороться съ силой всосаннаго воздуха.

«Построенный такимъ образомъ свинцовый водопроводъ лучше всего проводить воду по склону горы внизъ, вокругъ горъ чрезъ пади и затѣмъ вверхъ на гору.

«Очень полезно, когда уклонъ отъ источника къ городу установленъ, устроить чрезъ каждые 24000 футь резервуаръ, чтобы при поврежденіи трубопровода не нужно было разбирать его весь, а сразу было возможно найти испорченное мѣсто. Эти резервуары однако не должно строить на спускной или подъемной части сифона и вообще въ долинѣ, а на ровной мѣстности.

«Чтобы сдѣлать дешевый водопроводъ, изготовь трубы изъ обожженной глины не менѣе двухъ дюймовъ толщины, заостренныя съ одного конца такъ, чтобы онѣ плотно входили одна въ другую. Швы наполни замазкой изъ негашенной извести съ масломъ и тамъ гдѣ спускающіяся съ горы или поднимающіяся трубы образуютъ съ нижней горизонтальной частью сифона углы, сдѣлай колѣно изъ высверленнаго камня».

Далѣе Витрувій даетъ указанія о необходимости впускать воду въ такіе водопроводы постепенно и осторожно, чтобы не вызвать поврежденія ихъ сжатымъ воздухомъ, о пользѣ при первомъ пропускѣ воды введенія въ нее золы для заглушенія возможной течи въ стыкахъ трубъ и пр.

Затѣмъ онъ останавливается на разсмотрѣніи тѣхъ случаевъ, когда нѣтъ ключей, изъ которыхъ воду можно было бы такъ или иначе провести къ городу и когда приходится искать ее въ глубокихъ слояхъ почвы при помощи колодцевъ или собирать изъ атмосферныхъ осадковъ въ цистернахъ.

«При рытьѣ колодцевъ нельзя дѣйствовать безъ осмотрительно-

сти, говоритъ Витрувій. Нужно съ большимъ вниманіемъ и заботливостью научить мѣстныя условія, такъ какъ грунты бываютъ очень разнообразны».

Разсмотрѣвъ въ соотвѣтствіи съ понятіями того времени, составъ земной коры, Витрувій предостерегаетъ отъ опасности при рытьѣ колодцевъ задушенія рабочихъ сѣрными газами и указываетъ предохранительныя мѣры. Колодцы онъ рекомендуетъ обдѣлывать кладкой, но при этомъ принимать мѣры, чтобы не закрыть водоносныхъ жилъ.

Относительно устройства цистернъ для собиранія дождевой воды съ крышъ и другихъ возвышенныхъ мѣстъ Витрувій рекомендуетъ дѣлать ихъ изъ бетона слѣдующаго состава: пять частей чистаго песка и двѣ части извести смѣшиваются со щебнемъ, каждый кусокъ коего не долженъ вѣсить болѣе фунта; пропорція щебня не указана. Изъ такого бетона слѣдуетъ сначала сдѣлать стѣны цистернъ, трамбуя его деревянными, обитыми желѣзомъ трамбовками, затѣмъ вынуть земляное ядро между стѣнъ, выровнять подошву пола и сдѣлать его изъ бетона тѣмъ же порядкомъ.

«Если такихъ цистернъ можно помѣстить двѣ или три рядомъ, чтобы вода могла переливаться изъ одной въ другую, то это будетъ лучше для здоровья, потому что илъ можетъ такимъ образомъ осаждаться, причѣмъ вода будетъ чище, вкуснѣе и не будетъ имѣть запаха. Гдѣ же это не возможно нужно бросать въ воду соль и такимъ образомъ ее очищать».

Относительно распредѣленія доставленной водопроводомъ воды въ предѣлахъ города Витрувій даетъ такія указанія. На концѣ магистралей въ городѣ должно устроить резервуаръ состоящій изъ трехъ параллельныхъ отдѣленій получающихъ каждое соотвѣтствующую долю воды изъ магистралей, которая должна быть раздѣлена предъ резервуарами на три устья. Отдѣленія резервуара должны быть устроены такъ, чтобы лишняя вода изъ крайнихъ переливалась въ среднее.

Изъ средняго отдѣленія отводятся трубы ко всѣмъ общественнымъ водоразборнымъ бассейнамъ и бьющимъ фонтанамъ, изъ одного изъ боковыхъ къ банямъ, изъ другого къ частнымъ домамъ. «Такимъ образомъ, говоритъ Витрувій, для общественныхъ нуждъ не можетъ быть недостатка въ водѣ, потому что ее никто не можетъ захватить,

такъ какъ предназначенныя для этой нужды отводныя трубы выходятъ изъ собственнаго отдѣленія. Такое подраздѣленіе резервуаровъ на самостоятельныя отдѣленія совѣтую я потому еще, чтобы тѣ, кто проводятъ воду для частнаго употребленія къ своимъ домамъ, могли уплатой соотвѣтствующаго сбора содѣйствовать поддержанію водопровода».

Для распредѣленія воды въ городѣ Витрувій совѣтуетъ пользоваться гончарными, а не свинцовыми трубами. «Преимущества гончарныхъ трубъ, говоритъ онъ, состоятъ въ томъ, что въ первыхъ въ нихъ каждый можетъ исправлять поврежденія, а во вторыхъ въ томъ, что вода изъ нихъ гораздо здоровѣе, чѣмъ изъ свинцовыхъ. Свинецъ не можетъ быть здоровымъ, потому что онъ даетъ свинцовыя бѣлила, которыя вредны для человѣческаго тѣла.

«Не можетъ же быть здорово то, что производитъ вредное для здоровья. Доказательствомъ служатъ литейщики свинца, у которыхъ все тѣло блѣдно, потому что пары свинца, образуются при его плавкѣ, проникаютъ въ ихъ тѣло и ежедневно усиливая свое дѣйствіе поглощаютъ всѣ ихъ силы. По моему мнѣнію вода, чтобы быть здоровой не должна проводиться по свинцовымъ трубамъ. Что изъ глиняныхъ трубъ вода вкуснѣе, видно изъ постояннаго употребленія для воды ради вкуса глиняныхъ сосудовъ даже тѣми, кто имѣетъ столъ, уставленный серебряной посудой». Замѣтимъ, что воззрѣнія Витрувія о вредѣ свинца въ разводящихъ повидимому мало раздѣлялись въ Римѣ, гдѣ множество трубопроводовъ было сдѣлано именно изъ свинца.

Другой упомянутый нами римскій техническій писатель Sextus Julius Frontinus жилъ въ болѣе позднюю эпоху. Годъ его рожденія точно не извѣстенъ. Предполагаютъ, что онъ родился въ 35—40 году по Р. Х. и жилъ до 103—104 года. Дѣятельность его происходила въ царствованіе Императоровъ Веспасіана, Тита, Домиціана, Нервы и Траяна. Въ 69 году по Р. Х. онъ уже участвовалъ въ предпринятомъ по повелѣнію Веспасіана общемъ измѣреніи земель. Въ 70 году онъ былъ *praetor urbanus*.

Съ 75 по 78 онъ находился въ Британіи, гдѣ командовалъ армейскимъ корпусомъ. Затѣмъ онъ сражался въ разныхъ странахъ, въ томъ числѣ повидимому и въ Германіи. Въ 96 году онъ получилъ должность *curator aquarum*, въ Римѣ, т.-е. императорскаго

начальника водопроводовъ города Рима. Онъ былъ семнадцатымъ носителемъ этихъ обязанностей, о значеніи которой будетъ сказано далѣе. Въ 97 году Фронтинъ былъ *consul suffetus*, а въ 100 году при Траянѣ консуломъ.

Фронтинъ написалъ по крайней мѣрѣ семь сочиненій: «Искусство войны», «Руководство съемки», «Стратегія», «О земледѣліи», «О границахъ, дорогахъ и пр.», «О римскихъ колоніяхъ» и «О водопроводахъ».

Вступивъ въ должность куратора водопроводовъ Рима, Фронтинъ для ознакомленія съ сложными нуждами столицы въ дѣлѣ водоснабженія собралъ подробныя свѣдѣнія о римскихъ водопроводахъ. По его распоряженію были составлены подробныя чертежи водопроводныхъ сооружений, опредѣлено общественное и частное потребленіе воды, число резервуаровъ и проч. данныя. На основаніи этихъ данныхъ Фронтинъ и составилъ свою упомянутую выше крайне замѣчательную книгу: «*Commentarius de Aquaeductibus Urbis Romae*». Въ ней заключается описаніе всѣхъ римскихъ водопроводовъ съ указаніемъ къмъ и когда они построены, съ какого разстоянія проведена вода, длины подземныхъ акведуковъ и мостовъ—акведуковъ, размѣровъ и устройства послѣднихъ, протяженія водопроводовъ внѣ и въ предѣлахъ города, количествъ воды, доставляемыхъ каждымъ водопроводомъ по измѣренію въ натурѣ, числа общественныхъ и частныхъ резервуаровъ, стоимости сооружений казнѣ и частнымъ лицамъ, платы за воду, установленной сенатомъ и декретами императора и т. д.

Изъ книги Фронтинна о древне-римскихъ водопроводахъ, переведенной Ронделе на французскій языкъ въ 1820 году (*Rondelet, Commentaire de S. J. Frontin sur les Aqueducs de Rome*), видно, что уже до царствованія Траяна въ Римѣ было не менѣе 9 водопроводовъ, *Appia Claudia*, *Anio vetus*, *Marcia*, *Terpula*, *Julia*, *Virgo*, *Alisietina*, *Claudia*, *Anio novus* (черт. 45 и слѣд.), общемою длиною въ 436,45 километра, съ 63.774 метрами водопроводныхъ мостовъ, изъ коихъ 49.500 метровъ высотой до 32 метровъ, и 2.405 метрами подземныхъ галлей.

Перечисленные выше девять водопроводовъ доставляли ежедневно около милліона кубическихъ метровъ воды, изъ которыхъ около двухъ третей назначены были для общественнаго потребленія, а одна треть удѣлялась банямъ и другимъ частнымъ потребностямъ.

Устройству водопроводовъ въ Римѣ предшествовало, какъ и вездѣ, пользованіе водой мѣстныхъ источниковъ изъ ключей и рѣки, затѣмъ устройство цистернъ для дождевой воды и колодцевъ. Недостаточность этихъ источниковъ для быстро растущаго Рима проявилась относительно рано, но тѣмъ не менѣе со времени основанія города до 313 года до Р. Х., т. е. въ теченіе 441 года Римъ довольствовался для удовлетворенія потребности жителей въ водѣ— р. Тибромъ, колодцами, ближайшими ключами и цистернами. Съ 313 года для снабженія города водой обратились къ источникамъ болѣе дальнимъ, какими явились многочисленные ключи Римской Кампаньи. Они раздѣляются на нѣсколько группъ (см. планъ—черт. 40). Первая лежитъ близъ рѣки *Anio*, нынѣ называемой *Teverona*, и питала водопроводы *Appio*, *Virgo* и *Augusta*. Вторая питала водопроводъ *Alexandrina*, называемый также по имени окончившаго его постройку императора *Nadriana*. Третья группа лежитъ между древнимъ *Tusculum*'омъ (теперешней *Frascati*) и Албанскимъ озеромъ и охватываетъ источники водопроводовъ *Terula* и *Julia*. Всѣ эти ключи находятся на лѣвой сторонѣ Тибра. На той же сторонѣ и также въ долину р. *Anio*, но гораздо дальше и выше надъ городомъ лежатъ ключи, питавшіе водопроводы *Claudia* и *Marcia*.

На правой сторонѣ Тибра также есть много ключей, изъ коихъ нѣкоторые изливаются въ кратеры потухшихъ вулкановъ и образуютъ озера. Таковы озера *Sabbatinus* и *Alsitinus*. Первое питаетъ водопроводъ *Trajana*, второе *Alsietina*.

Съ какой интенсивностью развивалось потребленіе воды въ Римѣ и производились работы для удовлетворенія этой потребности видно изъ слѣдующихъ цифръ. Въ теченіе одного года эдилъ Агриппа, о дѣятельности коего мы еще упомянемъ далѣе, устроилъ 130 резервуаровъ, 700 водоразборныхъ колодцевъ и 150 бьющихъ фонтановъ. Эти сооруженія Агриппы были украшены 300 бронзовыми и мраморными статуями и 400 мраморными колоннами. При императорѣ Августѣ въ Римѣ расходовалось уже 2,7 кубическихъ метровъ воды на голову населенія въ день, причѣмъ существовало 1.350 водоразборныхъ колодцевъ и 591 фонтанъ. Въ царствованіе Константина въ Римѣ находилось до 14 водопроводовъ, 15 термъ и 856 общественныхъ купалень.

Построенные послѣ перваго вѣка по Р. Х. въ Римѣ водопро-

воды называются Траjana, Severiana, Antoniana, Alexandrina (Hadriana) и Aureliana. Изъ нихъ вполне самостоятельными и новыми считаютъ два Траjana и Alexandrina, а остальные дополненіями и отвѣтвленіями другихъ. Водопроводы древняго Рима охарактеризованы въ таблицѣ № 1.

Свѣдѣнія, сгруппированныя въ таблицѣ № 1 въ связи съ чертежами 40, 45—73, 89—104, 116—124, даютъ общее представленіе о водопроводахъ древняго Рима. Изъ этихъ данныхъ между прочимъ ясно виденъ тотъ фактъ, что римляне непрерывно стремились къ увеличенію свободнаго напора въ своихъ водопроводахъ, съ цѣлью проведенія воды въ болѣе высокія части города. Не имѣя въ своемъ распоряженіи серіозныхъ нагнетательныхъ машинъ и получая напоръ лишь отъ силы тяжести, римляне въ новѣйшихъ водопроводахъ брали воду съ болѣе высокихъ точекъ мѣстности. Подходя къ Риму, водопроводы разныхъ уровней требовали сложныхъ устройствъ при встрѣчѣ другъ съ другомъ. Нѣкоторымъ изъ такихъ сооруженій римляне придавали видъ величественныхъ монументовъ, частью сохранившихся до настоящаго времени. Таковы напр. монументальныя ворота Porta Maggiore, называвшіяся ранѣе Porta Esquilinus, съ акведуками Anio Novus, Claudia, Julia, Tepula и Marcia; ворота—Porta S.-Lorenzo, прежде Porta Tiburtina, съ акведуками Marcia, Tepula, Julia и др.

Другая черта, которая выступаетъ изъ сравненія водопроводовъ Рима разныхъ эпохъ, заключается въ успѣхѣ, оказанномъ строителями въ дѣлѣ трассированія линіи, позволившемъ достигнуть значительнаго сокращенія общей длины водопровода. Такъ напр. два водопровода Marcia и Claudia, построенные первый въ 145 г. до Р. X., а второй въ 50 г. по Р. X. выходящіе почти изъ одного мѣста и приходящіе къ Риму также къ одному мѣсту, имѣютъ длину:

Marcia	91.639 метровъ,
Claudia	68.913 »

Интересно сопоставленіе этихъ цифръ съ длиной новаго гравитационнаго водопровода Рима, оконченнаго постройкой въ 1870 году и носящаго названіе Pia; этотъ водопроводъ имѣетъ приблизительно тѣ же конечные пункты, что и два вышеупомянутые древніе, при общей длинѣ 52.000 м. Сокращеніе противъ Marcia составляетъ 44%. Дальнѣйшую особенность древнихъ водоснабженій Рима составляютъ очень значительныя общіе и не всегда правильно рас-

ТАБЛИЦА I.—Д а н н ы я о в о д о п р о

№№	Названіе водопровода.	Время постройки.	Кѣмъ или при комъ построенъ.	Способъ питанія.	Возвышеніе начала водопровода надъ уровнемъ моря.
	А q u a				МЕТРЫ.
1	Appia (Черт. 60).	311 г. до Р. X. (312 г. до Р. X.)	Начать при Gajus Plautius, окончень при Appius Claudius Crassus.	Изъ ключей.	+ 62
	Дополнител. вѣтвь.	—	Импер. Augustus.	—	—
2	Anio Vetus (Черт. 52, 53, 61).	271 г. до Р. X. (272—264 г. до Р. X.)	Начать при цензорахъ: Curius Dentatus и L. Papirius Cursor и окончень при Duumviri Cutilius и Fulvius Flaccus.	Изъ рѣки Anio.	+ 183
3	Marcia (Черт. 62, 63).	145 г. до Р. X.	Marcus Rex.	Изъ ключей.	+ 317
	Дополнител. вѣтвь. Augusta (черт. 67).	(10 г. до Р. X.)	Импер. Augustus.	Изъ ключей.	—
4	Terula (Черт. 45, 46, 47, 48, 64).	126 г. до Р. X.	Цензоры: Caerius и Cossius Longinus.	Изъ ключей.	+ 252
5	Julia (Черт. 45, 46, 47, 48, 65, 98, 99, 100).	34 г. до Р. X.	Эдилъ М. Agrippa, въ царствованіе Юлія Цезаря.	Изъ ключей.	+ 252
6	Virgo (Черт. 49, 50, 51).	21 г. до Р. X.	Эдилъ М. Agrippa.	Изъ ключей.	+ 70
7	Alsietina	19 г. до Р. X. (10 г. до Р. X.)	Импер. Augustus.	Изъ Алсіетинскаго озера.	—
8	Claudia (Черт. 54, 55, 56, 57, 58, 59).	50 г. по Р. X. (38—52 до Р. X.)	Императоры Caligula и Claudius.	Изъ ключей.	+ 317
9	Anio Novus (Черт. 54, 55, 56, 57, 58, 59, 68).	(38—52 до Р. X.)	Императоры Caligula и Claudius.	Изъ рѣки Anio.	+ 255 — 250
10	Trajana	111 г. по Р. X. (109 г. до Р. X.)	Импер. Траянъ.	Изъ озера Sabbatinus.	—

в о д а х ъ д р е в н я г о Р и м а .

Возвышеніе устья водопровода надъ набережной р. Тибра.	Возвышеніе конца водопровода въ Римѣ по Blumeusthil.	Общее паденіе водопровода.	Общая длина водопровода.	Длина водопроводныхъ мостовъ и т. п. сооружений.	Длина туннелей.
МЕТРЫ.	МЕТРЫ.	МЕТРЫ.	МЕТРЫ.	МЕТРЫ.	МЕТРЫ.
+ 8,37	—	53,63	16620	134	—
—	—	—	9470	—	—
+ 25,17	—	129,73	63700	328	—
+ 37,48	54,15	263,00	91639	11082 (изъ нихъ 10298 арочныхъ мостовъ).	—
—	—	—	1190 (9656)	—	—
+ 38,23	56,07	—	18900	10934 (изъ нихъ 9610 арочныхъ мостовъ).	—
+ 39,71	57,53	—	22910	10394 (изъ нихъ 9610 арочныхъ мостовъ).	—
+ 10,43	—	—	23020	1841 (изъ нихъ 1039 арочныхъ мостовъ).	800
+ 10,43	—	—	32930	530 (все арочные мосты).	—
+ 47,42	61,12	—	68913	15111	803
+ 48,12	63,26	—	87169	13960	802
—	—	—	(67592)	—	—

№№	Название водопровода.	Время постройки.	Кѣмъ или при комъ построенъ.	Способъ питания.	Возвышение начала водопровода надъ уровнемъ моря.	Возвышение устья водопровода надъ набережной р. Тибра.	Возвышение конца водопровода въ Римѣ по Blumeusthil.	Общее падение водопровода.	Общая длина водопровода.	Длина водопроводныхъ мостовъ и т. п. сооружений.	Длина туннелей.
					МЕТРЫ.	МЕТРЫ.	МЕТРЫ.	МЕТРЫ.	МЕТРЫ.	МЕТРЫ.	МЕТРЫ.
11	Severiana (Черт. 72).	—	—	Изъ водопровода Claudia.	—	—	—	—	—	—	—
12	Antoniana	—	—	Изъ водопровода Marcia.	—	—	—	—	—	—	—
13	Nadriana (Alexandrina) (Черт. 70, 71, 72).	(226)	Начать при Alexander Severus оконченъ при Hadrian.	Изъ ключей.	—	—	—	(24140)	(11265)	—	—
14	Aureliana	—	—	Изъ водопровода Trajana.	—	—	—	—	—	—	—
Итого для №№ 1 и 9.		—	—	—	—	—	—	436450	63774	2405	

Примѣчанія.

Всѣ водопроводы Рима построены на государственный счетъ.

Цифры безъ скобокъ взяты изъ соч. Merckel'я—*Die Ingenieurtechnik im Alterthum*, а цифры въ скобкахъ соч. Burr'a: *Ancient and Modern Engineering*.

- 1) Отъ водопровода Appia сохранилось очень немного слѣдовъ. Въ этомъ сооруженіи видно греческое вліяніе—большая часть его подземная.
- 2) Вода Anio Vetus, какъ рѣчная, употреблялась для бань и орошенія.
- 3) Вода Marcia какъ ключевая, очень хорошаго качества, употреблялась для питья и очень цѣнилась. До времени императора Нервы не дѣлалось различія въ назначеніи воды въ зависимости отъ качества ея и часто наилучшая вода шла на второстепенныя нужды. Со времени Нервы вода стала распределяться въ зависимости отъ качества и вода Marcia употреблялась исключительно для питья. Въ долину р. Anio водопроводы Anio Vetus и Marcia шли рядомъ, но на разныхъ высотахъ, пересѣкая нѣкоторыя впадающія долины общими мостами, гдѣ воды каждаго изъ названныхъ водопроводовъ проходили на разныхъ горизонтахъ. Впослѣдствіи при сооруженіи новыхъ водопроводовъ ихъ иногда проводили по тѣмъ же мостамъ, дѣлая различныя надстройки; такимъ образомъ былъ мостъ (Ponte Lupo), чрезъ который текли воды Anio Vetus, Marcia, Anio Novus и Claudia.—Appia, Anio Vetus и Marcia въ своихъ каменныхъ сооруженияхъ имѣютъ характеръ хорошихъ греческихъ построекъ, гдѣ прочность сооружения основывалась на вѣсѣ употребленныхъ въ дѣло камней. Въ 212 г. по Р. X. Каракала произвелъ обширныя работы по исправленію водопровода Marcia.
- 4) Кладка мостовъ Terula очень отличается отъ предшествующихъ. Она состоитъ изъ малыхъ камней, сложенныхъ на растворѣ и явилась результатомъ прогресса строительнаго дѣла у римлянъ, усвоившихъ возможность получить изъ малыхъ камней на растворѣ столь же долговѣчныя сооружения, какъ и изъ большихъ притесанныхъ камней, но съ большою экономіею въ расходахъ.
- 5) Вблизи города Julia проходилъ на общихъ мостахъ съ Marcia и Terula, но въ отдѣльныхъ каналахъ.

- 6) Вода Virgo отличалась особенной чистотой и никогда не мутѣла. Одновременно съ постройкою новыхъ водопроводовъ и сооруженіемъ въ городѣ резервуаровъ, колодцевъ и фонтановъ Эдилъ М. Агриппа произвелъ капитальное исправленіе водопроводовъ Appia, Anio Vetus и Marcia.
- 7) Императоръ Августъ обращалъ особенное вниманіе на улучшеніе водоснабженія города Рима. Онъ увеличилъ притокъ воды въ Appia постройкой дополнительной питательной вѣтви и удвоилъ количество воды въ Marcia, проведя къ нему дополнительную питательную вѣтвь изъ ключа Augusti (нынѣ называемаго Rossolina). Водопроводъ Alsietina былъ построенъ Августомъ для навмахій. Вода его была не вкусна.
- 8 и 9) Водопроводы Claudia и Anio Novus, начаты при императорѣ Каллигулѣ и оконченные при Клавдіѣ, составляютъ на значительной части протяженія одно цѣлое сооруженіе съ двойными акведуками для двухъ видовъ воды. Claudia несетъ воду ключа; Anio Novus рѣки Anio, взятую много выше начала водопровода Anio Vetus. Общая стоимость этихъ двухъ сооружений 11.988.000 марокъ (Merckel); стоимость погоннаго метра одиночнаго акведука 77 марокъ. Claudia и Anio Novus самые значительные водопроводы Рима. Claudia проходитъ ниже Anio и его сооруженія каменные; верхній акведукъ Anio сплошь построенъ изъ кирпича. Усиленія арокъ Claudia, сдѣланныя вѣроятно одновременно съ надстройкою Anio,—тоже кирпичныя. Отъ этихъ водопроводовъ еще сохранилось много аркадъ, часть резервуара и пр. Арки Claudia имѣютъ высоту до 32,4 м. близъ построеннаго при папахъ водопровода Felice (черт. 69). Вода Claudia употреблялась для императорскаго стола.
- 10) Водопроводъ Trajana послѣднимъ изъ всѣхъ водопроводовъ древняго Рима прекратилъ свою дѣятельность (въ 543 году по Р. X.).
- 11) Severiana была повидимому (Belgrand) отвѣтвленіемъ Claudia, ведшимъ воду къ термамъ Септимія Севера.
- 12) Antoniana велъ воду изъ Marcia къ термамъ Каракаллы.
- 13) Водопроводъ носить въ исторіи два названія по имени двухъ императоровъ его строившихъ. Судя по надписи, найденной Fabio Gort, правильнымъ названіемъ этого водопровода является Nadriana.
- 14) Aureliana—незначительная вѣтвь Trajana.

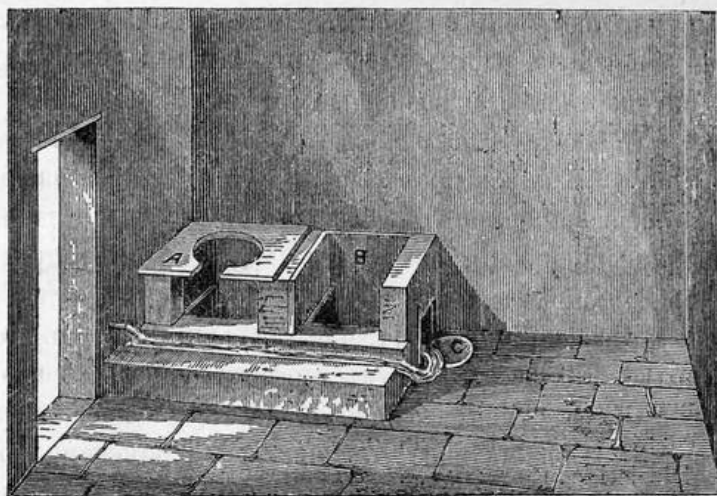
предѣленные частные уклоны. Витрувій, какъ мы видѣли выше рекомендуетъ уклонъ не болѣе $\frac{1}{200}$. Такой высокій минимумъ не соблюдался даже во времена Витрувія, когда шесть водопроводовъ Рима имѣли уклоны меньшіе. Самый малый извѣстный уклонъ римскаго водопровода въ Sens по Бельграну— $\frac{1}{2000}$; водопроводы же самаго Рима имѣли уклонъ гораздо большій, вслѣдствіе чего они приходили къ городу съ большой и бесполезной потерей напора. Напр. водопроводъ Вирго, потерявъ свой напоръ въ пути, могъ снабжать своей прекрасной водой только низменную часть города, тогда какъ при тѣхъ же условіяхъ въ наше время воду Вирго можно бы провести въ самые высоколежащіе дома. Объясняется это несовершенствомъ нивеллировочныхъ инструментовъ древнихъ римлянъ, вызывавшихъ накопленіе ошибокъ при длинныхъ линіяхъ и вызывавшихъ необходимость въ крутыхъ уклонахъ, чтобы парализовать опасныя послѣдствія неточности нивеллировки.

Громадное число сооружений и водопроводныхъ устройствъ разнаго рода, созданное въ древнемъ Римѣ на средства и распоряженіемъ правительства и составлявшее достояніе государства, конечно, могло дѣйствовать правильно лишь при существованіи весьма сложной организаціи управленія. Во времена республики завѣдываніе этимъ дѣломъ возложено было на цензоровъ и эдиловъ. При имперіи водопроводами управлялъ сановникъ, носившій титулъ куратора (curator aquarum). Наиболѣе выдающіяся лица не отказывались занимать эту должность, и Фронтинъ, о которомъ упомянуто выше, оставилъ для занятія этой должности высшее командованіе римскою колоніальною арміею.

Сложная организація управленія водопроводами древняго Рима составлявшими, какъ сказано, достояніе государства, сложилась, однако, путемъ послѣдовательнаго историческаго процесса. Сначала она не была сложна. Вся притекавшая въ городъ вода вливалась въ водоразборные резервуары и бассейны. Ее оттуда и брали, унося домой нужное количество. Потомъ стали позволять отводить въ дома лишнюю воду, переливавшуюся черезъ край въ резервуарахъ. Еще позднѣе стали позволять отводить въ частныя владѣнія воду, вытекавшую изъ щелей въ акведукахъ, чтобы она не пропадала даромъ. Эта мѣра имѣла самыя дурныя послѣдствія, такъ какъ населеніе имѣло стремленіе увеличивать размѣры и число

Водостоки древнихъ Римлянъ.

Ассенизація Помпей и Пудцуоли.

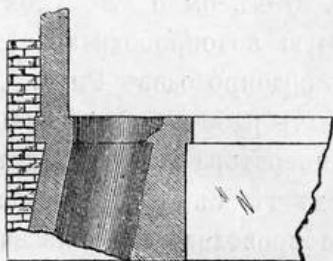


Черт. 131.

Помпейскій sterquilinum.

А. — Приемникъ съ сиднiемъ. **В.** — Приемникъ безъ сиднiя.
С. — Писсуаръ.

Впереди водопроводный желобъ для промывки всѣхъ трехъ приемниковъ,
Все устройство отличается замѣчательнымъ соответствiемъ санитарнымъ
требованiямъ (B. Latham).



Черт. 132.



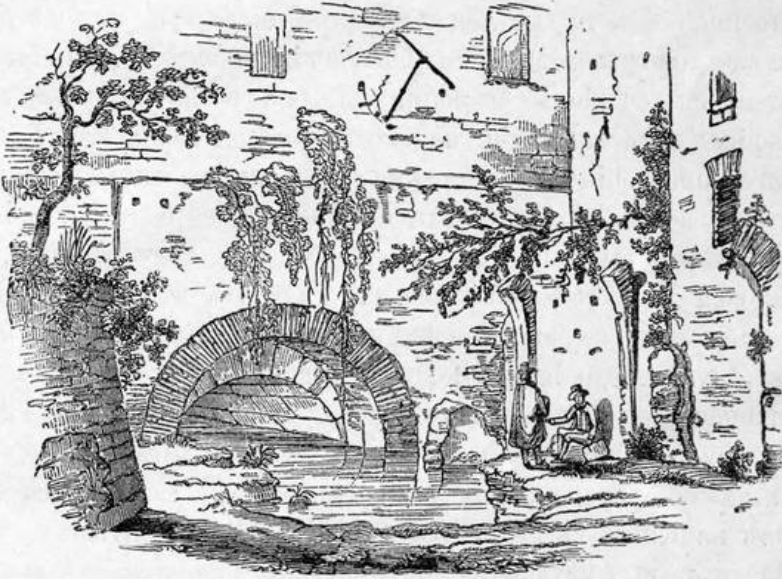
Черт. 133.

**Разрѣзъ и планъ, ретирадъ открытыхъ Гг. Cochin и Bellicard
въ Pozzuoli и описанныхъ въ „Antiquités d’Herculanum“.**

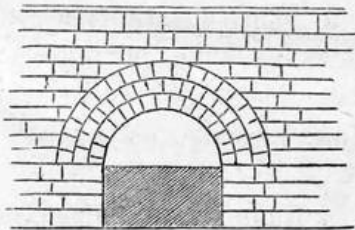
поврежденныхъ мѣсть, при косвенномъ или прямомъ содѣйствіи подрядчиковъ по ремонту водопроводовъ. Въ этотъ первый періодъ управленіе водопроводами лежало то на цензорахъ, то на эдилахъ, которые вникали въ детали дѣла. Ремонтъ сооруженій обыкновенно сдавался съ подряда и подрядчикъ долженъ былъ имѣть постоянно наготовѣ определенное число рабовъ для исполненія срочныхъ ремонтныхъ работъ. Цѣна на этихъ рабочихъ, распределенныхъ по кварталамъ и специальности, выставлялись на особыхъ аншлагахъ. Управители водопроводовъ налагали крупные штрафы за поврежденія водопроводовъ или незаконное пользованіе водой. Незаконно орошавшіяся поля конфисковались, а подрядчики, способствовавшіе хищенію воды, наказывались денежнымъ штрафомъ. Въ 39 году до Р. Х. былъ изданъ законъ (lex Quinctia), по которому за каждое загрязненіе акведука налагался штрафъ въ 10.000 сестерцій (болѣе 500 рублей). Эти строгости помогали мало и водоснабженіе Рима къ концу дохристіанской эры очень разстроилось. Значительныя улучшенія внесъ въ управленіе римскими водопроводами эдиль М. Агриппа, организовавъ особыя артели специальныхъ рабочихъ (рабовъ) для наблюденія за сооруженіями и ремонта ихъ и поставилъ эти артели въ свое непосредственное хозяйственное завѣдываніе. Онъ былъ взятъ императоромъ Августа и вступилъ въ завѣдываніе и управленіе водопроводами Рима въ 34 году до Р. Х. Это былъ одинъ изъ самыхъ выдающихся римскихъ инженеровъ и строителей. Онъ явился первымъ кураторомъ водопроводовъ Рима. Онъ привелъ водопроводныя сооруженія Рима въ образцовый порядокъ и очень значительно, какъ объ этомъ было уже упомянуто выше (стр. 122), развилъ общественную водопроводную сѣть въ городѣ, оставаясь до смерти кураторомъ водопроводовъ Рима. Съ его смертію созданная имъ артель ремонтныхъ рабочихъ, имѣвшая 240 человекъ, перешла въ собственность императора Августа, который передалъ ее государству, учредивъ вмѣстѣ съ тѣмъ постоянную должность спеціальнаго начальника водопроводовъ подъ названіемъ куратора. Цѣлесообразность хозяйственнаго способа ремонта заставила дать этому способу съ теченіемъ времени большое распространеніе и въ 40 году по Р. Х. императоръ Клавдій создалъ новую артель въ 460 человекъ подъ названіемъ Familia Caesaris. которая была собственностью императора. Обѣ артели государственная

Водостоки древнихъ Римлянъ.

Ассенизація города Рима.

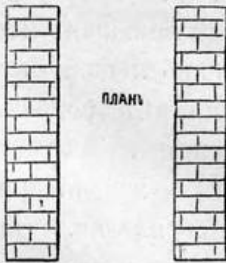


Черт. 134.—Устье водостока „клоаса махіма“ въ Римѣ.



Черт. 135.—Фасадъ устья водостока „Слоаса махіма“ въ XIX вѣкѣ.

(Заштрихована часть сѣченія, занесенная въ послѣдствіи грязью).



Черт. 136.—Планъ части водостока „Слоаса махіма“.

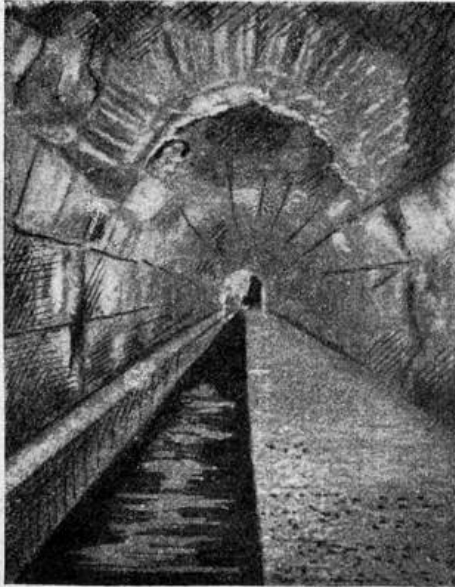
и императорская раздѣлялись на цѣлый рядъ специальныхъ цеховъ, каковы: надзорщики (villici), смотрители резервуаровъ (castellarii), контролеры (circitores), мостовщики (silicarii), штукатуры (tectores) и чернорабочіе (орifices).

Начавшееся съ Клавдія близкое вмѣшательство высшей государственной власти въ лицѣ самого императора въ чисто хозяйственное городское дѣло по управленію водопроводами стало усиливаться съ теченіемъ времени. Каждый незначительный вопросъ, касавшійся водоснабженія, не смотря на то, что во главѣ водопроводнаго управленія стоялъ крайне высокопоставленный чиновникъ—кураторъ, восходило до сената и императора. Безъ согласія императора нельзя было провести частному лицу воду въ домъ. Такая постановка дѣла дѣлала во многихъ случаяхъ надзоръ за водоснабженіемъ крайне неудовлетворительнымъ и давала почву къ величайшимъ злоупотребленіямъ. Вода расхищалась все больше и больше и, наконецъ, вода водопроводовъ Marcia, Julia и Virgo, какъ свидѣтельствуемъ Плиніи, совсѣмъ не стала доходить до распределительныхъ резервуаровъ этихъ водопроводовъ. Резервуары эти при Неронѣ наполнялись водой изъ Claudia и Anio Novus.

Значительныя улучшенія въ управленіи римскими водопроводами послѣдовало вновь въ управленіе ими уже упомянутымъ выше кураторомъ Фронтинимъ. Онъ, какъ мы видѣли уже, отнесся къ поставленной ему задачѣ съ замѣчательной добросовѣстностью и всѣ принятыя имъ мѣры являлись слѣдствіемъ крайне обстоятельнаго изученія предмета. Онъ часто самъ осматривалъ всѣ сооруженія и опредѣлялъ способы исполненія отдѣльныхъ работъ съ подряда или поденными рабочими.

Фронтинъ далъ точныя инструкціи рабочимъ и установилъ правильный надзоръ за ними. Для капитальнаго ремонта онъ назначилъ осень и весну, когда потребность въ водѣ меньшая. Чтобы работы по ремонту могли быть исполнены съ наибольшей быстротой, по возможности не мѣшая водоснабженію, Фронтинъ требовалъ тщательнаго и полнаго исполненія заблаговременно всѣхъ заготовокъ и подготовительныхъ работъ. Во время сильныхъ жаровъ или холодовъ онъ не позволялъ производить каменной кладки, чтобы она не вышла плохого качества. Чтобы не задерживать водоснабженія при ремонтѣ арочныхъ мостовъ онъ укладывалъ свинцовые желоба,

Ассенизація города Рима.



Черт. 137.

Правый канал «Cloaca maxima» под «Forum Romanum» въ настоящее время.



Черт. 138.

Изгибъ «Cloaca maxima» подъ «Curia Ostia» въ настоящее время.

по которымъ пропускалъ воду, производя надъ желобами кладку быковъ и арокъ.

Непрерывное наблюденіе за хорошимъ состояніемъ сооружений и правильностью расходованія воды, основанное на измѣреніяхъ количествъ воды, хотя и не точныхъ съ точки зрѣнія нынѣшней гидравлики, дало возможность значительно понизить потери воды и увеличить число общественныхъ водоразборныхъ фонтановъ и частныхъ потребителей въ домахъ. Время управленія Фронтиномъ водопроводами Рима было наиболѣе блестящей эпохой ихъ существованія, за которой начинался новый періодъ упадка, приведшій ихъ къ полному разрушенію.

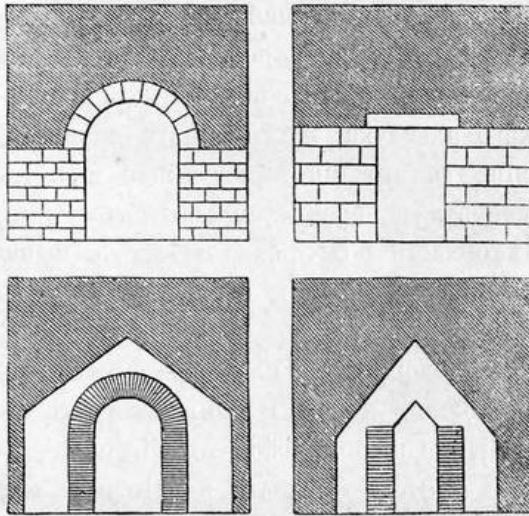
Въ началѣ третьяго вѣка по Р. Х., а именно въ 212 году Сасгалла произвелъ обширныя работы по исправленію Магсіа, но затѣмъ до времени Θεодосія Великаго о работахъ по поддержанію акведуковъ ничего не слышно. Состояніе ихъ все ухудшалось и нѣкоторые перестали дѣйствовать. Однако изъ текста закона 399—402 года по Р. Х. касающагося водопровода Клаудіа видно, что онъ еще работалъ на рубежѣ V вѣка. Существовали еще несомнѣнно Надгіана и Траяна. Последнимъ прекратилъ свою дѣятельность Траяна въ 549 году по Р. Х. Гибель римскихъ акведуковъ была ускорена военными событіями сопровождавшими паденіе Рима; во время нихъ доступъ воды въ городъ искусственно прекращался непріателемъ, для чего акведуки разрушались нарочно.

Въ 776 году были уже въ новомъ періодѣ исторіи Рима при папахъ начаты работы по восстановленію водоснабженія города, не имѣющія значенія въ исторіи техники водопроводнаго дѣла.

Вкусы и привычки жителей города Рима, въ томъ числѣ ихъ любовь къ водѣ мало по малу распространились въ провинціяхъ и во всемъ римскомъ мірѣ. Повсюду строились въ большомъ числѣ водопроводныя сооружения. Въ Италиі, Греціи, Турціи, Испаніи, Франціи, въ Бельгіи, Австро-Венгріи, Германіи, а также въ Африкѣ и Азіи встрѣчаются остатки, иногда величественные, древнихъ римскихъ акведуковъ. Изъ числа самыхъ извѣстныхъ можно назвать въ Италиі водопроводы *Pianus'a*, *Fondi*, *Pollentia*, *Volsci* (черт. 76), *Neapolis'a* (Неаполя) и *Alatri*; въ Греціи водопроводы Олимпіи, Самоса, Пергама, Митилень; въ Турціи—Константинополя, Синопа, Антиохіи; во Франціи знаменитый Гардскій мостъ (*Pont du Gard*)

Водостоки древнихъ Римлянъ.

Ассенизація города Рима.



Черт. 139, 140, 141 и 142.

Поперечныя профили нѣкоторыхъ изъ древне-римскихъ водостоковъ.

Стѣны и своды водостоковъ дѣлались преимущественно изъ серпентина, а плоскія покрывія изъ мраморныхъ плитъ.

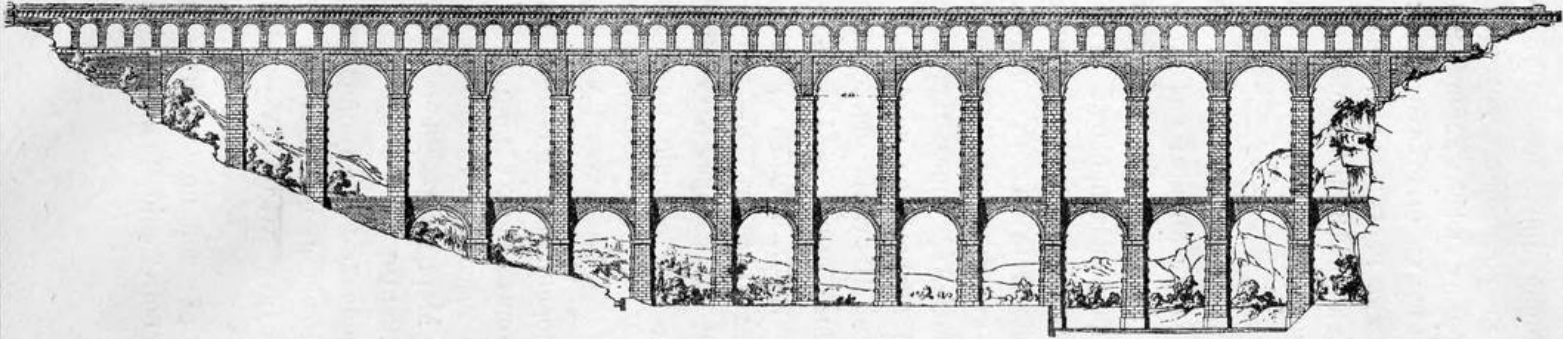
(черт. 87, 88) входившій въ составъ водоснабженія галльскаго *Nemausus'a*, римскаго *Niameusus'a* или нынѣшняго *Nimes'a*, водопроводы *Lugdunum'a*—нынѣшняго Ліона (черт. 79—83, 101—104, 129), *Arelatum'a*—нынѣшняго Арля, *Sens'a* (черт. 85), *Lutetia*—нынѣшняго Парижа, *Antibes'a*, *Vienna*—нынѣшней *Vienne* на Ронѣ; въ Бельгii—акведуки *Esterelle* (черт. 78) близъ Монса; въ Испанii акведуки Сеговиі (черт. 77). Таррагоны, *Chelves'a*, Мерида и Севильи; въ Германii—Меца (черт. 74, 75, 108.—111), Страсбурга (черт. 125—127), Кельна; въ Австро-Венгрии—Вѣны; въ Африкѣ—Карфагена, *Saldae* (Bougie). Нѣкоторые города, напримѣръ Мецъ, Таррагона, Сеговия и Антибъ снабжаются и понынѣ водою изъ ретаврированныхъ римскихъ водопроводовъ, а въ Парижѣ воспользовались при сооруженіи одного изъ новыхъ водопроводовъ остатками Аркейлскаго акведука, построеннаго во время римскаго господства въ Галліи для питанія термъ императора Юліана.

Описаніе даже этихъ перечисленныхъ выше примѣровъ творчества римлянъ въ области водопроводнаго дѣла вывело бы насъ далеко за предѣлы программы. Мы ограничимся только нѣкоторыми краткими указаніями.

Неаполитанскій водопроводъ ключевой, имѣлъ длину около 90 километровъ и снабжалъ водой и ближайшіе къ Неаполю города *Compreji*, *Nola*, *Vajae*, *Cumae*, *Nisida* и *Misenum*. Онъ доставлялъ воду для римскаго флота, стоявшаго въ Низидѣ и Мизенумѣ, гдѣ для этой цѣли былъ устроенъ громаднѣйшій запаснѣйшій резервуаръ *priscina mirabilis*. Сѣченіе одного изъ акведуковъ Неаполитанскаго водопровода показано на черт. 86. Водопроводъ въ Алатри, построенный за 100 лѣтъ до Р. Х., замѣчательнѣе тѣмъ, что онъ одинъ изъ немногочисленныхъ водопроводовъ римлянъ, гдѣ примѣнялись трубы съ напоромъ. Вода изъ ключей шла по акведуку, но встрѣченную долину пересѣкала свинцовымъ сифономъ съ внутреннимъ діаметромъ 10 см. и толщиной стѣнокъ 10—35 мм.

Изъ другихъ примѣровъ примѣненія сифона Римлянами извѣстны водоснабженія Ліона, Пергама, Аспендуса и Арелатума (*Arles*). Ліонъ, *Lugdunum* Римлянъ, имѣлъ три ключевыхъ водопровода, устраивавшихся послѣдовательно съ цѣлью увеличить количество воды и доставлять воду въ болѣе высокія части города. Разстояніе перваго источника отъ города около 20 километровъ, третьяго бо-

Водоснабженіе города Марсели.

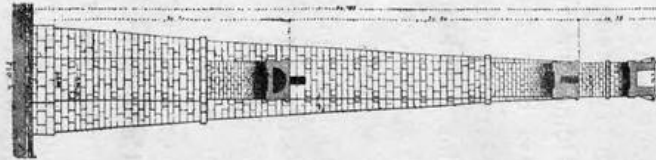


Черт. 143.—Фасадъ Рокфавурскаго водопроводнаго моста.

Марсель снабжается водой рѣки Дюрансы, проведенной гравитационнымъ водопроводомъ (самотокомъ) за 81.754 метра. Расходъ канала 3,75—8,00 кубич. метр. въ секунду. Скорость теченія въ выемкахъ 0,84 м., въ туннеляхъ 1 м. въ секунду. Водопроводъ имѣетъ 18 туннелей, 11 мостовъ, 230 прочихъ искусственныхъ сооружений. Самый замѣчательный мостъ l'aqueduc de Roquefavour, построенный инженеромъ Montricher.

Разрѣзъ Рокфавурскаго водопроводнаго моста.

Черт. 144.



лѣе 50 километровъ. Первый водопроводъ построенъ по преданію при триумвирѣ Маркѣ Антоніи, второй при императорѣ Августѣ и третій при императорѣ Клавдіи. Уже во второмъ водопроводѣ былъ примѣненъ для перехода черезъ долину сифонъ длиною 200 метровъ изъ сверленныхъ камней. Въ третьемъ ихъ было нѣсколько:

въ долинѣ р. Pouillet—сифонъ изъ восьми параллельныхъ свинцовыхъ трубъ, уложенныхъ на мостѣ въ 13 пролетовъ;

въ долинѣ Гаронны—сифонъ изъ девяти свинцовыхъ трубъ, со стрѣлой подъема въ 94 метра;

въ долинѣ Uzegon'a—сифонъ изъ десяти свинцовыхъ трубъ съ стрѣлой подъема 123 метра; въ срединѣ долины сифонъ проходилъ по мосту длиною 268 метровъ изъ 30 пролетовъ, вышиною 16 метр.

Общее паденіе третьяго Ліонскаго водопровода отъ ключа до города 84 метра, но въ одномъ изъ сифоновъ оно достигало 123 м., чему соотвѣтствуетъ давленіе болѣе 12 атмосферъ, наибольшее извѣстное въ напорныхъ сооруженіяхъ Римлянъ. Количество воды, доставлявшееся Ліону по водопроводамъ, опредѣляется въ 45.000 куб. м. въ сутки или 1000—1200 литровъ на человѣка.

Сифонъ римскаго водопровода въ Пергамѣ, менѣе значительный по высотѣ подъема, чѣмъ описанный выше (§ 12) болѣе древній греческій, имѣлъ давленіе въ 26 метровъ и былъ сдѣланъ изъ гончарныхъ трубъ съ внутреннимъ діаметромъ въ 16—18 см. и толщиною стѣнокъ 6—9 см.; стыки были изъ сверленныхъ камней.

Сифонъ въ Арлѣ построенъ въ царствованіе императора Константина, умершаго въ 339 г. по Р. X. Онъ былъ сдѣланъ изъ свинцовыхъ трубъ.

Акведуки водопроводовъ, построенныхъ Римлянами въ Испаніи отличаются высотой и красотой формъ своихъ мостовъ. Таррагонскій акведукъ имѣетъ наибольшую высоту надъ дномъ долины въ 30 метровъ, Сеговійскій—31 м., Меридскій—26 м. Первые два двухъ-этажные, а третій—трехъ-этажный.

Обзоръ отдѣльныхъ случаевъ проявленія многообразной дѣятельности римлянъ въ области водоснабженія, приведенный на предшествующихъ страницахъ позволяетъ дать слѣдующую болѣе общую характеристику этой дѣятельности.

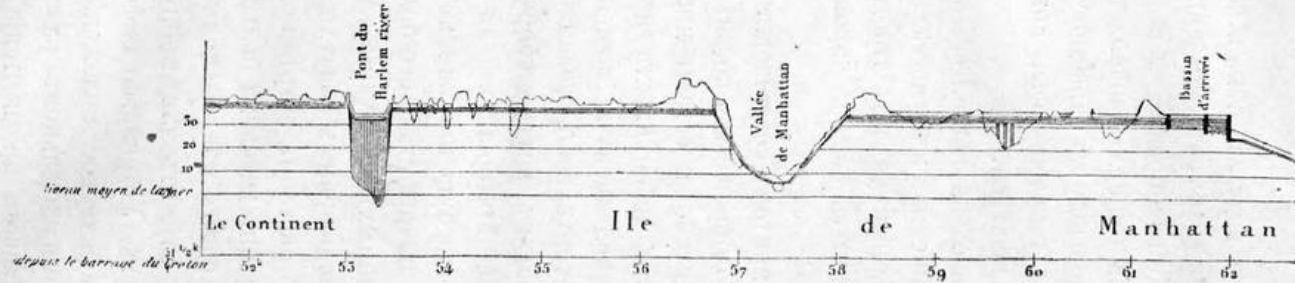
При устройствѣ водоснабженія, римляне пользовались преимущественно гравитаціоннымъ типомъ сооруженій, направляя воду *само-*

Водоснабжение города Нью-Йорка

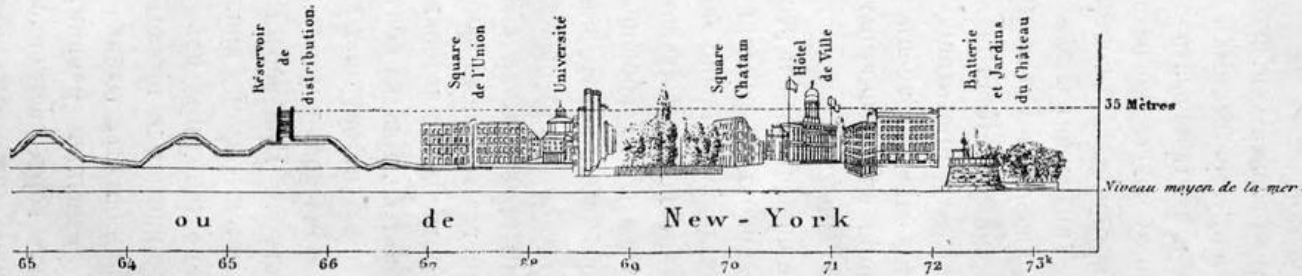
изъ искусственнаго водохранилища.

Водопроводный мостъ-сифонъ
черезъ р. Гарлемъ.

Осадочный
бассейнъ.



Распределит. резервуаръ
(уравнит. водоемъ).



Черт. 145 и 146.—Продольная профиль части Кротонскаго акведука отъ водопроводнаго моста
черезъ рѣку Harlem до города Нью-Йорка.

Продольный уклонъ дна канала 0,21 м. на килом. Черезъ каждыя 1.000 метр.—смотровый колодъзь (см. далѣе черт. 147).

Гравитационные (самоточные) водопроводы нашего времени.

токомъ, и повидимому насосы и водоподъемныя машины не играли сколько нибудь выдающейся роли въ этихъ устройствахъ.

Въ искусствѣ добыванія воды римляне показали себя настоящими мастерами.

Они умѣли весьма успѣшно отводить воду изъ рѣкъ и озеръ, собирать воду изъ естественныхъ ключей и открывать подземные ключи, отыскивать и утилизировать подземные водоносные слои и создавать искусственные ключи посредствомъ настоящихъ дренажныхъ рвовъ (cuniculi), которые встрѣчаются еще повсюду въ окрестностяхъ Рима.

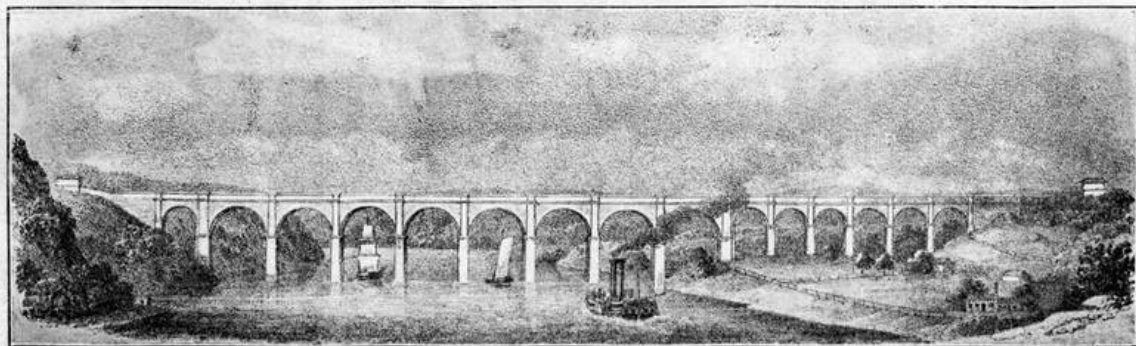
Римскіе инженеры знали свойства текучей воды, понимали законы ея движенія и умѣли ими пользоваться.

Въ водопроводѣ Клавдія вода проведена напимѣръ за 69 километровъ каналомъ, проходящимъ въ туннеляхъ и на мостахъ. На всемъ этомъ протяженіи сохраненъ равномерный уклонъ, чтобы не замедлить движенія или не вызывать ненужныхъ потерь живой силы при увеличеніи скорости.

Римскіе инженеры не переставали притомъ совершенствоваться въ изученіи законовъ гидравлики, и въ водопроводахъ позднѣйшаго времени направленіе выбрано болѣе искусно и естественные уклоны грунта утилизированы лучше, чѣмъ въ древнѣйшихъ постройкахъ. Сѣченіе акведуковъ, вообще не вычислялись въ зависимости отъ расхода; при выборѣ ихъ, кажется, скорѣе сообразовались съ тѣмъ чтобы возможно было проходить людямъ внутри сооружения, вѣроятно—для производства исправленій. Матеріаломъ для акведуковъ служилъ иногда тесанный камень, иногда бутъ или кирпичъ, а иногда и бетонъ, употребленіе котораго впоследствии стало все болѣе и болѣе распространяться. Кладка болѣе старинныхъ акведуковъ (Арріа, Апіо Vetus, Марція) состоитъ изъ камней положенныхъ насухо, съ нѣкото-рою лишь обмазкою внутри. Позднѣе растворъ встрѣчается по всей толщинѣ кладки. При пересѣченіи долинъ акведуки большею частью поддерживаются рядами аркадъ въ одинъ или нѣсколько этажей, причѣмъ иногда одинъ изъ этажей служитъ для пропуска существующей дороги или второго акведука. Устройство сифоновъ было извѣстно римлянамъ. Однако топографическое положеніе Рима, въ обширной низменной равнинѣ, на незначительномъ разстояніи отъ известковыхъ горъ, заставило ихъ отдавать предпочтеніе красивымъ рядамъ аркадъ, которыя, притомъ, имѣли преимущество дѣйствовать на толпу и льстить тщеславію жертвователей.

Водоснабженіе города Нью-Йорка

изъ искусственнаго водохранилища.



Черт. 147.

Видъ Кротонскаго водопроводнаго моста Нью-Йоркскаго водопровода.

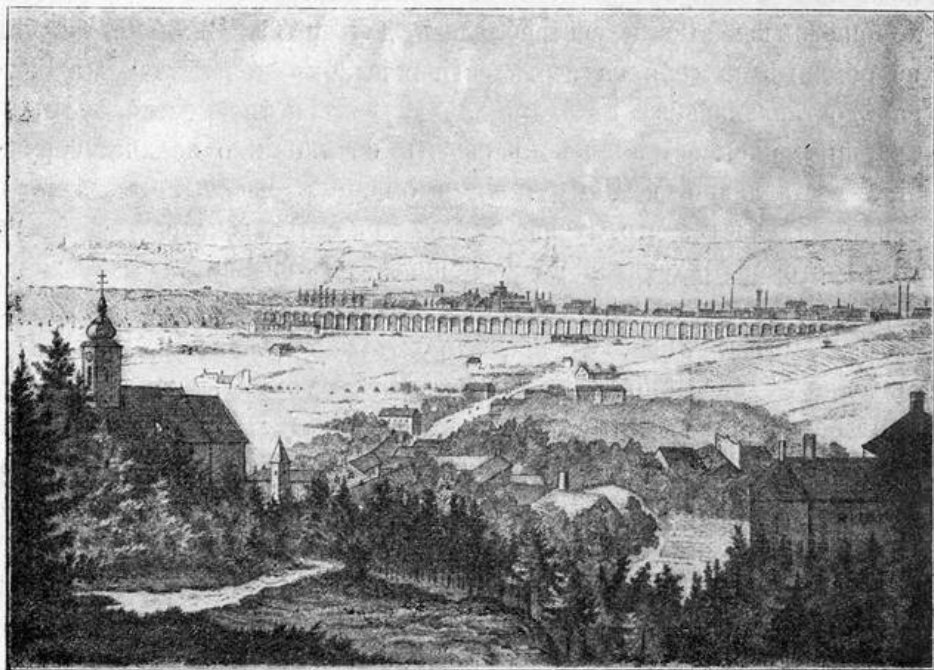
Водоснабженіе Нью-Йорка производится съ 1842 года изъ Кротона, небольшой рѣчки, подиертой плотиной въ 70 километрахъ (приблизительно) отъ города. Водопроводныя сооруженія Нью-Йорка получили непрерывно значительное развитіе по мѣрѣ роста населенія. Водопроводъ гравитаціонный. Водопроводный каналъ проходитъ въ туннеляхъ и на мостахъ; есть и сифоны (Schramke, Huet).

Возвышенные водопроводы римлянъ имѣли еще то достоинство, что они давали возможность немедленно обнаружить самую незначительную течь и безъ затрудненія исправить ее, не прерывая и даже не стѣсняя движенія по улицамъ. Этимъ они очень отличались отъ нашихъ трубопроводовъ, лежащихъ въ землѣ. Течь обнаруживается въ трубахъ только, когда она достигнетъ очень большого значенія и повредитъ мостовую, а исправленіе трубъ требуетъ разрытія улицы и сопровождается большими затрудненіями и неудобствами для движенія людей и экипажей.

Римляне, повидимому, обращали большее вниманіе на *количество* воды, которую они доставляли помощью своихъ водопроводовъ, нежели на *качество* ея. Запасы воды, которыми располагалъ древній Римъ, должны были достигать 1.200.000 кубическихъ метровъ въ сутки. Надо замѣтить, что дѣйствительная величина притока воды въ Римъ едва ли можетъ быть опредѣлена съ точностью. По Ронделе она составляетъ 1.488.300 куб. м. въ сутки, по Бельграну (Belgrand. Les aqueducs romains)—950.000 куб. м., по Гершелю—622.000 куб. м. Трудно объяснить необходимость такого громаднаго расхода воды для населенія, состоявшаго изъ 300.000 или 400.000 жителей, если не допустить, что значительная часть воды терялась въ пути, черезъ щели въ акведукахъ или течи въ трубахъ и не имѣть въ виду многочисленныхъ хищеній воды на ея пути къ городу. Гершель принимаетъ за вычетомъ потерь и хищенія средній притокъ воды въ Римъ въ 227.000 куб. м., что даетъ minimum 560 литровъ (45 ведеръ) на человѣка въ день. И эта величина огромна по сравненію съ нынѣшними нормами городского потребленія, особенно, если вспомнить, что главныя массы населенія не имѣли воды въ домахъ, а пользовались ею изъ общественныхъ фонтановъ, откуда воду надо было *носить*. Но, съ другой стороны, не слѣдуетъ упускать изъ виду, что вода, доставлявшаяся этими водопроводами, была, вообще, низкаго качества. Отличительная черта водъ древняго Рима—ихъ большая жесткость, колебавшаяся для различныхъ источниковъ отъ 11° до 48°. Послѣдній предѣлъ принадлежитъ водамъ р. Аніо. Часто вода получалась мутною, и осадочные бассейны, устроенные у концовъ каналовъ, не могли совершенно ее освѣтлять. Вода худшихъ качествъ могла однако употребляться на чистку улицъ, питаніе фонтановъ и навмахій (зрѣ-

Водопроводные мосты нашего времени.

Водоснабжение города Вѣны.



Черт. 148.

**Общій видъ Liesinger'скаго водопроводнаго моста
Вѣнскаго водопровода.**

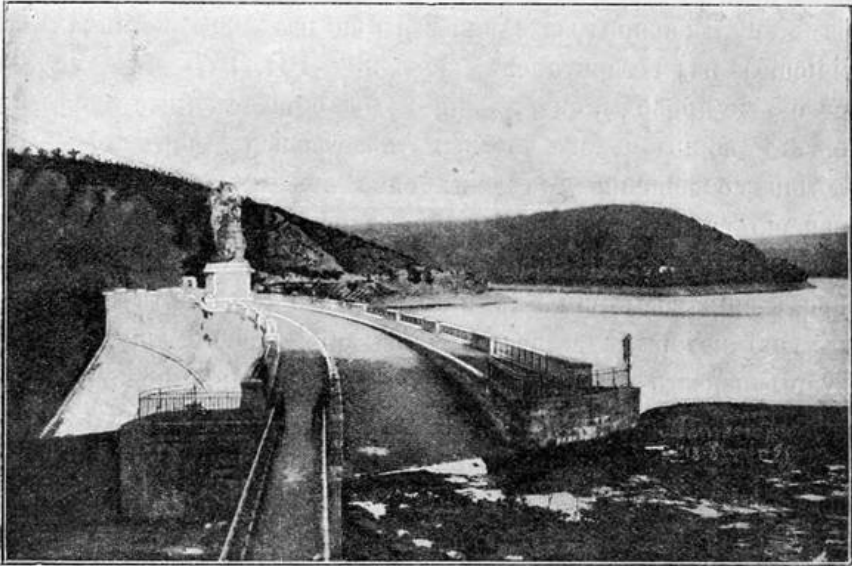
Вѣнскій водопроводъ доставляетъ ключевую воду изъ ключей Kaiserbrun и Stixenstein, находящихся въ горахъ въ 80 километрахъ отъ города. Онъ оконченъ въ 1873 году. Вода превосходнаго качества съ неизмѣнной температурой 8—9° С. Общая длина водопровода 94750 метровъ, паденіе канала 275,44 метра или 2,80 м. на километр. Мостовъ — водопроводныхъ, особенно выдающихся по своимъ размѣрамъ (длина 100—350 вѣнскихъ саж.)—шесть. Изъ нихъ самый значительный Лизингерскій. Онъ имѣетъ при 350 саж.—43 арки; выш. 9 саж., матеріалъ камень и кирпичъ (Stadler—Die Wasserversorg. d. St. Wien).

лица морскихъ битвъ), снабженіе термъ и бань. Вода же, предназначенная для питья, напротивъ, выбирались самымъ тщательнымъ образомъ, и, хотя римляне не обладали никакими средствами для анализовъ, они тѣмъ не менѣе хорошо умѣли различать и классифицировать различныя воды по ихъ вкусу, прозрачности и температурѣ. Для императорскаго стола, на примѣръ, употреблялась вода изъ водопровода *Claudia*. Вода *Marcia* также была очень хорошаго качества и употреблялась для питья. Римляне, вообще, не обманывали себя на счетъ гигиеническихъ качествъ воды, которая доставлялась въ ихъ дома для другихъ потребностей, и Плиній Старшій, распространяясь въ своемъ сочиненіи о величій соруженій, доставлявшихъ Риму такія громадныя массы воды, тѣмъ не менѣе заявляетъ, что лучше всего для питья годится колодезная вода, которая находится во всеобщемъ употребленіи.

Осадочные бассейны имѣлись въ Римѣ у водопроводовъ *Anio Vetus*, *Marcia*, *Julia*, *Terpula*, *Anio Novus* и *Claudia*. Примѣненіе отстойныхъ бассейновъ для такихъ чистыхъ водъ, каковы, напр., воды *Marcia*, объясняется тѣмъ, что воды эти иногда являлись въ Римѣ помутнѣвшими. Самый большой отстойный бассейнъ Рима имѣетъ размѣры $51,6 \times 29,8$ метра и площадь 1528 кв. метровъ. Продолжительность пребыванія воды въ отстойкѣ не превосходила часа (Mergkel). Примѣры отстойныхъ бассейновъ римлянъ показаны на чертежахъ 89, 92—97, 105, 106. Нѣкоторые отстойники были двухъ-этажные, причемъ вода проходила для ускоренія отстаиванія сложный путь. Она поступала напр. подъ напоромъ въ нижній этажъ, отсюда переходила въ верхній и далѣе вытекала уже въ городъ. Такой переходъ былъ иногда двойной, т. е. вода поступала въ верхній этажъ, опускалась внизъ и снова поднималась вверхъ. Отстойные бассейны были обыкновенно перекрыты сводами, но иногда дѣлались и открытыми (черт. 89). Отстойникъ послѣдняго типа былъ среди многочисленныхъ отстойниковъ, устроенныхъ римлянами въ провинціяхъ,—въ *Hiero* близъ *Epidaurus'a*. Онъ вырытъ въ землѣ и имѣетъ стѣны изъ каменной кладки, распертыя рядомъ поперечныхъ стѣнъ. Приводный каналъ къ этому бассейну шелъ надъ землею въ низкомъ строеніи изъ каменной кладки (черт. 84). Осажденіе мути соединялось иногда съ фильтрованіемъ воды повидимому сквозь сита (черт. 92, 93). Передъ сифонами устраивались спеціальныя

Снабженіе водой изъ искусственныхъ водохранилищъ.

Водоснабженіе города Вербье.



Черт. 149.

Общій видъ искусственнаго водохранилища, образованнаго устройствомъ водоудержательной плотины на р. Жилепъ (Gileppe).

(Съ фотографіи, сообщенной г. Кремер'омъ).

Высота плотины — 47 метровъ. Ширина внизу — 66 метровъ, вверху — 15 метровъ. Объемъ каменной кладки — 248.470 куб. м. Общій вѣсъ кладки — 581.480.000 килограммъ. Площадь озера — 800.000 кв. метровъ. Вместимость — 12.238.000 куб. метр. воды. Пьедесталь Льва — 8 метр., высота Льва — 13,5 метр. Стоимость работъ — 7 миллионъ франковъ.

отстойники, примѣромъ нынѣ можетъ служить бассейнъ такого назначенія предъ сифономъ Лионскаго водопровода (черт. 105).

Изъ осадочныхъ бассейновъ вода текла къ болѣе значительнымъ общественнымъ водоразборнымъ резервуарамъ (*castella, receptacula*), а изъ нихъ къ менѣе значительнымъ по размѣрамъ, частнымъ, которыхъ было въ Римѣ, согласно Фронтину, въ его время 247, и которые по всей вѣроятности, какъ это видно, между прочимъ, изъ приведенныхъ выше указаній Витрувія, служили не только вмѣстилищами, но и распредѣлителями воды по различнымъ направленіямъ (*dividicula*); изъ резервуаровъ (черт. 90—104, 107—111) вели многочисленныя проводы, снабжавшіе водою общественныя зданія, императорскіе дворцы и дома частныхъ владѣльцевъ (черт. 116). Трубы эти были совершенно отдѣлены одна отъ другой, и было строго запрещено устраивать какой либо отводъ отъ общественной водопроводной трубы. Это составляетъ характерное отличіе способа распредѣленія воды римлянъ и нынѣшняго (см. черт. 117). Резервуары, изъ которыхъ удовлетворялись общественныя нужды или резервуары перваго порядка питались обыкновенно непосредственно изъ акведука. Резервуары же, дававшіе по трубамъ воду въ частные дома, получали ее изъ общественнаго резервуара по особому трубопроводу. Акведукъ питалъ обыкновенно нѣсколько резервуаровъ перваго порядка. Въ каждомъ изъ нихъ было по Витрувію три отдѣленія для общественныхъ водоразборныхъ фонтановъ, для бань и для частныхъ резервуаровъ (см. черт. 98—100).

Трубы были каменные, гончарныя и свинцовыя. Каменные дѣлались изъ камней твердой породы, въ которыхъ высверливался или выдалбливался цилиндрическій или многогранный каналъ и не отличались отъ такихъ же трубъ древнихъ грековъ (см. стр. 114). Гончарныя трубы римлянъ уже охарактеризованы отчасти раньше (стр. 114—115); для дальнѣйшей ихъ характеристики въ хорошемъ примѣрѣ ихъ примѣненія могутъ служить чертежи 125—127. Свинцовыя имѣли сѣченіе грушевидной формы, что объясняется способомъ ихъ изготовленія: для полученія ихъ сгибали свинцовый листъ, спаивая оба края его на верхней сторонѣ (черт. 118—124 и 129). Спайка дѣлалась при помощи олова, цинка, но чаще *свинца* и отличалась большою прочностью. Сдѣланный опытъ съ древней римской трубой далъ слѣдующіе результаты: при 3 атмосферахъ

давленія грушевидное сѣченіе трубы стало превращаться въ круглое, при 8 атмосферахъ труба была вполне цилиндрическою, при 18 атмосферахъ 7 миллиметровая стѣнка трубы лопнула, но не по паяному шву, а по цѣлому мѣсту. Иногда спайка замѣнялась особой замазкой при условіи задѣлки трубы въ кладку (черт. 129). Длина отдѣльныхъ звеньевъ свинцовыхъ трубъ обыкновенно составляла 2,97 метра. Соединенія въ стыкахъ были раструбныя или съ подвижными муфтами.

Діаметръ найденныхъ до сихъ поръ римскихъ водопроводныхъ свинцовыхъ трубъ колеблется между 25 и 300 мм. На трубахъ отливались обыкновенно имя консула, въ чье управленіе онѣ уложены, фабриканта, владѣльца участка, къ коему проводилась вода и пр. Фабрикація свинцовыхъ трубъ была очень прибыльна и во время имперіи римскіе капиталисты охотно вкладывали въ это дѣло свои деньги.

Во времена республики проведенная въ городъ вода бралась жителями изъ общественныхъ водоразборныхъ фонтановъ, но уже и тогда частныя лица имѣли право пользоваться тою водою, которая переливалась черезъ край въ резервуарахъ. Притокъ воды по водопроводнымъ каналамъ былъ непрерывенъ, такъ какъ его не считали нужнымъ задерживать, вмѣстимость резервуаровъ малая и потребление не постоянное. Такимъ образомъ много воды пропадало; ее и позволяли брать населенію, причемъ однако нѣкоторыя высокопоставленныя лица могли проводить воду въ свои дома. При имперіи кураторы давали съ особаго каждый разъ согласія императора разрѣшеніе отдѣльнымъ лицамъ на пользованіе въ домахъ водою, но эта льгота всегда оставалась личною и пожизненною; она представлялась обыкновенно, какъ вознагражденіе за оказанныя государству услуги. Мало по малу число лицъ, пользовавшихся такимъ образомъ водою изъ общественныхъ водопроводовъ, увеличилось, и Фронтинъ насчитываетъ 13.595 подобныхъ получателей для одного лишь изъ участковъ водопровода. Количество воды, отпускавшееся каждому домовладѣльцу, измѣрялось посредствомъ *насадки* или трубки опредѣленнаго сѣченія на длинѣ 16 метровъ. Единицею измѣренія служилъ предложенный, по словамъ Фронтинна Витрувіемъ — *кинарій*, расходъ, получавшійся при помощи особой мѣры (*calix*), цилиндрической бронзовой трубки, длиною 0,33 метр.

и діаметромъ около 30 миллиметровъ, помѣщенной въ резервуарѣ вертикально и открывавшейся на глубинѣ 0,33 метра подъ горизонтомъ воды. Кинарій составлялъ около 420 литровъ въ сутки. На базѣ единицы расхода — кинарія была выработана система 25 цилиндрическихъ мѣрныхъ трубокъ, которыми должны были начинаться отводы воды изъ резервуаровъ къ частнымъ потребителямъ. Эти трубки, называвшіеся *calix trug* дѣлались изъ бронзы или свинца, носили правительственное клеймо и должны были быть длиною не менѣе 30 сантиметровъ. Затѣмъ водопроводная труба на протяженіи не менѣе 50 футъ должна была имѣть тотъ же діаметръ, такъ какъ Римляне открыли, что уширеніе трубы близко отъ *calix* увеличиваетъ расходъ.

Древнеримская система домашнего водоснабженія путемъ провода воды въ каждый домъ отдѣльной трубой изъ резервуара примѣняется еще понынѣ въ нѣкоторыхъ италіанскихъ городахъ. Ея недостатокъ большая дороговизна проводки воды—приходится дѣлать длинные провода для каждаго дома и большія потери воды безъ пользы, вслѣдствіе того, что она текла непрерывно въ каждый домъ струей установленныхъ размѣровъ.

Необходимые матеріалы для устройства правительственныхъ или общественныхъ водопроводныхъ сооруженій можно было заимствовать у частныхъ собственниковъ путемъ принудительнаго отчужденія за опредѣленное вознагражденіе, причемъ, *curator operis* пользовался, между прочимъ, также правомъ устраивать на частныхъ земляхъ мостки для облегченія перевозки матеріаловъ.

Содержаніе сооружений и всѣхъ устройствъ водопроводовъ возложено было на различныя категоріи рабочихъ; каждая группа завѣдывала тою или другою спеціальной работой.

Изданные въ разныя времена строгіе законы имѣли цѣлью охрану водопроводовъ: запрещено было сажать деревья, въ городахъ—ближе 1,60 метра, а въ деревняхъ ближе 4,80 метра отъ водопроводныхъ каналовъ; отводъ воды безъ разрѣшенія высшаго правительства запрещенъ былъ подъ страхомъ значительнаго штрафа.

Въ высшей степени интересенъ тотъ фактъ, что городскіе водопроводы являлись доходной статьей государственной казны, т. к. вода была обложена налогомъ. По вычисленіямъ Дюро-де-ла-Мая

отъ продажи воды въ Римѣ и его ближайшихъ окрестностяхъ казна получала ежегодно 1.244.000 франковъ.

Римлянамъ знакома также большая часть приѣмовъ ассенизаціи городовъ. Въ болѣе раннюю эпоху домашніе отбросы и другія нечистоты собирались въ сосудахъ, которые по утрамъ опоражнивались на улицы, откуда нечистоты регулярно убирались. Впослѣдствіи противъ такого порядка изданы были строгія запрещенія, но, если вѣрить Ювеналу, обычай этотъ тѣмъ не менѣе сохранился, и въ его время пользовались ночью темнотою для многократныхъ нарушеній изданныхъ постановленій. До временъ имперіи, дома римлянъ снабжены однако уже были ретирадниками. Устройства этого рода найдены въ Помпеѣ и Пуццуоли. Они постоянно промывались обильною струею воды. По странному и необъяснимому обычаю, они постоянно помѣщались въ ближайшемъ сосѣдствѣ съ кухней. Въ императорскихъ дворцахъ не считали лишнимъ украшать ихъ даже мраморомъ (см. черт. 131—133).

Въ Римѣ существовали также въ большемъ числѣ общественныя ретирадники. Говорятъ, что въ царствованіе Діоклетіана ихъ было 144. Они находились въ вѣдѣніи форикаріевъ, которые взимали плату за пользованіе ими.

Первыя канализаціонныя работы на территоріи римлянъ принадлежатъ этрускамъ. Остатки построенныхъ ими водостоконъ найдены въ Мартѣ и Марзаботто. Ими же построены и первыя водостоки древняго Рима. Они имѣли цѣлью осушеніе мѣстности вокругъ города и предохраненіе его отъ ливневыхъ наводненій. Они слѣдовали по естественнымъ водоводамъ мѣстности, т. е. по русламъ овраговъ и ручьевъ. Въ началѣ это были открытыя канавы, которыя перекрывались впослѣдствіи при развитіи городской жизни, сохраняя свою роль дождеводовъ и только много времени спустя превращались въ водостоки, въ современномъ смыслѣ слова—отво- дящіе и нечистоты.

Устройство подземной канализаціи въ Римѣ было начато по преданію при Тарквиніи Прискѣ; почвенныя воды и городскія нечистоты вмѣстѣ съ атмосферными осадками стекали по сѣти каналовъ въ главный коллекторъ—*cloaca maxima*, а изъ него въ Тибръ.

Слоаса *maxima* (черт. 134—138), безъ сомнѣнія, былъ образованъ посредствомъ перекрытія естественнаго ручья каменнымъ сводомъ,

и первоначально назначенъ былъ для ассенизациі Форума. Оконченный Тарквиніемъ Гордымъ, онъ сдѣланъ былъ главнымъ коллекторомъ сточныхъ каналовъ древняго Рима. Онъ существуетъ еще въ настоящее время и продолжаетъ исполнять, по крайней мѣрѣ частію, ту же роль, которая предназначена была ему 2.500 лѣтъ тому назадъ.

Роль эта была весьма сходна съ ролью коллектора *общесплавной* системы нашего времени, такъ какъ кромѣ отбросовъ клоака служила для отвода воды дождей и ливней (Ancient and Modern Engineering and the Isthmian Canal by W. H. Burr. New-York. 1902, стр. 31). Съ клоакой были соединены различныя общественныя зданія, но до сихъ поръ не найдено доказательствъ того, чтобы частные дома вообще спускали нечистоты непосредственно въ подземные каналы. Такая возможность была однако предусмотрѣна закономъ, который разрѣшалъ домовладѣльцамъ постройку на свой счетъ водостоковъ отъ домовъ къ коллектору съ уплатой за примыканіе особаго сбора (cloacarium). Канализациія Рима была въ вѣдѣніи сначала цензоровъ, потомъ эдиловъ, а затѣмъ особыхъ *curatores cloacarum*.

Водостоки древняго Рима подробно изслѣдованы италіанскимъ инженеромъ *Pietro*. Описаніе ихъ съ чертежами имѣется въ соч. *Richter'a* (Die Cloaca maxima in Rom.—Antike Denkmäler herausg. von Kais. Deutsch. Arch. Inst. Bd. I. Berlin 1889; Merckel, p. 9). Изъ этихъ данныхъ усматривается, что размѣръ главнаго коллектора возрастаетъ къ устью въ соотвѣтствіи съ увеличеніемъ расхода, а также въ пути въ мѣстахъ съ болѣе слабымъ уклономъ. Такимъ образомъ cloaca maxima представляетъ соотвѣтствіе потребностямъ и мѣстнымъ условіямъ. Для показанія, какъ измѣняются сѣченія канала отъ истока къ устью, могутъ служить слѣдующія цифры:

МѢСТО ПРОФИЛЯ.	Ширина канала.	Полная высота отъ свода до подошвы.
Forum Augustum	3,15 метра	4,10 метра
Передъ Basilica Julia . .	3,20 »	4,20 »
Via del Vebabro	2,15 »	3,19 »
Janus	2,50 »	2,50 »
Morrana di S. Giorgio . .	4,30 »	3,30 »

На значительномъ протяженіи стѣны и сводъ сдѣланы изъ камней крупныхъ размѣровъ, положенныхъ безъ раствора. Въ другихъ мѣ-

стахъ сводъ 'сдѣланъ изъ кирпича. Своды полуциркульные. Полъ вымощенъ плитами.

Городскіе отбросы древняго Рима настолько загрязнили Тибръ гніющими веществами, что вызвали въ высшей степени важное, съ санитарной точки зрѣнія, измѣненіе въ способѣ окончательнаго удаленія нечистотъ, — а именно употребленіе ихъ на поливку садовъ и окружающихъ городъ полей. Здѣсь наряду съ подобными же приѣмами древнихъ грековъ нужно искать раннія примѣненія такъ называемыхъ «полей орошенія», которыя въ настоящее время признаются наилучшей системой обезвреживанія городскихъ нечистотъ и которыми, по справедливости, гордятся многіе изъ крупныхъ современныхъ городовъ. (Хлопинъ).

Канализаціонная сѣтъ древняго Рима была настолько грандіозна, что Агриппа по ней путешествовалъ въ лодкѣ и черезъ клоаку максима благополучно выплылъ въ Тибръ. Единовременная очистка и приведеніе въ порядокъ этой сѣти стоила двухъ милліоновъ рублей на наши деньги. По мѣрѣ увеличенія вѣчнаго города это исполинское сооруженіе разрасталось. Еще Плиній говорилъ о «cloaca maxima»: «Развалины вѣковыхъ зданій покрыли собою землю стараго Рима; землетрясеніе колебало его стѣны и холмы, но эта подземная гигантская постройка пережила все».

Инженеръ Бони занялся недавно реставраціею «cloaca maxima», и въ настоящее время эти подземные лабиринты такъ же доступны путешественнику, какъ и улицы вѣчнаго города. На рисункахъ 137 и 138 показаны правый каналъ «cloaca maxima», находящійся подъ «Forum Romanum» и изгибъ «cloaca maxima», лежащій подъ «Curia Ostilia».

Агриппа усовершенствовалъ сѣтъ водостоковъ города Рима и дополнилъ ее устройствомъ семи резервуаровъ, напоромъ которыхъ пользовались для промывки водосточныхъ каналовъ.

Плиній Младшій, правитель провинці Понта и Виѳиніи, нѣсколько разъ затрогивалъ въ письмахъ своихъ къ императору Траяну вопросы, относящіеся къ устройству водостоковъ. Между прочимъ онъ предложилъ, а императоръ разрѣшилъ перекрыть сводомъ одинъ ручей, который было превратился въ настоящую открытую водосточную канаву, вдоль одной изъ главныхъ улицъ города Амастріи.

Остатки канализаціонныхъ устройствъ, построенныхъ римлянами, хотя и менѣе величественныхъ, чѣмъ въ самомъ Римѣ, — найдены

въ Никомедіи, Парижѣ, Трирѣ, Кельнѣ и др. городахъ. Всѣ эти памятники свидѣтельствуютъ о выдающемся развитіи и этой стороны санитарной техники у римлянъ, но въ то же время они позволяютъ убѣдиться въ томъ, что въ канализаціонномъ дѣлѣ этотъ народъ не стоялъ такъ высоко по сравненію съ нашимъ временемъ, какъ въ водопроводномъ.

§ 14. Средніе вѣка.

Въ послѣдній періодъ римскаго могущества императоры, поглощенные внутренними неурядицами и [защитой границъ, перестали интересоваться санитарно-инженерными работами, которыя въ теченіе долгаго времени были предметомъ особыхъ попеченій ихъ предшественниковъ. Когда же центръ правленія былъ перенесенъ въ Византію, они стали заботиться о томъ, чтобы новая столица сравнилась со старою, а на Римъ перестали обращать вниманіе.

Вторженіе варваровъ въ Италію въ V-мъ столѣтіи нанесло ему послѣдній ударъ. Новые пришельцы относились къ изощреніямъ римской цивилизаціи съ очевиднымъ презрѣніемъ. Подъ ихъ владычествомъ нравы и привычки совершенно преобразились: вскорѣ отъ термъ и акведуковъ остались однѣ развалины.

Съ паденіемъ римской имперіи и съ замѣной языческаго міра христіанскимъ, въ область научнаго изслѣдованія проникло чудесное и замѣнило собой естественное и закономѣрное. Греческая физическая наука сдѣлалась магіей, астрономія превратилась въ астрологию, наука о составѣ тѣлъ — въ алхимию. Общій упадокъ опытнаго знанія особенно рѣзко сказался на гигиенѣ, т. к. самое содержаніе гигиены, какъ науки о сохраненіи и развитіи физическаго здоровья, не согласовалось съ новымъ аскетическимъ воззрѣніемъ на тѣло, какъ на временную, брѣнную оболочку, недостойную вниманія и заботъ.

Христіанская церковь, принявшая умственное наслѣдіе римскаго міра, сдѣлалась хранительницею науки, литературы и искусства, но совершенно оставила въ сторонѣ санитарныя основы древней Греціи и Рима. Она отвергла правила гигиены, какъ неподобающую роскошь. Монахи стали подвергать себя разнымъ лишеніямъ, подражая зна-

менитымъ отшельникомъ и нѣкоторые изъ нихъ доводили свое пренебреженіе къ удобствамъ жизни до того, что мѣняли одежду только разъ въ годъ.

Съ этого времени употребленіе воды сократилось до наименьшихъ размѣровъ, едва необходимыхъ для удовлетворенія самыхъ крайнихъ потребностей. «Въ теченіе болѣе тысячи лѣтъ, говоритъ д-ръ Playfair, ни одинъ человѣкъ въ Европѣ не мылъ своего тѣла». Этотъ отзывъ, безъ сомнѣнія, нѣсколько преувеличенъ, но онъ вѣрно характеризуетъ эпоху.

Кромѣ того, феодальный порядокъ, отнимавшій всю силу отъ государственной власти и лишавшій города свободы дѣйствій, представлялъ собою непреодолимое препятствіе для всякаго рода значительныхъ общественныхъ предпріятій по доставленію воды и ассенизации. Каждый могъ полагаться лишь на свои собственныя силы и долженъ былъ самъ о себѣ заботиться, причемъ, конечно, искалъ для себя поблизости то небольшое количество воды, которое ему безусловно необходимо было для жизни. Подобно первобытному человѣку онъ долженъ былъ довольствоваться водою изъ ближайшей рѣчки или изъ колодцевъ, выкопанныхъ въ непосредственномъ соудствѣ съ жилищами.

Что же касается удаленія нечистотъ, то часто невозможно было выступить для этой цѣли изъ тѣсныхъ предѣловъ монастыря или укрѣпленнаго замка. Поэтому приходилось для нихъ отводить мѣсто внутри стѣнъ, въ какомъ нибудь отдаленномъ углу. Отхожія мѣста замковъ часто помѣщались наверху наружныхъ стѣнъ, въ свѣшивающихся выступахъ, откуда нечистоты могли прямо падать въ крѣпостной ровъ. Около IX-го столѣтія появляется употребленіе непроницаемыхъ *выребовъ* и поглощающихъ или *бездонныхъ выребовъ*. Нѣчто въ родѣ этого были въ средневѣковыхъ замкахъ ямы (*oubliettes*), или колодцы, въ которые неожиданно проваливались тѣ, отъ кого почему либо хотѣли отдѣлаться. Отхожія мѣста располагались тогда надъ выгребами, иногда въ нѣсколько этажей одни надъ другими, въ особыхъ башняхъ.

Послѣдствія глубокаго забвенія, которому подвергались, столь развитыя у древнихъ Римлянъ, правила гигиены и санитарной науки, не замедлили обнаружиться самымъ жестокимъ образомъ. До тѣхъ поръ неизвѣстныя болѣзни, между прочими проказа и чума, эпиде-

мически стали опустошать всю Европу. Необходимы были долгіе вѣка и новый переворотъ въ исторіи человѣчества, для избавленія его отъ этихъ бичей Божіихъ, которые, какъ предполагають, истребили тогда болѣе четвертой части населенія Европы.

Постепенное пробужденіе умовъ, подъемъ королевской власти и освобожденіе городскихъ общинъ отъ феодальной зависимости имѣли послѣдствіемъ нѣкоторое развитіе торговли и промышленности, и вмѣстѣ съ тѣмъ дали начало движенію къ соблюденію законовъ гігіены и требованій общественнаго здоровья. Но это движеніе совершалось лишь постепенно и распространялось чрезвычайно медленно, задерживаясь притомъ крайне недостаточными средствами зарождающихся городскихъ общинъ.

Болѣе значительный интересъ къ санитарнымъ мѣропріятіямъ замѣчается только съ XII вѣка. Въ это время въ Италиі, сохранившей отчасти римскія традиціи, были изданы медицинскіе эдикты, касающіеся благоустройства городовъ и наблюденія за продажей съѣстныхъ припасовъ. Съ этого же времени и въ другихъ странахъ Европы учреждаются должности государственныхъ врачей, на обязанности которыхъ лежало, кромѣ лѣченія, участіе въ рѣшеніи медико-полицейскихъ вопросовъ. Рѣзкій толчокъ къ санитарнымъ мѣропріятіямъ дали упомянутыя выше жестокія эпидеміи, свирѣпствовавшія во второй половинѣ среднихъ вѣковъ, — эпидеміи проказы, скорбута и «черной смерти». Для борьбы съ эпидеміями вновь начали примѣнять изоляцію — въ видѣ карантинновъ, вновь появилась примѣнявшаяся древними дезинфекція жилищъ и зараженныхъ вещей. Были предложены и новыя дезинфекціонныя средства — хлоръ, и азотная кислота. Эпидеміи же вызвали устройство больницъ и пріютовъ. Однако, только въ концѣ средней и въ началѣ новой эпохи крупныя городскія центры начали обращать вниманіе на городское благоустройство, но слишкомъ узкія улицы, тѣсныя постройки и высокія стѣны мѣшали оздоровленію городовъ.

Еще болѣе мѣшала успѣху оздоровленія грубость и необразованность жителей, не способныхъ понять значенія чистоты и опрятности. Это ярко показываетъ примѣръ Парижа, гдѣ до XII-го вѣка объ оздоровленіи столицы не заботились. Правда, кой-какія правила, касающіяся народнаго здравія и надзора за городскими улицами, издавались изрѣдка королевскими префектами, но никто на нихъ не

обращалъ вниманія, и только съ трудомъ можно себѣ вообразить, что представляли въ то время улицы Парижа. Мостовыхъ не было; улицы были неровныя, мокрыя, грязныя, безъ правильнаго уклона и безъ малѣйшаго признака какихъ либо приспособленій для отвода домовыхъ водъ, которыя застаивались и разлагались, смѣшанныя съ самыми отталкивающими нечистотами. Зимой улицы были неудобны для проѣзда; лѣтомъ же съ нихъ поднимались густыя и зловонныя газы, достигавшіе домовъ, обыкновенно построенныхъ изъ дерева и стоявшихъ такъ близко другъ отъ друга, что сосѣди могли свободно разговаривать, облокотясь на окна. Гуси, кролики, голуби, утки, копошились въ грязи; свиньи валялись въ грязныхъ лужахъ, затрудняя проѣздъ. Въ 1131 г. наслѣдникъ французской короны, Филиппъ, сынъ Людовика Толстаго, проѣзжая по улицѣ Martroi, тогдашней улицѣ St. Jean, былъ сброшенъ съ лошади свиньей, и умеръ отъ этого паденія.

Rigord, врачъ короля Филиппа-Августа, рассказываетъ, что въ 1185 году король стоялъ у окна, въ своемъ дворцѣ, въ то время, когда по улицѣ проѣзжали повозки. Запахъ, исходящій отъ грязи, въ которую погружались колеса, былъ такъ ужасенъ, что король чуть не задохнулся. Онъ тотчасъ же собралъ префектовъ и нотаблей и приказалъ вымостить улицы города большими каменными плитами.

Приказаніе это было исполнено лишь въ отношеніи немногихъ улицъ, но оно явилось началомъ новой эры—заботъ французскаго правительства о благоустройствѣ городскихъ улицъ.

Эти заботы влекутъ за собой появленіе новыхъ чиновниковъ, *voyer* для надзора за городскими улицами. Jean Sarrazin, который занималъ эту должность при Людовикѣ IX и Филиппѣ III, составилъ въ 1270 г. инструкцію, резюмирующую обязанности и права этой должности. Его ближайшіе преемники поступали также, постепенно увеличивая списокъ своихъ правъ, такъ что въ концѣ концовъ никто не зналъ, какія права были имъ дарованы королемъ, а какія они сами захватили. Какъ бы то ни было, поборы, которые они взымали съ парижанъ, составляютъ любопытную картину нравовъ того времени. Деньги сыпались въ карманы «*voyer*», т. е. безъ его позволенія нельзя было:

«открыть или закрыть улицу для проѣзда или прохода;
измѣнить ея направленіе;

сдѣлать новый выступъ дома или измѣнить старый;
поставить лотки для продажи товаровъ;
сдѣлать какую либо работу или поправку въ какомъ либо мѣстѣ
города и т. д.».

При такихъ условіяхъ въ теченіе многихъ еще вѣковъ, королевскіе указы, постановленія правительственныхъ совѣтовъ и полицейскія правила, были ничто иное, какъ болѣе или менѣе платоническія стремленія власти къ достиженію лучшаго общественнаго строя.

Вслѣдствіе войнъ, бунтовъ и столкновеній всякаго рода, не точно ограниченныхъ предѣловъ разныхъ органовъ власти, происходившихъ поэтому постоянныхъ захватахъ ея, — большая часть законовъ вообще не могла имѣть прочной силы, а тѣмъ болѣе законы санитарные. Народъ, совершенно не понимавшій пользы послѣднихъ, исполнялъ ихъ только въ моментъ ихъ появленія; затѣмъ ихъ забывали при первомъ удобномъ случаѣ.

Трудно, однако, вполне объяснить равнодушіе парижанъ ко всѣмъ вопросамъ, касающимся надзора за санитарнымъ состояніемъ города. Равнодушіе это кажется еще необъяснимѣе, если вспомнить какую кару влекла за собой ихъ беззаботность. Проказа всегда была въ Парижѣ, и двухъ больницъ для прокаженныхъ не хватало для огромнаго количества больныхъ. Бичъ еще ужаснѣе, эпидемія черной или бубонной чумы, отъ которой заболѣвали и животныя, вспыхнула въ Парижѣ въ 1348 г. и въ теченіе восемнадцати мѣсяцевъ держала населеніе въ настоящемъ террорѣ.

Въ 1379 г. смертность была такъ велика, что парламентъ, который всегда собирался въ ноябрѣ, открылся только 3-го февраля 1380 г.

Въ 1387 г. открытіе парламента опять пришлось отложить до 2-го января 1388 г.

Въ 1414 г. болѣзнь, названная «*tas*» или «*hogion*» (нѣчто вродѣ коклюша), свирѣпствовала съ такой силой, что въ теченіе мѣсяца парламентъ и *Châtelet* должны были прекратить свои засѣданія. (Alfred Franklin—*La vie privée d'autrefois. L'Hygiene.* 1890. Paris).

Заботамъ доставленія населенію чистой питьевой воды начинаютъ съ XII вѣка отводить болѣе серіозное мѣсто. Въ нѣкоторыхъ населенныхъ центрахъ, гдѣ не находилось въ достаточномъ количествѣ годной для питья воды, ее стали искать въ болѣе удаленныхъ окрестностяхъ. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ отводили для этого ключи,

обыкновенно посредствомъ небольшихъ открытыхъ лотковъ или деревянныхъ трубъ. Затѣмъ на берегахъ рѣкъ стали устраиваться различныхъ системъ водоподъемныя машины, составленныя изъ насосовъ неуклюжей конструкции, приводимыхъ въ дѣйствіе гидравлическими двигателями.

Въ эту эпоху, когда Филиппъ Августъ устроилъ въ Парижѣ первыя каменные мостовыя, монахи Св. Лаврентія соорудили существующій еще въ настоящее время подземный акведукъ, посредствомъ котораго къ Парижу проведена была вода изъ Пре-С.-Жерве или Съверныхъ источниковъ. Этою водою воспользовались для питанія нѣкоторыхъ общественныхъ фонтановъ и домовъ частныхъ лицъ.

Къ XII-му столѣтію, повидимому, слѣдуетъ также отнести буреніе первыхъ колодцевъ съ бьющимъ столбомъ воды въ графствѣ Артуа, откуда и произошло названіе Артезіанскихъ колодцевъ.

Въ XIII-мъ столѣтіи устроенъ былъ водопроводный каналъ, длиною 8 километровъ, для питанія водою города Генуи. Въ то же время въ Лондонѣ устроенъ былъ *большой водопроводный каналъ*, сложенный изъ камня и выложенный свинцомъ. Онъ доставлялъ воду изъ Педдингтона къ самому старинному резервуару Сити, въ Уестчиппѣ.

Что же касается гигиенической науки, то въ первую половину среднихъ вѣковъ она находилась въ такомъ же упадкѣ, какъ и санитарія. Въмѣсто изученія человѣческаго организма и окружающаго его внѣшняго міра, средневѣковые медики занимались открытіемъ лечебныхъ средствъ и главнымъ образомъ «жизненнаго элексира», т. е. такого универсальнаго лекарства, которое могло бы предохранять и излечивать человѣка отъ всѣхъ болѣзней и сдѣлать его вѣчно юнымъ, сильнымъ и красивымъ. Только начиная съ XII вѣка на смѣну этой фантазіи начали появляться сборники діетическихъ правилъ, имѣвшихъ цѣлью распространить въ публикѣ здравыя гигиеническія понятія и привычки и научить каждаго отдѣльнаго человѣка искусству продлить жизнь. Это были трактаты по частной профилактикѣ, а не по общественной гигиенѣ.

§ 15. Эпоха возрожденія.

Стремленіе къ прогрессу, обнаружившееся около XII столѣтія, продолжаетъ усиливаться и становится все болѣе и болѣе общимъ

къ началу дальнѣйшей эпохи. Общее движеніе умовъ, характеризующее періодъ Возрожденія, имѣло смягчающее вліяніе и на нравы, причѣмъ появились новыя потребности, вызвавшія исполненіе многочисленныхъ работъ по части оздоровленія и улучшенія санитарныхъ условій городовъ.

Папы, въ Италіи, предприняли возобновленіе нѣкоторыхъ акведуковъ древняго Рима: Аква Вирджине, качалъ, устроенный въ 1568 году для питанія 50 общественныхъ и частныхъ фонтановъ, есть не что иное, какъ реставрированный древній каналъ Аква Вирго; а Аква Феличе образовалась изъ соединенія каналовъ Аква Клаудіа и Аква Марціа съ нѣкоторыми ближайшими источниками.

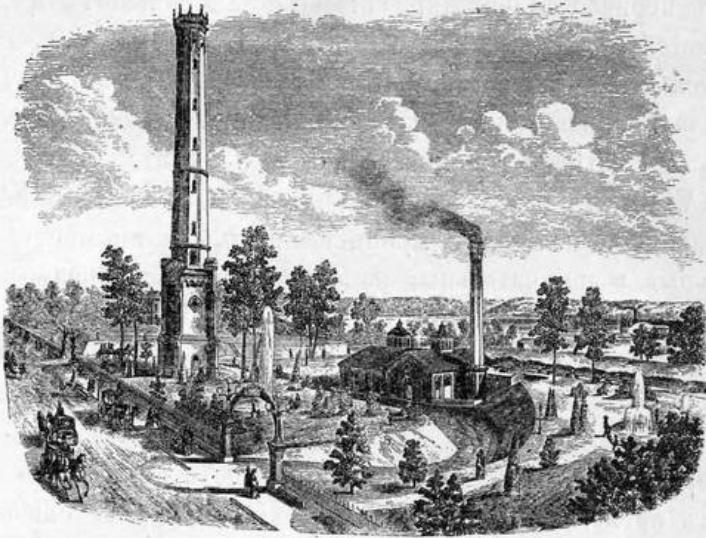
Значительное развитіе приняло устройство водопроводовъ въ Англіи. Всѣ главныя части Лондона послѣдовательно были снабжены водопроводами. Въ 1582 году Петръ Морисъ установилъ подъ береговою аркою Лондонскаго моста водоподъемную машину, которая приводилась въ движеніе вертикальнымъ колесомъ. Въ связи съ этимъ создано было первое устройство для распредѣленія воды по домамъ помощью свинцовыхъ трубъ.

Система, введенная въ Лондонъ Петромъ Морисомъ, еще раньше этого времени была извѣстна и практиковалась въ Германіи. Ганноверскіе пивовары устроили въ 1527 году насосы, приводимые въ дѣйствіе гидравлическою силою; этому примѣру послѣдовали Гамбургъ и Нюренбергъ. Весьма даже возможно, что первые примѣры примѣненія гидравлическихъ двигателей къ подъему воды относятся въ Германіи къ XIV-му столѣтію, такъ какъ въ эту эпоху образовались тамъ общества для снабженія городовъ водою (Pumpenbrüder—Genossenschaften). Аугсбургъ, въ XV-мъ столѣтіи, снабжался обильно водою. Въ Ульмѣ въ 1489 году, считалось 168 общественныхъ купалень.

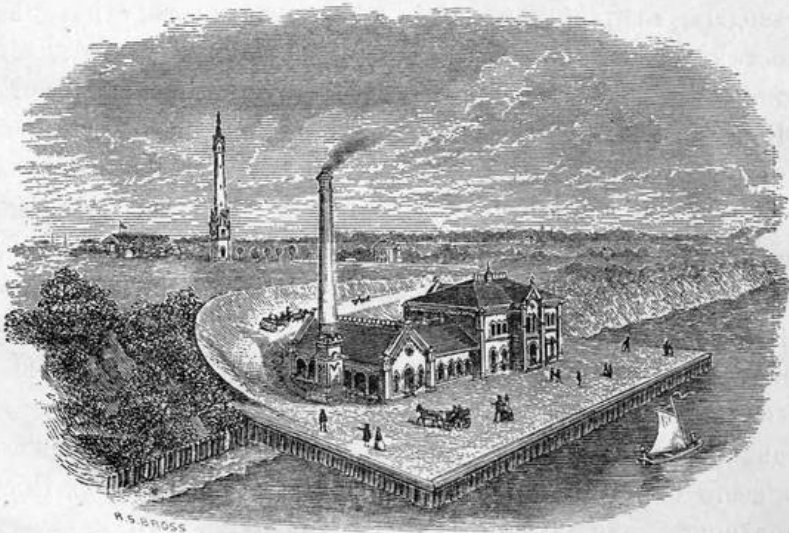
Парижъ въ XVI-мъ столѣтіи бесплатно пользовался водою, доставляющеюся изъ Сѣверныхъ источниковъ, но затѣмъ появляются первыя предпріятія для доставленія воды, за очень высокую цѣну.

Ручей Менильмонтанъ, впадавшій нѣкогда въ Сену, перекрытъ былъ уже въ XVI вѣкѣ сводомъ и превращенъ въ водосточный каналъ. Указомъ парламента 1633 года владѣльцамъ вмѣнено было въ обязанность устройство въ каждомъ домѣ отхожаго мѣста.

Насосныя станціи.



Черт. 150.— Общій видъ насосной станціи въ г. Толедо.



Черт. 151.— Общій видъ насосной станціи въ Милуакее на берегу озера Мичиганъ (Сѣв. Американскіе Соединенные Штаты).

§ 16. Семнадцатый вѣкъ.

Послѣ перваго толчка движеніе не останавливается и прогрессъ продолжается болѣе или менѣе быстро до нашихъ дней.

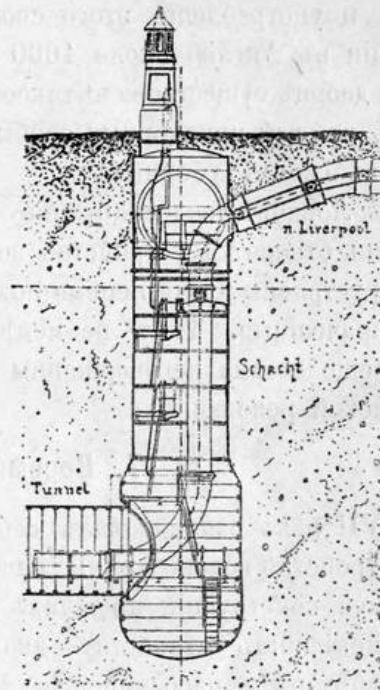
Общественная гигиѣна возрождается и на рубежѣ XVII вѣка кладется начало эпидемиологіи и медицинской географіи,—двумъ важнѣйшимъ для гигиѣны вспомогательнымъ наукамъ.

Въ XVII-мъ столѣтіи Франція, находясь въ періодѣ небывалаго до того времени величія и процвѣтанія, предпринимаетъ наиболѣе значительныя и замѣчательныя работы. Генрихъ IV велѣлъ устроить подъ второю аркою Новаго Моста насосъ для накачиванія воды дѣйствіемъ вертикальнаго гидравлическаго колеса, для питанія Лувра и Тюльерійскаго парка. Людовикъ XIII, или скорѣе его мать, Марія Медичи, пользуется водами Рюнжи, которыя питали когда-то термы Императора Юліана, и для проведенія ихъ строить надъ нижнимъ строеніемъ временъ римлянъ Аркейльскій акведукъ, названіе котораго присвоивается всему водопроводу; такимъ образомъ Парижъ получаетъ новое количество воды, для питанія 14 общественныхъ фонтановъ. Наконецъ, Людовикъ XIV, построивъ Версальскій дворецъ въ безводной мѣстности и желая провести туда воду въ обильномъ количествѣ, не останавливается ни передъ какими трудностями и расходами для достиженія этой цѣли. По его приказанію, Голландецъ Кепнекинъ установилъ въ Марли машину, которую тогда считали чудомъ и которая помощью 227 насосовъ тремя послѣдовательными подъемами подымала воду на высоту 162 метровъ. Этотъ же король поручилъ Вобану устроить каналъ для отвода водъ р. Эръ (Eure) и Ментенонскій акведукъ, который однако не былъ оконченъ, и затратилъ большія суммы на устройство мраморныхъ бассейновъ и разнообразныхъ фонтановъ, питаемыхъ громадною сѣтью чугунныхъ и свинцовыхъ трубъ.

Однако, въ 1670 году, водоснабженіе города Парижа доставляло всего отъ 400 до 500 куб. метровъ воды въ сутки. Постройка водоподъемной машины Нотръ-Дамъ увеличила это количество до 1.400 куб. метровъ. Но этою водою невозможно было пользоваться для общественныхъ цѣлей, такъ какъ многія частныя лица пользовались правомъ бесплатно получать воду и королевскіе эдикты не

Водопроводные туннели-сифоны.

При пересѣченіи водопроводами большихъ рѣкъ, когда желательно имѣть возможность легко осматривать и исправлять трубу и въ то же время не представляется возможнымъ уложить ее по мосту, приходится прибѣгать къ устройству водопроводныхъ туннелей. Эти сооруженія вообще дорогія и рѣдко встрѣчающіяся. Примѣры ихъ есть во Франціи (Grenoble), въ Англии (Liverpool) и др.



Черт. 152.

Разрѣзъ начала водопроводнаго туннеля-сифона въ Ливерпулѣ подѣ рѣкой Мерзей.

Длина туннеля 240 м., сѣченіе круглое, діаметромъ 3 метра, матеріалъ стѣнъ — чугуны, толщина стѣнъ 18 миллиметровъ. Стѣны состоятъ изъ сегментовъ, соединенныхъ фланцами. По концамъ туннеля вертикальные колодцы, въ которыхъ поставлены автоматически дѣйствующіе насосы (движутся водой изъ водопровода) для откачиванія просачивающей въ туннель извнѣ воды. Водопроводныхъ трубъ двѣ: діаметръ ихъ 800 миллиметровъ. Они лежатъ на поперечныхъ балкахъ. Исполненіе работъ по сооруженію этого туннеля было очень затруднительно. Онъ проводитъ воду изъ водохранилища Virnwy, коего плотина представлена на черт. главы IV. (См. Shield Tunneling in loose Ground with special reference to the Virnwy-Aqueduct Tunnel under the Mersey. Engin. 1892, p. 158; Deacon—Lake Virnwy and the Virnwy water Supply to Liverpool. Engin. 15 July 1892; Raynald Legouéz — Emploi du bouclier dans la construction des Souterrains. 1897, p. 157; Lueger, p. 720).

были въ силахъ уничтожить укоренившіяся вслѣдствіе этого злоупотребленія.

Въ это время въ Парижѣ стали строить водостоки, но общая ихъ длина къ концу столѣтія едва достигала трехъ километровъ. Къ этой же эпохѣ должно относиться введеніе воды для промывки отхожихъ мѣстъ и употребленіе этого способа перешло, какъ говорятъ, изъ Франціи въ Англію около 1660 года. При всемъ томъ въ Версальскомъ дворцѣ существовало такое ограниченное количество отхожихъ мѣстъ, что всѣ придворныя особы должны были имѣть особые стульчаки въ своихъ уборныхъ.

Въ Лондонѣ водоснабженіе также прогрессировало. Къ этому времени относится устройство водопроводнаго канала Нью-Риверъ. Здѣсь устроены были первые пожарные краны и первая общественныя прачешныя. Тѣмъ не менѣе санитарныя устройства Лондона были еще весьма несовершенны и смертность значительна въ эпоху англійской революціи.

§ 17. Восемнадцатый вѣкъ.

XVII вѣкъ ознаменовалъ себя большими усовершенствованіями въ устройствѣ водоподъемныхъ машинъ: насосы болѣе или менѣе неуклюжей конструкціи прежнихъ временъ замѣняются первыми насосами новѣйшаго устройства—двойного дѣйствія (Ла Гиръ, 1716 годъ) центробѣжными насосами (Де Муръ, въ 1732 году), усовершенствованнымъ нагнетательнымъ насосомъ съ ныряломъ (Брама, въ 1785 году), гидравлическимъ тараномъ (Монгольфьеръ, въ 1797 году). Въ то же время появляется водостолбовая машина. Наконецъ, паровая машина, приспособленная для практики Ньюкоменомъ въ 1711 году, примѣняется съ 1761 года для подъема воды изъ Темзы и послѣ усовершенствованій, сдѣланныхъ въ ней Уаттомъ и Болтономъ, переносится въ Парижъ въ 1781 году. Первое примѣненіе фильтровъ изъ пористаго камня и употребленіе вантузовъ на водопроводныхъ трубахъ также относится къ этой эпохѣ, когда пользовавшаяся большимъ почетомъ Гидравлика подготовила многочисленныя усовершенствованія, которыя дали возможность послѣдующему столѣтію значительно улучшить и поднять искусство водоснабженія.

Въ XVIII-мъ столѣтіи основаны были нѣкоторыя изъ большихъ обществъ, занимающихся водоснабженіемъ Лондона: Челси—Chelsea

(1724 годъ), Ламбетъ — Lambeth (1785 г.), Гретъ-Дженкшенъ — Great-Junction (1798 г.) и начался тотъ колоссальный ростъ английской столицы, который привелъ ее къ ея нынѣшнему чудовищному размѣру. Роль водоснабженія и его успѣховъ выступаетъ при этомъ на примѣрѣ Лондона крайне рельефно. Если мы бросимъ взглядъ на послѣдовательный рядъ плановъ, изображающихъ различныя степени развитія этого города, то увидимъ, какъ онъ сначала простирается вдоль обоихъ береговъ Темзы, не удаляясь отъ рѣки и не подымаясь на холмы. Затѣмъ на ближайшихъ склонахъ образуются новые кварталы, по мѣрѣ установки для подъема воды первыхъ машинъ съ ихъ несовершеннымъ устройствомъ и деревянными трубами. Городъ быстро начинаетъ расти, когда усовершенствованіе паровой машины при Уаттѣ и введеніе чугунныхъ водопроводныхъ трубъ устранили всѣ препятствія. Возможность доставить воду повсюду какъ бы сняла осаду, которая мѣшала городу расширяться, и съ этого момента начинается быстрый ростъ города, который продолжается на нашихъ глазахъ и въ настоящее время съ постоянно увеличивающеюся скоростью.

Въ Парижѣ въ теченіе многихъ лѣтъ настоятельно чувствовалась необходимость увеличить количество воды, доставляемой для питья. Вслѣдствіе этого дѣлались многочисленныя изысканія и составлены были различныя проекты, изъ числа которыхъ слѣдуетъ упомянуть о предложенномъ въ 1762 году Денарсье водопроводнаго канала отъ рѣки Иветтъ. Разработкою этого предположенія занимались Шези и Перроне, въ 1782 году проектъ этотъ былъ оставленъ и замѣненъ устройствомъ канала отъ рѣки Бьевръ. Постройка канала предоставлена была въ видѣ концессіи нѣкому де Феру; однако въ 1789 году предпріятіе это разстроилось.

Въ 1777 году братья Перье получили разрѣшеніе установить насосы и паровыя машины для подъема воды изъ р. Сены, и создали въ 1781 и 1783 гг. два подоподъемныхъ зданія въ Шальо и Гро-Калью (Gros-Caillou). Организованное ими общество водопроводовъ пало, вслѣдствіе усиленнаго ажіотажа и страстныхъ нападокъ Мирабо, но установленныя ими машины, системы Уатта и Больтона, пережили это паденіе и въ теченіе 70 лѣтъ служили съ пользою водоснабженію Парижа. Къ концу XVIII столѣтія Парижъ, при населеніи въ 600.000 душъ, располагалъ едва 10.000 куб. метровъ воды въ сутки.

Впрочемъ, къ тому времени въ немъ было всего 26 километровъ водосточныхъ каналовъ, частью перестроенныхъ въ 1755 г. Тюрго, съ напорными резервуарами для промывки. Центральный пунктъ, куда собирались нечистоты, устроенъ былъ у Монфокона, и расположенные въ нѣсколько ярусовъ бассейны, всегда полные до краевъ, заражали воздухъ сѣверныхъ частей города и портили колодезную воду.

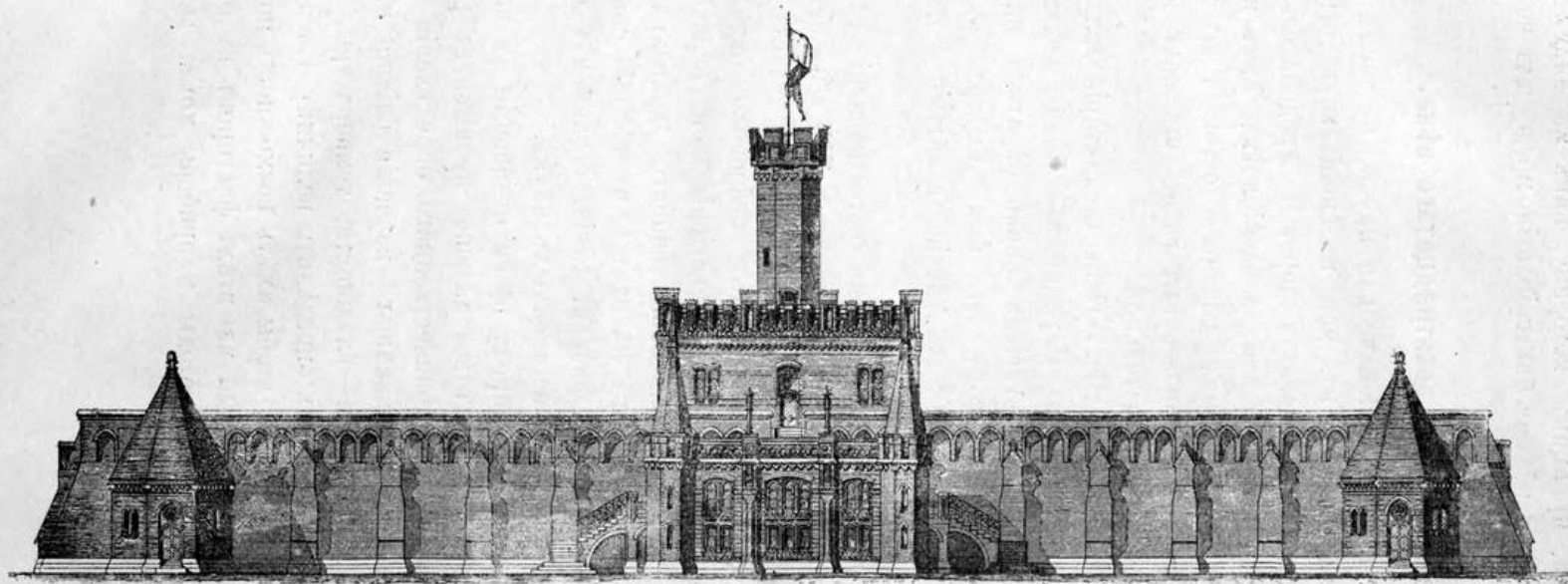
Но нигдѣ еще не принимались серьезно за разрѣшеніе тѣхъ вопросовъ оздоровленія, которые въ настоящее время сдѣлались предметомъ столькихъ трудовъ, исходнымъ пунктомъ столькихъ работъ.

Въ концѣ XVIII вѣка появляются первые водопроводы и въ Россіи: въ Москвѣ — *Мытищенскій*, и въ Царскомъ Селѣ — *Таицкій*, устроенные въ царствованіе Екатерины II. Первый построенъ къ 1779 году; онъ проводилъ воду ключевую изъ села Большіе Мытищи (по Московско-Ярославской желѣзной дорогѣ) въ количествѣ около 330.000 ведеръ и имѣлъ длину $22\frac{1}{2}$ версты. Впослѣдствіи этотъ водопроводъ былъ перестроенъ по частямъ и въ такомъ видѣ до 1892 года доставлялъ воды около 550.000 ведеръ. Съ 1892 г. вода въ Москву доставляется въ количествѣ около 1.500.000 ведеръ Новымъ Мытищенскимъ водопроводомъ. (См. Рербергъ—Московскій водопроводъ, 1892). Въ послѣднее время расходъ воды изъ Мытищенскихъ ключей былъ еще увеличенъ.

Таицкій водопроводъ, построенный въ 1773—1787 годахъ, и понынѣ доставляетъ изъ ключей близъ мызы Таицы около 600.000 ведеръ воды для гг. Царскаго Села и Павловска. (Въ 1901—1905 гг. для питьевыхъ нуждъ этихъ городовъ сооруженъ новый напорный водопроводъ изъ сосѣднихъ съ Таицкими Орловскихъ ключей на 1.200.000 ведеръ подъ руководствомъ составителя настоящаго курса).

Въ XVIII-мъ вѣкѣ были сдѣланы важныя открытія въ санитаріи и внѣ области водоснабженія: Кукъ (1745 г.) изобрѣлъ паровое, а Боннемень (1777 г.)—водяное отопленіе; затѣмъ при постройкѣ больницъ начали впервые примѣнять павильонную систему, т. е. замѣнять громаднаго казарменнаго типа зданія группой отдѣльныхъ домовъ. Но самымъ важнымъ открытіемъ XVIII в. въ области санитарно-медицинскихъ наукъ безспорно было открытіе Дженнеромъ предохранительной прививки оспы, имѣвшее кромѣ практическаго чрезвычайно важное теоретическое значеніе; оно ввело въ практическую медицину гигиеническій принципъ—принципъ предупрежденія,

Водоснабженіе города Ганновера.



Черт. 153.

Фасадъ напорнаго резервуара на горѣ Линденъ.

Вмѣстимость 10.923 куб. метр.

(Ф. Е. Максименко, Атласъ водопроводныхъ сооружений).

а не леченія болѣзней, принципъ, которому, какъ мы видимъ уже теперь, съ дальнѣйшими успѣхами бактеріологіи, предстоить великая будущность.

§ 18. Первая часть девятнадцатаго вѣка.

На рубежѣ XIX столѣтія гигиеническая наука, не теряя связи съ медициной, выдѣляется уже изъ нея въ специальную отрасль; обладаетъ двумя методами изслѣдованія здоровья народонаселенія и причинъ его заболѣваемости—методомъ эпидемиологическимъ и статистическимъ; обладаетъ извѣстнымъ запасомъ достовѣрныхъ и систематизированныхъ фактовъ—словомъ имѣетъ всѣ признаки науки, но науки описательной и наблюдательной.

Дальнѣйшій толчокъ къ развитію гигиены и санитаріи дала эпидемія холеры, разразившаяся надъ Европой въ 30—40 годахъ текущаго столѣтія; благодаря ей гигиена вновь обратила на себя общественное значеніе, результатомъ чего было быстрое развитіе санитарныхъ мѣропріятій, сначала въ Англии, а затѣмъ и въ другихъ странахъ Европы.

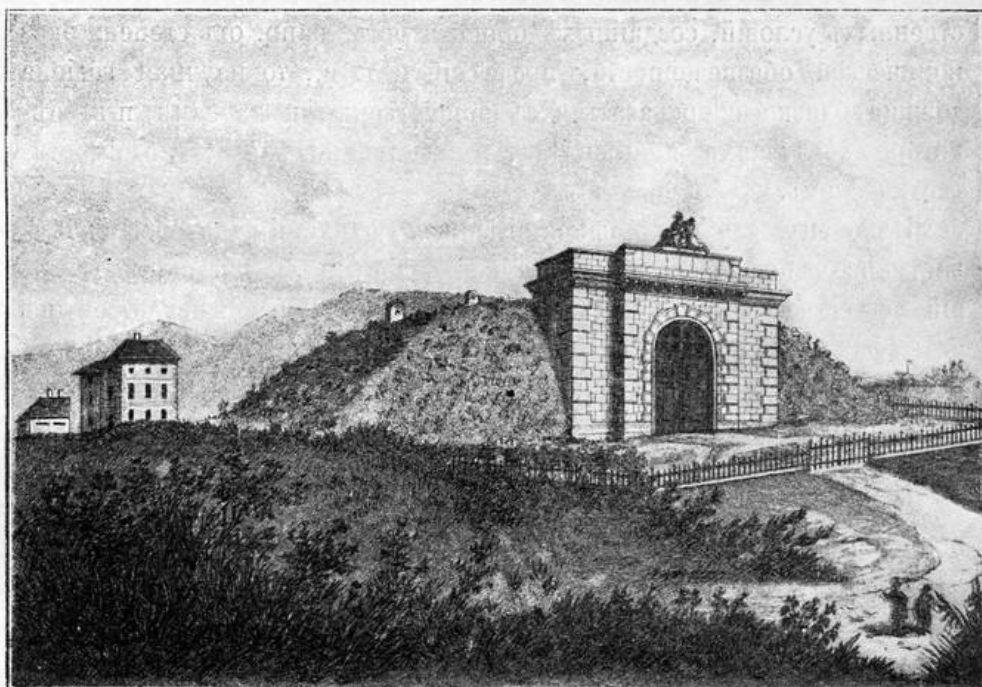
Несмотря на то, что къ этому времени естествознание сдѣлало громадныя успѣхи, гигиена и въ первую половину XIX вѣка остается еще наукой наблюдательной; въ этотъ періодъ она дѣлаетъ шагъ впередъ только въ томъ направленіи, что совершенно отдѣляется отъ профилактики или индивидуальной гигиены, — и сосредоточиваетъ свое вниманіе на вопросахъ общественнаго здравоохраненія.

Развитіе гигиены въ XIX вѣкѣ находится въ тѣсной связи съ развитіемъ естественныхъ наукъ: физики, химіи, ботаники и физиологіи, а также и нѣкоторыхъ общественныхъ наукъ.

Гигиена, изучая внѣшнюю природу въ ея отношеніи къ человѣческому здоровью, не могла двигаться дальше, не имѣя въ рукахъ методовъ для качественного и количественнаго опредѣленія интересующихъ ея явленій; для ближайшаго изученія вліянія на здоровье физическихъ условій среды—влажности, температуры, давленія и пр., явилась необходимость опредѣлить величину влажности, барометрическое давленіе и т. д., чтобы имѣть возможность подвергнуть специальному изученію каждый изъ этихъ факторовъ въ отдѣльности. Необходимые для этого методы и приборы могла дать гигиенѣ только опытная физика.

Уравнительные водоемы.

Водоснабжение города Вѣны.



Черт. 154.

Видъ резервуара „am Rosenhügel“.

Протекающая по гравитационному водопроводу вода (черт. 148) поступает сначала въ приемный резервуаръ am Rosenhügel, откуда идетъ по трубамъ въ два другіе «auf der Schmelz» и «am Wienerberge». Устройство ихъ въ общихъ чертахъ одинаково. Резервуаръ «am Rosenhügel», какъ главный, имѣетъ монументальный порталъ, показанный на рисункѣ. (Stadler).

При изученіи внѣшней среды—воздуха, воды, пищевыхъ веществъ и др.—въ химическомъ отношеніи гигиена нуждается въ химіи и особенно въ той ея части, которой присвоено названіе аналитической.

Затѣмъ, такъ какъ здоровье человѣка, какъ общественной единицы, зависитъ не только отъ вліянія внѣшнихъ природныхъ факторовъ, но зависитъ также въ очень сильной степени и отъ искусственныхъ условій, созданныхъ общежитіемъ, напр. отъ степени экономической обезпеченности, профессіи и т. п., то научная гигиена должна близко соприкасаться съ общественными науками, и въ нѣкоторыхъ случаяхъ, пользоваться ихъ методами, напр. методомъ статистическимъ.

Наконецъ, для правильной оцѣнки того вліянія, которое оказываетъ на человѣческое здоровье вся совокупность внѣшнихъ условій—естественныхъ и культурныхъ—гигиена не можетъ обойтись безъ фізіологическихъ свѣдѣній. Фізіологія въ XIX вѣкѣ, исходя изъ физико-химическихъ представленій и пользуясь точными методами, быстро обогатилась многими научными фактами относительно процессовъ, совершающихся въ нормальномъ организмѣ.

Въ дѣлѣ водоснабженія и ассенизаціи начало XIX столѣтія было лишь продолженіемъ предшествующаго періода.

Достигнутые въ теченіе этой эпохи успѣхи заключаются въ слѣдующемъ: продолженіе усовершенствованій въ устройствѣ водоподъемныхъ машинъ, новые типы насосовъ, центробѣжныхъ, дифференціальныхъ и пр.; устройство водопроводныхъ каналовъ и въ особенности водоподъемныхъ машинъ, гидравлическихъ и паровыхъ во Франціи, Англіи, Германіи, Соединенныхъ Штатахъ и пр., новые способы устройства фильтровъ и первыя примѣненія въ большихъ размѣрахъ песочныхъ фильтровъ (компанія Чельси въ Лондонѣ), улучшение въ производствѣ чугунныхъ трубъ и введеніе ихъ во всеобщее употребленіе взамѣнъ прежде распространенныхъ деревянныхъ и свинцовыхъ трубъ, изобрѣтеніе крановъ-регуляторовъ, первое появленіе водомѣровъ для контроля расхода воды.

Задача канализаціи едва начинаетъ выдвигаться: въ Парижѣ ограничиваются нѣкоторыми постановленіями относительно непроницаемости постоянныхъ выгребовъ и переводовъ свалки изъ Монфокона въ Бонди (въ 1817 г.), и лишь послѣ холеры 1832 года въ

первый раз приступают къ составленію проекта достаточно обширныхъ водостоконъ и устраиваютъ свалочное мѣсто въ Ла-Виллетѣ.

Наиболѣе замѣчательнымъ сооруженіемъ этой эпохи считаютъ Уркскій каналъ. Исполненіе этого канала рѣшено было при правленіи Консульства (29 флореала X г.), съ двойною цѣлью водоснабженія Парижа и открытія новаго пути для внутренняго судоходства. Работы дѣятельно продолжались съ 1802 по 1814 годъ, затѣмъ были прерваны и возобновлены были въ 1823 г. компаніею концессионеронъ. Они были окончены лишь въ 1837 году.

Появленіе холеры въ Европѣ привлекло всеобщее вниманіе къ вопросамъ общественной гигиены. Другимъ весьма важнымъ поводомъ къ постановкѣ этихъ вопросовъ явился, какъ роковое послѣдствіе развитія путей сообщенія, громаднй приростъ населенія въ большихъ центрахъ. Вопросы, касающіеся оздоровленія городовъ, сразу приобрѣли первостепенное значеніе. Отсюда ясно, почему въ дѣлѣ усовершенствованія санитарнаго благоустройства замѣчается въ XIX вѣкѣ такое всеобщее движеніе впередъ.

Въ короткое время предпринимаются глубокія изслѣдованія по всѣмъ направленіямъ. Появляются новыя идеи. Широко задумываются и быстро исполняются замѣчательныя работы, которыя освящаютъ эти идеи практически. Полученные результаты производятъ выгодное дѣйствіе на общественное мнѣніе. Водоснабженіе и канализація городовъ дѣлаются съ этихъ поръ предметомъ оживленныхъ обсужденій и споровъ, иногда страстныхъ, но всегда плодотворныхъ. Наука, направляя свои изслѣдованія на указанныя ими стороны, обогащается новыми данными. Она открываетъ существованіе и опредѣляетъ роль микробовъ, что даетъ ей ключъ къ пониманію явленій, дотолѣ необъяснимыхъ. Затѣмъ появляются гигиеническіе конгрессы, которые способствуютъ распространенію движенія, начавшагося сначала въ большихъ городахъ и охватывающаго постепенно поселенія второго и третьяго порядка.

Движеніе это началось прежде всего въ Англии и въ этой странѣ оно обнаружилось на первыхъ же порахъ многочисленными и разнообразными примѣненіями на практикѣ, благодаря Закону объ общественномъ здоровіи—1848 года. Но къ этому движенію не замедлили присоединиться Соединенные Штаты С. Америки и Франція, и мало по малу оно охватило всѣ цивилизованныя страны, которыя, всту-

пивши послѣдовательно на новый путь, въ настоящее время соперничаютъ другъ съ другомъ въ своихъ усиліяхъ къ постоянному улучшенію условій общественнаго здоровья и гигиѣны городовъ.

Полученіе обильнаго количества воды сдѣлалось для городовъ безусловною необходимостью, и потребленіе ея, увеличиваясь въ неслыханныхъ размѣрахъ, весьма скоро превзошло самые широкіе предварительные расчеты. Въ началѣ этого столѣтія Парижъ едва располагалъ 15 литрами воды на человѣка въ сутки, а въ настоящее время уже оказывается недостаточнымъ доставляемое водопроводами количество слишкомъ въ 200 литровъ въ сутки на жителя, причемъ не останавливаются передъ новыми значительными и весьма дорогими работами для полученія необходимаго количества воды посредствомъ дополнительнаго водоснабженія. Водопроводный каналъ Ваннъ, доставлявшій въ 1874 году въ Парижъ 110.000 куб. метровъ ключевой воды, вмѣсто 20.000 куб. метровъ получавшихся прежде изъ стараго водопроводнаго канала Dhuis'ы, былъ признанъ недостаточнымъ уже въ 1881 г., т. е. черезъ семь лѣтъ послѣ постройки. Точно также, въ Нью-Йоркѣ потребовалось лишь восемь лѣтъ для обнаруженія того, что всѣ предварительные расчеты, на которыхъ основанъ былъ проектъ увеличенія весьма значительнаго уже расхода Кротонскаго водопровода, далеко не отвѣчаютъ совокупности существующихъ потребностей, и тамъ дѣятельно занялись постройкою новаго акведука, который доставляетъ еще большее количество воды.

§ 19. Современная эпоха.

Во второй половинѣ XIX столѣтія естественно-историческія науки обладали значительнымъ запасомъ научныхъ фактовъ, обладали многими методами для экспериментальнаго изученія мертвой и живой природы; не было только человѣка, который бы могъ воспользоваться этимъ матеріаломъ и методами для рѣшенія спеціально гигиеническихъ вопросовъ.

Въ 1818 году въ Лихтенгеймѣ родился Максъ-фонъ-Петенкоферъ. На долю этого человѣка во второй половинѣ XIX столѣтія и выпала заслуга примѣненія точныхъ методовъ естественныхъ наукъ въ области гигиеническихъ изслѣдованій; по этой причинѣ Максъ-

фонъ-Петенкоферъ, по справедливости, считается творцомъ новѣйшей экспериментальной гигиены. Подъ вліяніемъ даннаго имъ направленія современная гигиена и санитарія, широко пользуясь въ гигиеническихъ институтахъ и лабораторіяхъ экспериментомъ, могутъ идти твердыми шагами къ осуществленію своего высокаго идеала: «сдѣлать развитіе человѣка болѣе совершеннымъ, упадокъ менѣе быстрымъ, жизнь болѣе сильною, а смерть болѣе отдаленною. (Хлопинъ).

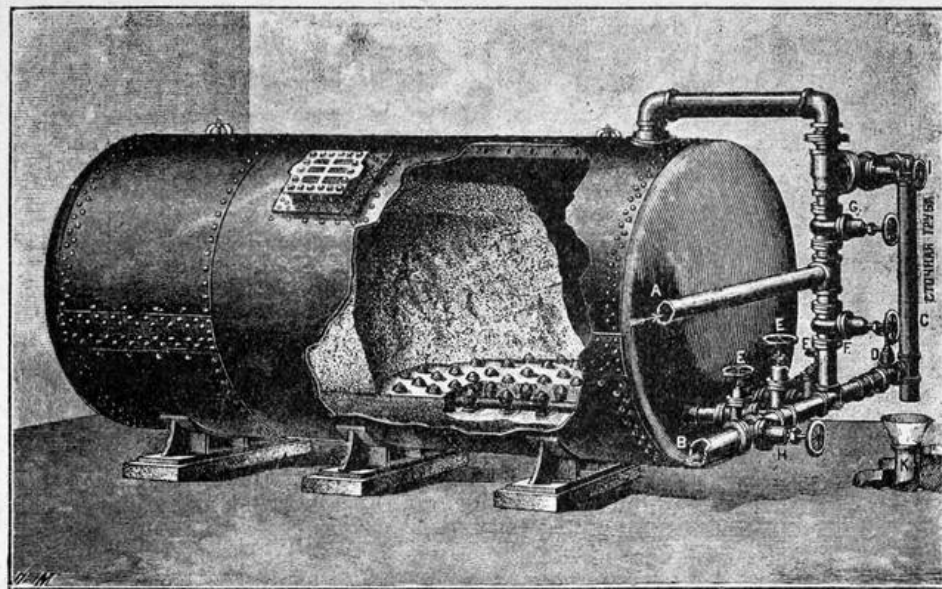
Наряду съ прогрессомъ научной гигиены колоссальные шаги впередъ дѣлаетъ въ этотъ періодъ санитарная техника.

Число городовъ съ водопроводами постепенно увеличивалось со второй половины XIX столѣтія, которая является временемъ наибольшаго распространенія водопроводовъ и наивысшаго развитія водопроводной техники. Въ Англіи и Сѣверо-Американскихъ Штатахъ всѣ города и даже мѣстечки имѣютъ уже водопроводы. Во Франціи и Германіи также почти во всѣхъ городахъ устроены водопроводы. Заслуживаетъ особеннаго вниманія Вюртембергское королевство, въ которомъ около четырехъ сотъ населенныхъ мѣстностей (городовъ, мѣстечекъ, сель) имѣютъ правильно устроенное водоснабженіе. Изъ этого числа около 75%—села, населеніемъ меньше 1.000 жителей въ каждомъ. Въ Германіи существуютъ нѣсколько примѣровъ устройства водопровода, общаго для нѣсколькихъ населенныхъ пунктовъ, такъ какъ устройство отдѣльныхъ водопроводовъ для каждаго изъ такихъ пунктовъ было бы имъ не по средствамъ. Въ Вюртембергѣ напримѣръ для 183 сель и мѣстечекъ съ населеніемъ свыше 42.000 жителей устроенъ одинъ общій водопроводъ стоимостью около 2.600.000 кредитныхъ рублей, доставляющій имъ воды около 400.000 ведеръ въ сутки.

Водопроводное дѣло особенно сильно развивается въ Сѣверо-Американскихъ Штатахъ. Тамъ устроены водопроводы въ сотняхъ городовъ съ населеніемъ въ десятки милліоновъ жителей, причемъ общая длина трубъ городскихъ сѣтей составляетъ десятки тысячъ верстъ, а общая стоимость водопроводовъ свыше милліарда кредитныхъ рублей.

Словомъ, въ настоящее время уже не считаютъ тѣхъ городовъ, которые построили или перестроили сѣть своихъ водопроводовъ съ затратою большихъ расходовъ. Многіе изъ нихъ должны были испол-

Механические напорные фильтры.



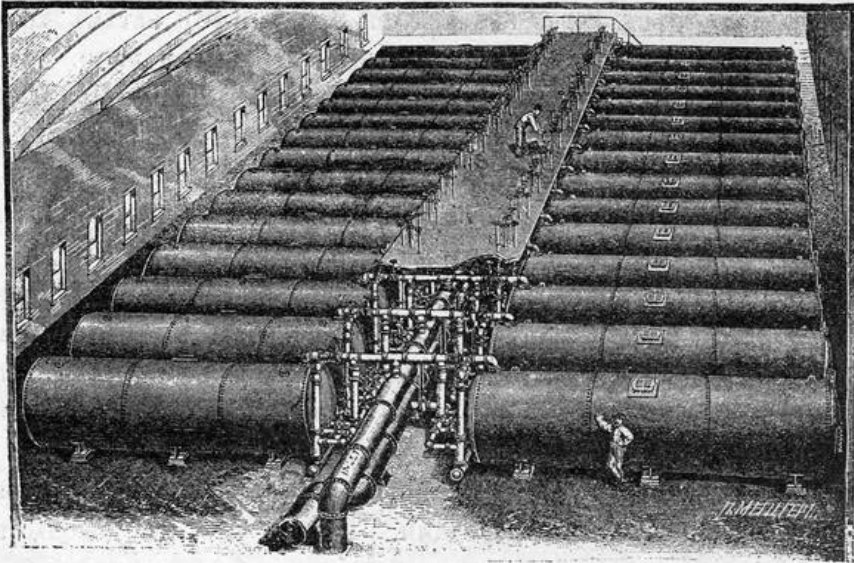
Черт. 155.

Видъ фильтра Нью-Йоркской системы.

Напорный фильтр Нью-Йоркской системы состоитъ изъ желѣзнаго горизонтальнаго цилиндра, герметически закрытаго и засыпаннаго болѣе чѣмъ на половину кварцевымъ пескомъ, горизонтальная поверхность коего есть фильтрующая поверхность. Толщина слоя песка 4—5 ф. Фильтрованная вода собирается снизу системой сѣтчатыхъ сосковъ. (См. далѣе объясненіе къ черт. 156).

Фильтрование воды.

Механические напорные фильтры.



Черт. 156.

Станция фильтровъ Нью-Йоркской системы въ Новомъ Орлеанѣ
на 4.000.000 ведеръ въ сутки

Промывка производится обратнымъ движеніемъ воды, причемъ она направляется сначала въ каждую $\frac{1}{3}$ фильтрующаго матеріала, а потомъ во весь фильтръ заразъ.

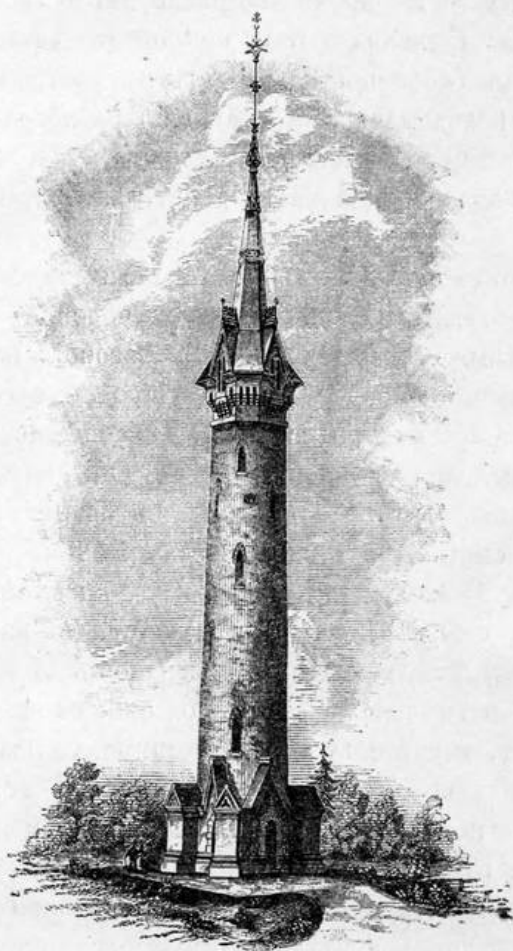
Промывка длится около 10 минутъ и дѣлается обыкновенно разъ въ сутки; воды требуетъ не менѣе 3% фильтруемаго количества (Н. П. Зиминъ).

нить для этого грандіозныя сооруженія, которыя съ честью выдерживаютъ сравненіе съ самыми замѣчательными сооруженіями, оставшимися съ древнихъ временъ. Для примѣра можно привести: водопроводный каналъ отъ р. Дюрансъ, для водоснабженія Марселя, съ прекраснымъ Рокфавурскимъ акведукомъ (черт. 143, 144), построеннымъ инженеромъ Montricher; каналы рр. Dhuis и Vannes Парижа выдающіяся произведенія Бельграна; американскіе водопроводы Кротонскій (черт. 145—147) и Потомакскій; каналъ, доставляющій въ Вѣну воду изъ ключей (черт. 148); затѣмъ колоссальныя паровыя водокачальныя машины, устроенныя на р. Темзѣ, выше Лондона (14.000 паровыхъ лошадей); новую машину въ Марли и большую гидравлическую машину въ С. Моръ для Парижа, которыя служили образцами для множества устройствъ этого рода во всѣхъ частяхъ обитаемаго міра, и проч. и проч. (См. чертежи 149—157 и др. въ дальнѣйшихъ главахъ курса).

Нѣсколько десятковъ лѣтъ тому назадъ въ большинствѣ городовъ почти не было извѣстно употребленіе воды для поливки мостовыхъ, водоотводныхъ лотковъ и тротуаровъ, для оздоровленія (асенизаціи); въ настоящее же время употребленіе это все болѣе и болѣе распространяется.

Въ то же время возникаютъ новыя потребности у частныхъ лицъ, пользующихся водопроводами. Теперь уже не довольствуются полученіемъ воды въ каждомъ домѣ: необходимо имѣть ее во всѣхъ этажахъ, чтобы она повсюду находилась подъ рукой. Съ другой стороны для домашняго потребленія начинаютъ настоятельно требовать, чтобы вода была совершенно прозрачная, чистая и абсолютно безвредная для здоровья, и для полученія этихъ результатовъ не останавливаются ни передъ какими денежными жертвами. Нѣкоторыя воды, которыя тридцать лѣтъ тому назадъ считались превосходными, въ настоящее время, даже при употребленіи различныхъ усовершенствованныхъ способовъ фильтраціи, не могутъ уже удовлетворять возвысившимся во всѣхъ отношеніяхъ требованіямъ. Въ Парижѣ изгнали изъ домовъ воду изъ р. Сены и замѣнили ее почти повсюду ключевою водою, собираемую вдали и доставляемую по закрытымъ со всѣхъ сторонъ трубамъ, огражденнымъ отъ всякаго загрязненія. Въ Вѣнѣ совершенно отказались отъ дунайской воды. Въ Берлинѣ воду р. Шпрее замѣняютъ другою. Даже въ Лондонѣ общественное мнѣніе начинаетъ относиться несо-

Водонапорныя колонны.



Черт. 157.

Водонапорная колонна въ Бостонѣ.
(Сѣв.-Амер. Соед. Штаты). (Fanning).

чувственно къ водѣ, получаемой изъ Темзы и доставляемой въ дома въ фильтрованномъ видѣ.

Естественнымъ послѣдствіемъ быстрого развитія водоснабженія явился значительный шагъ впередъ въ производствѣ чугунныхъ трубъ. Въ настоящее время трубы эти изготовляются на большомъ числѣ заводовъ, діаметромъ гораздо болѣе метра и полезною длиною до 4 метровъ. Въ то же время возрасло число и усовершенствовалось устройство различнаго рода приборовъ, употребляемыхъ для водопроводовъ, въ особенности входятъ въ употребленіе и быстро распространяются водомѣры для измѣренія расходовъ воды. Съ различныхъ сторонъ появляются новыя примѣненія воды подъ напоромъ, въ качествѣ движущей силы, для гидравлическихъ подъемниковъ и пр.

Одновременно съ этими быстрыми успѣхами въ дѣлѣ водоснабженія городовъ, достигнуты были во второй половинѣ XIX вѣка еще болѣе замѣчательныя усовершенствованія способовъ ихъ канализаціи.

До того времени наиболѣе хорошо устроенные города обладали нѣсколькими километрами водостоковъ, уложенными безъ общей системы и большею частью нераціонально. Они плохо содержались и рѣдко очищались. Можно сказать, ни въ одномъ изъ нихъ, даже въ Парижѣ, не смотря на значительныя работы, исполненныя въ этомъ городѣ съ 1832 года, не существовало настоящей *сѣти водостоковъ* въ томъ смыслѣ, какъ это понимается въ настоящее время.

Въ нѣсколько лѣтъ громадная поверхность Лондона оказалась прорѣзанною по всѣмъ направленіямъ подземными каналами, устроенными по общему, изумительно разработанному плану и доведенными до большихъ коллекторовъ, изъ которыхъ всѣ отбросы британской столицы помощью могучихъ паровыхъ машинъ отводятся на значительное разстояніе отъ города. Это есть наиболѣе значительное примѣненіе открытой или обще сплавной системы водостоковъ, названной довольно мѣтко французами системою *Tout à l'égout*.

Почти въ это же время Бельгранъ составилъ общій проектъ канализаціи Парижа, устроилъ Аньерскій коллекторъ, образующій большой пріемникъ парижскихъ водостоковъ, выработалъ новые типы водосточныхъ каналовъ и раціональный и экономичный способъ ихъ постройки. Благодаря его трудамъ, исполнена была великолѣпная сѣть повсюду доступныхъ галлерей, служащихъ одновременно для стока дождевыхъ и домовыхъ водъ, для укладки водопроводныхъ

трубъ и прокладки телеграфныхъ проводовъ, и удобныхъ для очистки помощью замѣчательно приспособленныхъ инструментовъ.

Полученные результаты оказались столь удивительными и быстрыми, что примѣру, поданному Лондономъ и Парижемъ, немедленно послѣдовало значительное число большихъ городовъ; повсюду, сначала къ Англии, а затѣмъ и на континентѣ, было предпринято устройство водостоковъ, не взирая на значительныя денежныя жертвы, которыя на это требовались.

Соединеніе всѣхъ сточныхъ водъ съ нечистотами большого города въ общемъ коллекторѣ влечетъ за собою сосредоточеніе въ одномъ мѣстѣ значительной массы разлагающихся органическихъ веществъ. Этимъ путемъ создается очагъ загрязняющихъ почву, грунтовая вода и воздухъ процессовъ, а потому естественнымъ послѣдствіемъ устройства большихъ сѣтей водостоковъ явилось стремленіе къ очисткѣ сточныхъ водъ, содержащихъ городскіе отбросы.

Опыты были предприняты съ этой цѣлью въ Лондонѣ, Парижѣ и многихъ другихъ большихъ городахъ Европы и Америки. Различныя системы очистки были предложены и частью осуществлены на практикѣ, причемъ полученные результаты во многихъ случаяхъ оправдываютъ принятыя устройства.

Такимъ образомъ въ значительной части городовъ Европы и Америки прогрессъ является всеобщимъ. Повсемѣстно въ небывалыхъ доселѣ размѣрахъ увеличивается потребленіе воды, доставляемой водопроводами. Удаленіе сточныхъ водъ, столь необходимое для сохраненія общественнаго здравія въ населенныхъ мѣстахъ, улучшается. Заботы объ освобожденіи рѣкъ отъ притока вредныхъ веществъ, которыя могутъ вліять невыгоднымъ образомъ на качества рѣчной воды возрастаютъ.

Среди научнаго и промышленнаго переворота XIX-го столѣтія, немалымъ предметомъ славы для нашей эпохи послужить то, что она возстановила утраченные человѣчествомъ принципы общественной гигиены, положила основаніе новѣйшей санитарной наукѣ и съ рѣшимостью стала осуществлять ея требованія. Теперь уже нѣтъ болѣе нужды доказывать необходимость устройства водоснабженій и водостоковъ въ мѣстностяхъ со скученнымъ населеніемъ, каковы города и села. Всякій знаетъ, что вода нужна для дома, для улицъ, для заводовъ и что отработавшая вода должна удаляться.

Весь историческій ходъ развитія водоснабженія и водостоконъ краткій очеркъ коего приведенъ здѣсь, показываетъ, однако, какъ рано были поняты нѣкоторыми народами выгоды, доставляемыя водою хорошаго качества, проведенною въ достаточныхъ количествахъ, и усвоено понятіе о необходимости удаленія грязныхъ водъ.

Рѣчь идетъ прежде всего о сохраненіи жизни и здоровья массъ населенія и въ этомъ смыслѣ онъ не можетъ даже быть переведенъ на языкъ денегъ. Каждый городъ долженъ стремиться получить наилучшія водоснабженіе и водостоки за тѣ наибольшія деньги, какими онъ можетъ располагать, отказываясь отъ всякой экономіи на этомъ предметѣ. (Bechmann. Salubrité Urbaine).

Но независимо отъ вопроса общественнаго здравія съ водоснабженіемъ связаны вопросы о развитіи промышленности и о предохраненіи отъ пожаровъ. Оба они прямо финансоваго свойства. Безъ воды многія производства невозможны и заводы охотно платятъ за доставленную ими воду. Безъ воды пожары легко превращаются въ истинныя стихійныя народныя бѣдствія. Ежегодные убытки отъ пожаровъ и плата страховыхъ премій во многихъ случаяхъ въ нѣсколько лѣтъ окупили бы расходы по устройству превосходныхъ водоснабженій, особенно у насъ въ Россіи, гдѣ деревянныхъ домовъ, даже въ городахъ, такъ много и гдѣ сплошь и рядомъ выгораютъ цѣлыя кварталы и улицы. Ежегодный убытокъ отъ пожаровъ въ Россіи оцѣнивается въ сотни милліоновъ рублей, изъ коихъ $\frac{1}{4}$ приходится на города (Н. П. Зиминъ).

Но Россія, во многомъ стоящая на высотѣ своихъ западныхъ сосѣдей, давно отстала отъ нихъ въ дѣлѣ водоснабженія и канализаціи городовъ.

У насъ водопроводы распространяются медленно, что объясняется отчасти недостаткомъ денежныхъ средствъ у городовъ, отчасти малымъ пониманіемъ выгодъ, которыя доставляетъ водопроводъ съ достаточнымъ количествомъ чистой здоровой воды. Канализаціонныя же устройства имѣются пока въ самомъ ничтожномъ числѣ нашихъ городовъ. Для поясненія этой мысли достаточно убѣдительно примѣръ Петрограда, гдѣ водопроводъ началъ дѣйствовать лишь въ шестидесятыхъ годахъ XIX вѣка, а канализаціи нѣтъ и до сего времени.

Вопросъ о необходимости искусственнаго водоснабженія Петро-

града возникъ только въ пятидесятихъ годахъ XIX вѣка. Въ 1858 году было образовано акціонерное общество, которое приняло на себя водоснабженіе города въ предѣлахъ между рѣкою Большою Невой и Обводнымъ каналомъ или такъ называемыхъ девяти незарѣчныхъ частей города, гдѣ населеніе въ то время достигало почти 400 тысячъ человѣкъ (см. Труды Русскихъ Водопроводныхъ Съѣздовъ. III. 1898. Сообщение М. И. Алтухова). Было предположено устроить водоснабженіе въ такомъ размѣрѣ, чтобы на жителя приходилось по $3\frac{1}{2}$ ведра воды въ сутки; поэтому первый водопроводъ и былъ проектированъ на 1.400.000 ведеръ воды. Мѣстомъ для устройства водопроводной станціи былъ избранъ такъ называемый «ковшъ»; это было пустое городское мѣсто, расположенное противъ Таврическаго дворца.

При проектированіи водоснабженія Петрограда было рѣшено слѣдовать примѣрамъ заграничныхъ, въ особенности англійскихъ городовъ, гдѣ техника водопроводнаго дѣла была къ тому времени уже развита широко. Поэтому было рѣшено устроить водоснабженіе Петрограда фильтрованной водою, причемъ для устройства фильтра и былъ назначенъ «ковшъ», который долженъ былъ работать въ видѣ открытаго бассейна съ фильтрующимъ матеріаломъ на днѣ.

Къ работамъ по устройству водоснабженія Петрограда было приступлено въ 1859 году. Основной акціонерный капиталъ для этой цѣли былъ собранъ въ 1.200.000 руб., но уже въ самомъ началѣ работъ оказалось, что капиталъ этотъ малъ, и онъ былъ увеличенъ до 1.500.000 руб. Работы продолжались до 1861 года, когда и была произведена пробная эксплуатація водопровода. Первые же опыты показали его несостоятельность. Открытый и недостаточно глубокій фильтръ промерзъ во время первыхъ холодныхъ зимнихъ дней и дѣйствіе его прекратилось. Трубы, проложенныя по улицамъ, дали громадныя течи, и на улицахъ города появились фонтаны и размывы мостовыхъ. Поэтому оказалось необходимымъ весь водопроводъ передѣлать. Для составленія проекта этихъ передѣлокъ былъ приглашенъ пріобрѣтшій себѣ почетную извѣстность водопроводными работами въ Москвѣ инженеръ путей сообщенія баронъ Дельвигъ. По проекту послѣдняго требовалось истратить до 900 тысячъ рублей, чтобы привести водопроводъ въ сносный видъ. 1863—1864 года были посвящены улучшенію водопровода: устроена водонапорная

башня, въ ней поставлены 4 машины, проведена сѣть трубъ въ 98 верстъ и съ осени 1864 года открылось водоснабженіе девяти незарѣчныхъ частей города. Первое время подача воды составляла всего 600—800 тысячъ ведеръ; только около 1870 года расходъ воды перешелъ за 900 тысячъ ведеръ, почему потребовались нѣкоторыя дополнительныя работы. Было устроено второе машинное зданіе и явилась возможность давать городу до 2-хъ милліоновъ ведеръ воды. Въ 1873 году было признано необходимымъ довести водоснабженіе Петрограда до такого предѣла, чтобы на каждаго жителя приходилось не менѣе 7 ведеръ въ сутки, что при населеніи по лѣвую сторону Невы около 600 тысячъ жителей, требовало до 4.200.000 ведеръ воды и развитія сѣти трубъ на 80 верстъ. Эти работы акціонерное общество, на основаніи своего существовавшего тогда устава, производить не было обязано, но согласилось ихъ исполнить при условіи продленія срока концессіи. Работы по расширенію водопровода были произведены въ теченіе 1876—77 годовъ.

Въ началѣ семидесятыхъ годовъ для водоснабженія зарѣчныхъ частей города, Васильевского острова, Петербургской и Выборгской сторонъ, образовалось Русское Товарищество, которое получило 35-ти лѣтнюю концессію. Это товарищество передало свою концессію англійскому акціонерному обществу, которое и устроило водоснабженіе названныхъ трехъ частей города въ теченіе 1874 и 1875 гг.; съ 1876 года началось искусственное водоснабженіе зарѣчныхъ частей города. Для снабженія ихъ вода была взята изъ той же Невы и для каждаго района былъ устроенъ отдѣльный водопроводъ съ отдѣльными машинными зданіями и отдѣльными сѣтями трубъ, такъ что съ 1876 г. Петроградъ снабжался водою помощью отдѣльныхъ четырехъ водопроводовъ, съ четырьмя отдѣльными водопроводными станціями: центральная станція находилась на Шпалерной улицѣ, противъ Таврическаго дворца, станція для водоснабженія Васильевского острова на 23-й линіи этого острова, для Петербургской стороны у Самсоніевскаго моста и для Выборгской стороны—на Арсенальной улицѣ.

Развитіе водоснабженія Петрограда на этомъ не остановилось, такъ какъ уже въ 1880 году потребленіе воды девятью незарѣчными частями города достигло 4 милліоновъ ведеръ въ сутки. Поэтому въ 1880 году было построено новое машинное зданіе, установлены

новые насосы и новые паровые котлы и водоснабжение города доведено до 7 миллионъ ведеръ въ сутки. Съ 1881 года дѣло водоснабженія стало развиваться все болѣе и болѣе, и каждый послѣдующій годъ давалъ увеличеніе суточного потребленія воды отъ 500 до 600 тысячъ ведеръ. Но все это время продолжалось водоснабженіе города простою нефльтрованной водою. Только въ 1884 году городомъ былъ поднятъ вопросъ о необходимости подумать не только о количественномъ, но и о качественномъ улучшеніи водоснабженія города Петрограда, такъ какъ загрязненіе Невы стало быстро увеличиваться и качество ея воды весьма ухудшилось. Предложеніе, сдѣланное въ этомъ смыслѣ городомъ акціонерному обществу, не было принято послѣднимъ, почему дѣло дошло до суда, по рѣшенію котораго общество водопроводовъ, снабжавшее водою девять незарѣчныхъ частей города, должно было устроить искусственное очищеніе воды. Въ 1888 году было приступлено къ устройству фильтровъ, причемъ, такъ какъ къ тому времени потребленіе воды достигло уже до 9 миллионъ ведеръ въ сутки, то на эти 9 миллионъ и были проектированы фильтры, расположенные на самой центральной станціи. Постройка фильтровъ продолжалась въ теченіе 1888 — 89 гг. и съ осени 1889 года началось снабженіе девяти незарѣчныхъ частей города фильтрованной водою.

Въ 1891 году наступило время, когда городъ, на основаніи устава общества водопроводовъ, получилъ право выкупить отъ него все дѣло водоснабженія незарѣчныхъ частей. Городъ, находя, что дѣло водоснабженія можетъ вполне рационально развиваться только тогда, когда будетъ у него въ рукахъ, рѣшилъ вопросъ о выкупѣ въ положительномъ смыслѣ, и съ 1891 года водоснабженіе девяти незарѣчныхъ частей перешло въ руки города. 1 января 1893 г. истекалъ срокъ, когда городъ имѣлъ право выкупить и зарѣчные водопроводы. Городъ воспользовался и этимъ правомъ и съ 1893 г. все водоснабженіе города Петрограда оказалось сосредоточеннымъ въ рукахъ самого Городского Управленія. Съ этихъ поръ началось быстрое и несоотвѣтствующее дѣйствительной потребности въ водѣ количественное развитіе водоснабженія города при непрерывномъ ухудшеніи качества воды. Это развитіе шло такъ быстро, что среднее суточное потребленіе воды сначала увеличивалось каждый годъ почти на 1 миллионъ ведеръ, а затѣмъ въ незарѣчныхъ частяхъ города

причинъ, изложеніе коихъ не можетъ найти себѣ мѣста въ настоящемъ возростатъ ежегодно почти $1\frac{1}{2}$ милліона ведеръ, а въ зарѣчныхъ частяхъ города на $\frac{1}{2}$ милліона, такъ что въ концѣ XIX вѣка среднее суточное увеличеніе количества воды въ годъ составляло около 2 милліоновъ ведеръ. Въ то время, какъ въ Берлинѣ, Лондонѣ, Парижѣ и другихъ городахъ расходъ воды колеблется въ предѣлахъ отъ 7 до 12 ведеръ въ сутки на человѣка, въ Петроградѣ онъ достигъ 20 ведеръ и болѣе на человѣка. Эта цифра отнюдь не являлась мѣриломъ сколько нибудь хорошаго санитарнаго состоянія города. Значительная часть доставляемой насосами воды терялась, совсѣмъ не исполняя какого либо полезнаго назначенія. Она уходила въ землю чрезъ разрывы трубъ и выливалась въ водостоки чрезъ краны въ домахъ, обращеніе съ коими за отсутствіемъ водомѣровъ, было крайне небрежно. Ненужно большой расходъ воды въ городѣ вызвалъ при недостаточной площади фильтровъ весьма дурную очистку воды, а ея постоянное загрязненіе въ рѣкѣ отбросами больницъ, фабрикъ и домовъ, превратило питьевую воду Петербурга въ источникъ опасныхъ заболѣваній.

Городское Управленіе Петербурга подвергло поэтому разработкѣ вопросъ о снабженіи Петербурга ключевой водою. Съ этою цѣлью въ 1894 году городъ ассигновалъ довольно значительныя средства, чтобы произвести изысканія ключевой воды. 1894—95 гг. были посвящены этимъ работамъ. Вдоль южнаго берега Финскаго залива простирается низкая долина шириною въ 6—7 верстъ, а за ней идетъ возвышенное плато, которое состоитъ изъ Силурійскаго известняка и возвышается на 50—70 сажень надъ уровнемъ моря. При изслѣдованіяхъ оказалось, что изъ этого именно известняка берутъ свое начало ключевыя воды Царскаго Села, Гатчины и Дудергофа, представляя собою притомъ только часть ключевыхъ водъ, которыя могутъ быть здѣсь собраны. Но недостаточная продолжительность и неполнота этихъ изслѣдованій вызвали вполне законныя опасенія, что замѣна Невской воды ключевой приведетъ городъ къ риску не имѣть достаточнаго количества воды и послѣ ряда колебаній въ 1903 году было рѣшено совсѣмъ отказаться отъ ключевой воды, а искать улучшенія питьевой воды Петербурга въ проведеніи воды изъ Ладожскаго озера или изъ верховьевъ Невы, а также въ улучшеніи и расширеніи фильтровъ. Это рѣшеніе не получило, однако осуществленія и до сего времени, вслѣдствіе ряда

причинъ, изложеніе коихъ не можетъ быть сдѣлано въ настоящемъ трудѣ; желающіе могутъ найти соотвѣтственные данныя въ изслѣдованіяхъ того же автора, посвященныхъ спеціально вопросамъ водоснабженія Петрограда (см. В. Е. Тимоновъ.—Какъ устроить водоснабженіе С.-Петербурга, 1913, и его же—Матеріалы по вопросу о проектѣ Ладожскаго водопровода, 1914).

Изъ мѣропріятій послѣдняго времени въ области петроградскаго водоснабженія интересенъ фактъ введенія водомѣровъ по требованію Правительства вопреки желанію Городскаго Управленія, которое отказывалось принять эту мѣру, столь важную для самого же городского хозяйства, введеніе по предложенію автора настоящаго труда дезинфекціи воды хлорной известью (1913) и, наконецъ, Высочайшее утвержденіе общаго проекта Ладожскаго водопровода (1914).

Теперь изъ губернскихъ городовъ уже имѣютъ водопроводы: Одесса, Варшава, Кіевъ, Харьковъ, Казань, Саратовъ, Рига, Самара, Нижній Новгородъ, Астрахань, Курскъ, Тифлисъ, Тамбовъ, Черниговъ, Калуга, Севастополь, Ростовъ, Двинскъ, Бѣлостокъ, Елизаветградъ, Симбирскъ, Новочеркасскъ, Царицынъ, Тула, Сызрань, Феодосія, Владикавказъ и др. (см. Ф. А. Даниловъ. Водопроводы русскихъ городовъ, Труды XI Вод. и Сан.-Техн. Съѣзда, Москва. 1913).

Но зато только въ немногихъ изъ нашихъ городовъ, и то въ недавнее время устроены раціональныя системы водостоковъ (Одесса, Варшава, Кіевъ, Москва). Даже Петроградъ еще ничего не сдѣлалъ въ этомъ отношеніи, вызвавъ изданіе особаго закона съ цѣлью принудить Городское Общественное Управленіе осуществить эту необходимую санитарную мѣру (законъ о переустройствѣ водоснабженія и сооруженіи канализаціи отъ 29 мая 1911 г.). О причинахъ такого положенія дѣла см. въ трудъ того же автора «Какъ устроить канализацію С.-Петербурга?» (1909).

Надо, однако, надѣяться, что необходимый прогрессъ не заставитъ себя долго ждать и у насъ, въ особенности благодаря тому, что въ Россіи инженеры-спеціалисты по водоснабженію и канализаціи, врачи-санитары и представители городскихъ общественныхъ управленій стали съ 1893 года періодически собираться въ Съѣзды чрезъ каждые два года въ разныхъ городахъ, обсуждая какъ мѣстные, такъ и общіе вопросы по санитарному благоустройству городовъ и освѣщая ихъ непрерывно новыми данными (см. В. Е. Тимоновъ.—Одиннадцатый Всероссийскій Водопроводный и Санитарно-Техни-

ческий Съездъ, бывший въ Ригѣ въ 1913 году. Спб. 1914). Первый Съездъ былъ въ Москвѣ въ 1893 году (предс. гор. гол. Н. А. Алексѣевъ и инж. п. с. И. Ф. Рербергъ, тов. предс. проф. В. Л. Кирпичевъ), второй въ Варшавѣ въ 1895 г. (предс. презид. города Н. В. Бибииковъ, тов. предс. проф. А. Г. Нюбергъ); третій въ С.-Петербургѣ въ 1897 г. (пред. гор. гол. В. А. Ратьковъ-Рожновъ, тов. предс. М. Н. Герсевичевъ); четвертый въ Одессѣ въ 1899 г. (предс. гор. гол. П. А. Зеленый, тов. предс. проф. А. А. Вериги); пятый въ Кіевѣ въ 1901 г. (предс. гор. гол. В. Н. Проценко, тов. предс. проф. Н. А. Бунге); шестой въ Нижнемъ Новгородѣ въ 1903 году (предсѣдатель гор. голова А. М. Меморскій, товарищъ предсѣдателя проф. В. Е. Тимоновъ); седьмой въ Москвѣ въ 1905 году (предс. гор. голова князь В. М. Голицынъ, тов. предс. проф. В. Е. Тимоновъ и проф. С. А. Федоровъ); восьмой въ С.-Петербургѣ въ 1907 г. (предс. гор. голова Н. А. Рѣзцовъ, тов. предс. проф. В. Е. Тимоновъ, проф. Ф. Е. Максименко и инж. Н. П. Зиминъ); девятый въ Тифлисѣ въ 1909 г. (предс. гор. голова В. Н. Черкезовъ, тов. предс. П. Ф. Горбачевъ и Т. М. Турчиновичъ); десятый въ 1911 г. въ Варшавѣ (предс. презид. города А. А. Миллеръ, тов. предс. проф. В. О. Ивановъ и Э. Г. Перримондъ); одиннадцатый въ Ригѣ въ 1913 г. (предс. гор. голова В. Р. фонъ-Бульмерингъ, тов. предс. проф. В. Е. Тимоновъ, проф. А. К. Еншъ, проф. Б. К. Правдикъ, Э. Г. Перримондъ и М. П. Алтуховъ). Съездъ имѣетъ постоянное бюро въ Москвѣ, издаетъ свои труды и матеріалы для описанія русскихъ водопроводовъ (по мысли инженера В. И. Зуева). Въ 1903 году Бюро Съездовъ издало «Краткій обзоръ перваго десятилѣтія дѣятельности Русскихъ Водопроводныхъ Съездовъ (1893—1903)», а въ 1911 году «Сводъ постановленій первыхъ девяти Русскихъ Водопроводныхъ съездовъ за періодъ 1893—1909 гг.», въ которыхъ классифицированы по отдѣламъ и приведены въ хронологическомъ порядкѣ всѣ сдѣланные доклады и принятыя Съездомъ постановленія.

Существенное значеніе для успѣха водопроводнаго дѣла въ Россіи имѣла разработка и изданіе въ 1902 году особой избранной для этой цѣли V-мъ Водопроводнымъ Съездомъ Комиссіей, подъ предсѣдательствомъ проф. В. Е. Тимонова, нормальнаго метрическаго сортамента чугунныхъ водопроводныхъ трубъ и техническихъ условій ихъ изготовленія и приѣмки. Принятіе правительственными и общественными учрежденіями этого сортамента внесло единство въ дѣятельность заводовъ, удешевило и упростило водопроводныя работы.

ВОДОСНАБЖЕНІЕ.

Глава III. — Источники водоснабженія.

Глава IV. — Количества воды, потребной для разныхъ цѣлей.

Глава V. — Изслѣдованіе и выборъ воды.

Глава VI. — Добываніе воды.

Глава VII. — Общее расположеніе водопроводныхъ сооружений и устройства для проведенія воды.



ВОДОСНАБЖЕНІЕ.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

Источники водоснабженія.

СОДЕРЖАНІЕ: § 20. Происхожденіе воды.—§ 21. Морская вода.—§ 22. Атмосферная вода.—§ 23. Рѣчная и озерная вода.—§ 24. Грунтовая и ключевая вода.—§ 25. Опредѣленіе количествъ воды, могущихъ быть полученными изъ даннаго источника.

§ 20. Происхожденіе воды.

Вода, какъ одинъ изъ могущественнѣйшихъ дѣятелей въ жизни земного шара, съ большою подробностью разсматривается въ курсѣ Физической Геологіи, читаемой въ Институтѣ Инженеровъ Путей Сообщенія (И. В. Мушкетовъ. Физическая Геологія, т. II) и потому здѣсь должно ограничиться лишь краткимъ напоминаніемъ основныхъ понятій, имѣющихъ значеніе въ вопросѣ о происхожденіи и составѣ воды, употребляемой для водоснабженія. Вода, испаряясь съ поверхности земли, рѣкъ, озеръ и морей и обращаясь послѣдовательно въ паръ, облака и дождь, возвращается вновь на землю; при этомъ частью опять испаряется непосредственно, а частью попадаетъ въ рѣки, озера и моря и уже затѣмъ испаряется. Такимъ образомъ вода въ природѣ совершаетъ подѣ дѣйствіемъ солнечной теплоты постоянный кругооборотъ.

Въ каждый моментъ своего кругооборота вода съ большими или меньшими удобствами можетъ быть собираема и используется для цѣлей водоснабженія. Можно собирать паръ получающійся при (искусственномъ) нагрѣваніи морской воды и сгущая его получать

воду пригодную даже для питья. Можно собирать атмосферную воду, падающую на землю въ видѣ дождя, града или снѣга. Можно, далѣе, брать воду текущую на земной поверхности въ видѣ ручьевъ и рѣкъ или собравшуюся въ углубленіяхъ въ видѣ прудовъ и озеръ. Можно искать и брать воду въ верхнихъ слояхъ земной коры, куда она просачивается съ поверхности или же идти за ней еще глубже въ такіе слои, гдѣ она собирается съ отдаленныхъ площадей, отдѣляясь отъ поверхности въ данномъ мѣстѣ однимъ или нѣсколькими непроницаемыми слоями. Наконецъ, можно брать воду этихъ подземныхъ слоевъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ она подъ дѣйствіемъ тяжести выступаетъ на земную поверхность въ видѣ ключей. Свойства воды зависятъ, однако, въ значительной степени отъ момента, въ который она будетъ взята на пути ея кругооборота, какъ это будетъ видно изъ разсмотрѣнія различныхъ видовъ воды.

§ 21. Морская вода.

Моря получаютъ непрерывно минеральныя вещества, приносимыя рѣками въ растворѣ, почти не отдавая ихъ обратно, отчего морская вода содержитъ значительныя количества солей и для питья годна только послѣ перегонки въ дорогихъ и сложныхъ приспособленіяхъ. Поэтому въ настоящее время пользованіе для водоснабженія морской водой ограничивается лишь судами и нѣкоторыми обездоленными морскими станціями, лежащими на бездождныхъ берегахъ Аравіи и т. п. мѣстностяхъ. Для болѣе подробной характеристики морской воды можетъ служить таблица № 2, въ которой сгруппированы данныя анализовъ водъ различныхъ морей.

§ 22. Атмосферная вода.

Находясь въ верхнихъ слояхъ атмосферы въ чистомъ состояніи и падая на землю въ видѣ осадковъ вода, проходитъ слои воздуха и вбираетъ изъ него органическія и неорганическія вещества, какъ-то: амміакъ, азотную и азотистую кислоты въ видѣ разныхъ соединеній, пылевые частицы, микроорганизмы,—такъ какъ вблизи поверхности земли въ воздухѣ имѣются продукты разложенія веществъ, находящихся на поверхности. Дождевая вода, выпадающая въ городахъ, содержитъ больше амміака, азотной и азотистой кислотъ, чѣмъ выпадающая въ загородныхъ мѣстностяхъ.

Въ дождевой водѣ всегда много растворенныхъ газовъ, которые она поглощаетъ по пути. *Baumert* нашелъ при температурѣ 11°, что эти газы распредѣляются въ такой пропорціи:

Азота	64,46%
Кислорода	33,76%
Углекислоты	1,77%

Общее количество газовъ по опредѣленію *Péligot* 20—40 кубич. сантиметровъ на литръ дождевой воды.

Количество минеральныхъ веществъ 35—50 и болѣе миллиграммовъ на литръ, въ томъ числѣ азотнокислаго аммонія 1,84 до 36 миллиграммовъ (*Barral*), хлористаго натра, увлекаемаго изъ океановъ и морей, 2,26—15 милигр. (*Barral*), замѣтное количество іодистыхъ соединеній и пр. (См. также таблицу № 3).

Такова дождевая вода, собираемая съ особой осторожностью для лабораторныхъ изслѣдованій. Вода же, стекающая съ крышъ, гораздо менѣ чиста. Въ ней много органической пыли и она легко загниваетъ, если для храненія ея не устроены надлежащія сооруженія.

Тѣмъ не менѣ атмосферная вода во многихъ случаяхъ можетъ примѣняться и примѣняется съ успѣхомъ для водоснабженія, какъ объ этомъ будетъ сказано подробно далѣе.

Атмосферныя воды, дождевыя или снѣговыя, значительно измѣняются въ своихъ свойствахъ, въ зависимости отъ длины и свойства пути, пройденнаго ими до мѣста, гдѣ ихъ собираютъ для цѣлей водоснабженія. Стекая по поверхности земли, атмосферныя воды растворяютъ одни вещества, уносятъ съ собою другія въ видѣ мути и т. д. Поэтому атмосферная вода, собираемая въ большихъ количествахъ въ искусственныхъ водохранилищахъ (резервуарахъ и прудахъ), обыкновенно отличается значительно по своему составу отъ дождевой воды, собираемой въ цистерны съ крышъ, приближаясь къ водѣ естественныхъ озеръ (§ 23), питающихся небольшими ручьями.

§ 23. Рѣчная и озерная вода.

Рѣки питаются главнымъ образомъ атмосферной водой, стекающей непосредственно съ поверхности земли, и грунтовой водой.

Таблица №. 2. Составъ морской воды (по даннымъ
relles et industrielles.

Въ таблицѣ приведены лишь вещества, находящіяся

Названія морей.	Мѣсто, гдѣ взята вода для изслѣ- дованія.	ВЪ О Д Н О МЪ					
		Na	Cl	Mg	Ca	K	SO ³
Атлант. океанъ .	0°47' S—35°20' O . . .	гг.	гг.	гг.	гг.	гг.	гг.
		11,081	19,460	0,9568	0,4567	0,7604	2,577
Нѣмецкое море . .	Между Бельгіей и Ан- глией	10,206	18,168	1,1582	0,3244	0,3536	2,590
Ламаншъ	Въ нѣсколькихъ ми- ляхъ отъ Гавра . . .	10,142	17,794	1,2305	0,4093	0,0425	2,882
Средиземное море .	Марсель	10,688	21,099	3,0037	0,048	0,0041	5,716
Адриатическ. море.	Венеціанскія лагуны .	8,779	15,882	1,1646	0,1769	0,4356	2,662
Тихій океанъ . . .	На 3,5 м. отъ поверх- ности	10,262	18,950	1,3151	0,4719	0,6038	2,786
» »	На глубинѣ 140 м. отъ поверхности	10,533	19,321	1,4714	0,4752	0,6336	2,827
Балтійское море	5,894	10,386	1,6115	0,0363	—	0,719
Черное море . . .	У южнаго берега Крыма	5,512	9,574	0,6622	0,1305	0,0975	1,2505
Азовское море . .	Между Керчью и Ма- риуполемъ	3,997	6,585	0,4010	0,0908	0,0670	0,8045
Мертвое море . .	На поверхности . . .	0,885	17,628	4,177	2,150	0,474	0,2424
» »	На 300 м. глубины .	14,400	164,985	41,428	17,269	4,386	0,6276

A. Gautier.—изъ соч. Delhotel: Traité de l'épuration des eaux natu-
Paris. 1893.—p. 36).

въ измѣримомъ количествѣ въ одномъ литрѣ воды.

Л И Т Р Ъ М О Р С К О Й В О Д Ы.									Нѣмъ даны цифры (авторы).
Br	CO ³	Fe	Mn	Al ²	SiO	PO ⁴	Органиче- скихъ ве- ществъ.	Сухого остатка.	
гг.	гг.	гг.	гг.	гг.	гг.	гг.	гг.	гг.	
0,4069	—	—	—	—	—	—	—	35,700	Bibra.
?	—	—	—	—	—	—	—	32,800	Bischoff.
0,1046	0,078	Слѣды.	Слѣды.	—	0,016	Слѣды.	—	32,700	Figuiet et Mialhe.
?	0,142	—	—	—	—	—	—	40,700	Laurent.
?	—	—	—	—	—	—	—	37,700	Usiglio.
0,3102	—	—	—	—	—	—	—	34,700	Bibra.
0,2394	—	—	—	—	—	—	—	35,20	Id.
—	—	—	—	—	—	—	—	17,71	Pfaff.
0,005	0,2475	0,1271	—	—	—	—	—	17,705	Göbel.
0,004	0,0665	0,0358	—	—	—	—	—	11,900	Id.
0,167	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды.	0,006	Слѣды.	Слѣды.	27,078	Terreil. Com- ptes rendus.
7,093	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды.	Слѣды.	278,135	Id.

Таблица № 3. Анализы дождевыхъ и снѣговыхъ водъ.

(По даннымъ, собраннымъ Delhotel'емъ).

Название водъ.	Н А О Д И Н Ъ Л И Т Р Ъ В О Д Ы .											Имена изслѣ- дователей.	
	O	Az	CO ²	AzH ³	AzO ³ H	CO ³ AzH	AzO ³ AzH ⁴	CINa	So ⁴ Na ²	SO ⁴ Ca	Органиче- скія вещества.		
	кб.сант.	кб.сант.	кб.сант.	грамм.	грамм.	грамм.	грамм.	грамм.	грамм.	грамм.	грамм.	грамм.	
Дождевая вода.	8,42	16,4	0,45	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Beaurmert.
Тоже	7,75	16,8	0,60	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Péligot.
Тоже (зимой)	»	»	»	0,0163	0,0003	»	»	»	»	»	»	»	Vineau въ Лионѣ.
Тоже (весной)	»	»	»	0,0121	0,0010	»	»	»	»	»	»	»	Тоже.
Тоже (лѣтомъ)	»	»	»	0,0031	0,0020	»	»	»	»	»	»	»	Тоже.
Тоже (осенью)	»	»	»	0,0040	0,0020	»	»	»	»	»	»	»	Тоже.
Тоже	»	»	»	»	»	0,00174	0,00189	?	0,0107	0,00087	0,0248	»	{ Marchand въ Fé- camp. въ Мартѣ и Апрельѣ 1902 г.
Тоже	»	»	»	0,00079	»	»	»	»	»	»	»	»	{ Boussingault. Средняя въ де- ревнѣ.
Тоже	»	»	»	0,004	»	»	»	»	»	»	»	»	Тоже въ Парижѣ.
Снѣговая вода	»	»	»	0,00017	»	»	»	»	»	»	»	»	{ Boussingault. Свѣжій снѣгъ.
Тоже	»	»	»	»	»	0,00129	0,00145	0,01701	0,01563	0,00088	0,0238	»	{ Marchand въ Fé- camp. Мартъ и Апр.

Примечаніе. Знакъ » — выражаетъ, что соответствующее опредѣленіе не было сдѣлано.

Озера питаются дождевой, грунтовой и рѣчной водой. Въ виду различія въ питаніи отдѣльных рѣкъ и озеръ, рѣчная и озерная вода по составу чрезвычайно разнообразна, будучи не одинакова не только для разныхъ мѣстъ рѣки или озеръ, но даже въ одномъ и томъ же мѣстѣ, въ разные времена года. Рѣчная или озерная вода заключаетъ амміака меньше, чѣмъ дождевая, а минеральныхъ веществъ, меньше, чѣмъ грунтовая; послѣднее обстоятельство объясняется тѣмъ, что грунтовая вода, попадая въ рѣку, освобождается отъ углекислоты и черезъ то не въ состояніи держать въ растворѣ нѣкоторыя соли, которыя и осаждаются. Горныя рѣки содержатъ минеральныхъ веществъ больше, чѣмъ степныя; такъ напр., въ Эльбѣ, Рейнѣ и др. горныхъ рѣкахъ вода послѣ выпариванія даетъ осадка на 1 литръ 240—290 миллиграммовъ и больше, тогда какъ въ Волгѣ 148 миллиграммовъ, въ р. Донѣ—124 миллиграмма, въ Днѣпрѣ—103—193 миллиграмма и въ Невѣ—50—64 миллигр. Въ озерахъ вода часто имѣетъ менѣе солей, чѣмъ въ рѣкахъ: напр. въ оз. Rachtal (въ Богеміи)—69 мг., въ Цюрихскомъ озерѣ—139 мг., въ оз. Mystic (Соед. Шт.)—98 мг. на литръ. Минеральныя вещества состоятъ большею частью изъ известковыхъ солей, а именно изъ углекислыхъ и сѣрнокислыхъ соединений; магнезіальныхъ солей бываетъ всегда значительно меньше, чѣмъ известковыхъ; азотной и азотистой кислотъ и амміака въ рѣчной водѣ очень мало, часто лишь—слѣды.

Количество органическихъ веществъ колеблется въ довольно широкихъ предѣлахъ; для окисленія ихъ требуется кислорода 3—20 миллиграммовъ и болѣе на 1 литръ воды: для Невской воды отъ 6—9 миллиграммовъ, для Москворѣцкой—3—4 миллиграмма, для Днѣпровской 9—14,9 миллиграммовъ. При сравненіи воды, взятой изъ различныхъ источниковъ, необходимо обращать вниманіе на происхожденіе заключающихся въ водѣ органическихъ веществъ: будутъ ли они растительнаго или животнаго происхожденія, такъ какъ первыя не столь вредны, какъ вторыя. Количества эти крайне различны и зависятъ отъ притока загрязняющихъ воду элементовъ и скорости ихъ разрушенія. Чѣмъ быстрѣ течетъ рѣка, чѣмъ сильнѣе на ней судовое движеніе, словомъ чѣмъ больше ея вода получаетъ кислорода, тѣмъ разрушеніе органическихъ веществъ идетъ усиленнѣе и тѣмъ количество ихъ меньше. Вообще количество кислорода раствореннаго въ водѣ можетъ служить показателемъ ея чистоты. Напр. въ Парижѣ въ водѣ рѣки Сены до входа ея въ городъ въ

Таблица № 4. Анализы рѣчныхъ,
(По даннымъ

Названіе водъ.	Н А О Д И Н Ъ					
	Плотнаго остатка.	O	Az	CO ² свободн.	Ca	Mg
Рейнъ у Страсбургга	грамм. 0,2317	куб. с. 7,4	куб. с. 15,9	куб. с. 7,6	грамм. 0,0586	грамм. 0,0014
Рона у Женевы	0,182	8,0	18,4	8,4	0,0453	0,0027
Луара у Орлеана	0,1346	7,0	13,2	1,8	0,0192	0,0017
Гаронна у Тулузы	0,1367	7,9	15,7	17,0	0,0258	0,0009
Сена выше Парижа	0,2544	3,9	12,0	16,2	0,0739	0,0048
P. Doubs	0,2251	9,5	18,2	17,8	0,0764	0,0098
P. Vesle	0,1913	6,8	15,6	5,8	0,0657	»
Дунай близъ Вѣны	0,1414	»	»	»	0,0343	0,007
Шпрее въ Берлинѣ	0,114	»	»	»	0,026	0,0026
Темза въ Chelsea	0,304	»	»	0,46	0,0766	0,044
Луз въ Туркуанѣ	0,4499	»	»	»	0,1132	0,01586
Артезианск. колодезь „Grenelle“ въ Парижѣ.	0,143	3,6	13,0	1,5	0,0272	0,004
Тоже на Трафальгаскомъ скверѣ (Лонд.).	0,9915	»	»	39,4	0,0188	0,0091
Изъ буровой скважины въ Лиллѣ	0,6352	»	»	»	0,1290	0,0051
Изъ буровой скважины въ Лейденѣ	0,914	»	»	»	6,152	0,0293
Изъ буровой скважины въ Копенгагенѣ	1,700	»	»	»	0,2311	0,0513
Вода горныхъ ручьевъ (долина Изеры), таяніе снѣга)	0,019	»	»	»	0,0073	»
Ключъ Mouillègre близъ Безансона (типъ питьевой воды)	0,3085	»	»	»	0,1046	0,0008
Ключъ Duc Fonfroide близъ Нарбонны	0,3438	»	»	»	0,1005	0,0062

Примчаніе. Знакъ »—выражаетъ, что соответствующее опредѣленіе не было сдѣлано.

Грунтовыхъ и ключевыхъ водъ.
Delhotel'я, p. 26).

Л И Т Р Ъ В О Д Ы.										Имена изслѣдователей.
Na	K	Al ² O ³ et Fe ² O ³	CO ²	SO ⁴	Cl	SiO ²	AzO ²	Органическія вещества.	грамм.	
грамм. 0,0051	»	0,0083	0,0849	0,0195	0,0012	0,0488	0,0038	»	грамм.	H. Deville.
0,0031	»	0,0039	0,0508	0,0429	0,001	0,0238	0,0085	»	»	Ibid.
0,0093	»	0,0126	0,0415	0,0023	0,0029	0,0406	»	»	»	Ibid.
0,0058	0,0034	0,0031	0,0448	0,0078	0,0019	0,0401	»	»	»	Ibid.
0,0074	0,0022	0,00198	0,1018	0,0219	0,0074	0,0244	»	»	»	Ibid.
0,0025	»	»	0,1162	0,0034	0,0018	0,0159	0,004	»	»	Ibid.
0,0093	0,0028	0,0054	0,0986	0,0015	0,005	0,0018	»	0,0082	»	Maumène.
»	»	0,002	0,0609	0,0131	0,002	0,0049	»	»	»	Bischoff.
0,0023	0,0015	»	0,0454	0,0086	0,0006	»	0,002	»	»	Bauer.
0,0083	0,004	0,0041	0,0906	0,0566	0,0175	0,0101	»	0,034	»	Graham Miller et Hoffman.
0,0201	»	»	0,1243	0,0068	0,0341	0,0103	»	0,0653	»	Gallet et Huet.
»	0,0238	»	0,0605	0,0066	0,0052	0,006	»	0,020	»	Payen.
0,2653	0,099	»	0,1971	0,1805	0,1742	0,0131	»	0,0130	»	Abel et Rowney.
0,0371	»	0,0180	0,1224	0,0684	0,0588	»	»	0,1430	»	Gallet et Huet.
0,1037	0,0328	0,010	0,1957	0,2478	0,1317	0,040	»	»	»	Gunning.
»	0,4108	»	0,3514	0,1616	0,3988	0,031	»	»	»	Johnstrug.
»	»	»	0,0072	»	0,005	слѣды	»	»	»	Nierce.
0,0032	0,0011	0,0043	0,0029	0,0034	0,0048	0,002	»	»	»	H. Devill.
0,0205	»	0,0023	0,2875	0,0458	0,0102	0,0060	»	»	»	A. Gautier.

литръ найдено 10,0 миллигр. кислорода, а по выходѣ изъ города 1,5 миллигр.

Болѣе подробную характеристику нѣкоторыхъ рѣчныхъ водъ даетъ таблица № 4, гдѣ сгруппированы данныя анализовъ, какъ рѣчныхъ, такъ и грунтовыхъ, и ключевыхъ водъ, что позволяетъ легко сравнивать воды разныхъ происхожденій между собой.

Количество взвѣшенныхъ частицъ (мути) измѣняется въ широкихъ предѣлахъ, убывая въ сухое время и увеличиваясь подѣ влияніемъ дождей; онѣ раздѣляются на минеральныя, органическія и микро-организмы. Изъ минеральныхъ взвѣшенныхъ частицъ чаще всего бываютъ частицы кварца, глины, известняковъ и т. п.

Количество этихъ веществъ: въ Невѣ 1—14 миллиграммовъ въ 1 литръ, въ Москвѣ-рѣкѣ 2—8 миллигр., въ Днѣпрѣ 18—150 мг., въ Рейнѣ 12 (при низкомъ уровнѣ) и 250 миллигр. (при высокомъ уровнѣ), въ Сенѣ 7—500 миллигр., въ Нилѣ до 1.580, въ Дюрансѣ до 4.180, въ Желтой рѣкѣ болѣе 5.000 миллигр. Удаленіе взвѣшенныхъ веществъ изъ воды необходимо, такъ какъ онѣ придають водѣ часто непріятный видъ и вкусъ и оказываются вредными, раздражая желудочно-кишечный каналъ. Въ озерахъ вода обыкновенно очень прозрачна, такъ какъ муть осаждается здѣсь на дно.

Рѣчная вода почти всегда загрязнена отбросами домашняго и городского хозяйства, такъ какъ рѣки давно уже представляютъ собою пути, по которымъ человекъ привыкъ удалять всякій соръ и грязь. Особенно сильно загрязняютъ рѣки въ чертѣ городовъ. Поразительнаго загрязненія достигли рѣки въ Англіи, гдѣ на сравнительно небольшой рѣкѣ нерѣдко расположены города съ значительнымъ населеніемъ; загрязненіе происходитъ не только оттого, что въ рѣку спускаются городскія нечистоты, но также и вслѣдствіе того, что фабрики и заводы, которыхъ особенно много въ англійскихъ городахъ, направляютъ свои отбросы въ тѣ же рѣки. Въ настоящее время на западѣ, и особенно въ Англіи, приняты энергичныя мѣры противъ загрязненія рѣкъ; фабричныя воды должны обезвреживаться химическимъ путемъ, а городскія нечистоты должны до спуска въ рѣки подвергаться очисткѣ на особыхъ станціяхъ или направляться на поля для орошенія. Засореніе Сены нечистотами Парижа, однако, столь сильно, что правительство неоднократно принуждало городъ очищать рѣку отъ осѣвшихъ зловонныхъ массъ. Загрязненіе рѣкъ въ Россіи

идеть также большими шагами впередъ по мѣрѣ увеличенія роста городовъ и развитія фабрикъ и заводовъ. Въ Петроградѣ большая часть нечистотъ поступаетъ въ каналы, прорѣзывающіе городъ (Обводный каналъ, Фонтанка, Екатерининскій каналъ, Мойка), а оттуда въ Неву и далѣе на взморье.

Съ увеличеніемъ загрязненія рѣки увеличивается въ сильной степени количество бактерій въ водѣ; такъ напр. вода въ Невѣ при вступленіи рѣки въ городъ содержитъ 300—3.000 зародышей въ 1 куб. сант. а вода прошедшая черезъ городъ 6.500 зародышей; въ Фонтанкѣ до 629.000 зародышей и въ Мойкѣ до 45.000 зародышей (С. К. Дзержговскій. Отчетъ по изслѣдованію санитарнаго состоянія рѣки Фонтанки, Мойки и Екатерининскаго канала. Петроградъ 1910). Въ Невской водѣ, взятой изъ водопроводнаго крана, т. е. фильтрованной, насчитывалось 280 зародышей; а раньше, когда рѣчная вода поступала въ водопроводъ нефилътрированной, оказывалось отъ 6.000 до 72.000 зародышей (проф. Максименко). Это явленіе обрисовывается еще сильнѣе въ Берлинѣ: вода рѣки Шпре при вступленіи въ городъ имѣла 210.000 зародышей; среди города 940.000 зародышей, по выходѣ изъ города 4.500.000 зародышей въ 1 куб. сант.

Загрязненная рѣчная вода по мѣрѣ своего теченія значительно очищается, если только на своемъ пути не встрѣчаетъ новыхъ источниковъ загрязненія. Очищеніе происходитъ вслѣдствіе многихъ обстоятельствъ: отъ разведенія загрязненной воды въ большой массѣ воды, отъ осажденія на дно взвѣшенныхъ частицъ и разложенія ихъ, отъ химическихъ процессовъ, происходящихъ въ водѣ при посредствѣ атмосфернаго кислорода; при этомъ углекислота, сѣроводородъ, амміакъ уходятъ въ воздухъ, а иль садится на дно. Возстановленіе нормальнаго состава воды идетъ вообще тѣмъ скорѣе, чѣмъ быстрѣе теченіе; въ этомъ случаѣ происходятъ процессы окисленія, тогда какъ при медленномъ движеніи происходятъ нерѣдко процессы гниlostнаго разложенія. По мнѣнію нѣкоторыхъ ученыхъ, жидкость изъ водосточныхъ каналовъ, смѣшанная не менѣе какъ съ 20-ти кратнымъ количествомъ проточной воды, исчезаетъ изъ рѣки довольно скоро, и рѣчная вода, взятая въ разстояніи 30—35 верстъ ниже города имѣетъ почти нормальный составъ. Тѣмъ не менѣе такую воду слѣдуетъ считать крайне опасной въ санитарномъ отношеніи.

Температура рѣчной и озерной воды подвергается колебаніямъ въ теченіе года въ зависимости отъ температуры воздуха, но температура рѣчной воды въ болѣе широкихъ предѣлахъ, чѣмъ озерной; послѣдняя вода, если берется съ значительной глубины (5—10 с.), имѣетъ температуру довольно постоянную.

§ 24. Грунтовая и ключевая вода.

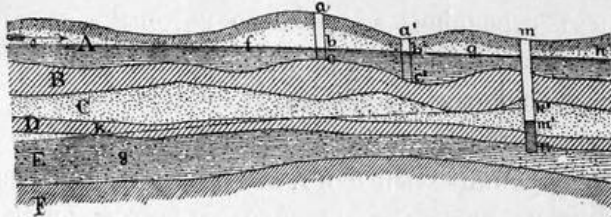
Вода, проникшая съ поверхности земли въ почву и находящаяся тамъ на различныхъ глубинахъ, вообще называется грунтовой.

Обстоятельства движенія воды въ почвѣ могутъ быть весьма разнообразны; мы рассмотримъ только наиболѣе простые случаи.

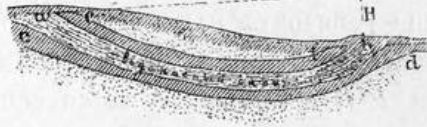
Слои почвы относительно водопроницаемости раздѣляются на водопроницаемые и водонепроницаемые; къ первымъ принадлежатъ слои песка различной крупности, чистаго или съ разнымъ содержаніемъ глины и ила, трещиноватые слои известняка, песчаника и т. п.; ко вторымъ относятся слои глины чистой или съ малымъ содержаніемъ песка, слои плотнаго камня безъ трещинъ или съ прослойками глины. Если въ водопроницаемомъ слоѣ движется грунтовая вода, то онъ называется водоноснымъ. Водоносный слой, состоящій изъ очень мелкаго песка съ весьма обильнымъ притокомъ воды называется пльвуномъ; пльвуны часто встрѣчаются внизу водоноснаго слоя, т. е. вблизи водонепроницаемаго пласта.

Вода, просочившись черезъ верхніе водопроницаемые пласты *A* (черт. 158), доходитъ до водонепроницаемаго слоя *B* и движется въ видѣ подземнаго потока по поверхности слоя, слѣдуя по главному уклону. Это движеніе весьма медленное, непервосходящее иногда нѣсколькихъ дюймовъ въ сутки. Глубина потока можетъ измѣняться отъ нѣсколько футъ до 10 и болѣе сажень, а ширина его неопредѣленно велика и обыкновенно измѣряется верстами. Глубина и ширина потока обуславливаются рельефомъ верхней поверхности водонепроницаемаго пласта, напр. въ точкѣ *a* глубина потока равна *bc*, а въ точкѣ *a'* равна $b'c' > bc$. Глубина, на которой встрѣчается грунтовая вода, колеблется въ чрезвычайно широкихъ предѣлахъ и часто, какъ напр., на черт. 158, зависитъ отъ рельефа поверхности земли; въ точкѣ *a* эта глубина равна *ab*, а въ точкѣ *a'* равна $a'b' < ab$. Поверхность грунтовыхъ водъ можетъ въ разное время

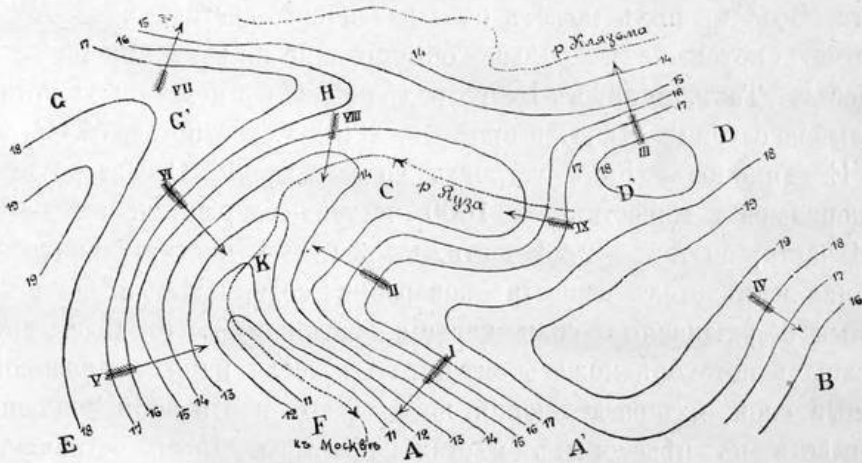
Снабжение грунтовой водой.



Черт. 158.— Схема двух водоносных слоевъ.



Черт. 159.— Схема восходящаго ключа.

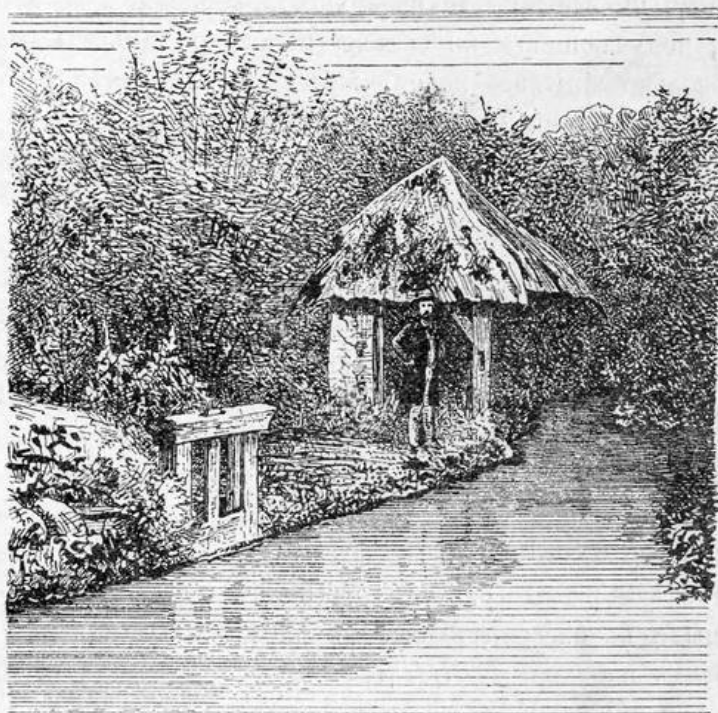


Черт. 160.— Планъ движенія грунтовыхъ водъ въ окрестностяхъ города Москвы.

года для одной и той же мѣстности подниматься или понижаться; такое колебаніе уровня водъ обусловливается главнымъ образомъ количествомъ атмосферныхъ осадковъ. Уклонъ поверхности потока вообще переменный, что въ связи съ различной глубиной потока и съ различнымъ строеніемъ породъ, по которымъ протекаетъ вода, обусловливаетъ большія измѣненія въ скорости подземнаго потока. Подъ водонепроницаемымъ пластомъ *B* можетъ лежать водопроницаемый *C* и водонепроницаемый *D*, затѣмъ далѣе водопроницаемый *E* и водонепроницаемый *F* и т. д. Въ нѣкоторыхъ изъ водопроницаемыхъ пластовъ можетъ и не находиться грунтовая вода, напр. въ пластѣ *CC*. Въ пластѣ *FE* вода можетъ двигаться свободно, т. е. безъ напора, и подъ напоромъ, напр. въ части *EG*—свободно, а далѣе—подъ напоромъ. Такъ что если въ *m* устроить колодезь или сдѣлать буровую скважину, то вода поднимется до горизонта *m'*, т. е. выше горизонта *n* на величину m'/n . Горизонтъ *m'* будетъ ниже горизонтальной линіи *kk'*, совпадающей съ поверхностью воды въ части *EG*, гдѣ вода движется свободно; высота $k'm'$ представляетъ потерю напора на гидравлическія сопротивленія при проходѣ воды отъ *g* къ буровой скважинѣ. Такимъ образомъ, опускаемая буровую скважину все глубже и глубже, можемъ встрѣтить нѣсколько подземныхъ потоковъ, движущихся независимо другъ отъ друга. Вода въ нихъ можетъ быть различнаго состава; чѣмъ глубже залегаетъ потокъ, тѣмъ больше обыкновенно въ немъ минеральныхъ веществъ. Такъ, напр. въ Петроградѣ найдено 3 подземныхъ потока: первый на глубинѣ 88 фут., второй—на 388 фут., третій—на $571\frac{1}{2}$ фут. (В. Е. Тимоновъ. Какъ устроить водоснабженіе С.-Петербурга?). Минеральныхъ веществъ на 1000 частей содержится: въ 1-мъ—1,14 части, во 2-мъ—2,23 части, въ 3-мъ—4 части; главная составная часть этихъ веществъ поваренная соль, затѣмъ входятъ хлористыя и углекислыя соли кальція, магнія и т. п. Вода двухъ смежныхъ потоковъ можетъ смѣшиваться, если напр. водонепроницаемый слой, ихъ раздѣляющій, не на всемъ протяженіи сплошной, а имѣетъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ прорывы. Вода, встрѣчаемая буровыми скважинами на различныхъ глубинахъ, протекаетъ съ поверхности земли и часто съ весьма большихъ разстояній отъ мѣста скважины. Вода артезианскаго колодца въ Москвѣ на Яузскомъ бульварѣ получается съ песчаныхъ слоевъ девонской си-

Снабженіе ключевой водою.

Водоснабженіе города Парижа.



Черт. 161.

Ключъ Moulin de la Source.

Онъ одинъ изъ ключей группы Dhuis, появляющихся на границѣ между трещиноватыми третичными наслоениями и мергелями. Количество воды—
30 литровъ въ секунду.

(Lueger — Die Wasserversorgung der Städte. Darmstadt. 1890).

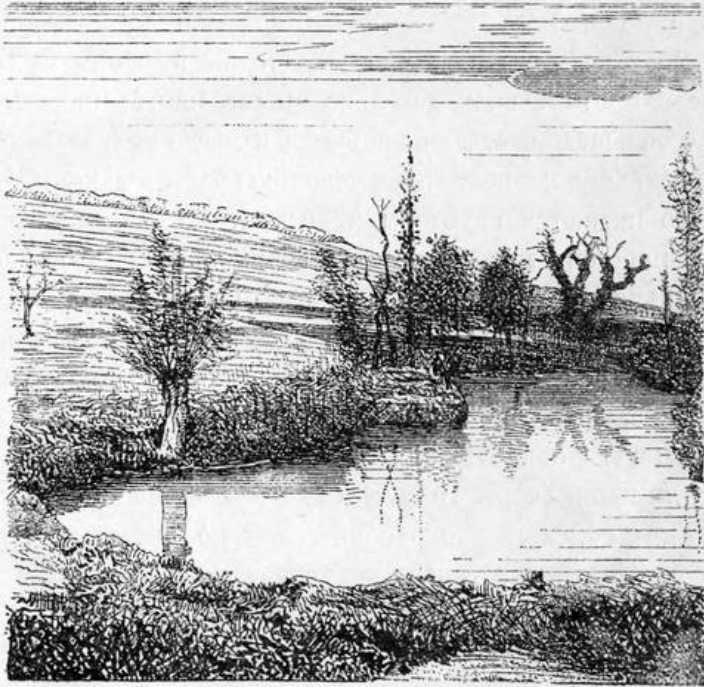
стемы, выходящихъ на поверхность земли на Валдайской возвышенности, а также южнѣ Тулы, и образующихъ котловину, надъ которой и расположена Москва. Вода атмосферныхъ осадковъ, проходитъ по водопроницаемымъ пластамъ девонской системы, слѣдуя ихъ уклону и находится подъ Москвой на глубинѣ 1500 футъ. Такъ какъ Москва лежитъ на 500 футъ ниже девонскихъ пластовъ Валдайской возвышенности, то вода въ колодцѣ поднимается на большую высоту, но все-таки до поверхности земли не доходитъ на 6 с. Эта вода, получающаяся въ количествѣ около 200.000 ведеръ въ сутки, довольно жесткая, почему жителями для питья не употребляется; она была проведена на городскія скотобойни.

Какъ объяснено выше, вода, выпадающая на поверхность земли и просачивающаяся черезъ верхніе водопроницаемые пласты, задерживается водонепроницаемымъ пластомъ. При этомъ вода можетъ, въ предѣлахъ площади даже нѣсколькихъ квадратныхъ верстъ образовать нѣсколько потоковъ съ различнымъ направлениемъ движенія. На черт. 160 представленъ планъ горизонталей, показывающихъ горизонты грунтовыхъ водъ въ мѣстности р. Яузы притока рѣки Москвы; изъ чертежа видно, что осадки, выпадающіе въ предѣлахъ площади *ABCD* и просачивающіеся до водонепроницаемаго пласта (Юрская глина), направляются по 3 различнымъ направлениемъ, указаннымъ стрѣлками I, II, III и IV, откуда ясно, что эти осадки попадаютъ въ 3 разные бассейна, а именно въ бассейны р. Яузы, р. Клязьмы и въ бассейнъ, лежащій вправо отъ *B*. Точно также въ предѣлахъ площади *EFGH* грунтовые воды двигаются по разнымъ направлениемъ V, VII и пр. и попадаютъ въ бассейны рр. Яузы и Клязьмы. Можно сказать, что атмосферные осадки, выпадающіе на площадь *EG'D'A'*, просачиваясь въ грунтъ образуютъ общій подземный потокъ, идущій приблизительно по направлению течения р. Яузы, показанному на чертежѣ пунктиромъ и слѣдовательно, можно ожидать встрѣтить между точками *A* и *F* всю соотвѣтствующую массу грунтовой воды. Послѣднее заключеніе будетъ вѣрно однако только въ томъ случаѣ, когда въ водонепроницаемомъ пластѣ, надъ которымъ движутся разсматриваемыя грунтовые воды, нѣтъ прорывовъ; если эти прорывы существуютъ, напр., въ *K*, то часть грунтовой воды уйдетъ въ этомъ пунктѣ въ нижележащій водоносный пластъ.

Изъ только-что сказаннаго слѣдуетъ, что о направлении движе-

Снабженіе ключевой водою.

Водоснабженіе города Парижа.



Черт. 162.

**Ключъ Vime de Cerilly изъ группы ключей Vanne
въ Шампани.**

Онъ принадлежитъ къ категоріи восходящихъ ключей. Образуюсь въ толщѣ мѣловаго пласта, подѣ которымъ лежитъ пластъ водонепроницаемой глины, ключъ этотъ даетъ начало ручью Vime de Cerilly. При каптажѣ горизонтъ воды былъ пониженъ приблизительно на 4 метра, что увеличило расходъ воды. Обыкновенная величина расхода—150 литровъ въ секунду (Lueger). Въ настоящее время этотъ ключъ прикрытъ большою четырехугольною надстройкой со сводами и горизонтъ его очень пониженъ.

нія грунтовыхъ водъ и о количествѣ ихъ въ предѣлахъ какой-либо площади нужно заключать очень осторожно и не иначе, какъ на основаніи достаточно подробныхъ и продолжительныхъ изысканій.

Грунтовая вода, о которыхъ сейчасъ шла рѣчь, находятся на небольшой глубинѣ отъ поверхности земли всего около 2—10 саж. и совершенно отличны отъ воды Московскаго артезианскаго колодца; часть этихъ водъ, двигающихся около точки *C* (черт. 160), служитъ уже давно для питанія Мытищенскихъ водопроводовъ въ Москвѣ (старыхъ и новаго).

Грунтовая вода выходитъ на поверхность земли и образуютъ ключи, если притокъ воды довольно значительный; при маломъ притокѣ вода большею частью испаряется и мѣсто выхода воды обозначается только обильною и ярко-зеленою растительностью. Рѣки и рѣчки часто питаются грунтовыми водами.

Самый простой случай ключа состоитъ въ томъ, что атмосферная вода, проникая чрезъ водопроницаемые пласты и дойдя до водонепроницаемыхъ, стекаетъ по нимъ, какъ по наклонной плоскости и выходитъ на поверхность въ оврагъ или долину, прорѣзывающихъ оба пласта. Такіе ключи принадлежатъ въ категоріи нисходящихъ.

Ключи могутъ обнаруживаться не только въ оврагахъ или долинахъ. Если напр. (черт. 159) *cd* и *ef*—водонепроницаемые пласты, между которыми лежитъ водоносный слой *ab*, состоящій изъ трещиноватыхъ пластовъ известняка, песчаника и т. п., выходящій на поверхность земли въ точкахъ *a* и *b*, разность высотъ которыхъ *H* не очень мала, то грунтовая вода въ точкѣ *b* будетъ просачиваться на поверхность земли черезъ слои, прикрывающіе водоносный пластъ; раскрывая эти слои, можемъ значительно усилить выходъ наружу грунтовой воды, такъ какъ уменьшимъ сопротивленіе движенію. Многие ключи съ большимъ притокомъ воды выходятъ на поверхность при подобныхъ условіяхъ и составляютъ категорію ключей поднимающихся или восходящихъ.

Обратимся теперь къ характеристикѣ состава грунтовой воды. Дождевая вода, попадая въ почву, претерпѣваетъ значительныя измѣненія въ своемъ составѣ въ зависимости отъ свойствъ пластовъ, по которымъ она проходитъ; одни вещества вода отдаетъ почвѣ, а въ замѣнъ ихъ изъ почвы принимаетъ другія. Изъ воды переходятъ въ почву: амміакъ, фосфорная кислота, соли калия и др., часть

взвѣшенныхъ веществъ и часть микроорганизмовъ. Вода отдаетъ также часть своего кислорода,, который затѣмъ производитъ въ почвѣ различные процессы окисленія.

Для примѣра относительнаго состава газовъ, растворенныхъ въ грунтовой водѣ могутъ служить слѣдующія цифры парижскихъ ключей.

	Ключъ Vanne куб. с. на литръ воды.	Ключъ Dhuis
Кислорода	6,4	7,2
Азота	14,9	13,6
Углекислоты	20,3	23,4
Итого	41,6	44,2

Поглощая углекислоту, вода становится въ состояніи растворить многія вещества, которыхъ не могли бы растворить иначе, и дѣлается еще болѣе богатой минеральными примѣсями. Чѣмъ болѣе шій путь прѣденъ водою по водоноснымъ пластамъ, чѣмъ разнообразіе составъ этихъ пластовъ, тѣмъ больше минеральныхъ веществъ въ водѣ, вотъ почему артезіанская вода, добываемая съ большой глубины, прошедшая, слѣдовательно, очень длинный путь, всегда богата минеральными примѣсями (см. таблицы № 4, 5 и 6).

Таблица № 5. Количества солей, найденныя въ грунтовыхъ водахъ во Франціи (по Бешманну — Béchmann. Salubrité urbaine. Distribution d'eau. Assainissement. I изд. 1888 г. II изд. 1898 г. Paris).

Характеръ источника водоснабженія.	Въ какомъ городѣ.	Количество минеральныхъ веществъ въ миллиграммахъ на литръ воды.	
Ключи	Парижъ {	Vanne	225
		Dhuis	297
		Arcueil	527
	Лилль	359	
	Гавръ	368	
	Besançon	280	
Ключъ	Dijon	260	
	Fécamp	320	
	de la Somme-Sonde (Champagne)	140	
Ключъ	de la Vigne (Normandie)	240	
	Парижъ {	Grenelle	142
Passy		141	
Артезіанскія воды	Руанъ	133	
	Перпиньянъ	230	
	Туръ	320	
	Sambrai	605	
	Elbeuf	710	

Таблица № 6. Результаты анализовъ артезианскихъ и рѣчныхъ водъ у Кіева.
(Изъ очерка Днѣпра—инж. Максимовича, стр. 26).

Содержаніе солей и другія свойства воды.	Въ литрѣ воды изъ артезианскихъ горизонтовъ.				Въ лит. днѣпров. текучей воды.
	1-го.	2-го.	3-го.	4-го.	
	на глубинѣ 22' отъ ординара Днѣпра.	на глуб. 200' отъ ор. Днѣп.	на глуб. 240' отъ ор. Днѣп.	на глуб. 640' отъ ор. Днѣп.	
	м и л л	и г р	а м м	о в ъ.	
Плотнаго остатка (при 100° Ц.)	350,50	354,60	347,00	343,30	171,50
Извести	131,70	125,80	124,20	69,40	56,90
Магнези	16,68	23,16	22,37	38,97	10,60
Окиси желѣза	0,24—0,60	0,60	1,2	0,70	0,80
Амміака свободнаго	0,30	0,30	0,30	0,60	—
» бѣлковиннаго	—	0,04	—	—	слѣды.
Окиси калия	—	—	—	195,17	1,30
Окиси натрія	—	—	—	30,62	4,90
Хлора	8,26	3,89	3,87	25,50	4,60
Сѣрной кислоты	5,80	2,86	—	14,14	1,50
Кремневой кислоты	—	—	30,2	8,00	—
Азотной кислоты	сл.—0,92	слѣды.	слѣды.	8,02	—
Азотистой кислоты	0	0	0	0	—
Сѣрнистаго водорода	слѣды.	0-слѣды.	слѣды.	0	—
Окисляемость (въ мгрм. кисло-рода)	1,35	1,32	2,1	0,33	14,90
Жесткость въ нѣмецкихъ гра-дусахъ	15,5	16,8	15,5	12,4	7,17
Температура воды при выходѣ изъ скважины, по Ц.	9,4°	11,5°	—	15,1°	—

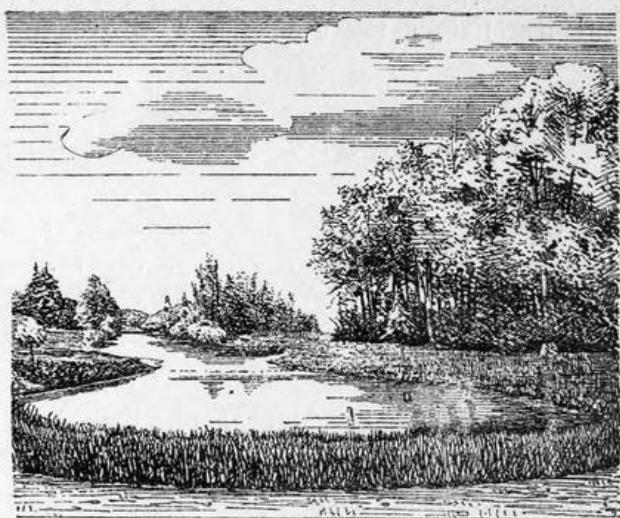
Если слои состоятъ изъ силикатовъ—гранита, кварца, полевого шпата, то вода мало растворяетъ ихъ, а потому будетъ бѣдна минеральными веществами. Проходя слои известняка, мѣла, доломита, вода дѣлается богатой известью и магнезіей, а послѣ прохожденія черезъ слои каменной соли и гипса вода оказывается съ содержа-ніемъ хлоридовъ и сульфатовъ.

Бактеріологическія изслѣдованія почвенной воды показали, что въ ней микроорганизмы встрѣчаются почти всегда: въ ключевой водѣ—въ маломъ количествѣ, а въ колодезной—въ значительно боль-шемъ. Это обстоятельство объясняется тѣмъ, что вода въ колодцѣ остается въ покоѣ; при постоянномъ откачиваніи изъ колодца, вода колодезная будетъ содержать микроорганизмовъ значительно менѣе.

Примѣры большихъ ключей.

Черт. 163.

Ключъ, дающій начало рѣкѣ Loiret, притоку Луары во Франціи. Это одинъ изъ самыхъ могучихъ восходящихъ ключей. Онъ обязанъ своимъ существованіемъ цѣлому ряду пещеръ, образовавшихся въ отложеніяхъ нижняго міоцена, наполняющихся водой Луары и грунтовыми водами.



По Loiret плаваютъ пароходы до его истока (Lueger).

Черт. 164.

Знаменитый ключъ Sorgue во Франціи (Vaucluse), принадлежащій къ категоріи восходящихъ. Онъ вытекаетъ изъ воронкообразнаго ключета, соединеннаго съ глубокой пещерой. Грунтовые воды собираются въ толщѣ трещиноватыхъ слоевъ, окруженныхъ со всѣхъ сторонъ водонепроницаемыми мергелями. Бассейнъ ключа имѣетъ 1.650 кв. километр. Расходъ ключа 6-60 кубич. метровъ въ секунду (Lueger).



Количество бактерий въ ключевой водѣ измѣняется довольно замѣтно со временемъ года; такъ въ ключахъ Vanne и Dhuis, изъ которыхъ Парижъ получаетъ ключевую воду, число бактерий въ среднемъ измѣняется въ теченіе года слѣдующимъ образомъ.

	Бактерій на 1 куб. сантиметръ.	
	Ключъ Vanne.	Ключъ Dhuis.
Зима	1.200	3.180
Весна	720	2.125
Лѣто	770	635
Осень	505	1.605
<hr/>		
Среднее за годъ	800	1.890

По классификаціи Микеля (см. § 34) вода обоихъ ключей должна считаться только чистой.

Если ключевая вода приводится въ городъ съ большихъ разстояній въ открытыхъ руслахъ, какъ это имѣетъ мѣсто, напр. въ Парижѣ, Вѣнѣ, старомъ водопроводѣ Царскаго Села и т. д., то число бактерий въ водѣ по мѣрѣ приближенія ея къ городу увеличивается.

Что касается температуры, то ключевая и колодезная вода имѣетъ обыкновенно температуру въ 5°—10° С. и эта температура остается довольно постоянной, будучи лѣтомъ холоднѣе атмосферной, а зимою теплѣе, почему, независимо отъ другихъ причинъ, ключевая и колодезная вода потребляется охотнѣе рѣчной и озерной.

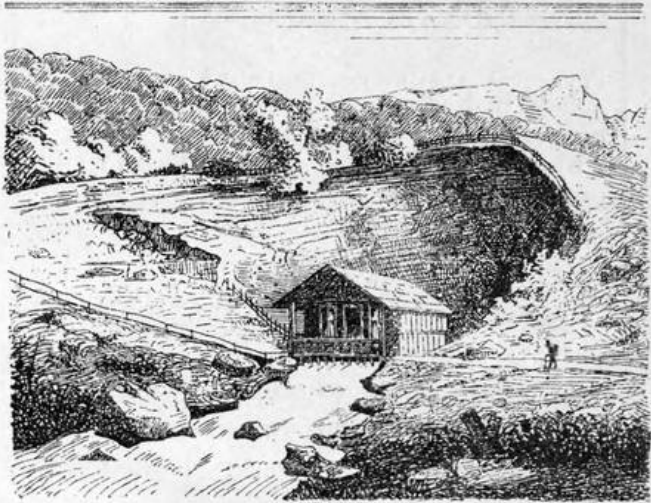
Артезианская вода обыкновенно имѣетъ температуру болѣе высокую, чѣмъ средняя годовая температура воздуха, почему спеціальныя примѣненія артезианской воды могутъ быть довольно обширны.

Весьма важнымъ является вопросъ о загрязненіи грунтовыхъ водъ. Почва въ городахъ обыкновенно въ сильной степени загрязнена отбросами городского хозяйства, такъ какъ содержимое въ выгребныхъ и помойныхъ ямахъ, — животные экскременты на улицахъ и т. п. — просачиваются мало-по-малу въ почву, загрязняютъ ее и, слѣдовательно загрязняютъ также грунтовую воду. Грунтовая вода въ чертѣ города всегда загрязнена въ большей или меньшей степени. Чѣмъ сильнѣе загрязнена грунтовая вода, тѣмъ больше она заключаетъ амміака, азотной кислоты, хлора и органическихъ веществъ. Для примѣра приводимъ въ таблицѣ № 7 анализъ грунтовыхъ водъ въ Москвѣ и Будапештѣ.

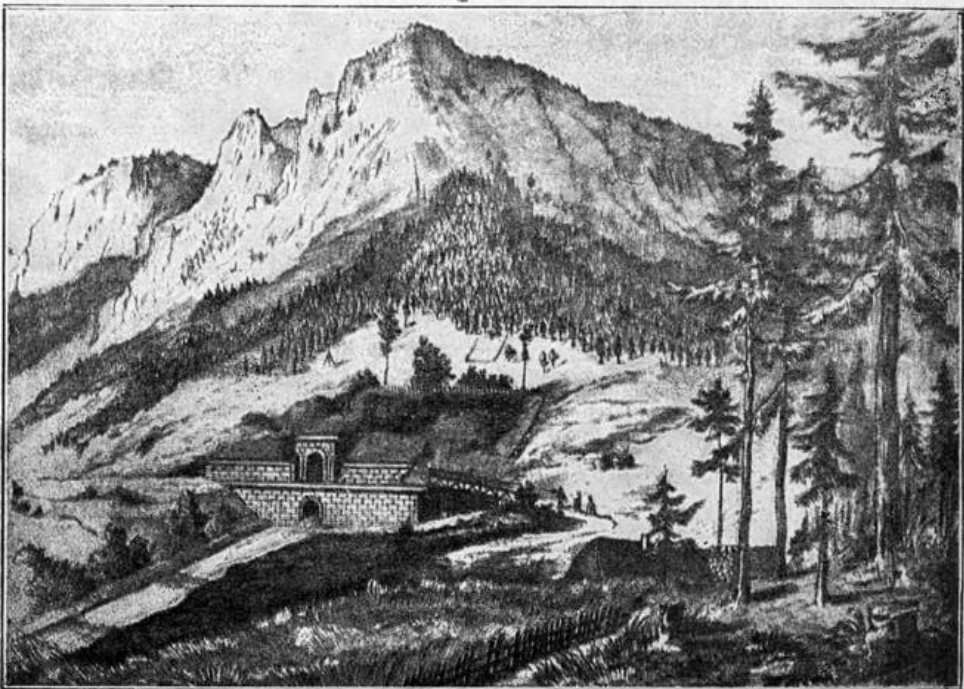
Снабженіе ключевой водою.

Водоснабженіе города Вѣны.

Черт. 165.—Видъ ключа **Kaiserbrunnen** до постройки захватныхъ сооружений Вѣнскаго водопровода. Ключъ вытекаетъ въ глубокой котловинѣ, окруженной крутыми склонами и представляетъ типичный примѣръ ключа, появляющагося на границѣ водонепроницаемыхъ и водопроницаемыхъ слоевъ.



Количество воды 800 литровъ въ секунду.



Черт. 166.—Видъ ключа **Kaiserbrunnen** послѣ постройки захватныхъ сооружений Вѣнскаго водопровода (Stadler Die Wasserversorgung der Stadt Wien. 1873).

Таблица № 7. Результаты анализов нѣкоторыхъ грунтовыхъ водъ.

	Миллиграмовъ въ 1 литрѣ, т. е. $\frac{1}{1,000,000}$			
	Амміакъ.	Азотная кислота.	Хлоръ.	Органич. вещества.
Грунтовая вода на окраинахъ Москвы	0,8	41,5	90,6	141,1
Грунтовая вода въ центральныхъ частяхъ Москвы	47,5	134,1	390,0	926,2
Грунтовая вода въ чистой почвѣ Будапешта	1,15	549,0	314,0	58,5
Грунтовая вода въ загрязненной почвѣ Будапешта.	3,69	562,0	353,0	90,5

Можно было бы думать, что кладбища должны особенно сильно загрязнять грунтовую воду; однако, многочисленные анализы опровергаютъ такое предположеніе. Оказывается, что по содержанию амміака, азотной и азотистой кислотъ, хлора и органическихъ веществъ колодезная вода на кладбищахъ часто бѣднѣе, чѣмъ колодезная вода въ городахъ. Составъ грунтовой воды въ предѣлахъ города (т. е. загрязненной), оказывается далеко не постояннымъ и зависитъ отъ количества атмосферныхъ осадковъ, просачивающихся въ почву; послѣ дождей количество плотныхъ веществъ въ грунтовой водѣ увеличивается и она становится еще болѣе загрязненной.

Фабрики заводы и вообще промышленныя заведенія очень часто загрязняютъ почву, а слѣдовательно, и грунтовую воду, отбросами своего хозяйства; такъ, напр., газовые заводы вводятъ въ почву амміакъ и различнаго рода смолистыя вещества; содовые заводы увеличиваютъ содержаніе хлора, извести и сѣрной кислоты.

Эти общія свѣдѣнія о грунтовой и ключевой водѣ могутъ быть дополнены нѣкоторыми частными о ключевыхъ водахъ ближайшаго къ Петрограду района, а именно района рѣки Верева (см. отчетъ объ изысканіяхъ ключевой воды для водоснабженія С.-Петербурга, составленный Алтуховымъ и Фейгинымъ. Спб. 1896 г. и данныя Правленія Петроградскаго Округа Путей Сообщенія и Техническаго Присутствія по сооруженію водопровода для г.г. Царскаго Села и Павловска).

Рѣка Верева, впадающая въ рѣку Ижору въ 30 верстахъ въ прямомъ разстояніи отъ впаденія послѣдней въ рѣку Неву, обра-

зуются изъ слиянія двухъ ручьевъ, несущихъ свои воды изъ, такъ называемыхъ, Таицкихъ и Демидовскихъ ключей. Южнѣ въ двухъ верстахъ по прямому разстоянію отъ Таицкихъ ключей, съ правой стороны, рѣка Верева принимаетъ въ себя воды, такъ называемыхъ Орловскихъ ключей, находящихся близъ самой рѣки.

Таицкіе ключи, находящіеся въ $6\frac{1}{2}$ верстахъ по прямому разстоянію отъ устья рѣки Верева, образуютъ небольшой, мелкій прудъ, въ видѣ естественнаго водосбора, занимающій площадь около 100 кв. сажень и лежащій ниже окружающей его мѣстности приблизительно на одну сажень. На днѣ пруда во многихъ мѣстахъ замѣтны маленькіе кипящіе ключи, поднимающіе со дна песокъ и гравій, доходящій до величины горошины. Районъ появленія ключей не ограничивается однимъ Таицкимъ прудомъ: въ нѣсколькихъ саженьяхъ отъ этого пруда, въ канавѣ также бьютъ маленькіе ключи.

Таицкій прудъ имѣетъ два водоспуска; одинъ, неполнымъ водосливомъ, спускаетъ воду въ открытый царскосельскій водопроводный каналъ, выложенный булыжникомъ и въ поперечномъ сѣченіи имѣющій форму трапеціи, а другой—полнымъ водосливомъ спускаетъ избытокъ воды, въ видѣ небольшого ручья въ Таицкій мельничный прудъ.

Демидовскіе ключи находятся приблизительно на 300 сажень южнѣ Таицкихъ, они также образуютъ небольшой прудъ, въ видѣ естественнаго водосбора, лежащій въ маленькой котловинѣ. Площадь этого пруда нѣсколько меньше площади Таицкаго пруда. Помимо весьма большого количества ключей, энергично бьющихъ маленькими фонтанами на днѣ пруда, съ берега—изъ массы щебня также просачивается, въ видѣ явственныхъ энергичныхъ ручейковъ, большое количество воды. Районъ появленія ключей и здѣсь не ограничивается однимъ Демидовскимъ прудомъ; на днѣ и по берегамъ Демидовскаго ручья, несущаго воду въ мельничный прудъ, можно замѣтить также много ключей.

Около полуторы версты южнѣ Демидовскихъ ключей находятся такъ называемые Орловскіе ключи. Эти ключи въ своемъ естественномъ состояніи, до ихъ захвата сооружениями, также образовывали естественный водосборъ въ видѣ пруда, значительно превышавшій пруды Таицкій и Демидовскій. Окружающая мѣстность совершенно ровная, низменная, такъ что уровень воды орловскихъ ключей всего былъ на $1\frac{1}{2}$ фута ниже береговъ (черт. 167). На днѣ пруда были

во многихъ мѣстахъ большія воронкообразныя углубленія, до сажени въ поперечникѣ и болѣе сажени глубиною. Надъ этими углубленіями на поверхности воды происходили сильныя волненія воды, подымающейся изъ глубины воронокъ.

По физическимъ качествамъ вода всѣхъ вышеупомянутыхъ ключей, будучи почти тождественною, не уступаетъ Дудергофской ключевой водѣ; та же необыкновенная чистота и прозрачность, прекрасный вкусъ, низкая температура (5—7° С).

Средній составъ воды ключей Таицкаго, Демидовскаго и Орловскаго по опредѣленію проф. Пржибытека (см. Отчетъ его по изслѣдованію ключевой воды окрестностей г. С.-Петербурга, Спб. 1896 г.) для 1894—95 гг. таковъ:

На литръ воды:

Плотный остатокъ, высушенный при 110°	293,7
» » прокаленный	201,8
SiO ₂	5,4
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	0,3
CaO	83,79
MgO	52,69
Cl	2,94
SO ₃	5,86
Окисляемость по Кубелю (Хамелеонъ KMnO ₄)	0,99
Жесткость въ нѣмецкихъ градусахъ: общая	16°,09
» » » » постоянная	8°,48
» » » » устранимая	7°,61
N ₂ O ₅	4,68
NH ₃	0,03
N ₂ O ₃	0

Содержаніе бактерий по опредѣленію Пастора (см. Отчетъ его по бактериологическому изслѣдованію ключевыхъ водъ окрестностей г. С.-Петербурга, Спб. 1896 г. характеризуется для 1894—95 гг. слѣдующими цифрами:

	Колоній въ куб. см. воды.	Колоній, разжижающихъ желатину въ куб. см. воды.
Таицкіе ключи	5—45	1—5
Демидовкіе ключи	13—50	3—7
Орловскіе ключи (до каптажа).	5—125	0—1

Количество воды, доставляемое Таицкими ключами, измѣрялось на обоихъ водоспускахъ и вычислялось по формуламъ, причемъ въ 1894—1895 годахъ по опредѣленіямъ инженеровъ Алтухова и Фейгина оказалось, что максимумъ расхода воды на царскосельскомъ водоспускѣ составлялъ около 1.700.000 ведеръ, а на мельничномъ водоспускѣ—около 1.000.000 ведеръ въ сутки, такъ что, въ общей сложности, максимумъ суточного притока воды въ Таицкихъ ключахъ составляетъ по мнѣнію названныхъ выше инженеровъ, около 2.700.000 ведеръ. Минимумъ расхода Таицкихъ ключей, наблюдавшійся въ 1902 году, составляетъ 6.025 ведеръ въ сутки, но этотъ минимумъ не соотвѣтствуетъ нормальнымъ условіямъ дѣйствія ключей, такъ какъ обнаруженъ во время усиленнаго искусственнаго откачиванія воды изъ сосѣднихъ Демидовскихъ ключей.

Ниже приводимъ нѣсколько расходовъ воды въ Таицкихъ ключахъ

	Общее количество воды въ ведрахъ въ сутки.	Количество воды идущей въ Царско- сельскій водопроводъ въ ведрахъ въ сутки.
1894 годъ (инженеры Алтуховъ и Фейгинъ):		
23 Юля	2.243.088	1.610.000
6 Августа	2.083.527	—
20 »	2.243.088	2.243.088
3 Сентября	2.638.299	—
10 »	2.437.133	—
17 »	2.570.452	—
4 Декабря	1.929.240	1.636.491
1895 годъ (инженеры Алтуховъ и Фейгинъ):		
6 Января	1.721.200	1.721.200
8 Февраля	1.300.400	1.306.400
19 »	1.340.700	1.340.700
12 Марта	1.143.430	1.143.430
7 Апрѣля	969.020	969.020
29 Сентября	1.342.650	1.342.550

Общее количество воды въ ведрахъ въ сутки!	Количество воды идущей въ Царско- сельскій водопроводъ въ ведрахъ въ сутки.
--	--

1901 годъ (особая комиссія Петроградскаго
Окр. Путей Сообщенія).

25 Октября	616.896	—	} При искусственномъ откачиваніи воды изъ Демидовскихъ ключей локомотивами, сопровождавшемся увеличеніемъ расхода Демидовскихъ и уменьшеніемъ расхода вышележащихъ Таицкихъ ключей.
7 Ноября	424.000	424.000	
9 Декабря	249.502	249.502	
1902 годъ (особая комиссія Петроградскаго Окр. Путей Сообщенія).			
21 Января	6.025	6.025	

Минимумъ расхода воды въ Таицкихъ ключахъ не извѣстенъ, но онъ повидимому незначителенъ, въ чемъ убѣждаютъ приводимыя далѣе цифры расхода воды для Таицкихъ и Демидовскихъ ключей вмѣстѣ, полученныя по измѣреніямъ особой комиссіи Петроградскаго Округа Путей Сообщенія въ 1901 и 1902 годахъ. Осенью 1901 года расходъ Таицкихъ ключей сталъ сильно падать, такъ что притокъ воды въ Царское Село уменьшился до 272.000 ведеръ въ сутки. Министерство Путей Сообщенія устроило временное дополнительное водоснабженіе изъ Демидовскихъ ключей, которые были соединены водопроводной канавой съ Таицкими. Вода изъ Демидовскихъ ключей перекачивалась двумя локомотивами.

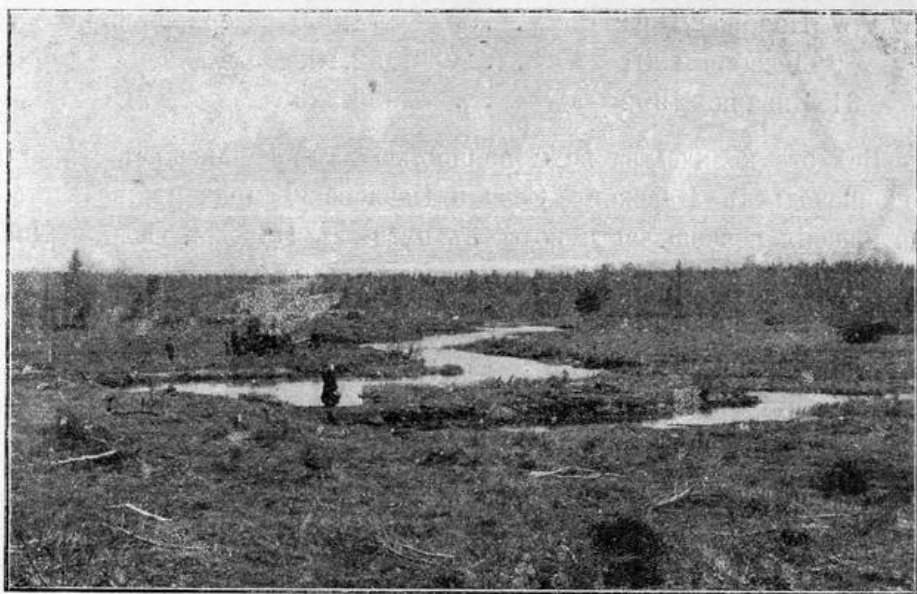
Опредѣленіе расхода воды Демидовскихъ ключей дало слѣдующія количества:

3 Сентября 1894 г.	} по опредѣленіямъ инженеровъ Алтухова и Фейгина)	{	. 3.650.000	вед. въ сутки.	} При искусственномъ откачиваніи воды изъ Демидовск. ключей локомотивами.
4 Декабря 1894 »			. 2.801.000	» »	
6 Января 1895 »			. 1.888.606	» »	
19 Февраля 1895 »			. 808.940	» »	
29 Октября 1901 »	} по опредѣленіямъ особой комиссіи Петроградскаго Округа Путей Сообщенія	{	. 526.210	» въ с.	} При искусственномъ откачиваніи воды изъ Демидовск. ключей локомотивами.
30 Октября 1901 »			. 500.000	» »	
7 Ноября 1901 »			. 450.000	» »	
9 Декабря 1901 »			. 902.598	» »	
31 Января 1902 »			. 1.030.498	» »	

Дѣйствительный минимумъ расхода воды въ Демидовскихъ ключахъ неизвѣстенъ. Въ 1901 году, когда расходъ ключей достигъ бы минимума уже работали локомотивы, значительно увеличившіе при-

Снабженіе ключевой водою.

**Водоснабженіе городовъ Царскаго Села
и Павловска.**



Черт. 167.

Общій видъ Орловскихъ ключей.

въ естественномъ состояніи до производства работъ по ихъ
огражденію.

Въ 1901 — 1903 годахъ исполнены работы по проведенію воды Орловскихъ ключей въ г.г. Царское Село и Павловскъ. При этомъ самыя ключи были окружены особыми сооруже́ніями для предохраненія отъ загрязненія. Постройка Орловскаго водопровода произведена на кредиты Министерства Путей Сообщенія Особымъ Техническимъ Присутствіемъ подъ предсѣдательствомъ составителя настоящаго курса.

токъ воды въ Демидовскіе ключи и вмѣстѣ съ тѣмъ понизившіе расходъ Таицкихъ ключей.

Совокупный полный расходъ Таицкихъ и Демидовскихъ ключей въ періодъ минимума 1901—1902 годовъ опредѣляется по даннымъ особой комиссіи Петроградскаго Округа Путей Сообщенія слѣдующими цифрами.

7 Ноября 1901 года . . .	874.000	ведеръ въ сутки.
9 Декабря 1901 » . . .	1.252.100	» » »
31 Января 1902 » . . .	1.036.523	» » »

Всѣ эти количества воды полностью направлялись въ Таицкій водопроводъ къ Царскому Селу и Павловску, причемъ вслѣдствіе поглощенія почвою части воды въ пути, въ Царское Село и Павловскъ притекали слѣдующія количества:

9 Декабря 1901 года . . .	742.280	ведеръ въ сутки.
31 Января 1902 » . . .	569.930	» » »

Колебанія расходовъ воды Орловскихъ ключей могутъ быть охарактеризованы слѣдующими данными.

1894 годъ (инженеры Алтуховъ и Фейгинъ).

23 Юля	4.123.053	ведеръ въ сутки.
6 Августа	4.133.053	» » »
15 Октября	3.978.768	» » »
28 »	4.447.181	» » »
4 Декабря	3.551.212	» » »

1895 годъ (инженеры Алтуховъ и Фейгинъ).

6 Января	3.447.200	» » »
8 Февраля	3.144.650	» » »
12 Марта	2.708.600	» » »
7 Апрѣля	2.661.500	» » »
10 Сентября	3.551.213	» » »
19 Декабря	3.978.768	» » »

1901 годъ (инженеръ Калининъ).

1 Января	2.010.000	ведеръ въ сутки.
20 Марта	1.860.000	» » »
19 Апрѣля	2.560.000	» » »

15 Сентября	1.790.000	ведеръ въ сутки.
30 Ноября	1.860.000	» » »

1902 годъ (инженеръ Калининъ).

1 Января	1.790.000	» » »
2 Марта	1.580.000	» » »
19 Апрѣля	2.740.000	» » »

Относительно всѣхъ вышеупомянутыхъ ключей надо замѣтить, что въ ихъ продуктивности, кромѣ колебаній, обусловливаемыхъ временами года, черезъ періоды въ нѣсколько лѣтъ замѣчаются такъ называемые критическіе годы, когда продуктивность ключей достигаетъ своего минимума; въ теченіе же періода между критическими годами эта продуктивность ниже извѣстной средней нормы обыкновенно не опускается.

Въ послѣднее время критическимъ годомъ, для Таицкихъ, Демидовскихъ и Орловскихъ ключей былъ 1901 годъ, когда расходъ Таицкихъ ключей сталъ столь малъ, что потребовались упомянутыя выше экстренныя работы по проведенію въ Царское Село воды Демидовскихъ ключей.

Въ этотъ годъ общій расходъ Таицкихъ, Демидовскихъ и Орловскихъ ключей, который по измѣреніямъ 1894 года превосходилъ десять милліоновъ ведеръ въ сутки, падалъ до двухъ съ половиной милліоновъ ведеръ сутки, а можетъ быть и еще ниже.

Несомнѣныя высокія санитарныя качества ключевыхъ водъ вызвали стремленіе снабдить и Петроградъ водой такого типа (см. § 19). Отъ этой мысли пришлось отказаться въ виду неувѣренности въ достаточности количества ключевой или грунтовой воды въ ближайшемъ къ Петрограду районѣ и опасеніи высокой стоимости отчужденія права собственности на эту воду. Тѣмъ не менѣе представляется интереснымъ сопоставленіе качествъ ключевой воды съ водой Невы, нынѣ питающей столицу, и водой Ладожскаго озера, сдѣланное въ таблицѣ № 8. (Пржибытекъ. Отчетъ о химическомъ и бактериологическомъ изслѣдов. воды. Спб. 1902).

Относительно состава воды Ладожскаго озера вообще слѣдуетъ замѣтить, что вода, направляющаяся (сливающаяся) изъ Ладожскаго озера къ истоку Невы, а равно и вода самой рѣки Невы, представляется бѣдной солями по сравненію съ огромнымъ большинствомъ

питьевыхъ водъ Западной Европы и Россіи, кромѣ водъ Швеціи, Норвегіи, Финляндіи и части Олонецкой губерніи. По сравненію съ водою ключей ладожская и невская вода оказываются содержащими довольно много легко окисляемыхъ органическихъ веществъ. Притомъ ладожская вода содержитъ какъ минеральныхъ такъ и органическихъ веществъ нѣсколько менѣе, чѣмъ невская у города Петрограда.

Таблица № 8. Сравнительный составъ питьевыхъ водъ Петрограда.

На литръ ммгр. Названія источниковъ.	Окраска.	Реакціи.	Твердый остатокъ.	Проклаженный остатокъ.	Известь СаО.	Магнезія MgO.	Хлоръ Cl.	Сѣрная кислота SO ₂ .	Окисляемость въ KMnO ₂ .	Жесткость въ нѣмецкихъ градусахъ.	Амміакъ.
Ладожское оз. (въ Шлиссель- бургск. заливѣ)	16	Нейтральныя.	45,9	24,8	10,1	3,3	3,5	1,8	21,0	1,8	0,04
	25		46,9	27,3	11,0	3,5	3,9	1,9	22,8	—	0,13
Нева близъ Смольнаго у во- допровода . . .	18	Нейтральныя.	49,3	29,7	10,6	3,7	3,6	2,8	23,4	1,9	0,08
	28		50,2	30,3	11,1	3,9	3,2				
Ключи Дудер- гофскіе, Таицкіе, Гатчинскіе ок.	—	—	—	300	90,0	50,0	2,0	55—10	0,3—2	16°	0,08

§ 25. Опредѣленіе количествъ воды, могущихъ быть полученными изъ данного источника.

Опредѣленіе количества воды, которое можетъ дать тотъ или другой источникъ (рѣка, озеро, водохранилище, ключи и пр.), должно быть исполнено съ возможно большей точностью, такъ какъ количество воды имѣетъ часто рѣшающее значеніе въ выборѣ источника.

Поэтому при изысканіяхъ водоснабженія, дѣлая общее гидрологическое и геологическое изслѣдованіе мѣстности при помощи съемокъ, нивелировокъ, буреній и пр., необходимо не упускать изъ вида изслѣдованія размѣровъ воднаго запаса стоячихъ водъ или расхода текучихъ водъ, коими желаютъ воспользоваться въ данномъ случаѣ.

Какъ получаютъ такія данныя для рѣкъ, озеръ и искусственныхъ водохранилищъ указано въ курсѣ Внутреннихъ Водяныхъ Сообщеній и Геодезіи.

Поэтому мы остановимся здѣсь лишь на опредѣленіи расхода ключей, подземныхъ потоковъ и скопленій.

Если расходъ ключа не великъ, то онъ измѣряется непосредственно наполненіемъ сосуда опредѣленной вмѣстимости. При значительныхъ расходахъ устраиваютъ на выводномъ каналѣ водосливъ. При этомъ необходимо принять мѣры, чтобы не увеличить напоръ на выходныя отверстія ключевыхъ струй или не уменьшить его поднятіемъ или пониженіемъ горизонта воды въ ключѣ, такъ какъ въ обоихъ случаяхъ измѣренный расходъ будетъ не вѣренъ.

Измѣренія расхода ключей должны производиться многократно въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ, чтобы дать годичный и абсолютный минимумы расхода, соотвѣтствующіе сухому времени. Если нѣтъ такихъ долгихъ наблюдений, то къ добытымъ результатамъ необходимо относиться съ большою осторожностью, провѣряя состояніе ключей по показаніямъ старожиловъ и ни въ какомъ случаѣ не принимая въ расчетъ для водоснабженія всего, даже наименьшаго, количества воды, которое можетъ повидимому дать ключъ. Это тѣмъ болѣе необходимо, что ключи легко уменьшаются въ расходѣ и даже изсякаютъ при производствѣ въ сосѣдствѣ съ ними работъ туннельныхъ, горныхъ и т. п. Въ виду этого обстоятельства слѣдуетъ окружать ключи городскихъ водоснабженій возможно большою охранительной зоной, гдѣ всякія работы такого рода были бы запрещены.

Для опредѣленія расхода, которые могутъ давать подземные потоки и скопленія воды, затрудненія еще болѣе значительны.

Прежде всего нужно составить при посредствѣ колодцевъ или буровыхъ скважинъ карту поверхности подземныхъ водъ съ горизонталями, чтобы установить, составляютъ ли эти воды потокъ или скопленіе. Подземный потокъ, въ общемъ случаѣ, можетъ давать болѣе воды (непрерывно), чѣмъ скопленіе, въ коемъ вода можетъ возстановляться только медленно. Въ случаѣ потока—измѣряютъ его поперечную профиль посредствомъ буреній по линіямъ нормальнымъ къ оси его, и скорость движенія воды. Послѣдняя, вообще малая величина, измѣряется только примѣрно, такъ какъ точное измѣреніе не возможно. Ее находятъ, наблюдая время, чрезъ которое подъемъ воды въ сообщающейся съ подземнымъ потокомъ рѣкѣ или озерѣ ощущается въ колодцахъ, время, нужное, чтобы окрашивающія вещества или соли перешли отъ одного колодца до другого и т. п.

Въ случаѣ скопленія—нужно опредѣлить не только общій размѣръ запаса, но и возможный расходъ. Это очень трудно. Тутъ дѣлаютъ наблюденія надъ количествомъ дождя, водопроницаемостью грунта и т. д. Но для сколько-нибудь опредѣленныхъ результатовъ нуженъ непосредственный опытъ. Роютъ колодезь и откачиваютъ въ немъ воду. Откачавъ извѣстный объемъ, даютъ колодезю вновь наполниться и замѣчаютъ время. Лучше же откачивать воду непрерывно, пока не установится нѣкоторый горизонтъ, ниже котораго вода не будетъ опускаться; расходъ насосовъ—будетъ максимумъ того, что можетъ притекать въ колодезь въ секунду. При этомъ нужно отъ времени до времени прекращать выкачиваніе, чтобы убѣдиться, что прежній горизонтъ восстанавливается быстро, и что насосы извлекаютъ только прибывающую воду, а не скопившійся въковой запасъ.

Такіе опыты нужно дѣлать много разъ въ разное время года и все-таки потомъ брать въ расчетъ расходъ, много меньшій найденнаго.

Наконецъ, при артезіанскихъ водахъ предварительное опредѣленіе расхода съ какой бы то ни было увѣренностью—еще труднѣе. Тутъ невозможны ни непосредственныя измѣренія, ни даже пробныя буренія. Подробное геологическое изслѣдованіе мѣстности очень опытнымъ специалистомъ можетъ при посредствѣ аналогій дать нѣкоторыя указанія, къ которымъ необходимо относиться съ крайней осторожностью. Единственное средство—прямой опытъ устройства колодца. Когда въ извѣстной мѣстности имѣется уже одинъ колодезь, другіе могутъ быть устраиваемы съ большей увѣренностью, но при этомъ не слѣдуетъ думать, что они дадутъ то же количество воды. Въ большинствѣ случаевъ ея будетъ меньше въ обоихъ, если новый колодезь близокъ къ старому.

Наблюденія надъ расходомъ артезіанскихъ колодезевъ показываютъ, что количество воды въ каждомъ изъ нихъ можетъ очень колебаться въ теченіе года отъ климатическихъ и другихъ условий.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Количество воды, потребной для разныхъ цѣлей.

СОДЕРЖАНИЕ: § 26. Способъ измѣренія количества доставляемой воды.—
§ 27. Примѣры количествъ воды, доставляемыхъ разными водопроводами.—
§ 28. Норма суточного расхода воды для отдѣльныхъ потребностей города.—
§ 29. Необходимая потеря воды.—§ 30. Бесполезная трата воды.—§ 31. Колебанія расхода воды.—§ 32. Приростъ населенія.—§ 33. Среднія годовыя нормы суточного потребленія воды на одного жителя.

§ 26. Способъ измѣренія количества доставляемой воды.

Обыкновенно количество воды, потребляемое въ известномъ городѣ или потребность въ водѣ въ немъ, относятъ къ числу жителей города и выражаютъ въ единицахъ объема, приходящееся на одного жителя.

Въ зависимости отъ того, велика или мала эта цифра городъ считается плохо или хорошо снабженнымъ водой. Создается такимъ образомъ нѣкоторая, вполне искусственная норма, которая можетъ часто вводить въ заблужденіе.

Въ весьма большомъ числѣ случаевъ потребленіе воды совсѣмъ не пропорціонально числу жителей. Для домашнихъ потребностей такая пропорціональность можетъ быть и существуетъ, но ея вовсе нѣтъ для другихъ потребностей города, каковы поливка улицъ, тушеніе пожаровъ и проч. Кромѣ того, размѣръ потребленія воды зависитъ въ высокой степени отъ удобствъ въ пользованіи ею, предоставленныхъ жителямъ. Смотря по тому, можно ли получать воду въ каждой квартирѣ или за ней нужно ходить къ водоразборнымъ кранамъ, смотря по устройству домовъ въ видѣ англійскихъ отдѣльныхъ дачъ съ садиками или скученныхъ Петроградскихъ конгломе-

ратовъ квартиръ и т. д., для одного и того же числа людей нужно будетъ предвидѣть большее или меньшее количество воды.

Тѣмъ не менѣе обычай относить потребление воды къ числу жителей такъ прочно установился въ практикѣ водопроводнаго дѣла, что инженеру, проектирующему водопроводъ, необходимо съ нимъ считаться и лишь стараться исправлять его недостатки осмотрительнымъ выборомъ единичной нормы въ каждомъ частномъ случаѣ.

Что касается до мѣръ объема воды, то онѣ крайне различны въ зависимости отъ общей системы мѣръ страны. У насъ потребление воды опредѣляется обыкновенно въ ведрахъ.

§ 27. Примѣры количествъ воды, доставляемыхъ разными водопроводами.

Въ нижеслѣдующихъ таблицахъ (№ 9 и № 10) приведены нѣкоторыя цифры, относящіяся къ водопроводамъ въ большихъ городахъ Западной Европы, Сѣверной Америки и Россіи; изъ этихъ таблицъ видно, что въ сѣверо-американскихъ городахъ потребление воды, выраженное количествомъ воды, приходящимся въ сутки на одного жителя, значительно больше, чѣмъ въ городахъ Западной Европы.

Напомнимъ, что водопроводы настоящаго времени существенно отличаются устройствомъ своимъ отъ общественныхъ водопроводовъ древняго міра. Наши водопроводы берутъ воду не только изъ ключей, рѣкъ, озеръ и искусственныхъ прудовъ, какъ это дѣлалось почти исключительно въ древности, но часто пользуются грунтовой водой, извлекаемой искусственно изъ глубины почвы. Кромѣ этого, существуетъ большое различіе въ способѣ доставки воды въ городъ. Примѣнявшееся наиболѣе часто древними проведеніе воды въ городъ каналомъ, пересекающимъ возвышенности — туннелями, а долины — мостами-акведуками, хотя и употребляется и нынѣ, но довольно рѣдко, такъ напри- мѣръ въ Вѣну такимъ способомъ проведена вода изъ ключей Kaiserbrunn и Stixenstein въ разстояніи 80 килом. отъ города, въ Нью-Йоркѣ также давно вода проведена изъ рѣки Кротона, подпертой вододержательной плотиной въ разстояніи 70 килом. и устраивается подобный же новый водопроводъ еще большаго протяженія; для провода

Таблица № 9. Количества воды, доставляемая водопроводами нѣсколькихъ городовъ Сѣверной Америки и Европы (по даннымъ проф. Ed. Imbeaux).

ГОРОДА.	Число жителей.	Количество доставляемой воды въ сутки на жителя литровъ	Количество воды въ сутки на жителя ведеръ.	Длина сѣти трубъ верстъ.	Примѣчаніе.
Филадельфія	1.349.500	881,8	71,7	—	1 ведро = 0,43436 куб. футовъ = 12,2989 литровъ; 1 куб. футъ = = 2,30226 ведеръ = 28,3153 литровъ; 10 литровъ = 0,8131 ведеръ = 0,3532 куб. футовъ.
Чикаго	2.250.000	601,8	48,9	1.820	
Нью-Йоркъ (только Manhattan)	2.091.000	511,0	41,5	1.030	
Парижъ	2.714.068	370,0	30,1	1.400	
Женева	120.000	1000,0	81,3	—	
Лондонъ	6.304.655	154,5	12,6	5.000	
Берлинъ	1.884.151	78,0	6,3	675	
Вѣна	1.665.720	70,0	5,7	315	
Римъ	470.000	1000,0	81,3	—	
Гентъ	162.490	42,0	3,4	—	

въ Парижъ ключевой воды устроены водопроводы Ваннъ и Дюи длиною первый 162 версты, а второй 123 версты, въ видѣ каналовъ, которые пересѣкаютъ долины отчасти мостами, а преимущественно дюкерами изъ чугунныхъ трубъ. Въ большинствѣ же случаевъ вода проводится однако не самотокомъ а, подь напоромъ, причемъ вода нагнетается паровыми насосами въ чугунные трубы, идущія отъ мѣста сбора воды къ городу. Наконецъ, существуетъ разница также и въ способѣ разведенія воды по городу; тогда какъ въ древности вода проводилась преимущественно въ главнѣйшія общественныя учрежденія, въ настоящее время вода разводится по всѣмъ улицамъ города, въ каждый домъ и каждую квартиру, почему водою въ достаточномъ количествѣ могутъ пользоваться не только богатые жители города, но и люди съ малыми средствами.

Таблица № 10. Расходъ воды на жителя въ сутки въ русскихъ городахъ, имѣющихъ водопроводы (по даннымъ Русскихъ Водопроводныхъ Сѣздовъ для 94 городовъ за 1910 г.).

Суточный расходъ воды на 1 жителя.	Число городовъ съ такимъ расходомъ воды.	Названія этихъ городовъ.
Менѣе 1 ведра	19	Баку, Люблинъ, Пенза, Пермь, Орель, Тверь, Елецъ, Умань, Каменская ст., Полоцкъ, Гомель, Козловъ, Бѣлгородъ, Грозный, Эссентуки, Ташкентъ, Красноводскъ, Спасскъ, Житомиръ.
Отъ 1 до 2 вед.	38	Харьковъ, Самара, Казань, Томскъ, Минскъ, Николаевъ, Двинскъ, Тула, Екатеринодаръ, Кишиневъ, Полтава, Владикавказъ, Елисаветградъ, Новочеркасскъ, Ярославль, Кострома, Уфа, Гродно, Ставрополь, Симферополь, Мариуполь, Феодосія, Батумъ, Смоленскъ, Вятка, Архангельскъ, Новгородъ, Камышинъ, Александровскъ, Хабаровскъ, Коломна, Ростовъ-Яр., Ст.-Русса, Балашовъ, Мензелинскъ, Малмышъ, Курскъ, Тамбовъ.
Отъ 2—3 вед.	14	Тифлисъ, Саратовъ, Екатеринославъ, Нижній-Новгородъ, Царицынъ, Херсонъ, Калуга, Сызрань, Нахичевань, Черниговъ, Хвалынскъ, Бузудукъ, Кузнецкъ, Карачевъ.
Отъ 3—4 вед.	10	Кіевъ, Владимиръ, Ростовъ - на - Дону, Астрахань, Оренбургъ, Армавиръ, Пятигорскъ, Желъановодскъ, Тирасполь, Кинешма.
Отъ 4 до 6 вед.	6	Рига (4,2), Москва (4,24), Воронежъ (4,3), Севастополь (4,5), Сенгилей (5,1), Елабуга (5,5).
Отъ 6 до 8 вед.	4	Ялта (6,3), Гельсингфорсъ (6,4), Одесса (7,6), Варшава (7,8).
Свыше 8 вед.	3	Ревель (11,32 вед.), Кронштадтъ (12,00 вед.), Петроградъ (12,23 вед.).

§ 28. Норма суточного расхода воды для отдельных потребностей города.

Приведенные примѣры показываютъ, въ какихъ широкихъ предѣлахъ колеблется потребление воды въ разныхъ городахъ: въ Римѣ 81,3 ведра, въ Филадельфiи 71,7 ведра, въ Баку менѣе ведра. И это еще не самыя крайнія цифры. Между тѣмъ при проектированiи водопровода весьма важно знать возможно точно количество воды, потребное для водоснабженiя даннаго города. Очевидно, что при рѣшенiи этого вопроса нельзя основываться на количествѣ воды, потребляемой городомъ до устройства водопровода, такъ какъ это количество можетъ въ дѣйствительности быть и недостаточнымъ, и, если городъ тѣмъ не менѣе имъ удовлетворяется, то это объясняется или затруднительностью получать воду въ большемъ количествѣ, не прибѣгая къ устройству водопровода, или же ея дороговизной. Съ устройствомъ водопровода каждый житель можетъ получать воду и въ большемъ количествѣ, и дешевле, почему является возможность удовлетворить полнѣе существующимъ потребностямъ въ водѣ. Но, кромѣ нихъ, нарождаются новыя, до того времени какъ бы не ощущавшіяся потребности, на примѣръ устройство въ домахъ ватерклозетовъ и ваннъ, фонтановъ въ садахъ и на площадяхъ, поливка улицъ и т. п., и, такимъ образомъ, потребное для города количество воды значительно увеличивается сравнительно съ тѣмъ, которое было до устройства водопровода. Вотъ почему для рѣшенiя поставленнаго выше вопроса необходимо возможно тщательнѣе взвѣсить всѣ предстоящія потребности и для каждой изъ нихъ назначить приличное количество воды.

Задача эта вообще очень трудна, и какъ было уже упомянуто, требуетъ отъ инженера огромной осмотрительности и осторожности, въ особенности, въ виду того, что на ряду съ расходами воды на полезныя потребности города, есть еще потеря воды въ сѣти и бесполезная трата воды, которыя могутъ достигать огромныхъ размѣровъ, а также въ виду прироста населенiя города и постоянного колебанiя секунднаго расхода воды, вслѣдствiе неравномѣрнаго распредѣленiя потребности въ ней въ теченiе сутокъ и года (см. §§ 29, 30, 31, 32).

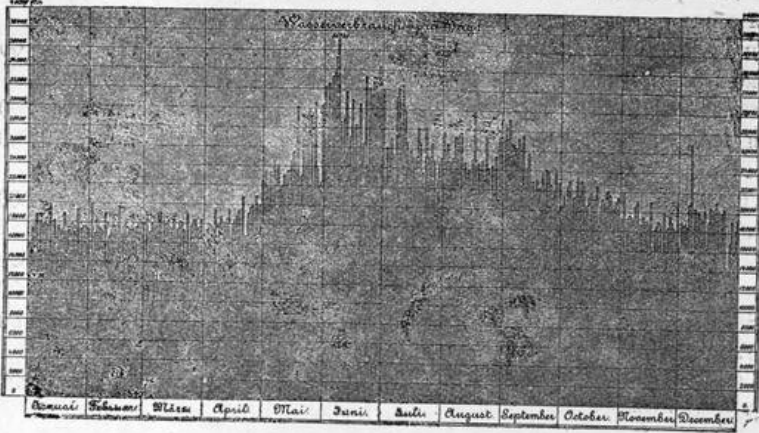
Вода, потребляемая въ городѣ, расходуется для различныхъ цѣлей, а именно: 1) для питья, варки пищи и поддержанiя чистоты

въ квартирѣ, 2) для стирки бѣлья, 3) для клозетовъ, 4) для ваннъ, 5) для домашняго скота, 6) для бань, 7) для поливки улицъ, фонтановъ и т. п., 8) для скотобоенъ, 9) для заводовъ, фабрикъ и другихъ промышленныхъ заведеній, и 10) для тушенія пожаровъ и т. п. Для каждой изъ этихъ потребностей различными специалистами выработаны нормы, часто очень отличающіяся между собой. Объединившими наибольшее число мнѣній являются повидимому нормы Германскаго Общества газо- и водопроводныхъ инженеровъ (см. таблицу № 11).

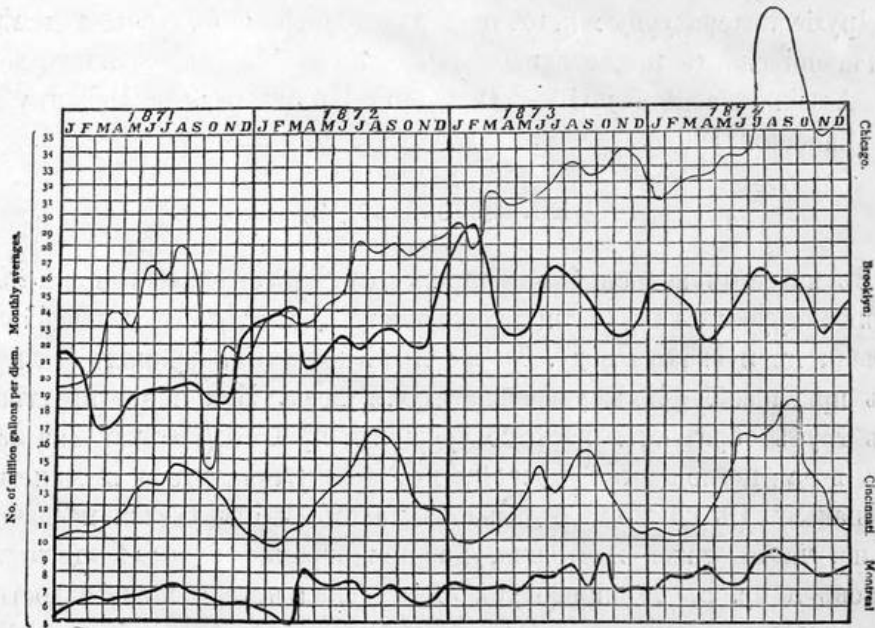
Таблица № 11. Расходы воды для домашнихъ и для многихъ специальныхъ цѣлей.

Назначеніе воды.	Количество воды.
1) для питья, варки и содержанія помѣщенія въ чистотѣ на жителя въ день	отъ 20 до 30 литр.
2) для стирки	» 10 » 15 »
3) для 1 промывки ватеръ-клозета	» 5 » 6 »
4) для обыкновенной промывки писсуара въ день	30 »
5) тоже, при постоянной промывкѣ на 1 погонный метръ промывной трубы въ часъ	200 »
6) для домашней ванны	350 »
7) для душа	отъ 20 до 30 »
8) для поливки садовъ въ сухой день на 1 кв. метръ	1,5 »
9) для поливки тротуаровъ и дворовъ на 1 » »	1,5 »
10) для водопоя лошади и вообще крупныхъ животныхъ въ день на каждую голову	50 »
11) тоже для мелкихъ животныхъ (телятъ, овецъ, свиней и т. п.).	10 »
12) для очистки экипажа	200 »
13) въ школахъ на каждого ученика въ день	2 »
14) въ казармахъ на каждого человѣка	20 »
15) тоже на каждую лошадь	40 »
16) въ больницахъ, пріютахъ, богадѣльняхъ и т. п. на 1 человека	отъ 100 до 150 »
17) въ гостиницахъ на 1 человѣка	100 »
18) въ общественныхъ ваннахъ на 1 ванну	500 »
19) въ прачешныхъ на 100 килограммовъ бѣлья	400 »
20) въ бойняхъ на каждую убитую голову	отъ 300 до 400 »
21) въ рынкахъ на 1 кв. метръ площади въ день	5 »
22) для желѣзнодорожныхъ станцій на каждый находящійся въ движеніи паровозъ	отъ 6.000 до 8.000 »
23) для поливки улицъ на 1 кв. метръ	1 »
24) » » шоссе на 1 » »	1,5 »

Колебания расходов воды въ водопроводахъ.



Черт. 168.—Диаграмма колебаний абсолютнаго суточного расхода воды въ Дрезденѣ въ теченіи одного года (Lueger).



Черт. 169.—Диаграмма колебаний средних за мѣсяцъ суточныхъ расходовъ воды въ американскихъ городахъ—Чикаго, Бруклинѣ, Цинцинати и Монреолѣ. Расходъ выраженъ въ милліонахъ галлоновъ (средняя величина для каждаго мѣсяца и каждаго города отдѣльно). (Fanning—A practical Treatise on Water-Supply Engineering. New-York. 1877).

Назначеніе воды.	Количество воды.
25) для поливки общественных садовъ въ сухіе дни на 1 кв. метръ каждый разъ	1,5 литр.
26) для общественныхъ писсуаровъ при постоянной промывкѣ въ часъ на одно мѣсто	60 »
27) тоже при непрерывной промывкѣ въ часъ на 1 погонный метръ промывной трубы	200 »
28) для общественнаго колодца въ день на одно мѣсто	3.000 »
29) для пивоварень на 1 гектолитръ свареннаго пива (безъ искусственнаго охлажденія погребовъ и безъ приготовления льда).	500 »
30) для паровыхъ машинъ безъ охлажденія въ часъ на 1 паровую лошадь	30 »
31) тоже съ охлажденіемъ въ часъ на 1 паровую лошадь	800 »
32) для газовыхъ машинъ на 1 куб. метръ газа отъ 40 до	60 »
33) для малыхъ фонтановъ въ садахъ при діаметрѣ бассейна отъ 2 до 3 метровъ—въ часъ отъ 200 до	500 »
34) для большихъ фонтановъ, смотря по величинѣ, въ часъ отъ 10 до 100 куб. метр. и болѣе	
35) для приготовленія известковаго раствора на кладку 1.000 кирпичей	750 литр.

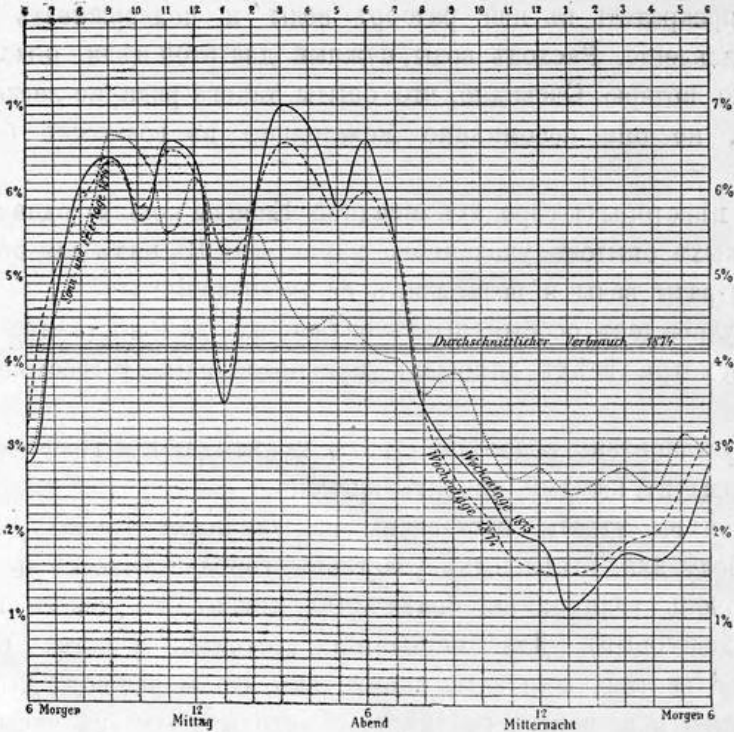
Другіе литературные источники даютъ циффы, болѣе или менѣе отличающіяся отъ приведенныхъ выше, но въ общемъ незначительно (см. Assainissement des villes. Distribution d'eau par A. Debauxe et Ed. Imbeaux. 1906).

§ 29. Потеря воды.

Въ каждомъ водоснабженіи происходитъ нѣкоторая потеря воды. Стыки въ трубахъ, какъ бы тщательно они ни были сдѣланы, съ теченіемъ времени пропускаютъ воду. То же происходитъ въ кранахъ и другихъ приспособленіяхъ удерживающихъ воду. Наконецъ, въ стѣнкахъ трубъ образуются нерѣдко трещины, причемъ вытекающая изъ нихъ вода поглощается почвой, не обнаруживая течи внѣшними признаками. Въ каждомъ отдѣльномъ такомъ мѣстѣ утечка незначительна, часто даже ничтожна, но при огромномъ числѣ стыковъ, крановъ и пр. въ водопроводной сѣти общая потеря можетъ достигать большихъ величинъ, если сѣть будетъ оставлена безъ должнаго надзора. Она составляетъ, напримѣръ, по мнѣнію Никольса (Nichols — Water Supply. New-York. 1883), въ 25 — 50% общаго расхода воды въ данномъ городѣ.

Потери воды имѣютъ тѣмъ болѣе вредное значеніе, что онѣ не

Колебания расходовъ воды въ водопроводахъ.



Черт. 170.

**Графикъ колебаній часового расхода воды въ Цюрихѣ
въ будніе и праздничные дни.**

Часовой расходъ выраженъ для среднихъ буднихъ и праздничныхъ сутокъ въ процентахъ суточного расхода. Графикъ ясно показываетъ, какъ значительно увеличивается этотъ часовой расходъ въ теченіи дня надъ своей средней величиной (4,17%) и какъ затѣмъ онъ падаетъ ночью. Въ частности колебаній часового расхода имѣютъ, вообще, большое значеніе мѣстныхъ условія (климатъ, привычки населенія), время года и даже, какъ показываетъ и настоящій графикъ,—характеръ дня (праздничный или рабочій).

(Lueger—Die Wasserversorgung der Städte).

легко могут быть учтены съ достаточной точностью, въ виду самаго характера этого расхода чрезъ огромное число ничтожныхъ отверстій, требуя производства специальныхъ опытовъ, чтобы выяснитъ размѣръ потерь для той или другой части сѣти въ извѣстный моментъ времени. Для этого надо уединить эту часть, прекратить въ ней разборъ воды и поддерживать необходимое давленіе. Расходъ воды, нужный для этой цѣли, показалъ бы искомую потерю. Очевидно, что опыты такого рода не легко осуществимы, но они несомнѣнно желательны въ возможно большемъ числѣ.

Въ нѣкоторыхъ городахъ западной Европы пошли, однако, далѣе временныхъ опытовъ указаннаго характера. Въ нихъ для обнаруженія утраты воды и возможнаго ея уменьшенія:

1) учрежденъ особый штатъ служащихъ для постоянного внѣшняго осмотра всѣхъ домовыхъ приспособленій и состоянія сѣти или —

2) установлены водомѣры утраты, показывающіе графически расходъ воды въ каждый моментъ времени.

Водомѣры утраты поставлены на уличныхъ трубахъ, приводящихъ воду для отдѣльныхъ участковъ города. Участки не должны быть очень велики: не болѣе 500 домовъ на одинъ водомѣръ (4-хъ дюймовый). Для испытанія состоянія участка онъ изолируется вентильными задвижками такъ, чтобы вся вода для его потребностей шла черезъ водомѣръ. Расходъ воды въ часы сутокъ, когда разборъ почти равенъ нулю, т. е. отъ 2 до 5 утра, показываемый водомѣромъ и будетъ чистая потеря воды. Такимъ образомъ по діаграммамъ расхода можно видѣть, какіе участки въ порядкѣ и какіе нѣтъ.

Система надзора безъ водомѣровъ менѣе эффективна, но дешевле водомѣрной, которая обходится, по опыту Лондона, около 150 фунтовъ стерлинговъ на каждые 1.000 домовъ, считая стоимость водомѣра, вентилей для изолированія участковъ и пр. (См. подробности въ докладѣ Зуева—Утрата воды въ городскихъ водопроводахъ. Труды II Рус. Водопр. Съѣзда).

Неизбѣжность потери воды въ водоснабженіи налагаетъ на инженера очень важную обязанность стремленія къ доведенію этихъ потерь до возможнаго минимума: для этого онъ долженъ устана-

вливать самый строгій надзоръ за выполнѣніемъ различныхъ частей водоснабженія и ихъ ремонтомъ, выбирать наилучшій по водонепроницаемости типъ трубъ, крановъ и т. д.

§ 30. Безполезная трата воды.

Во всѣхъ городахъ очень значительное количество воды тратится совершенно бесполезно по небрежности или неразумію въ обращеніи съ кранами. Въ большинствѣ случаевъ прислуга никогда не закрываетъ крановъ плотно и они текутъ. Часто ихъ совсѣмъ не закрываютъ, оставляя воду выливаться безъ всякой нужды. Иногда краны оставляютъ открытыми для предохраненія воды отъ нагрѣванія въ трубахъ домового водоснабженія или для предохраненія ея отъ замерзанія, вмѣсто того, чтобы иначе уложить домовыя трубы.

Въ уличномъ водоснабженіи въ городахъ благоустроенныхъ, гдѣ улицы моются ежедневно,—работчіе также оставляютъ безъ надобности открытыми уличные краны. То же же дѣлается на заводахъ, фабрикахъ и т. д.

Размѣры бесполезной траты воды могутъ быть колоссальны и для Петрограда, напримѣръ, выражаются въ милліонахъ ведеръ въ сутки.

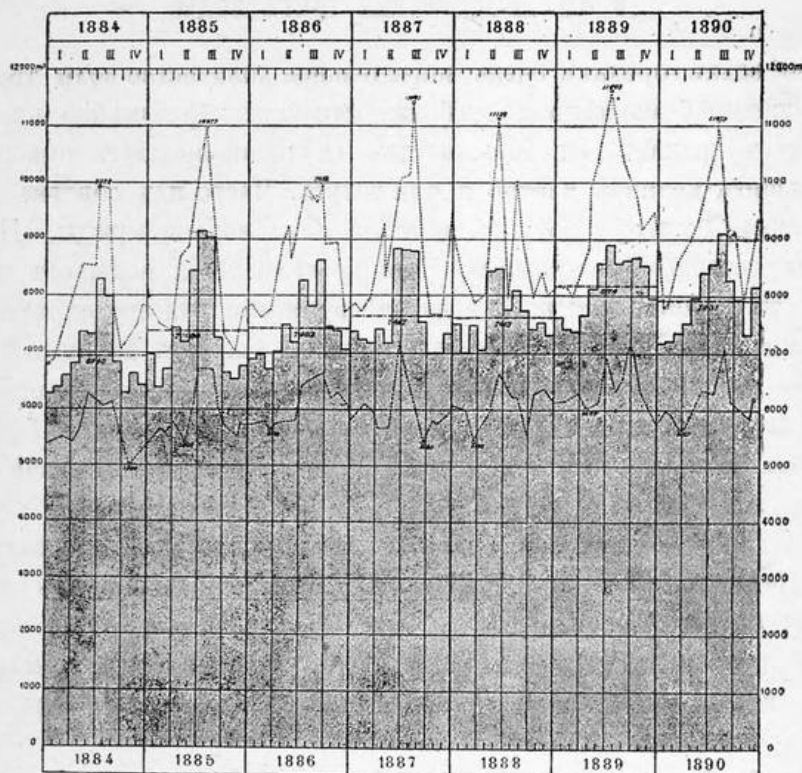
Борьба съ этимъ зломъ затруднительна, но вполне возможна и приводитъ при настойчивомъ проведеніи нѣкоторыхъ мѣръ къ отличнымъ успѣхамъ.

Наиболѣе важная изъ этихъ мѣръ—введеніе счетчиковъ или водомѣровъ во всѣхъ домахъ пользующихся водой, и оплата воды по израсходованному количеству.

Въ Парижѣ напримѣръ этимъ путемъ было сбережено такое количество воды, что явилась возможность избѣжать расширенія водоснабженія, которое казалось нужнымъ, въ виду увеличенія населенія. Города, гдѣ водомѣръ введенъ вездѣ, расходуютъ примѣрно въ два раза менѣе воды на жителя, чѣмъ тѣ, гдѣ водомѣровъ нѣтъ, вполне удовлетворяя притомъ всѣмъ потребностямъ.

Напримѣръ, въ то время, когда въ Берлинѣ и Бреславлѣ расходовалось при водомѣрахъ 75 — 90 литровъ, во Франкфуртѣ, Магдебургѣ, Дюссельдорфѣ при свободныхъ кранахъ расходовалось 140 — 220 литровъ на человѣка въ сутки.

Колебания расходов воды въ водопроводахъ.

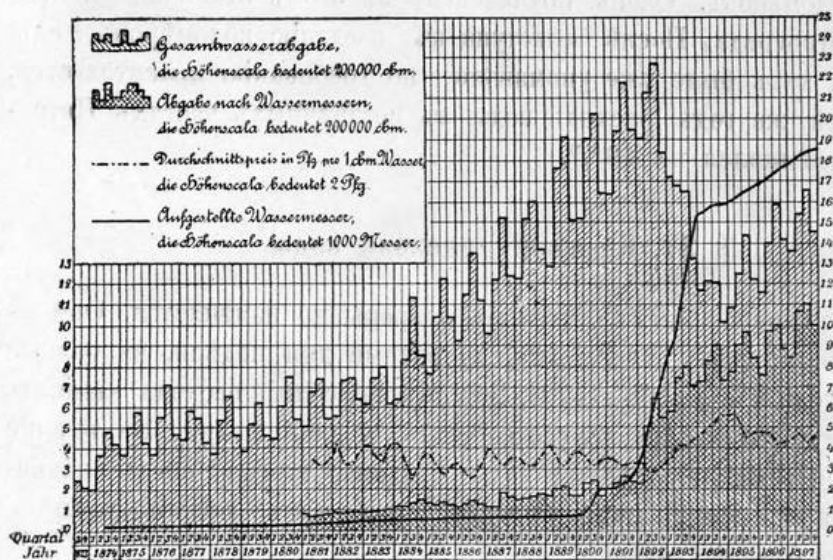


Черт. 171.

Графическое изображение колебаний абсолютнаго суточного расхода воды въ Базель.

Сплошныя линіи показываютъ средніе расходы въ сутки для каждаго мѣсяца, точечныя линіи (верхняя и нижняя) наибольшіе и наименьшіе для каждаго мѣсяца суточные расходы; линейно-точечныя линіи — средніе годовые суточные расходы. Масштабъ діаграммы — 7,05 миллиметр. ординаты соотвѣтствуетъ расходу въ 1000 куб. метровъ въ день, а 1,05 миллиметр. абсциссы протяженію одного мѣсяца (Lueger).

Колѣбанія расходовъ воды въ водопроводахъ.



Черт. 172.

Графическое изображение расходовъ воды въ г. Кельнѣ до и послѣ установки водомѣровъ.

Обозначенія: 1) Gesamtwasserabgabe, die Höhengcala bedeutet 200.000 cbm. — Общій расходъ воды, масштабъ высотъ — одно дѣленіе соотвѣтствуетъ 200.000 куб. метровъ.

2) Abgabe nach Wassermessern, die Höhengcala bedeutet 200.000 cbm. — Расходъ по водомѣрамъ, масштабъ высотъ тотъ-же, что и въ № 1.

3) Durchschnittspreis in Pfg. pro 1 cbm. Wasser, die Höhengcala bedeutet 2 Pfg. — Средняя цѣна воды въ пфенигахъ за куб. метръ, масштабъ высотъ — одно дѣленіе соотвѣтствуетъ 2 пфенигамъ.

4) Aufgestellte Wassermesser, die Höhengcala bedeutet 1.000 Messer — Установленные водомѣры, масштабъ высотъ — одно дѣленіе соотвѣтствуетъ 1.000 водомѣровъ.

(Köln in hygienischer Beziehung. 1898).

Отличной иллюстраціей сказанному можетъ служить чертежъ 172, на которомъ представлены величины расходовъ воды въ городѣ Кельнѣ параллельно съ развитіемъ сѣти водомѣровъ. Чертежъ ясно показываетъ, какъ понизился общій расходъ воды съ увеличеніемъ числа водомѣровъ. Очень поучителенъ въ этомъ отношеніи и примѣръ Петрограда. Послѣ приступа къ введенію водомѣровъ, сдѣланному, какъ было уже упомянуто, по требованію правительства, въ первый же годъ расходъ воды въ незарѣчныхъ частяхъ Петрограда уменьшился на 40^{0/0}.

§ 31. Колебанія расхода воды.

Потребленіе воды въ городѣ непрерывно измѣняется. Оно не одинаково въ разные часы дня, въ разные дни недѣли, въ разные мѣсяцы года (черт. 168—172). Всѣ эти колебанія расхода зависятъ отъ естественныхъ или искусственныхъ условій жизни. Въ теченіе дня наибольшее потребленіе воды бываетъ утромъ, когда она берется для умыванія, приготовленія пищи, мытья половъ, улицъ и т. д.; наименьшее ночью.

Въ теченіе недѣли наибольшее потребленіе бываетъ въ концѣ предъ праздникомъ, наименьшее въ началѣ. Въ русскихъ городахъ наибольшій расходъ соотвѣтствуетъ субботамъ и днямъ предъ большими праздниками, такъ какъ въ эти дни народъ обыкновенно пользуется баней. Въ теченіе года въ жаркіе и сухіе лѣтніе дни расходъ также больше, чѣмъ въ дождливые и холодные, потому что приходится поливать улицы и сады, и чаще, и обильнѣе пускать фонтаны и пр.

При расчетѣ водопроводовъ необходимо знать максимальный секундный или хотя бы часовой расходъ, который можетъ быть нуженъ городу. Если опредѣлить для какого-нибудь города средній суточный расходъ (за годъ) и затѣмъ взять отношеніе къ нему наибольшаго (въ году) суточнаго расхода, то это отношеніе для разныхъ городовъ будетъ различнымъ; такъ напр., въ 1888—88 г. оно было (см. Frühling. Die Wasserversorgung des Städte) равно:

въ Штетинѣ	1,19	въ Лейпцигѣ	1,31
» Гамбургѣ	1,27	» Висбаденѣ	1,40

въ Берлинѣ	1,45	въ Дюссельдорфѣ	1,60
» Кельнѣ	1,49	» Дрезденѣ	1,77
» Галле	1,53	» Познани	1,89

Это отношеніе для одного и того же города не есть величина постоянная и съ каждымъ годомъ мѣняется; такъ, для Берлина оно равнялось: въ 1881 году — 1,31, а въ 1899 г. — 1,45; въ Штетинѣ въ 1881 г. — 1,39, а въ 1889 г. — 1,19.

Ежели бы суточный расходъ города былъ равномерный въ теченіе цѣлыхъ сутокъ, то, очевидно, часовое потребление воды составляло бы $\frac{100\%}{24} = 4\frac{1}{6}\%$ отъ суточного расхода; въ дѣйствительности потребление весьма неравномерно: наименьшее — въ ночные часы (отъ 11 час. до 4 час.) и наибольшее — въ утренніе (отъ 7 ч. до 12 час.). Какъ видно изъ примѣра (черт. 170) графическаго измѣненія часового расхода въ Цюрихѣ, (по оси абсциссъ отложено время въ часахъ, а по оси ординатъ — часовое потребление въ $\%$ отъ суточного расхода) отъ 11 часовъ ночи до 5 утра часовой расходъ меньше 2 $\%$, а отъ 8 час. утра до 4-хъ час. дня около 6 $\%$. Такимъ образомъ наибольшій часовой расходъ значительно больше средняго равнаго $4\frac{1}{6}\%$. Если принять наибольшій часовой расходъ (въ теченіе сутокъ) въ 6 $\%$, и, наибольшій (въ году) суточный расходъ, напримѣръ, въ 1,4 раза больше средняго, найдемъ, что наибольшій (въ году) часовой расходъ будетъ равенъ $6\% \times 1,4 = 8,4\%$, т. е. онъ примѣрно въ два раза болѣе средняго или равенъ $\frac{1}{12}$, или 0,0833, средняго суточного расхода.

Германскій инженеръ Фрюлингъ принимаетъ, что наибольшій (въ году) суточный расходъ, въ 1,5 раза болѣе средняго, а наибольшій часовой расходъ (въ теченіе сутокъ) равенъ $6\frac{1}{2}\%$; тогда наибольшій (въ году) часовой равенъ $6,5\% \times 1,5 = 9\frac{3}{4}\%$ или приблизительно 10 $\%$, т. е. $\frac{1}{10}$ средняго суточного расхода. Для русскихъ городовъ считаютъ цѣлесообразнѣе принимать (проф. Максименко) не эту данность, а вышеприведенную; въ такомъ случаѣ, если обозначить черезъ q (въ ведрахъ) норму потребления воды въ сутки на жителя, а черезъ N расчетное ожидаемое въ будущемъ число жителей города, — наибольшій (въ году) часовой расходъ для всего города составитъ $(0,0833 Nq)$ ведеръ, а наибольшій се-

кундный расходъ будетъ равенъ $\left(\frac{0,0833 Nq}{60.60}\right)$ ведеръ; выраженный въ кубич. футахъ наибольшій секундный расходъ

$$= \left(\frac{0,0833 Nq}{60.60} \cdot 0,43436\right) \text{ куб. фут. } (a)$$

Этотъ расходъ называется расчетнымъ, и по нему опредѣляются діаметры всѣхъ трубъ сѣти.

§ 32. Прирость населенія.

Исчисляя расходъ воды въ городѣ, необходимо имѣть въ виду прирость населенія, такъ какъ спроектированный и затѣмъ построенный водопроводъ, очевидно, долженъ доставлять требуемое количество воды не только ко времени постройки водопровода, но также и значительное число лѣтъ спустя. Если обозначить черезъ: N' —число жителей въ городѣ во время постройки водопровода; N —число жителей, на которое слѣдуетъ проектировать водопроводъ; r —ежегодный прирость населенія въ ‰, и n —число лѣтъ, въ теченіе которыхъ водопроводъ долженъ давать потребное городу количество воды, не требуя возведенія дополнительныхъ сооружений для расширенія водопровода, то по правилу сложныхъ процентовъ получимъ:

$$N = N' \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n \text{ } (b)$$

Величина r весьма неодинакова для различныхъ городовъ, какъ это видно между прочимъ изъ нижеслѣдующихъ статическихъ данныхъ инж. Кортеля (E. L. Corthell. Growth and Density of Population of Great Cities. Washington. 1903).

	Прирость населенія въ ‰ въ десять лѣтъ.	Наибольшая плотность населенія на кв. англ. милю.	Средняя плотность населенія на квадр. англ. милю.
Лондонъ	8,6	132.000	37.000
Лондонъ съ окрестностями	20,0	—	—
Нью-Йоркъ	—	630.740	40.000
Нью-Йоркъ съ окрестност.	37,0	—	—
Парижъ	—	—	79.300

	Приростъ насе- ленія въ ‰ въ десять лѣтъ.	Наибольшая плот- ность населенія на кв. англ. милю.	Средняя плотность населенія на квадр. англ. милю.
Парижъ съ окрестностями	18,0	—	—
Чикаго.	54,0	—	8.430
Берлинъ	12,0	92.600	67.612
Берлинъ съ окрестностями	19,0	—	—
Филадельфія	23,0	—	8.091
Петроградъ.	15,5	227.276	28.260
Вѣна.	11,0	—	—

По новѣйшимъ даннымъ, разработаннымъ въ Петроградскомъ Городскомъ Общественномъ Управленіи, приростъ населенія для Петрограда опредѣляется въ 2,7‰ въ годъ.

По даннымъ для прусскихъ городовъ получается въ среднемъ $r = 2,7‰$, причемъ для крупныхъ городовъ r больше средняго ($r = 2,8‰$), для среднихъ городовъ (съ населеніемъ отъ 35.000 до 50.000 жителей) еще больше ($r = 3‰$), а для малыхъ городовъ (съ населеніемъ отъ 20.000 до 35.000 жителей) меньше средняго ($r = 2,25‰$); для городовъ съ населеніемъ меньше 20.000 жителей приращеніе еще меньше.

Если для нашихъ городовъ примѣрно принять $r = 2,5‰$ и затѣмъ положить, какъ это дѣлаетъ профессоръ Максименко, $n = 15$ лѣтъ, то получимъ изъ предыдущаго уравненія $N = 1,45 N'$. Такимъ образомъ, въ предположеніи $n = 15$, при проектированіи водопровода слѣдуетъ вводить въ расчетъ число жителей примѣрно на 45‰ больше дѣйствительнаго и затѣмъ вышеприведенному норму нужно назначать по расчетному числу жителей N , а не по дѣйстви- тельному — N' .

Для болѣе правильнаго расчета нужно опредѣлить возможный приростъ населенія для каждаго частнаго случая по мѣстнымъ статисти- ческимъ даннымъ, принимая во вниманіе особенности разныхъ раіоновъ города.

Правильное рѣшеніе такой задачи представляется для каждаго частнаго случая весьма затруднительнымъ, такъ какъ приростъ на селенія далеко не совершается по закону сложныхъ процентовъ. Онъ зависитъ отъ множества различныхъ причинъ соціального, эконо-

номическаго, политическаго характера и др. Въ числѣ этихъ причинъ одной изъ важныхъ можетъ быть самое улучшение санитарныхъ условій города, напр. проведеніемъ въ него воды.

Съ другой стороны ростъ городовъ далеко не безпредѣленъ, какъ это допускаетъ примѣненіе вышеприведенной формулы; подъ вліяніемъ однообразныхъ причинъ онъ можетъ останавливаться и даже становиться отрицательнымъ.

Принять всѣ эти обстоятельства въ расчетъ едва-ли даже возможно, но стремиться къ ихъ возможно полному учету слѣдуетъ, тѣмъ болѣе, что при достаточно внимательномъ изученіи вопроса предвидѣнныя за неособенно большіе сроки цифры населенія оправдываются съ достаточной точностью.

Для примѣра приводимъ извлеченія изъ таблицы, составленной Кортелемъ (см. Elmer L. Corthell. Growth and Density of Population of Great Cities. Washington. 1903), для ряда большихъ городовъ, въ которой между прочимъ показаны цифры населенія, для 1900 года, предсказанныя имъ въ 1895 году, и дѣйствительныя цифры того же года.

	Населеніе по расчету сдѣланному въ 1895 г. для 1900 года.	Дѣйствительное населеніе въ 1900 году.	Предполагаемое Кортелемъ насе- леніе въ 1910 г.
Лондонъ съ окрест.	6.496.000	6.652.145	7.490.400
Лондонъ	4.599.800	4.589.129	4.967.784
Нью-Йоркъсъ окрест.	3.900.000	3.833.999	4.953.000
Берлинъ	2.101.400	1.884.157	2.731.280
Филадельфія	1.414.500	1.369.632	1.676.400

Слѣдуетъ также имѣть въ виду, что плотность населенія, т. е. число жителей на одну квадр. единицу территоріи города, не можетъ превосходить нѣкоторыхъ предѣловъ, зависящихъ отъ мѣстныхъ условій; за достиженіемъ этихъ предѣловъ населеніе въ данной части не увеличивается болѣе замѣтнымъ образомъ, а разро-стается въ подлежащемъ случаѣ площадь города. Это позволяетъ установить для опредѣленныхъ раіоновъ города наибольшее потре-бленіе воды, не вводя въ расчетъ предположеніе о времени, когда этотъ максимумъ будетъ достигнутъ, простымъ перемноженіемъ пло-

щадей на соотвѣтственныя предѣльныя плотности. Такъ было сдѣлано, напримѣръ, въ проектѣ Ладожскаго водопровода для Петрограда, гдѣ столица раздѣлена на четыре района съ плотностями населенія въ 550 человекъ на 1 гектаръ (= 25 человекъ на 100 кв. саж.), 440 — на гектаръ (= 20 — на 100 кв. саж.), 330 — на гектаръ (= 15 — на 100 кв. саж.), 220 — на гектаръ (= 10 — на 100 кв. саж.); (см. Журналъ засѣданій временной комиссіи Мин. Внутр. Дѣлъ по канализаціи и водоснабженію Петрограда. 1914. Стр. 249).

По мнѣнію профессора Люгера (Lueger—Die Wasserversorgung des Städte, Bd. II p. 587), не слѣдуетъ предвидѣть будущихъ потребностей города болѣе, чѣмъ за 10 лѣтъ впередъ, чтобы не преувеличивать стоимости водопровода. Проф. Саткевичъ (о графическомъ расчетѣ найвыгоднѣйшихъ размѣровъ инженерныхъ сооружений въ примѣненіи къ Петроградскому водопроводу, 1910) даетъ общій методъ опредѣленія размѣровъ водопроводныхъ сооружений въ зависимости отъ возможнаго развитія потребности въ водѣ. Во всякомъ случаѣ, для правильнаго рѣшенія вопроса, въ опредѣленныхъ частныхъ условіяхъ, необходимо разсмотрѣть, не представляется ли возможнымъ придать водопроводу въ его цѣломъ или въ отдѣльныхъ его частяхъ такое устройство, чтобы его или ихъ можно было развивать постепенно по мѣрѣ роста населенія, и не будетъ ли такой водопроводъ къ концу 10 — 15 лѣтняго періода выгоднѣе заблаговременно устроеннаго съ запасомъ. Для проекта Ладожскаго водопровода г. Петрограда приняты, напримѣръ, неодинаковыя расходы воды при расчетѣ разныхъ элементовъ этого сооружения. При душевой нормѣ потребленія въ 12, 10 и 8 ведеръ въ зависимости отъ трехъ зонъ территоріи города расходъ воды, отвѣчающій году и дню наибольшаго потребленія опредѣлился для города съ пригородами въ 51.400.000 ведеръ. На этотъ расходъ рассчитаны только водопріемныя сооружения въ Ладожскомъ озерѣ и городская сѣть трубъ. Напорный водоводъ отъ озера къ городу, насосныя и очистныя сооружения, какъ допускающія развитіе и усиленіе добавленіемъ сравнительно мелкихъ единицъ, при наличности запаса площади земельныхъ участковъ и машинныхъ зданій, рассчитаны на расходъ въ 36.800.000 ведеръ, ожидаемыхъ въ день

наибольшого потребленія въ 1929—30 году (см. В. Е. Тимоновъ. «Матеріалы по водоснабженію Петрограда въ связи съ проектомъ Ладожскаго водопровода, составленнымъ въ 1913 году»).

§ 33. Среднія годовыя нормы суточного потребленія воды на одного жителя.

Изъ предшествующаго видно, что для правильнаго опредѣленія размѣровъ водопровода количество воды, нужное для города, должно было бы исчислено слѣдующимъ образомъ.

Слѣдовало бы сначала точно опредѣлить *число единицъ потребности* населенія въ водѣ для разныхъ цѣлей (людей для питья и пр., животныхъ, улицъ, фабрикъ и т. д.) въ данный моментъ существованія города.

Затѣмъ нужно было бы установить законъ измѣненія числа такихъ единицъ каждой категоріи съ теченіемъ времени и найти число единицъ потребности въ водѣ разныхъ назначеній для нѣкотораго отдаленнаго будущаго срока, ранѣ котораго нежелательно переустройство водопровода.

Далѣе для каждой категоріи потребности въ водѣ нужно было бы на основаніи подробнаго изученія мѣстныхъ условій и свойствъ данной потребности вообще избрать среднія суточные нормы количества воды, на каждую единицу, подобныя приведеннымъ въ видѣ примѣра въ таблицѣ № 11, но отвѣчающія условіямъ даннаго случая и притомъ не современнымъ, а тѣмъ, которыя будутъ въ моментъ наибольшаго напряженія въ дѣйствиіи водоснабженія, т. е. чрезъ 10—15 лѣтъ.

Отъ этихъ среднихъ нормъ слѣдовало бы перейти къ опредѣленію максимальныхъ, возможныхъ въ теченіе года, причемъ оказалось бы, что максимумы различныхъ потребностей бывають въ разное время дня и года.

Несмотря, однако, на это затрудненіе пришлось бы его принять въ соображеніе и найти моментъ и размѣръ максимума совокупности всѣхъ потребностей въ водѣ.

Этотъ максимумъ и долженъ былъ бы быть принятъ въ расчетъ при опредѣленіи размѣровъ водоснабженія.

Въ практикѣ, однако, такой сложный методъ не находитъ себѣ примѣненія и при опредѣленіи нужнаго для города количества воды всѣ потребности, какъ это было уже указано въ § 26, считаются огуломъ въ общей цифрѣ средняго (за годъ) суточного расхода воды на одного жителя. Такія среднія годовыя нормы суточного потребленія воды берутся на основаніи дѣйствительныхъ количествъ потребленія въ разныхъ городахъ. Но эти количества въ различныхъ городахъ колеблются въ очень широкихъ предѣлахъ. Для города, въ которомъ устроена сплавная канализація, требующая, какъ извѣстно, повсемѣстнаго устройства ватеръ-клозетовъ, количество воды на жителя будетъ больше при прочихъ одинаковыхъ условіяхъ, чѣмъ въ городѣ, въ которомъ нечистоты удаляются инымъ способомъ; точно также въ городѣ, изобилующимъ промышленными заведеніями, расходующими воду въ большомъ количествѣ, количество воды на жителя будетъ больше, чѣмъ въ городѣ, въ которомъ подобныя заведенія отсутствуютъ. Притомъ необходимо замѣтить, что даже въ городахъ, въ которыхъ уже давно устроены водопроводы, далеко не всѣ жители пользуются водою изъ водопровода, а ради дешевизны потребляютъ воду изъ колодцевъ, или изъ близъ лежащей рѣки; это замѣчаніе нужно имѣть въ виду особенно для русскихъ городовъ, для которыхъ количества воды на жителя во многихъ случаяхъ оказываются очень малыми, какъ это видно изъ вышеприведенной таблицы № 10.

Въ Петроградѣ большой расходъ воды вовсе не представляетъ количества воды, идущаго на дѣйствительныя потребности, а обусловливается отсутствіемъ надлежащаго контроля въ потребленіи и происходящей отъ этого большой бесполезной траты воды, а въ особенности—дурнымъ состояніемъ сѣти трубъ, теряющихъ огромныя количества воды. Несомнѣнно, съ дальнѣйшимъ введеніемъ контроля при помощи водомѣровъ, указывающихъ въ точности количество воды, потребляемое каждымъ домомъ, и улучшеніемъ состоянія сѣти и наблюденія за этимъ состояніемъ расходъ воды въ Петроградѣ можетъ значительно понизиться и составить, вѣроятно, около 8 — 10 вед. въ сутки. Цифры, относящіяся ко многимъ другимъ городамъ Россіи, указываютъ, что расходъ въ сутки на жителя въ среднемъ составляетъ около 2,5 ведеръ—30 литровъ. Если теперь обратиться къ городамъ Западной Европы и С. Але-

риканскихъ Соединенныхъ Штатовъ, то цифры для нихъ окажутся значительно больше. Замѣтимъ, кстати, что статистика водопроводнаго дѣла въ Западной Европѣ и С. Америкѣ поставлена очень хорошо. Всѣ необходимыя свѣдѣнія, нужныя для характеристики городскихъ водоснабженій въ разныхъ отношеніяхъ собираются непрерывно и публикуются во всеобщее свѣдѣніе. Въ этомъ отношеніи должны быть названы слѣдующія изданія. Для Германіи сочиненіе Grahn'a—*Statistik der städtischen Wasserversorgungen mit einer geschichtlichen Einleitung*; для Голландіи—*Overzicht der Watenleidingen in Nederland*; для Англии—*The Water Companies Directory*; для Франціи, ея колоній, Бельгій, Швейцаріи и Люксембурга—*Annuaire statistique et descriptif des Distributions d'eau par M. M. Imbeaux, Hoc, van Lint et Peter*; для С. Америки—*The Manual of American Waterworks, edited by M. N. Baker* и специальное изслѣдованіе *Report of Committee on tabulation of water rates and other information of interest to water companies.* — *Journal of the American Water Works Association.* June 1914). Для Россіи такая статистика была начата съ появленіемъ перваго выпуска описанія русскихъ водопроводовъ, изданнаго Бюро Русскихъ Водопроводныхъ Съѣздовъ въ 1897 году (см. выше) и нынѣ усиленно продолжается тѣмъ же учрежденіемъ (*Водопроводы русскихъ городовъ.* Вып. 2. 1913).

По статистическимъ даннымъ, собраннымъ германскимъ инженеромъ Граномъ потребление воды въ 128 англійскихъ городахъ, изъ которыхъ 113 снабжены ватерклозетами, составляетъ въ среднемъ 12 ведеръ (142 литра), а въ 80 германскихъ городахъ въ среднемъ — 5 ведеръ (63 литра), хотя и колеблется въ довольно широкихъ предѣлахъ отъ 3,3 ведеръ до 13,2 ведеръ (41 литр. до 163 литр.).

Высокія цифры объясняются въ Германіи и другихъ иностранныхъ государствахъ часто той же причиной, какъ и въ Петроградѣ, а именно отсутствіемъ контроля надъ расходомъ воды въ отдѣльныхъ домахъ. Большое потребление въ англійскихъ городахъ обусловливается значительнымъ числомъ фабрикъ и заводовъ, находящихся въ этихъ городахъ и требующихъ для своихъ производствъ нерѣдко довольно много воды. По Фрюлингу (*A. Frühling und F. Lincke. Wasserversorgung und Entwässerung der Städte. Hand-*

buch der Ingenieurwissenschaften, III Bd. I Abth. 2 Hälfte. Leipzig) для нѣмецкихъ городовъ съ неособенно сильно развитою промышленностью можно принимать совершенно достаточнымъ потребление отъ 4,5 до 7,76 ведеръ (отъ 55 до 95 литровъ) при условиіи учета воды водомѣрами, причемъ это количество составляетъ такимъ образомъ:

	Малые города.	Большіе города.
для домашнихъ потребностей.	отъ 35	до 51 литр.
» промышленныхъ цѣлей	» 15	» 30 »
» общественныхъ потребностей и потерь	» 5	» 14 »
<hr/>		
Всего	отъ 55 до 95 литр.	

Если водомѣровъ въ домахъ нѣтъ, а есть лишь на фабрикахъ и заводахъ, то потребление воды нужно принимать больше на 20—30 литровъ на человѣка.

Кромѣ того необходимо имѣть въ виду, что потребление воды при указанныхъ нормахъ (и при водомѣрахъ въ домахъ, заводахъ и фабрикахъ) можетъ возрасти послѣ устройства водопровода до слѣдующихъ цифръ:

	Малые города.	Большіе города.
для домашнихъ потребностей.	55	до 71 литр.
» промышленныхъ цѣлей.	25	» 40 »
» общественныхъ потребностей и потерь.	15	» 24 »
<hr/>		
Всего	95 до 135 литр.	

Osbaune и Imbeaux (см. выше) указываютъ, какъ на общую хорошую норму—220 литровъ на человѣка въ сутки.

Кенигъ и Поппе также останавливаются на общей нормѣ, но меньшей—въ 150—170 литровъ на человѣка въ сутки.

Другіе авторы предлагаютъ, возрастающую градацію съ болѣе значительными цифрами въ С. Америкѣ, чѣмъ въ Европѣ. Напримѣръ, Зальбахъ рекомендуетъ для городовъ съ менѣе чѣмъ 5.000 жителей отъ 50 до 100 литровъ, для городовъ съ болѣе большимъ насе-

леніемъ 120 литровъ, для большихъ городовъ 150—200 литровъ. Фаннингъ, изъ Соединенныхъ Штатовъ С. Америки, идетъ гораздо дальше: 140—200 литровъ для городовъ въ 10.000 жителей, 170—230 литр. для городовъ въ 20.000 жителей, 200—280 литр.—при 30.000 жит., 250—320 литр.—при 50.000 жит., 260—450 литр.—при 75.000 и болѣе жителей.

Что касается русскихъ городовъ, то по соображенію съ приведенными данными Грана и Фрюлинга, проф. Максименко находитъ вполне достаточнымъ принимать для нихъ слѣдующія нормы потребления воды:

1) для городовъ съ населеніемъ до 50.000 жителей отъ 3 до 4 ведеръ (примѣрно отъ 40 до 50 литровъ) на человѣка въ сутки;

2) для городовъ съ населеніемъ отъ 50.000 жителей до 150.000 жителей отъ 4 до 6 ведеръ (примѣрно отъ 50 до 75 литровъ);

3) для городовъ съ населеніемъ свыше 150.000 жителей отъ 6 до 8 ведеръ (примѣрно отъ 75 до 100 литровъ).

Эти нормы выше дѣйствительнаго расхода во многихъ русскихъ городахъ, какъ это можно видѣть изъ сравненія нормъ съ таблицей № 10.

Приведенныя цифры различныхъ авторовъ своимъ различіемъ показываютъ невозможность установить какія либо дѣйствительно неизблемыя нормы потребления воды въ городахъ. Между крайнимъ минимумомъ, безъ котораго нельзя обойтись, и крайнимъ максимумомъ, выше котораго нельзя при самой широкой тратѣ израсходовать воды, предѣлы такъ громадны, что въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, каковы привычки населенія, степень его платежной способности и пр., можетъ быть предложено множество цифръ потребления воды, которыя будутъ болѣе или менѣе нормальными для данныхъ условій и совершенно не соответственными для другихъ.

Рекомендуя для нашихъ условій цифры, указанныя проф. Манименко, необходимо имѣть въ виду сдѣланныя выше общія оговорки и замѣтить, что предлагаемымъ душевымъ количествомъ потребления воды не слѣдуетъ придавать абсолютнаго значенія. Потребности въ водѣ такъ различны въ зависимости отъ мѣста и времени и имѣютъ такую склонность къ возрастанію, что каждый инженеръ при составленіи проекта нѣкотораго опредѣленнаго водопровода,

долженъ разрѣшить самостоятельно вопросъ о наиболѣе подходящихъ нормахъ—для этого частнаго случая, пользуясь всѣми аналогіями и всѣми теоретическими и практическими соображеніями, какія могутъ быть въ его распоряженіи.

Когда средняя годовая норма въ сутки на жителя установлена (q ведеръ) и опредѣлены всѣ другія величины, входящія въ формулы (a) и (b), то расчетный расходъ, по коему слѣдуетъ проектировать водоснабженіе, секунднѣй, можетъ быть выраженъ посредствомъ упомянутыхъ выше формулъ (§§ 31 и 32).

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Изслѣдованіе и выборъ воды для водоснабженія.

СОДЕРЖАНІЕ: § 34. Требуемая качества воды и ея источника.—§ 35. Качественное изслѣдованіе воды.—§ 36. Гидротиметрія.—37. Попытки классификаціи питьевыхъ водъ. — § 38. Выборъ воды въ зависимости отъ ея значенія.

§ 34. Требуемая качества воды и ея источника.

Будучи разныхъ качествъ въ различныхъ фазисахъ всего кругооборота и нося названія: дождевой, грунтовой, ключевой и рѣчной или озерной, вода, какъ указано выше, во всѣхъ этихъ видахъ не бываетъ химически чистой, а всегда сопровождается примѣсами и организмами.

Возрѣнія на воду для питья можно съ гигиенической точки зрѣнія раздѣлить на три періода:

Первый періодъ отъ древнѣйшихъ временъ до 1850 года (приблизительно), когда при оцѣнкѣ воды по отношенію къ годности ея для питья обращалось вниманіе преимущественно на физическія ея свойства.

Второй періодъ отъ 1850 до 1880 г., когда при оцѣнкѣ воды въ гигиеническомъ отношеніи, наряду съ физическими свойствами, главнымъ рѣшающимъ факторомъ были химическія свойства, а именно присутствіе въ водѣ постороннихъ веществъ, не принадлежащихъ къ составнымъ частямъ ея.

Третій періодъ— отъ 1880 г. до нашихъ временъ, представляющій эпоху возникновенія и развитія новой науки—бактеріологіи, отли-

чается тѣмъ, что при оцѣнкѣ воды въ гигиеническомъ отношеніи на ряду съ физическими и химическими свойствами выдающуюся роль играютъ бактериологическія свойства воды.

Въ наше время при выборѣ воды, какъ продукта питанія для человѣка, признается необходимымъ обращать вниманіе на:

- а) вкусъ воды,
- б) запахъ воды,
- в) цвѣтъ воды,
- г) количество и составъ примѣсей,
- д) количество и свойство микроорганизмовъ.

Примѣси могутъ быть растворенныя и взвѣшенныя (т. е. плавающие, образующія муть) а по происхожденію минеральныя и органическія; послѣднія въ свою очередь могутъ быть животнаго и растительнаго происхожденія.

Вода, употребляемая въ питье и пищу, должна быть прозрачна, безцвѣтна, безъ запаха и съ пріятнымъ освѣжающимъ вкусомъ, содержать въ себѣ нѣкоторое количество газовъ, входящихъ въ составъ атмосфернаго воздуха, и имѣть по возможности постоянную температуру между $5-15^{\circ}\text{C}$. Простое испытаніе нашими невооруженными органами чувствъ даетъ отвѣтъ, удовлетворяетъ ли вода большинству изъ перечисленныхъ требованій; температура воды нуждается однако въ неоднократно измѣненіяхъ въ теченіе различныхъ періодовъ года. Хорошая вода также не должна имѣть болѣе нѣкотораго ограниченнаго количества постороннихъ примѣсей, причемъ химическій составъ ея долженъ возможно мало измѣняться по временамъ года. Наконецъ, хорошая питьевая вода должна быть ограждена отъ загрязненія и зараженія болѣзнетворными началами и притомъ не только въ моментъ изслѣдованія, но и въ будущемъ. Для того, чтобы рѣшить вопросъ въ каждомъ частномъ случаѣ, удовлетворяетъ ли вода вышеуказаннымъ санитарнымъ требованіямъ, надо произвести всестороннее изслѣдованіе ея въ теченіе по крайней мѣрѣ четырехъ сезоновъ года съ помощью всѣхъ извѣстныхъ въ данное время способовъ. Само собою разумѣется, что при оцѣнкѣ источника водоснабженія, необходимо принимать во вниманіе не только качество, но и количество воды (см. §§ 25 и 28).

Количество солей щелочныхъ земель, т. е. известковыхъ и магнезійныхъ солей, содержащихся въ водѣ, обуславливаетъ ея жест-

кость; жесткость обозначается градусами, имѣющими различное значеніе въ разныхъ странахъ. Въ Германіи градусомъ жесткости называется доля окиси кальція (CaO), или эквивалентное ей по атомному вѣсу количество известковыхъ и магнезіальныхъ солей, растворенное въ 100.000 частей воды. Если литръ воды содержитъ x миллиграммовъ CaO и y миллигр. MgO, то жесткость въ германскихъ градусахъ равняется $0,1x + 0,14y$. Во Франціи градусъ жесткости соотвѣтствуетъ 1 части углекислаго кальція (CaCO₃) въ 100.000 частей воды. Германскій градусъ = 1,79 французскаго градуса. Французскій градусъ = 0,56 германскаго градуса. Въ Англіи градусомъ жесткости обозначается 1 грань углекислаго кальція въ 1 галлонѣ воды, т. е. 1 часть CaCO₃ въ 70.000 частей воды.

Вода, содержащая въ растворѣ мало солей, называется мягкой, а при большомъ содержаніи ихъ носить названіе жесткой. Строго опредѣленной границы между тою и другою водою нѣтъ; обыкновенно воду, имѣющую не болѣе 10° (германскихъ) называютъ мягкой; вода съ жесткостью въ 20° (германскихъ) и болѣе называется жесткой; вода, имѣющая болѣе 30° (германскихъ) признается весьма жесткой и негодной для снабженія городовъ.

Для санитарной оцѣнки воды недостаточно однако знать степенъ жесткости воды, необходимо опредѣлить, отъ какихъ солей зависитъ въ данномъ случаѣ жесткость воды. Если въ водѣ находятся почти исключительно углекислыя соли, то можно допустить гораздо болѣе жесткую воду, нежели въ томъ случаѣ, когда жесткость обуславливается главнымъ образомъ сѣрно-кислыми, азотно-кислыми и хлористыми солями. Въ первомъ случаѣ вода не представляетъ никакой опасности для здоровья и становится болѣе мягкой отъ кипяченія, во второмъ же случаѣ вода, вслѣдствіе большого содержанія сѣрно-кислыхъ, азотнокислыхъ и др. солей извести и магнезіи, можетъ быть причиною разстройства кишечника; такая вода отъ кипяченія не дѣлается мягче.

Количество известковыхъ и магнезіальныхъ солей въ водѣ обуславливаетъ такъ называемую общую жесткость ея. Приведенныя выше предѣлы допустимой жесткости относятся именно къ общей жесткости; въ ея составѣ на магнезіальныя соли не должно, однако, приходиться болѣе 4 — 5°. Но какъ упомянуто выше, въ случаѣ содержанія въ водѣ углекислыхъ солей, вода при кипяченіи осво-

бождается отъ нихъ и жесткость ея дѣлается меньше; эта послѣдняя будетъ зависѣть отъ содержанія въ водѣ другихъ солей, за исключеніемъ углекислыхъ, и называется постоянною жесткостью. Разность между общою и постоянною жесткостью называется устранимою или временною.

Большое содержаніе въ водѣ известковыхъ и въ особенности магnezіальныхъ солей представляетъ значительныя неудобства какъ въ домашнемъ хозяйствѣ, такъ и при употребленіи воды для промышленныхъ цѣлей: въ жесткой водѣ овощи (стручковые плоды) и мясо плохо развариваются, такъ какъ находящіяся въ нихъ бѣлковыя вещества образуютъ съ щелочными землями воды—нерастворимыя соединенія, препятствующія водѣ проникать внутрь развариваемаго вещества; чай и кофе завариваются на жесткой водѣ плохо, настой получается мутнымъ и неприятнымъ на вкусъ. Для мытья тѣла и для стирки бѣлья жесткая вода также мало пригодна такъ какъ при этомъ тратится очень много мыла (см. таблицу № 12).

Непригодна жесткая вода и для питанія паровыхъ котловъ, потому что на внутреннихъ стѣнкахъ котла образуются большія количества накипи, значительно понижающія нагрѣвательную способность котла и дающія поводъ къ взрывамъ котловъ. Изъ воды осѣдаютъ на стѣнки котловъ прежде всего углекислыя соли, выдѣляющіяся изъ раствора вслѣдствіе освобожденія, подъ вліяніемъ кипѣнія, полусвязанной углекислоты, удерживавшей раньше углекислыя соли въ растворѣ; эта накипь представляетъ большею частью порошкообразный неплотный осадокъ, легко устранимый и не столь опасный, какъ образующаяся впослѣдствіи накипь, состоящая преимущественно изъ сѣрнокислыхъ солей и покрывающая котель въ видѣ толстаго и плотнаго слоя.

Нѣкоторые ученые, какъ напр. Фишеръ, Рейхардъ, Тиманнъ, а также гигиеническіе конгрессы и многіе др. пытались назначить приблизительно такія максимальныя количества примѣсей въ водѣ, превышеніе которыхъ дѣлаетъ воду непригодной для употребленія.

Эти максимальныя количества имѣютъ, однако, лишь условное значеніе, и различные авторы предлагаютъ для нихъ неодинаковыя числа.

Въ видѣ примѣра приведемъ слѣдующую таблицу этихъ максимальныхъ количествъ (№ 12) для питьевой воды.

Таблица № 12. Максимальныя количества примѣсей въ питьевой водѣ, допускаемыя нѣкоторыми учрежденіями и лицами.

Максимумы.	Въ какихъ единицахъ.	Брюссельскій гигиеническій конгрессъ 1885 г.	Швейцарскій гигиеническій конгрессъ 1888 г.	Tiemann и Gärtner 1889 г.
Общая жесткость	нѣмецкихъ градусовъ	20	—	18—20
Плотнаго остатка	миллигр. въ 1 литрѣ	500	500	500
Сѣрной кислоты	„ „ 1 „	60	—	80—100
Хлора	„ „ 1 „	8	20	20—30
Азотной кислоты	„ „ 1 „	2	20	5—15
Азотистой кислоты	„ „ 1 „	—	0	0
Амміака	„ „ 1 „	—	0	0
Органическихъ веществъ (по опредѣленію при помощи марганцево-кислаго кали).	„ „ 1 „	10	10	6—10
въ томъ числѣ {	органич. углерода.	—	—	5
	органическ. азота.	0,1	0,05	0,2

Большія противъ приведенныхъ количества органическихъ веществъ, хлора, амміака, азотной и азотистой кислотъ указываютъ вообще на загрязненіе воды, происходящее, какъ напр. въ колодезной водѣ, отъ протеканія грунтовой воды черезъ почву, содержащую разлагающіяся органическія вещества.

Хотя химическій анализъ воды, имѣющій главную цѣль опредѣленія количества органическихъ веществъ, амміака, хлора, азотной и азотистой кислотъ, и даетъ полезныя указанія при оцѣнкѣ воды, тѣмъ не менѣ сверхъ этого необходимо обращать вниманіе на содержаніе въ водѣ бактерій и именно патогенныхъ, т. е. болѣзнетворныхъ или обусловливающихъ ту или другую болѣзнь. Поэтому только всестороннее изслѣдованіе воды—химическое, и бактериологическое можетъ привести къ правильной оцѣнкѣ воды.

Однако не слѣдуетъ быть слишкомъ требовательнымъ къ качествамъ воды и въ погонѣ за идеально-чистою водою не нужно забывать, что количество воды, которое можетъ имѣть городъ въ своемъ

распоряженіи, представляетъ важное значеніе для общественнаго здоровья.

Къ сказанному слѣдуетъ прибавить, что въ санитарномъ отношеніи важно собственно не количество бактерій, а качество ихъ, важно констатировать присутствіе или отсутствіе въ данной водѣ болѣзнетворныхъ бактерій, которыя однѣ являются опасными для нашего здоровья, но опредѣленіе этихъ болѣзнетворныхъ бактерій представляется затруднительнымъ.

Опытъ по изученію питьевыхъ водъ показалъ, что, направляя изслѣдованіе только на отысканіе патогенныхъ микроорганизмовъ въ водѣ, въ огромномъ большинствѣ случаевъ получаемъ отрицательный отвѣтъ. Даже во время эпидемій тифа и холеры найти возбудителей этихъ болѣзней въ питьевой водѣ удается далеко не всегда. Тоже самое приложимо и къ изслѣдованію на неорганическіе яды. Легко себѣ представить, что данная вода въ моментъ и въ мѣстѣ взятія пробы не содержитъ ни патогенныхъ организмовъ, ни ядовитыхъ веществъ, но та же самая вода въ другое время и въ другомъ мѣстѣ можетъ такіе микроорганизмы или яды содержать, если она подвергается загрязненію отбросами человѣческой жизни или фабричной дѣятельности. Поэтому, при санитарной оцѣнкѣ воды въ обыкновенныхъ практическихъ условіяхъ часто на первый планъ выдвигается вопросъ, можетъ ли данный источникъ подвергаться загрязненіямъ, отъ которыхъ далеко не всегда исключены исключе- выя и грунтовые воды.

Приэтомъ, въ большинствѣ случаевъ ограничивались указаніемъ общаго числа бактерій въ единицѣ объема воды, считая воды, содержащія число бактерій болѣе опредѣленной нормы, подозрительными и во всякомъ случаѣ избѣгая тѣхъ водъ, которыя происходятъ изъ мѣстности, гдѣ есть или могутъ быть болѣзнетворныя начала (напримѣръ водъ, принимающихъ стоки человѣческихъ жилищъ и т. п.), хотя бы количество бактерій въ нихъ было незначительно.

Относительно количества бактерій въ водѣ французскій ученый Микель раздѣляетъ естественныя воды на шесть классовъ.

Бактерій на 1 куб.
сантиметръ.

- | | | | | |
|--------------------------------------|-----|----|----|-----|
| 1) вода чрезвычайно чистая | отъ | 0 | до | 10 |
| 2) » очень чистая | » | 10 | » | 100 |

	Бактерій на 1 куб. сантиметръ.
3) вода чистая	отъ 100 до 1.000
4) » посредственная	» 1.000 » 10.000
5) » нечистая	» 10.000 » 100.000
6) » весьма загрязненная	» 100.000 и болѣе.

Въ настоящее время признается, однако, что не только не возможно дать предѣльной общей нормы количества бактерій для всѣхъ категорій водъ, но что этого иногда нельзя сдѣлать и для водъ одного и того же происхожденія, и что бактеріологическія количественныя нормы, подобно химическимъ, утратили свое догматическое значеніе. Тѣмъ не менѣе на практикѣ при санитарной оцѣнкѣ воды не считаютъ возможнымъ обходиться безъ всякихъ количественныхъ нормъ, не только химическихъ (см. табл. № 12), но даже и бактеріологическихъ. Союзъ швейцарскихъ химиковъ указываетъ, напримѣръ, что хорошая питьевая вода не должна содержать болѣе 150 бактерій въ одномъ куб. сантиметрѣ.

Наряду съ водами, содержащими значительныя количества минеральныхъ веществъ, нѣкоторыми лицами признаются не вполне удовлетворительными для здоровья и воды съ очень малымъ содержаніемъ солей. Такъ, напримѣръ, по отношенію къ водамъ Петрограда высказывается мнѣніе, что ладожская и невская вода не хороши тѣмъ, что онѣ содержатъ мало солей вообще, въ особенности мало извести и потому могутъ способствовать развитію, напримѣръ, англійской болѣзни. По этому поводу необходимо имѣть въ виду, что здоровый организмъ какъ ребенка, такъ и взрослого человѣка, минеральныя части организма кальцій, магній, желѣзо и пр. получаетъ въ пищевыхъ веществахъ въ избыткѣ, именно въ видѣ тѣхъ соединений, которыя легко могутъ быть усвоены организмомъ. Кромѣ того, вообще, не доказано, чтобы мягкая вода могла способствовать появленію и развитію болѣзней вообще и въ частности англійской болѣзни—рахита.

Въ водѣ жесткой, но пригодной для питья, равно какъ и въ мягкой, болѣзнетворныя бактеріи могутъ оставаться нѣкоторое время жизнеспособными. Вообще же вода какъ мягкая, такъ и жесткая, если она пригодна для питья, т. е. чиста въ гигиеническомъ смыслѣ, мало способна поддерживать жизнь болѣзнетворныхъ бактерій.

Слѣдовательно, при выборѣ источника для водоснабженія, существенно важно только, чтобы вода была чиста, вкусна и чтобы не было условій для проникновенія и попаданія въ нее жизненныхъ отбросовъ и вмѣстѣ съ ними болѣзнетворныхъ микробовъ. Опираясь на эти данныя (Пржибытекъ—Отчетъ о химическихъ и бактериологическихъ изслѣдованіяхъ воды Ладожскаго озера. Спб. 1902 г.), слѣдуетъ считать, напримѣръ, малое содержаніе солей въ Ладожской водѣ, а вслѣдствіе этого мягкость этой воды хорошимъ качествомъ ея. Мягкость озерной воды дѣлаетъ ее сравнительно съ жесткой грунтовой выгодной для варки пищи, мытья, стирки и техническихъ цѣлей. Органическія вещества, содержащіяся въ ладожской водѣ (и невской до ея загрязненія городскими отбросами), попадаютъ главнымъ образомъ съ побережья и представляютъ почти исключительно продукты распада растительныхъ организмовъ, гуминовыя и ульминовыя кислоты. Вещества эти химически изучены весьма мало. Вліяніе ихъ на организмъ человѣка не было предметомъ специальныхъ изслѣдованій. Во всякомъ случаѣ вліяніе это не особенно вредно. Воду содержащую довольно значительное количество продуктовъ глѣнія растений въ болотахъ, потребляютъ въ огромномъ районѣ сѣвера Европы: часть Петроградской и Олонецкой губерніи, Финляндіи, большая часть Швеціи и Норвегіи. Повидимости, гуминовыя вещества въ водѣ, если они находятся въ такихъ количествахъ, что не портятъ физическихъ свойствъ воды, вкуса и цвѣта, индифферентны для организма человѣка и животныхъ. Береговая озерная вода очищается отъ органическихъ примѣсей путемъ разрушенія и окисленія ихъ при участіи бактерій, кислорода воздуха, солнечнаго свѣта, движенія и отстаиванія. Ладожская вода какъ по количеству и составу содержащихся въ ней солей (всего около 30 mgr.) въ литрѣ, причѣмъ углекислый кальцій и магній преобладаютъ, такъ и по своей мягкости (жесткость = $1^{\circ},8$ германскихъ градусовъ), по своему пріятному вкусу и нейтральной реакціи, а равно по малому колебанію температуры, постоянству состава и отсутствію болѣзнетворныхъ бактерій съ санитарной точки зрѣнія вполне пригодна для снабженія городовъ. Ладожское озеро, хотя бассейнъ открытый, но по счастливымъ условіямъ въ немъ можно легко найти на близкомъ разстояніи отъ берега (2—3 версты) мѣста, гдѣ имѣется постоянный запасъ чистой воды. Мѣста эти и въ буду-

щемъ могутъ быть защищены отъ загрязненія жизненными отбросами. (См. В. Е. Тимоновъ, Какъ устроить водоснабженіе С.-Петербурга?).

§ 35. Качественное изслѣдованіе воды.

Изслѣдованіе воды, предназначаемой для городского водоснабженія, должно быть сдѣлано съ большою тщательностью и подробностью и должно заключать обыкновенно слѣдующія операціи:

а) предварительное изслѣдованіе на мѣстѣ физическихъ свойствъ воды и источника—прозрачность, цвѣтъ, температура, запахъ, вкусъ, растительность, животныя,

б) химическій анализъ (двойкій—скорый и подробный),

в) микробиологическій анализъ, распадающійся на бактериологическій анализъ и біологическій (микроскопическій) анализъ.

Предварительное изслѣдованіе на мѣстѣ позволяетъ отвергнуть многія воды, хотя и не даетъ категорическихъ положительныхъ указаній. Вода мутная, теплая, съ дурнымъ вкусомъ или запахомъ, съ болотными растеніями и животными, и безъ дальнѣйшихъ изслѣдованій, не будетъ избрана. Вода прозрачная, холодная, съ освѣжающимъ вкусомъ, съ растеніями и животными, которыя бывають только въ хорошей водѣ (крессъ-салатъ, форели и т. д.) остановитъ на себѣ вниманіе. Подобнымъ же образомъ всякій изслѣдователь отнесется и къ мѣстности, предпочитая воду изъ мѣстности незаселенной, гористой, покрытой растительностью, водѣ изъ ближайшихъ окрестностей городовъ и т. д. Подробный осмотръ источника и изученіе условій, въ которыхъ онъ находится, можетъ дать весьма важныя указанія относительно возможныхъ въ будущемъ загрязненій и ихъ происхожденія. При такомъ осмотрѣ должно быть обращено особое вниманіе на расположеніе выгребныхъ ямъ, свалокъ, удобряемыхъ полей, промышленныхъ заведеній и пр. Пути загрязненія источника водоснабженія могутъ быть прослѣжены на мѣстѣ опытнымъ порядкомъ при посредствѣ веществъ легко проникающихъ черезъ почву съ водой и безъ труда обнаруживающихся въ водѣ, каковы сапроль, флуоресцинъ и др. Первый при содержаніи 1 части на миллионъ частей воды сообщаетъ ей вкусъ свѣтильнаго газа или нафталина, второй въ ничтожныхъ количествахъ придаетъ водѣ флуоресценцію и можетъ быть открытъ даже при содержаніи одной двадцатимилліонной доли.

Химическій анализъ представляется затѣмъ весьма важнымъ указателемъ въ выборѣ воды, хотя и онъ даетъ по преимуществу отрицательныя указанія, т. е. позволяетъ отвергнуть рядъ водъ, которыя могли бы казаться пригодными по своимъ внѣшнимъ признакамъ. Химическій анализъ воды представляется операціей сложной, требующей специальныхъ приспособленій и специальныхъ изслѣдователей. Инженеру приходится обыкновенно въ этихъ случаяхъ ограничиваться лишь взятіемъ пробъ. Каждая проба должна быть не менѣе 2 литровъ, а для полного анализа 5—10 литровъ. Она должна быть взята въ стеклянный сосудъ, не содержащій въ себѣ никакихъ жидкихъ или растворимыхъ веществъ (лучше совсѣмъ новый) и тщательно вымытый самой изслѣдуемой водой. Пробка должна быть притертая стеклянная. Воду нужно черпать въ рѣкѣ—на теченіи, а въ озерѣ—на нѣкоторой глубинѣ, но не у дна, чтобы не захватывать плавающей или донной мути. Изслѣдованіе должно быть сдѣлано возможно скоро послѣ взятія пробы; въ противномъ случаѣ нужно еще указать послѣ какого времени и какихъ температуръ сдѣланъ анализъ. Подробный анализъ долженъ дать количество взвѣшенныхъ частицъ, растворенныхъ газовъ, общаго твердаго остатка, всѣхъ главныхъ элементовъ этого остатка, органическихъ веществъ и т. д., какъ объ этомъ указывается въ курсѣ Химіи (см. также Г. В. Хлопинъ. Химическіе методы изслѣдованія питьевыхъ водъ. Спб. 1913). Не останавливаясь здѣсь на способахъ производства подробнаго химическаго анализа воды, мы укажемъ далѣе одинъ изъ быстрыхъ способовъ опредѣленія содержанія въ водѣ наиболѣе важныхъ солей,—обусловливающихъ ея жесткость (§ 34).

Микробиологическій анализъ водъ, подобно химическому, также даетъ по преимуществу отрицательныя указанія, но имѣетъ несомнѣнную важность. Микробиологическій анализъ воды распадается на двѣ группы изслѣдованій: бактеріологическій анализъ и биологическій (микроскопическій анализъ). Бактеріологическій анализъ воды въ санитарныхъ цѣляхъ въ настоящее время примѣняется въ формѣ количественнаго анализа, т. е. опредѣленія числа микроорганизмовъ въ единицѣ объема воды (1 куб. см.) и въ видѣ качественнаго анализа, т. е. опредѣленія родовъ и видовъ встречающихся въ водѣ бактеріальныхъ формъ. Пробы для этого анализа должны сохраняться въ герметически закрытыхъ сосудахъ. Стеклянный пу-

зырекъ, предварительно отоженный, освобожденный отъ воздуха и запаянный погружается въ воду, изъ которой нужно взять пробу; его горлышко отламывается подъ водой и наполненный сосудъ немедленно запаивается. При всемъ томъ нужно дѣлать опыты, не теряя времени и не измѣняя температуры воды (по возможности). Иначе результаты могутъ оказаться очень невѣрными. Самые методы бактериологическаго анализа многочисленны и сходны съ приемами употребляемыми вообще для изслѣдованія микробовъ. Мы не можемъ останавливаться здѣсь на этомъ предметѣ. Результатъ бактериологическаго анализа воды выражается въ числѣ микробовъ въ одномъ куб. сантиметрѣ воды, въ степени размножаемости и живучести микробовъ въ разныхъ культурахъ, наконецъ, въ ихъ опасности для жизни и здоровья, что узнается посредствомъ введенія культуръ водяныхъ микробовъ въ кровь животныхъ. Въ практикѣ при санитарной оцѣнкѣ воды направляютъ качественное бактериологическое изслѣдованіе только на извѣстныя воды микроорганизмовъ, значеніе которыхъ для оцѣнки качествъ воды опредѣленно выяснено, причемъ на первый планъ ставится отыскиваніе въ водѣ такихъ бактерій, которыя служатъ опредѣленными и признанными показателями загрязненія воды человѣческими изверженіями, т. е. на указателей такъ назыв. фекальнаго загрязненія (кишечная палочка—*Bacterium Colli*). Бактериологическій анализъ воды, еще меньше, чѣмъ химическій, можетъ быть сдѣланъ безъ специальныхъ лабораторіи и изслѣдователя.

Біологическій или микроскопическій анализъ примѣняея сначала, какъ дополненіе къ химическому анализу для изслѣдованія осадковъ, взвѣшенныхъ веществъ и живыхъ растительныхъ и животныхъ организмовъ. Въ послѣднее время подъ названіемъ біологическаго метода получила распространеніе та часть микроскопическаго изслѣдованія воды, которая имѣетъ цѣлью опредѣлить простѣйшія растительныя и животныя формы, живущія въ питьевыхъ или сточныхъ водахъ (фото—и зоопланктоны), а также на илѣ дна у береговъ. Изслѣдованія этого порядка представляютъ большой интересъ, но пока не могутъ считаться достаточными сами по себѣ для санитарной оцѣнки питьевыхъ водъ, такъ какъ для питьевыхъ водъ различной степени чистоты въ природѣ, повидому, нѣтъ безусловно характерныхъ организмовъ. Изслѣдованія этого рода могутъ, однако,

позволить констатировать возможность загрязнения питьевого источника, если въ немъ появляются формы, ему не свойственныя, но встрѣчающіяся обыкновенно въ водѣ иного происхожденія и состава, иной степени-чистоты. Біологическій анализъ можетъ быть правильно исполненъ только специалистами этого дѣла, число коихъ въ Россіи пока очень не велико (см. между прочимъ работы Н. С. Скорикова и Е. Н. Болохонцева по р. Невѣ и Ладожскому озеру въ 1905—6 гг., Я. Я. Никитинскаго по р. Москвѣ въ 1907 г. и С. М. Вислоуха по Невской губѣ въ 1911—12 гг.).

§ 36. Гидротиметрія.

Точный разносторонній анализъ воды источника, выбраннаго для водоснабженія, требуетъ, какъ было указано, специальныхъ: лабораторіи и изслѣдователя, или вѣрнѣе изслѣдователей разныхъ специальностей. Если даже ограничиться однимъ химическимъ анализомъ воды, то и въ этомъ случаѣ правильное его исполненіе ауждается въ специальной организаціи дѣла. Между тѣмъ во многихъ случаяхъ практической дѣйствительности требуется быстро орьентироваться въ вопросѣ о пѣкоторыхъ главнѣйшихъ химическихъ свойствахъ воды, причемъ самая возможность сложныхъ изслѣдованій исключается обстоятельствами мѣста и времени. Въ этихъ случаяхъ пользуются заранѣе заготовленными титрованными растворами определенныхъ реактивовъ, служащихъ для обнаруженія тѣхъ или иныхъ примѣсей. Въмѣсто растворовъ могутъ примѣняться таблетки, являющіяся спрессованными реактивами. Снабженіе санитарнаго обоза полка такими спрессованными реактивами даетъ, напимѣръ, полковому врачу возможность въ мирное и военное время удобно и быстро произвести грубое химическое изслѣдованіе у самаго источника воды, позволяющее судить о ея качествахъ и установить, находятся ли въ водѣ постороннія примѣси, наиболѣе важныя въ санитарномъ отношеніи, въ предѣлахъ, допустимыхъ для питьевой воды, или же содержаніе примѣсей превышаетъ эти предѣлы (см. Заводъ Военно-Врачебныхъ Заготовленій — Наставленіе для химическаго изслѣдованія воды спрессованными реактивами набора Д. А. Каменскаго. Спб. 1913).

Для еще болѣе скромной, и притомъ исключительно химической оцѣнки, весьма пригоденъ способъ, изобрѣтенный англичаниномъ Clarks'омъ и усовершенствованный французами Boutron'омъ и Boudet.

Этот способ основывается на известном свойстве воды при смѣшеніи ея съ мыльнымъ растворомъ образовывать остающуюся пѣну только послѣ того, какъ растворенныя въ водѣ соли щелочныхъ земель будутъ нейтрализованы частью мыла.

Чѣмъ больше солей содержитъ вода, иначе сказать, чѣмъ она болѣе жестка, тѣмъ больше нужно мыла, чтобы вызвать остающуюся пѣну. Такимъ образомъ, употребляя опредѣленный растворъ мыла, можно опредѣлить степень жесткости или такъ-называемый градусъ жесткости воды. Пѣна на изслѣдуемой водѣ должна быть въ слоѣ толщиною около 5 мм. и оставаться по крайней мѣрѣ 10 минутъ.

По Bourton'у и Boudet для приготовленія мыльнаго раствора надо растворить 100 гр. бѣлаго содоваго мыла въ 1600 гр. 90-градуснаго алкоголя, нагрѣть до кипѣнія и по охлажденіи профильтровать. Къ такому раствору слѣдуетъ прибавить еще 1000 куб. см. дистиллированной воды.

Этимъ растворомъ наполняютъ (черт. 173—стр. 233) запаянную снизу стеклянную трубку, которая сверху имѣетъ съ одной стороны воронку для наполненія ея растворомъ, съ другой стороны трубочку съ небольшимъ отверстіемъ для выпусканія раствора по каплямъ. Воронка можетъ закрываться притертой стеклянной пробкой.

На трубкѣ снаружи нанесены дѣленія, обозначающія числа градусовъ; нумерація начинается не съ верхняго дѣленія, а съ слѣдующаго за нимъ, такъ какъ для появленія пѣны необходимо прилить нѣкоторый избытокъ мыльнаго раствора. Этотъ приборъ названъ авторами этого способа гидротиметромъ.

Чтобы удостовѣриться въ правильности состава мыльнаго раствора и въ случаѣ нужды болѣе точно составить мыльный растворъ, растворяютъ 0,25 гр. хлористаго кальція въ 1 литрѣ дистиллированной воды. Изъ этого послѣдняго раствора наливаютъ 40 куб. сантим. въ сосудъ, раздѣленный на вѣшной поверхности на куб. сантиметры, а въ остальномъ устроенный такъ же, какъ это изображено на черт. 173. Къ этому раствору прибавляютъ постепенно такое количество мыльнаго раствора, чтобы при сильномъ взбалтываніи получалась остающаяся пѣна. Если для этого требуется 22° мыльнаго раствора, то значить, этотъ послѣдній составленъ вѣрно. Если для получения остающейся пѣны его требуется меньше, то

надо его соотвѣтственно разбавить водой; въ противномъ же случаѣ сдѣлать болѣе концентрированнымъ.

Вышеописанный способъ даетъ довольно вѣрные результаты до 30° жесткости. При большей жесткости приливаемый мыльный растворъ даетъ съ солями воды такое значительное количество нерастворимыхъ хлопьевъ изъ соединеніи жирныхъ кислотъ мыла съ щелочными землями воды,—что остающаяся пѣна образуется съ трудомъ или не образуется вовсе. Поэтому сперва надо изслѣдовать, не имѣетъ ли испытываемая вода болѣе большой градусъ жесткости; для этого берутъ небольшое количество изслѣдуемой воды и прибавляютъ постепенно къ ней мыльнаго раствора до тѣхъ поръ, пока не начнетъ образовываться остающаяся пѣна. Если она начинаетъ образовываться не скоро или если вмѣсто нея образуются при послѣдующемъ встряхиваніи хлопья и небольшія твердыя частицы, то надо испытываемую воду передъ изслѣдованіемъ разбавлять дистиллированной водой въ такомъ отношеніи, чтобы первая составляла $\frac{1}{2}$ или $\frac{1}{4}$ всего количества воды, взятаго для анализа; соотвѣтственно этому полученный градусъ жесткости придется умножить на 2 или на 4.

При правильномъ приготовленіи мыльнаго раствора 22° его должны нейтрализовать 40 куб. сант. раствора хлористаго кальція и давать остающуюся пѣну. Такимъ образомъ каждый градусъ мыльнаго раствора производитъ на 40 куб. сант. раствора хлористаго кальція такое же дѣйствіе, какъ 0,1 гр. мыла на 1 литръ такого же раствора. Такъ какъ нормальный растворъ хлористаго кальція заключаетъ, какъ указано выше, 25 сантиграммовъ этой соли въ одномъ литрѣ воды, то слѣдовательно 22° мыльнаго раствора нейтрализуются однимъ сантиграммомъ хлористаго кальція. Отсюда слѣдуетъ, что 1° соотвѣтствуетъ $\frac{0,10 \text{ грамма}}{22} = 0,00045$ хлористаго кальція въ 40 кубическихъ сантиметрахъ воды или $0,00045 \times 25 = 0,0114$ грамма хлористаго кальція въ одномъ литрѣ воды.

Но 0,0114 грамма хлористаго кальція эквивалентны въ гидротиметрическомъ отношеніи 0,0103 грамма углекислаго кальція. Такимъ образомъ ясно, что гидротиметрической способъ указываетъ съ достаточной точностью для практическихъ примѣненій степень жесткости воды во французскихъ градусахъ (1 сантиграммъ CaCO_3 въ 1 литрѣ воды § 34).

Для производства анализа берутъ 40 куб. сантим. изслѣдуемой

Таблица № 13.—Гидротиметрическіе градусы нѣкоторыхъ водъ.
(Delhotel—p. 56).

Названіе водъ.	Гидротиметрическіе градусы (французскіе).	Количество мыла, разлагающагося до образованія пѣны—на одинъ куб. метръ воды.
Дистиллированная вода (Boutron и Boudet)	0	0
Вода Longemer'скаго озера	1°,1	110 грам.
" Guirbaden'скаго лѣса	1°,5	
" рѣки Allier у г. Moulin	3°,5	350 "
" дождевая въ Парижѣ	3°,5	
" р. Дордонъ у г. Либурна	4°,5	
" р. Гаронны у г. Тулузы	5°	500 "
" Луары у гг. Тура и Нанта	5°,5	
" горная въ г. Глазго	5°,6	
" изъ ключа Fromont въ Вогезахъ	6°	
" р. Невы въ г. С.-Петербургѣ	6°	600 "
" ключей Grandfontaine въ Вогезахъ	7°	700 "
" г. Эдинбурга	7°	
" г. Ньюкестля	7°	
" ключей Морвана, вытекающихъ изъ гранитныхъ толщъ	2° до 7°	
" песковъ Фонтенбло	6° до 22°	
" Артезианск. Гренельскаго колодезя въ Парижѣ	9°,18 до 11°,70	
" " " " " " " " " " " "	10°,1 до 11°	
" Женевскаго озера	11°	1 килогр. 100
" р. Арно	11°	
" водопровода Vergine въ г. Римѣ	11°,2	
" р. большого Рейна (у Алтерсгейма)	12°,2	
" малаго Рейна	12°,5	
" р. Илля	13° до 14°	
" р. Роны въ г. Лионѣ	13°,5	
" р. Йонны	15°	1 " 500
" р. Сены у моста Иври (1854 г. Декабрь)	15°	
" р. Соны	15°	
" ключей, вытекающихъ изъ мѣловыхъ наслоеній	12° до 17°	1 " 500
" ключей, вытекающихъ изъ наслоеній мергелистаго мѣла	14° до 22°	
" г. Лондона	15° до 23°	
" г. Манчестера	16°,8	
" г. Ливерпуля	16°,8 до 21°	
" р. Сены у моста Иври (1855 г. Февраль)	17°	1 " 700
" водопроводъ Феличе въ г. Римѣ	18°,2	

Названіе водъ.	Гидротиметрическіе градусы (Французскіе).	Количество мыла, разлагающагося до образования пѣны — на одинъ куб. метръ воды.
Вода ключей долины р. Ваннъ	17°,33 до 20	
„ р. Марны у Шарантона	19° до 23°	
„ р. Клейды у г. Глазго	21°	2 килогр.100
„ р. Уазы у Понтуаза	21°	
„ ключей вытекающихъ изъ безгипсов. мергелей.	20° до 30°	
„ ключей Dhuis (у резервуара въ Менильмонтанъ — Парижъ)	20°,5	
„ ключей Dhuis (по Belgrand)	22°,18 до 23°	
„ р. Сены въ Chaillot (1885 г. Февраль)	23°	
„ Аркейльскаго водопровода (въ Парижѣ)	28°	
„ р. Тибра	29°	
„ Уркскаго канала	30°	3 „ 00
„ Аркейльскаго водопровода у источника рѣки Rungis	33°,45 до 42,84	
„ ключей вытекающихъ изъ гипсосодержащихъ мергелей	23° до 150°	
„ Берлинскихъ колодцевъ	36° до 41°	
„ колодцевъ въ Près St. Gervais	72°	7 „ 200
„ колодцевъ въ Бельвиллѣ	128°	12 „ 800

Примѣчаніе. Расчетъ количества мыла для разныхъ гидротиметрическихъ градусовъ показываетъ наглядно значеніе чистоты воды для промышленныхъ учрежденій, употребляющихъ мыло.

воды и прибавляютъ къ ней мыльнаго раствора до тѣхъ поръ, пока при сильномъ взбалтываніи не будетъ образовываться остающаяся пѣна. Этимъ и опредѣляется степень (градусъ) жесткости.

Для паровыхъ котловъ главное значеніе имѣетъ присутствіе въ водѣ известковыхъ солей. Чтобы выдѣлить ихъ изъ испытуемой воды, къ 50 куб. сант. этой воды прибавляютъ 2 куб. см. 1—2% раствора щавелевокислаго аммонія, причемъ сѣрнокислыя и углекислыя соли разлагаются; известь же въ соединеніи съ щавелевой кислотой осаждается. Оставшуюся жидкость фильтруютъ и, отдѣливъ отъ нея 40 куб. сант., опредѣляютъ снова градусъ жесткости помощью мыльнаго раствора. Вычитая изъ первоначально полученной степени жесткости найденную теперь, мы получимъ степень жесткости, зависящую отъ известковыхъ солей. Далѣе кипятятъ 100 куб. см. испытуемой воды полчаса въ стеклянной колбѣ, по- полняя убыль дистиллированной водой, и послѣ охлажденія филь-

руютъ. Если отдѣлить отъ этой жидкости 40 куб. сант. и опредѣлить степень жидкости, то полученная степень жесткости будетъ относиться къ заключающимся въ водѣ солямъ кальція и магнія, безъ углекислой извести, которая осѣла при кипяченіи. Однако по Voutron'у и Boudet слѣдуетъ полученную при этомъ степень жесткости уменьшить на 3°, такъ какъ при кипяченіи осѣдаетъ не вся углекислая известь. Если отдѣлить отъ 100 куб. сант. прокипяченной и профильтрованной воды 50 куб. сант. и прибавить къ ней 2 куб. сант.—2% раствора щавелево-кислаго аммонія, то, профильтровавши жидкость и отдѣливъ отъ нея 40 куб. сант., мы можемъ опредѣлить степень жесткости относительно магnezіальныхъ солей.

Приводимъ здѣсь степень жесткости нѣкоторыхъ водъ, опредѣленную гидротиметрическимъ путемъ (см. таблицу № 13).

§ 37. Попытки классификаціи питьевыхъ водъ.

Въ предшествующихъ §§ мы рассмотрѣли вопросъ о количествѣ воды для городского водоснабженія, объ опредѣленіи расходовъ воды, которые могутъ дать различные источники, о качествахъ водъ разныхъ происхожденій, о методахъ, какими могутъ быть выяснены въ надлежащей мѣрѣ эти качества.

Теперь необходимо указать, какимъ образомъ долженъ быть сдѣланъ выборъ воды въ нѣкоторомъ опредѣленномъ случаѣ, когда имѣется на лицо возможность получить воду изъ разныхъ источниковъ разныхъ качествъ и въ разныхъ количествахъ съ затратой разныхъ средствъ.

Нечего и говорить, что задача такого рода не допускаетъ общаго рѣшенія.

Если даже ограничиться однимъ качествомъ воды, предполагая всѣ остальные факторы равными, то и тогда нельзя установить категорической точки зрѣнія.

Такъ напр. весьма долго держалась слѣдующая нисходящая градація воды: дождевая вода, ключевая, рѣчная, колодезная, ледниковая, озерная, прудовая и болотная.

Теперь всѣ признаютъ эту градацію невѣрной, и въ Англіи была предложена такая классификація.

Воды здоровыя.	{	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ключевая. 2. Изъ глубокихъ колодцевъ 3. Поверхностная (атмосферная) горная. 	}	очень пріятнаго вкуса.
Воды подозрительныя.	{	<ol style="list-style-type: none"> 4. Дождевыя. 5. Поверхностная (атмосферная) съ воздѣланныхъ земель. 	}	довольно пріятнаго вкуса.
Воды опасныя.	{	<ol style="list-style-type: none"> 6. Вода рѣкъ, получающихъ содержимое канализаціи. 7. Вода обыкновенныхъ колодцевъ. 	}	годныя для питья.

И эта классификація, хотя гораздо болѣе удовлетворительная чѣмъ прежняя, не имѣетъ въ себѣ ничего абсолютно точнаго: можно найти много примѣровъ хорошихъ водоснабженій съ водой, которая по англійской скалѣ была бы подозрительной и даже опасной.

Если ввести въ соображеніе другой важный факторъ—количество воды, то выборъ станетъ еще труднѣе, тѣмъ болѣе, что вода для городовъ нужна, какъ было указано выше, не только для питья, а для удовлетворенія самыхъ разнообразныхъ иныхъ потребностей, въ коихъ ея санитарныя качества часто отступаютъ на второй планъ.

§ 38. Выборъ воды въ зависимости отъ ея назначенія.

Несомнѣнно, что ключевая и грунтовая вода по своимъ качествамъ должна быть (говоря вообще) поставлена выше рѣчной, озерной и собранной изъ атмосферныхъ осадковъ, за исключеніемъ тѣхъ случаевъ, когда ключевая и грунтовая вода оказываются жесткими или непріятнаго вкуса и запаха, или загрязненными. Но въ большинствѣ случаевъ количество ключевой и грунтовой воды можетъ быть признано достаточнымъ лишь для небольшихъ или среднихъ городовъ, для крупныхъ же городовъ оно вообще мало, въ особенности если принять во вниманіе быстрый ростъ этихъ городовъ. Очень трудно вездѣ найти ключевую или грунтовую воду въ такомъ количествѣ, которое было бы достаточно напр. для города, потребляющаго ежедневно 25.000.000 ведеръ, тѣмъ болѣе, что этотъ расходъ въ будущемъ подлежитъ возрастанію въ неопредѣленной степени; выбирая извѣстный источникъ водоснабженія слѣдуетъ, оче-

видно, имѣть въ виду и это возрастаніе. Уступая въ количествѣ вообще, ключевая и грунтовая вода имѣютъ за собою еще ту важную въ практическомъ отношеніи невыгоду, что источники ихъ недостаточно надежны. Ключи даютъ количество воды, измѣняющееся со временами года; это колебаніе можетъ очень вредно отзываться на водоснабженіи, въ особенности во время засухъ; нѣкоторые ключи могутъ даже совсѣмъ изсякать. Что же касается грунтовой воды, то количество ея, которымъ возможно воспользоваться для водоснабженія, хотя и можетъ быть опредѣлено изысканіями, но лишь грубо приблизительно и, слѣдовательно, тоже недостаточно надежно. Въ противоположность этому рѣки и озера представляютъ источникъ, изъ котораго можно навѣрно получать количество воды всегда достаточное, какъ бы городъ въ будущемъ ни возрасталъ. Въ виду изложеннаго, при выборѣ источника для водоснабженія большихъ городовъ слѣдуетъ предпочитать рѣку или озеро, и, такъ какъ вода ихъ не всегда удовлетворительныхъ качествъ, то необходимо принимать всѣ мѣры для улучшенія ея; для водоснабженія же небольшихъ городовъ можно пользоваться ключевой и грунтовой, но съ соблюденіемъ непремѣннаго условія, чтобы имѣющееся въ распоряженіи количество ея значительно превосходило (въ нѣсколько разъ) современную потребность города въ водѣ и чтобы имѣлись нужныя гарантіи возможности охранить избранные источники ключевыхъ или грунтовыхъ водъ отъ загрязненія. Последнее обстоятельство представляется особенно важнымъ, если эти источники находятся въ заселенной мѣстности, гдѣ возможны фильтраціи въ почву различныхъ грязныхъ жидкостей, нерѣдко содержащихъ болѣзнетворныя начала.

Высокія качества ключевой и грунтовой воды имѣютъ значеніе только при употребленіи ея въ питье и пищу, при употребленіи же ея для другихъ цѣлей—для фонтановъ, заводовъ, фабрикъ, для поливки улицъ и т. п. эти качества не играютъ роли; такъ какъ изъ общаго количества воды, потребляемой городомъ, только малая часть идетъ въ питье и пищу, то поэтому является естественною упомянутая уже ранѣе въ § 9 мысль объ устройствѣ въ крупныхъ городахъ двухъ водопроводовъ: одного—съ малымъ количествомъ воды, но высокихъ качествъ (ключевая или грунтовая)—для употребленія ея только въ питье и пищу, и второго—съ большимъ количествомъ воды, но худшаго качества (рѣчная нефилътрированная) для удовле-

творенія всѣхъ остальныхъ потребностей въ водѣ. Устройство такихъ параллельныхъ водопроводовъ (питьевого и промышленнаго) вполне возможно, какъ это показываетъ примѣръ Парижа и нѣкоторыхъ др. городовъ, хотя стоимость двухъ водопроводовъ обыкновенно выше стоимости одного, ихъ замѣняющаго. Но примѣненіе системы двойного водоснабженія должно быть обусловлено требованіями, указанными въ § 9.

Въ настоящее время замѣчаются усилія техники изыскать способъ очищенія рѣчной воды болѣе совершенный, чѣмъ нынѣ употребляемый (помощью песочныхъ фильтровъ); нѣтъ основаній сомнѣваться въ томъ, чтобы эти усилія рано или поздно не увѣнчались успѣхомъ, а въ такомъ случаѣ съ тѣмъ болѣею увѣренностью можно будетъ примѣнять для водоснабженія городовъ рѣчную и озерную воду.

Вода атмосферныхъ осадковъ, собираемая въ водохранилищахъ, можетъ служить также надежнымъ источникомъ для водоснабженій, но устройство водохранилищъ вблизи города не всегда возможно по топографическимъ условіямъ окрестностей города; по этой же причинѣ нерѣдко затруднительно найти такой бассейнъ, чтобы выпадающихъ внутри его атмосферныхъ осадковъ было достаточно для образованія воднаго запаса требуемыхъ размѣровъ. Вотъ почему въ водопроводахъ англійскихъ городовъ водохранилища лежатъ въ нѣсколькихъ десяткахъ верствъ отъ города, что, разумѣется, значительно увеличиваетъ стоимость водопроводовъ. Въ этомъ отношеніи водоснабженіе изъ водохранилищъ уступаетъ водоснабженію изъ рѣкъ и озеръ.

Общія основанія, которыми слѣдуетъ руководиться при выборѣ источника для водоснабженія, объяснены, между прочимъ, въ слѣдующемъ постановленіи съѣзда германскихъ гигиенистовъ въ Дюссельдорфѣ еще въ 1876 г.:

«Какъ ключевая, такъ грунтовая и рѣчная фильтрованная вода можетъ удовлетворять предъявленнымъ требованіямъ; выборъ способа водоснабженія въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ зависитъ отъ мѣстныхъ условій. При прочихъ одинаковыхъ условіяхъ, въ отношеніи качества и количества воды, заслуживаетъ предпочтенія тотъ источникъ, который, во-первыхъ, представляетъ наилучшую гарантію для постоянной доставки воды и, во-вторыхъ, требуетъ наименьшей траты для устройства и содержанія водопроводныхъ сооружений».

Стоимость каждого водопровода складывается из трех элементов:

а) стоимости водосборных сооружений, которая в свою очередь обуславливается стоимостью: отстойных бассейнов, фильтров и сборных резервуаров—при употреблении рѣчной фильтрованной воды; водохранилищ съ фильтрами и сборными резервуарами—при употреблении воды изъ атмосферныхъ осадковъ; ключевыхъ и сборныхъ бассейновъ—при употреблении ключевой воды,—и водосборныхъ трубъ со смотровыми и сборнымъ колодцами или водосборныхъ колодцевъ большого и малаго діаметра—при употреблении грунтовой воды;

б) стоимости сооружений передаточныхъ, т. е. служащихъ для провода воды изъ водосборныхъ сооружений въ городъ; сюда входитъ стоимость водоподъемнаго зданія со всѣми водоподъемными машинами и стоимость нагнетательной трубы, а если напоръ въ сѣти городскихъ трубъ получается достаточнымъ и безъ накачиванія, то въ такомъ случаѣ—стоимость одной только трубы;

в) стоимости городской части водопровода, т. е. сѣти трубъ и водонапорной башни или водонапорнаго резервуара.

Отсюда видно, что если напр. источникъ ключевой воды весьма удаленъ отъ города и воду надо нагнетать, то стоимость водопровода будетъ зависѣть преимущественно отъ стоимости передаточныхъ сооружений; если же напр. городъ снабжается нефилтрованной водою изъ близъ-лежащей рѣки, то стоимость водопровода будетъ обуславливаться главнымъ образомъ стоимостью городской части его. Такимъ образомъ въ каждомъ частномъ случаѣ нужно установить отъ коихъ элементовъ будетъ по преимуществу зависѣть стоимость водопровода. (По вопросу о стоимости водоснабженій см. между прочимъ Vol. XXXVIII. American Society of Civil Engineers. Valuation of Water-Works Property by Wynkoop Kiersted). По статистическимъ даннымъ германскаго инженера Грана стоимость водопроводовъ въ германскихъ городахъ составляетъ отъ 5 до 18 кредитныхъ рублей на каждого жителя, какъ при употреблении ключевой и грунтовой воды, такъ и рѣчной фильтрованной. При обыкновенныхъ условіяхъ, когда источникъ лежитъ довольно близко отъ города, можно считать, что стоимость водопровода обуславливается стоимостью городской части его, которая составляетъ примѣрно около $\frac{2}{3}$ всей стоимости.

Вышеприведенная стоимость водопровода относится къ случаю, когда всѣ водопроводныя сооруженія устроены рационально, т. е. въ требуемомъ числѣ, надлежащихъ размѣровъ, при хорошихъ матеріалахъ и работѣ.

Русскія городскія думы при устройствѣ водопроводовъ часто преслѣдуютъ излишнюю экономію, [вслѣдствіе чего городская сѣтъ оказывается малой, діаметры трубъ недостаточными, число пожарныхъ крановъ—скуднымъ, резервуары и баки водонапорныхъ башенъ—малой вмѣстимости и т. п.; если къ этому прибавить еще встрѣчающіеся нерѣдко плохой матеріалъ и неудовлетворительную работу, то въ результатѣ получается устройство плохого водопровода и слѣдовательно мало производительная трата городскихъ средствъ. Само собою разумѣется, что вскорѣ послѣ устройства такого водопровода начинаются исправленія, расширенія и перестройки возведенныхъ сооружений, которыя, такимъ образомъ, въ общемъ могутъ стоить гораздо больше того, во что обошелся бы водопроводъ, построенный съ самаго начала согласно требованіямъ водопроводной техники (см. также докладъ Ф. А. Данилова XI-му Водопроводному и Санитарно-Техническому Съѣзду 1913 г. — «Водопроводы русскихъ городовъ по даннымъ второй анкеты»).

Изъ сказаннаго ясно, что при выборѣ источника водоснабженія необходимо въ каждомъ частномъ случаѣ составить нѣсколько параллельныхъ проектовъ съ исчисленіемъ стоимости каждаго отдѣльнаго рѣшенія. Только тогда можно будетъ ясно видѣть, какія выгоды могутъ быть получены въ количествѣ воды и въ стоимости водопровода, если пожертвовать ея качествомъ и наоборотъ. Только тогда по зрѣломъ и спокойномъ обсужденіи всѣхъ частныхъ вопроса можно будетъ принять для этого случая рациональное рѣшеніе (см. В. Е. Тимоновъ. Какъ устроить водоснабженіе С.-Петербурга? и его-же—Матеріалы по водоснабженію Петрограда въ связи съ проектомъ Ладожскаго водопровода, составленнымъ въ 1913).

ГЛАВА ПЕШТАЯ.

Добываніе воды.

СОДЕРЖАНІЕ. § 39. Способы добыванія воды. — § 40. Сборъ атмосферной воды въ малыхъ и большихъ количествахъ. — § 41. Добываніе воды изъ ручьевъ, рѣкъ и озеръ. — § 42. Водохранилища съ водоудержательными плотинами для собиранія текучихъ и атмосферныхъ водъ. — § 43. Добываніе воды колодцами. — § 44. Артезіанскіе колодцы. — § 45. Классификація способовъ водоснабженія изъ буровыхъ колодцевъ къ зависимости отъ свойствъ водоносныхъ горизонтовъ. — § 46. Сборъ грунтовой воды горизонтальными трубами. — § 47. Нѣкоторыя теоретическія данныя для опредѣленія расхода грунтовыхъ водосборовъ. — § 48. Добываніе воды изъ ключей.

§ 39. Способы добыванія воды.

Вода для снабженія населенныхъ мѣстностей, а равно и для другихъ цѣлей (орошеніе, питаніе водныхъ путей), можетъ быть добываема въ различныхъ фазахъ ея кругооборота въ природѣ, а именно въ видѣ атмосферныхъ осадковъ, наземныхъ потоковъ и скопленій, подземныхъ или грунтовыхъ потоковъ или скопленій.

Наиболѣе легкій способъ добыванія представляютъ наземныя воды—ихъ обыкновенно нужно только брать. Для остальныхъ же необходимы болѣе или менѣе сложные приемы собиранія.

Классификація главнѣйшихъ способовъ добыванія воды для снабженія населенныхъ мѣстностей (отчасти и для другихъ цѣлей) можетъ быть предложена слѣдующая:

I Категорія.

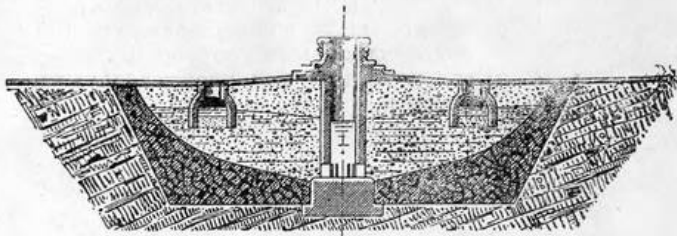
Морская вода.—Перегонка въ особыхъ приспособленіяхъ.

II Категорія.

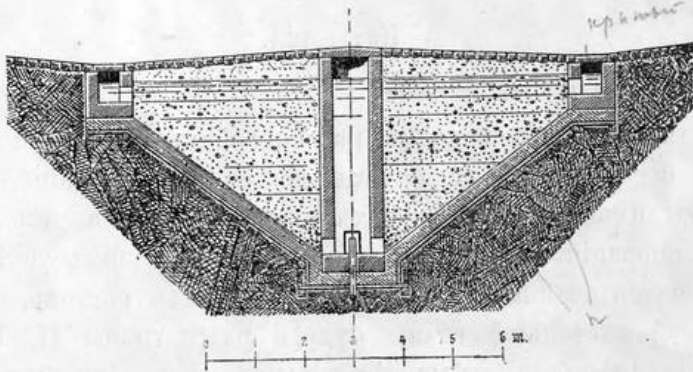
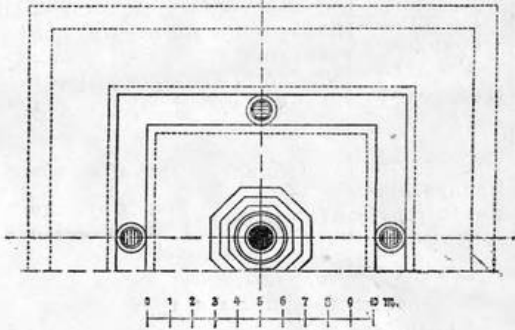
Атмосферныя воды. { 1) Рвы для дождевой воды.
2) Цистерны для дождевой { α) обыкновенныя,
воды. { β) фильтрующія вод у
3) Водохранилища съ водоудержательн. плотинами

Снабженіе дождевою водою.

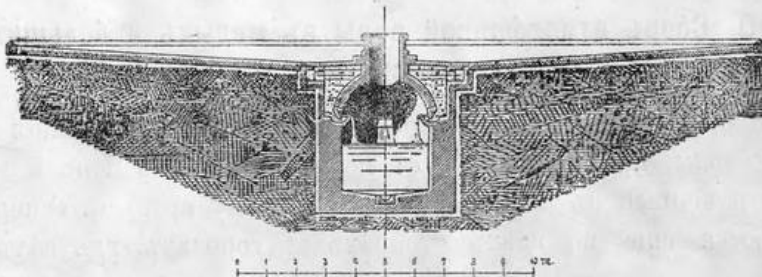
Цистерны венеціанскихъ типовъ
(съ предварительной фильтраціей воды).



Черт. 174, 175 и 176.—Об-
дѣлка устья колодца,
разрѣзъ и планъ ци-
стернь Венеціи съ от-
крытымъ колодцемъ.



Черт. 177.—Разрѣзъ цистерны венеціанскаго типа съ закрытымъ колодцемъ.



Черт. 178.—Цистерна съ песочными сифонами, какъ варіантъ венеціанскаго типа.

III Категория.

- 1) Добывание воды изъ рѣкъ .
- | | | |
|---|--|---|
| { | а) простое . | { α безъ фильтровъ.
β съ естеств. фильтр. |
| | б) съ помощью водопроводныхъ или водораздѣльныхъ сооружений. | |
| | в) съ помощью водоудержательныхъ плотинъ. | |
- 2) Добывание воды изъ озеръ.

IV Категория.

- | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|---|---|--|---|----------------------------|---|--|
| Подземная
(грунтовая)
воды | { | 1) Добыван. грунтовой воды при помощи вертикальныхъ сооружений . . . | { | А) Колодцы большого діаметра (резервуарные). | { | а) Колодцы для періодическаго пользованія (домовые колодцы). | { | α каменные колодцы. | { | β металлич. колодцы. |
| | | В) Колодцы малаго діаметра (трубчатые). | | б) Колодцы для неперывнаго пользованія (водопроводные колодцы). | | а) забивные или абиссинскіе, | | { | | α бруклинскіе,
β артезианскіе. |
| | | 2) Добыван. грунтовой воды при помощи горизонтальныхъ сооружений . . | { | а) Открытые каналы. | { | б) Дренажные каналы и трубы. | { | в) Сборные трубы. | { | г) Сборные галлерей. |
| | | б) Дренажные каналы и трубы. | | { | | в) Сборные трубы. | | { | | г) Сборные галлерей. |
| | | в) Сборные трубы. | | | | { | | | | г) Сборные галлерей. |
| | | г) Сборные галлерей. | | | | | | | | |

V Категория.

Добывание воды изъ ключей.

Не останавливаясь совсѣмъ на способахъ перегонки морской воды, въ виду крайней исключительности этой операціи въ практикѣ городскихъ или станціонныхъ водоснабженій, а также въ виду того, что операціи эти производятся съ наибольшимъ успѣхомъ въ особыхъ патентованныхъ аппаратахъ разныхъ системъ, въ дальнѣйшихъ §§ настоящей главы будутъ рассмотрѣны II, III, IV и V категории способовъ добыванія воды въ цѣляхъ снабженія населенныхъ мѣстностей.

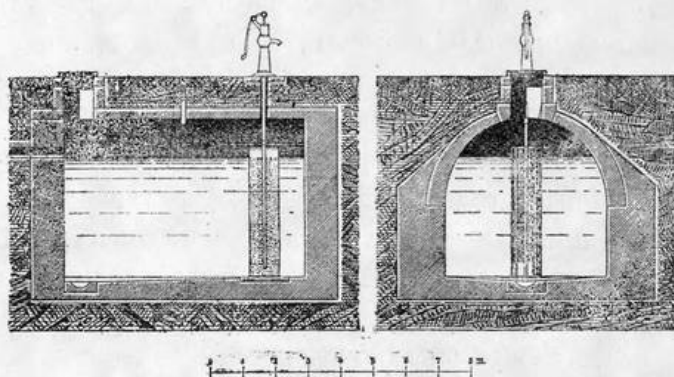
§ 40. Сборъ атмосферной воды въ малыхъ и большихъ количествахъ.

Цистерны—представляютъ простѣйшій способъ собиранія атмосферной воды, примѣняющійся съ незапамятныхъ временъ и весьма распространенный въ древнемъ мірѣ (см. главу вторую). Теперь онѣ встрѣчаются еще во всѣхъ странахъ въ городахъ, гдѣ нѣтъ пра-

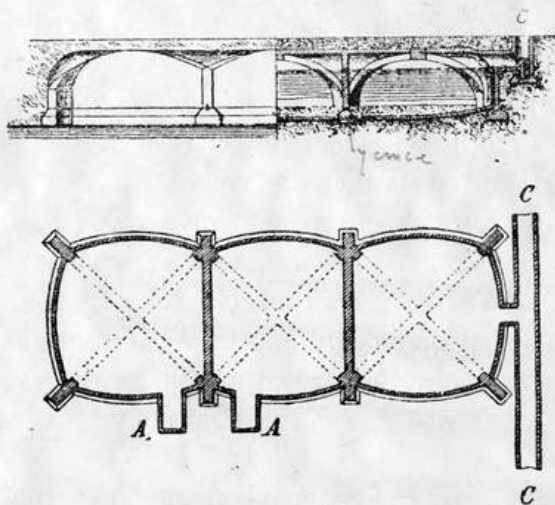
Снабженіе дождевою водою.

Цистерны американскихъ типовъ.

(съ послѣдующей фильтраціей воды).



Черт. 179 и 180. — Продольные и поперечные разрѣзы американской цистерны съ вертикальнымъ несочнымъ фильтромъ. Вода въ цистерну протекаетъ по трубѣ (слѣва), собираясь съ крышъ или мощеныхъ поверхностей.



Черт. 181 и 182. — Цистерна большихъ размѣровъ съ фильтромъ для станціоннаго водоснабженія (вокзалъ въ Geestemunde).

C — водовпускной каналъ для наполненія цистерны;

A } водоподъемные колодцы для извлеченія воды изъ цистерны.

На днѣ цистерны положенъ слой песка, чрезъ который вода должна пройти, чтобы достигнуть колодцевъ *A* и *A*₁. (A. Fruhling).

вильнаго водоснабженія; въ нѣкоторыхъ случаяхъ цистерны употребляются, какъ источники городского водоснабженія, въ особенности въ Соединенныхъ Штатахъ Сѣверной Америки.

Цистерны—суть резервуары, обыкновенно вырытые въ землѣ, со стѣнками обложенными глиной, деревомъ, металломъ или каменной кладкой и закрытые сверху. Онѣ соединены трубами или каналами съ крышами зданій и т. п. поверхностями, получающими атмосферные осадки. Вода изъ нихъ извлекается ведрами или насосами. Если есть основаніе опасаться переполненія цистерны, она снабжается водоотводной трубой.

Чтобы цистерна давала неиспорченную воду необходимо:

- 1) автоматически или инымъ способомъ не допускать въ нее первыхъ водъ, стекающихъ съ крышъ, такъ какъ такія воды всегда грязны;
- 2) давать отстаиваться собираемой водѣ въ особомъ резервуарѣ, откуда она переливалась бы постепенно въ самую цистерну;
- 3) сдѣлать стѣнки цистерны вполне непроницаемыми, чтобы предотвратить всякій доступъ въ цистерну грунтовыми водами и предупредить потери собираемой воды;
- 4) избѣгать всякихъ соединеній отводной трубы съ водосточными трубами дома, чтобы въ цистерну не могли проникать сточныя воды и газы;
- 5) примѣнять для цистерны матеріалы, не портящіеся отъ воды (известковый растворъ передаетъ въ воду известь; желѣзо дѣлаетъ воду ржавой, деготь сообщаетъ ей дурной вкусъ и запахъ и т. д.);
- 6) помѣстить устье всасывающей трубы такъ, чтобы оно было всегда въ водѣ и въ то же время далеко отъ поверхности, гдѣ плаваютъ разныя тѣла и отъ дна, гдѣ есть осадокъ грязи;
- 7) сохранять воду цистерны въ темнотѣ, чтобы по возможности предупредить развитіе въ ней животной и растительной жизни;
- 8) чистить не менѣе двухъ разъ въ годъ всѣ части цистерны до дна.

Значительнымъ усовершенствованіемъ въ дѣлѣ устройства цистернъ явилось примѣненіе къ нимъ фильтровъ, дѣйствующихъ или въ моментъ собиранія воды или въ моментъ ея извлеченія изъ цистерны.

Первый типъ давно примѣняется въ Венеціи (черт. 174—175), второй болѣе новый, распространенъ въ Соединенныхъ Штатахъ (черт. 179, 180).

Венеціанскія цистерны представляють собою резервуаръ въ формѣ усѣченной пирамиды, вырытый въ землѣ, со стѣнками обложенными обыкновенно мятой глиной съ примѣсью песка, для приданія имъ водонепроницаемости. Для той же цѣли примѣняются и другія приемы. Резервуаръ этотъ наполненъ пескомъ. Вода входитъ въ него по желобамъ и поступаетъ въ галерею изъ кирпича, сложенного на сухо или же непосредственно въ песочную толщу; профильтровываясь затѣмъ черезъ песокъ, вода достигаетъ центрального колодца черезъ отверстія, оставленныя внизу въ каменной кладкѣ его стѣнъ. До послѣдняго времени, когда Венеція получила общее водоснабженіе, она имѣла 200 общественныхъ и 1.900 частныхъ дождевыхъ цистернъ съ 200.000 куб. м. вмѣстимости. Венеціанскія цистерны бываютъ съ открытыми и закрытыми колодцами. Первый типъ представленъ на черт. 174—176. Цистерны этого типа собирають дождевую воду, выпадающую на окружающія ее мостовыя черезъ посредство четырехъ оконъ. Извлекается вода черезъ колодезь, подошва коего на 4 м. ниже мостовой. Венеціанская цистерна съ закрытымъ колодцемъ изображена въ разрѣзѣ на черт. 177. Вода изъ такой цистерны отводится на поверхность земли къ пониженному мѣсту особой трубой, расположенной въ центрѣ колодца, гдѣ труба снабжается водоразборнымъ краномъ (если условія мѣстности позволяютъ). Цистерна имѣетъ форму четырехгранной пирамиды. Бока ея покрыты досчатымъ настиломъ на лежняхъ, плотно прилегающимъ къ землѣ. На настилѣ кладется слой бетона, глины, асфальтового толя и т. п. Вокругъ цистерны идетъ крытый каналъ, собирающій воду съ извѣстныхъ поверхностей (ихъ слѣдуетъ окружить заборомъ) и выпускающій ее черезъ особыя окна въ толщу песочнаго фильтра. На черт. 178 показана цистерна, приближающаяся къ венеціанскому типу въ томъ отношеніи, что въ ней вода очищается до поступления въ резервуаръ. Существенное отличіе ея отъ венеціанскихъ (черт. 174 — 175) въ томъ, что вода попадаетъ въ колодезь черезъ сифоны, наполненные пескомъ, т. е. движется въ песочной массѣ не сверху внизъ, а снизу вверхъ и затѣмъ падаетъ съ высоты, смѣшиваясь съ воздухомъ. Благодаря этому она (будто бы) не увлекаетъ съ собою песокъ и освѣжается. Типъ этотъ не имѣетъ особаго распространенія.

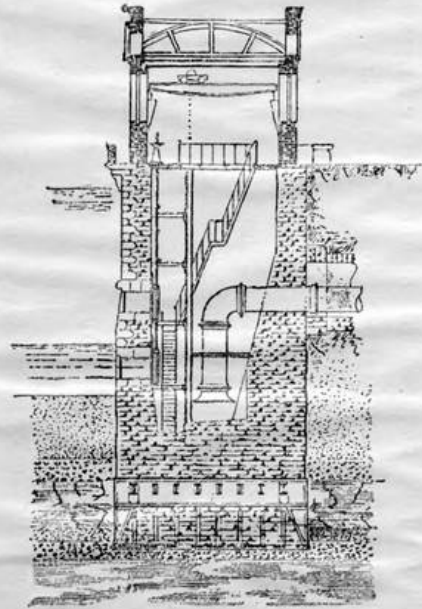
Въ американскихъ цистернахъ всасывающая труба чаще погружена въ особую камеру, отдѣленную отъ цистерны пористой стѣнкой изъ камня, кирпича или даже угля. Иногда всасываніе дѣлается просто чрезъ постоянный или съемный фильтръ. Иногда же резервуаръ цистерны и фильтръ совершенно разобщены и вода проходить чрезъ особый фильтръ прежде чѣмъ попасть въ снабжающую домъ трубу. На черт. 179—180 представлена въ разрѣзахъ американская цистерна, отвѣчающая приведеннымъ условіямъ; въ ней фильтрованіе производится въ моментъ извлеченія воды изъ колодца, а не при собираніи, какъ въ венеціанскихъ. Извлеченіе дѣлается насосами по трубѣ, окруженной песочнымъ фильтромъ въ сѣткѣ изъ проволоки; нижняя часть цилиндра фильтра на высотѣ 0,50 м. сплошная.

Размѣры цистернъ могутъ быть въ нѣкоторыхъ случаяхъ довольно велики, какъ показываетъ примѣръ цистерны вокзала въ Геестемюнде, приведенный на черт. 181, 182. Эта цистерна представляетъ собой трехкамерный подземный резервуаръ изъ каменной кладки съ сводчатыми покрытіями потолка и боковыхъ стѣнъ. Дно ея покрыто слоемъ песка, чрезъ который вода фильтруется ранѣе, чѣмъ достигнетъ устьевъ водовыпускныхъ колодцевъ. Такимъ образомъ эта цистерна принадлежитъ къ американскому типу по отношенію къ моменту очистки воды. Каковы бы ни были, однако, усовершенствованія, вносимыя въ устройство цистернъ, они не могутъ устранить самаго важнаго ихъ недостатка—неспособности доставить значительные запасы воды, какіе бываютъ нужны для большихъ городовъ. Для этой цѣли необходимо собирать осадки съ очень большихъ площадей и имѣть резервуары часто огромныхъ размѣровъ. Такая потребность удовлетворяется образованіемъ искусственныхъ наземныхъ водохранилищъ, т. е. искусственныхъ озеръ (см. § 42).

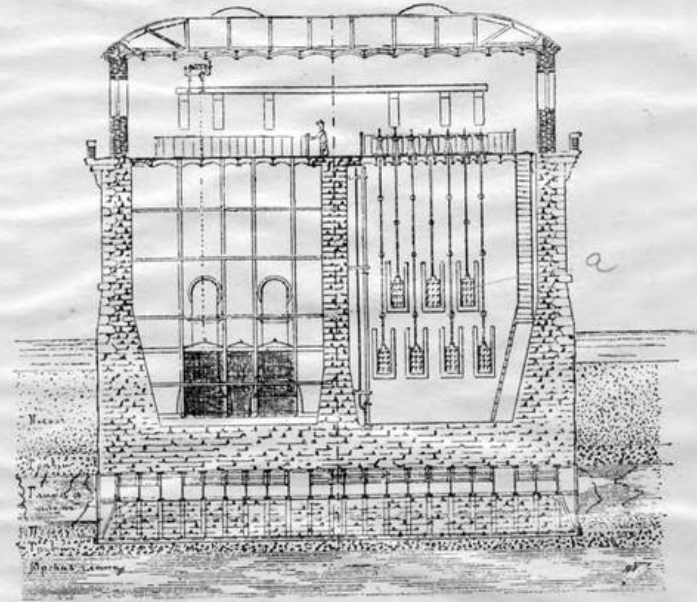
§ 41. Добываніе воды изъ ручьевъ, рѣкъ и озеръ.

Добываніе воды изъ ручьевъ и рѣкъ, т. е. изъ потоковъ, движущихся по земной поверхности, требуетъ особыхъ сооруженій для захвата и направленія воды.

Водоснабженіе города Москвы.



Черт. 183. Поперечный разрѣзъ водопріемника Рублевской станціи изъ р. Москвы.



Черт. 184. Продольный разрѣзъ водопріемника Рублевской станціи изъ р. Москвы.

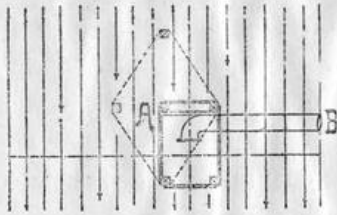
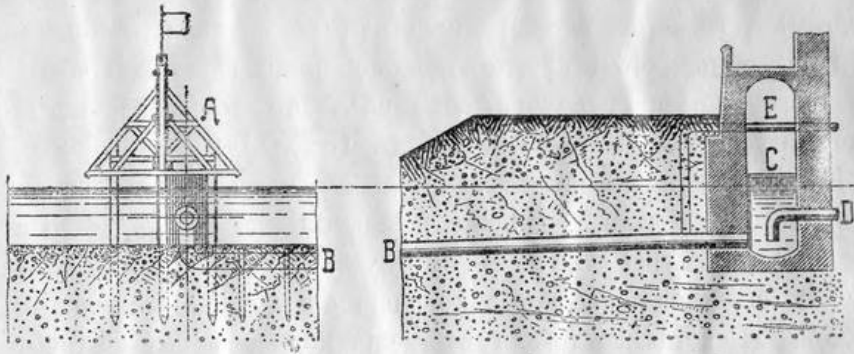
Устройство этихъ сооруженийъ зависитъ отъ того, должна ли захваченная вода перемѣщаться далѣе силой тяжести по канавѣ, каналу, трубѣ или же она перемѣщается посредствомъ машинъ, а также отъ того, захватывается ли весь потокъ или только часть его.

Когда отводимое количество воды незначительно по сравненію съ расходомъ обильнаго водой потока, захватное сооруженіе состоитъ изъ колодца или камеры, поставленной въ рѣкѣ и соединенной съ водопроводомъ (черт. 183, 184), или же даже изъ одной трубы (черт. 185—187). Черт. 183 и 184 представляютъ разрѣзы водоприемника новаго водопровода г. Москвы, поставленнаго въ руслѣ р. Москвы у деревни Рублево, непосредственно у берега. Онъ имѣетъ два отдѣленія, получающихъ обыкновенно воду чрезъ окна, помѣщенные ниже самыхъ низкихъ водъ. Въ каждомъ отдѣленіи двѣ 42 дюймовыя трубы ведущихъ воду къ насосамъ. Устья трубъ охраняются помѣщенными внутри камеръ двойными сѣтками отъ плавающихъ тѣлъ и рыбъ. Сѣтки подвижныя и могутъ очищаться по очереди. На случай засоренія водоприемныхъ оконъ при высокомъ горизонтѣ воды въ рѣкѣ имѣется еще рядъ верхнихъ оконъ выше горизонта низкихъ водъ. Во второмъ этажѣ водоприемника помѣщены механизмы для открыванія задвижекъ, а также кранъ для подъема сѣтокъ и ремонта всасывающихъ трубъ. Для удаленія воды и ила изъ отдѣленій водоприемника во время изъ очистки установлены два грязевыхъ элеватора сист. Кертинга, работающіе водой подъ давленіемъ въ 17 атмосферъ. Заложеніе фундамента водоприемника сдѣлано при посредствѣ кесона со сжатымъ воздухомъ. (Н. У. Голиневичъ. Водоприемникъ новаго Москворѣцкаго водопровода. Спб. 1904).

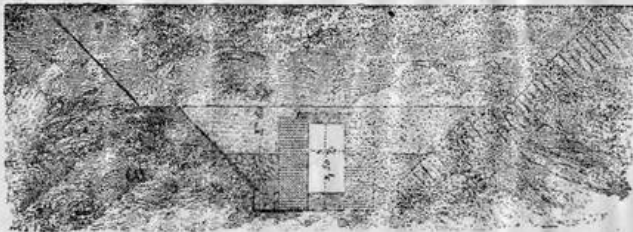
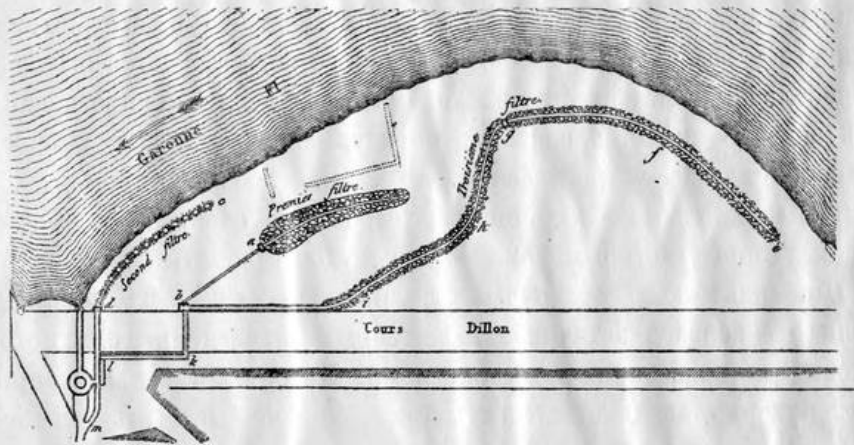
Черт. 185 — 187 даютъ представленіе о водоприемникѣ г. Парижа изъ р. Сены. Здѣсь имѣется камера, сообщающаяся съ одной стороны съ рѣкой, а съ другой съ насосами. Къ рѣкѣ идетъ длинная труба (В), устье которой охраняется рѣшетками отъ плавающихъ тѣлъ и особой надстройкой отъ судовъ (А). Съ насосами камеру соединяетъ всасывающая труба (Д). Особая труба (Е) позволяетъ обратнымъ токомъ воды промывать въ случаѣ надобности всасывающую трубу—обстоятельство, которое не должно быть упускаемо изъ вида въ подобныхъ условіяхъ.

Снабженіе рѣчной водой.

Водоснабженіе городовъ Парижа и Тулузы.



Черт. 185, 186 и 187. Приёмникъ воды изъ Сены близъ Иври для водоснабженія Парижа. *A*—надстройка для указанія водоприёмника судамъ; *B*—труба, по которой вода течетъ въ колодезь (*C*) самотокомъ; *C*—водоприёмный колодезь; *D*—всасывающая труба, ведущая къ насосамъ; *E*—труба, соединенная съ напорной трубой насосной станціи и служащая для промывки (въ случаѣ надобности) водоприёмной трубы *B*. Устье водоприёмной трубы *B* окружено рѣшетками со всѣхъ сторонъ для защиты отъ плавающихъ тѣлъ.



Черт. 188 и 189. Планъ и поперечный разрѣзъ водосборныхъ дренажныхъ галлерей Тулузы.

Если вода въ рѣкѣ недостаточно чиста, а берега ея состоятъ изъ легко проницаемаго водой неразмываемаго грунта (песка или гравія), то пріемники помѣщаются не въ самой рѣкѣ, а въ берегѣ на нѣкоторомъ отъ рѣки разстояніи. Они состоятъ въ такомъ случаѣ изъ дренажныхъ устройствъ, вполне аналогичныхъ съ тѣми, которыя описаны далѣе въ § 46 и служатъ для собиранія грунтовой воды. Такой типъ добыванія рѣчной воды называется обыкновенно «естественнымъ фильтрованіемъ» (см. черт. 188 и 189).

2) Когда нужна довольно значительная часть расхода обильнаго водой потока, дѣлаютъ водораздѣлительныя или водоподъемныя сооруженія (см. курсы Орошенія и Внутр. Вод. Сообщеній), которыя отводятъ въ каналъ желаемое количество воды. Раздѣлительныя сооруженія дѣлаются, когда для отведенія воды изъ рѣки не требуется ея предварительнаго подъема. Если же таковой нуженъ, то рѣка преграждается водоподъемной плотиной, которая, возвышая горизонтъ воды въ рѣкѣ, позволяетъ брать воду съ большей высоты.

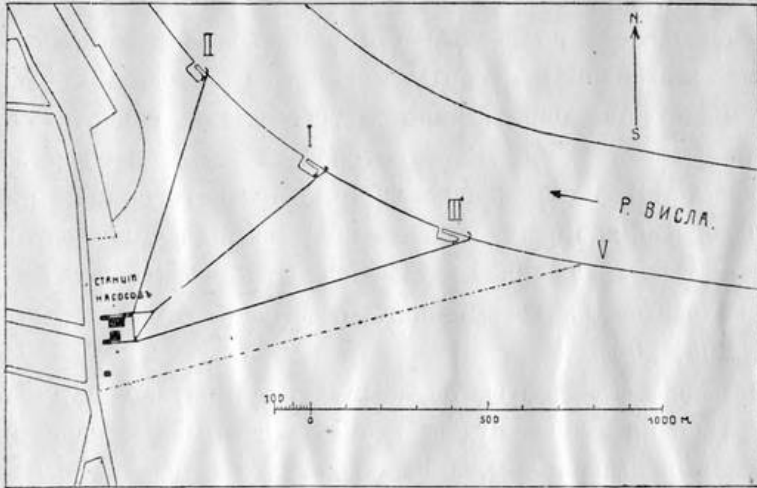
Наконецъ, когда требуемый расходъ воды превышаетъ меженній расходъ потока, его преграждаютъ водоудержательной плотиной образуя резервуаръ и дѣлаютъ отводной каналъ или трубу. Плотина должна имѣть водосливъ для паводковъ и допускать очистку подпертаго резервуара. Резервуары такого рода дѣлаются на рѣкахъ съ небольшими меженними расходами и даютъ возможность накоплять воду во время паводковъ, образуя запасы на время межени. Подробности ихъ устройства см. въ § 42.

Типы всѣхъ перечисленныхъ устройствъ очень разнообразны. Общія условія, которымъ они должны удовлетворять, таковы.

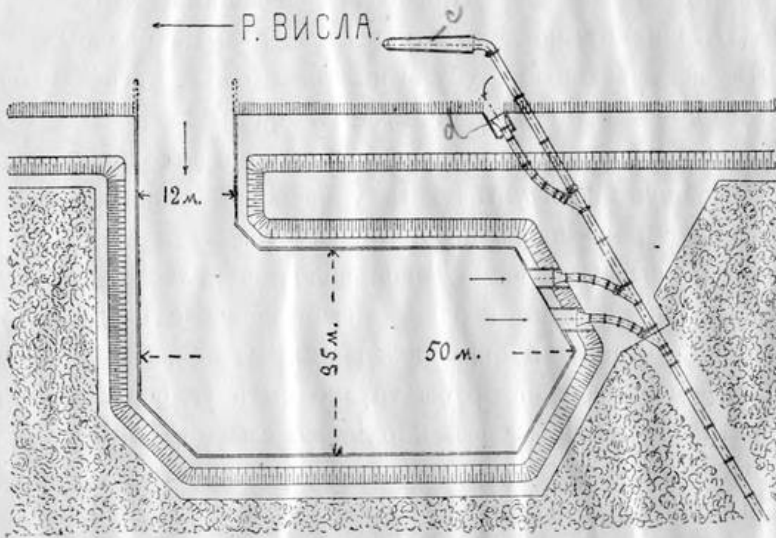
Пріемникъ воды изъ ручья или рѣки долженъ быть поставленъ вдали отъ всякаго источника зараженія и загрязненія воды потока, каковы фабрики, бани, водостоки и пр. Въ большихъ рѣкахъ пріемникъ нужно ставить въ мѣстахъ съ возможно быстрымъ теченіемъ, т. е. по преимуществу вдали отъ берегъ, избѣгая мѣсть, гдѣ недостатокъ скорости или подпоръ способствуетъ скопленію наносовъ, плавающихъ отбросовъ или льда. Если нѣтъ возможности найти такое мѣсто, которое удовлетворяло бы этимъ послѣднимъ требованіямъ, то слѣдуетъ устроить двѣ или болѣе всасывающихъ трубъ въ разныхъ пунктахъ рѣки, чтобы въ случаѣ засо-

Снабженіе рѣчной водой.

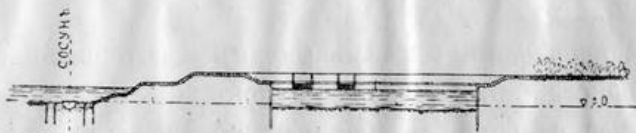
Водоснабженіе города Варшавы.



Черт. 190. Общій план расположенія станціи насосовъ и водозаборныхъ трубъ съ показаніемъ предохранительныхъ бассейновъ.



Черт. 191. Планъ предохранительнаго бассейна и устья водозаборной трубы.



Черт. 192. Разрѣзь по АВ къ плану, представленному на черт. 191.

реній одной можно было пользоваться другой, очищая въ это время первую.

Приемникъ долженъ быть по возможности огражденъ отъ проникновенія въ него плавающихъ тѣлъ; для этой цѣли служатъ рѣшетки, сѣтки и т. п.

Приемникъ долженъ по возможности брать воду съ наименьшимъ количествомъ взвѣшенныхъ твердыхъ частей. Съ этою цѣлью вода берется на нѣкоторомъ опредѣленномъ уровнѣ: или у поверхности посредствомъ водослива, или на нѣкоторой глубинѣ—посредствомъ особыхъ отверстій. Иногда при переменномъ горизонтѣ воды въ рѣкѣ, озерѣ или водохранилищѣ для захвата воды на постоянной глубинѣ употребляютъ даже качающіяся плавающія трубы, впускное отверстие коихъ находится на неизмѣнномъ разстояніи отъ поверхности воды (черт. 205, 206).

Приемникъ долженъ допускать легкую и удобную очистку отъ грязи, которая непременно будетъ скопляться въ немъ, не смотря на всѣ указанная выше мѣры, а въ подлежащихъ случаяхъ и отъ льда. При открытыхъ сверху сооруженіяхъ (камеры, каналы) эта очистка не затруднительна. При всасывающихъ трубахъ (см. черт. 185—187) прибѣгаютъ къ очисткѣ воды подъ сильнымъ давленіемъ. Во всасывающую трубу вгоняется вода изъ нагнетательной трубы городской сѣти, чѣмъ и достигается промывка.

Если разстояніе между устьемъ такой трубы и насосной станціей велико, то предпочитаютъ устраивать у насосной станціи колодезь, къ которому вода рѣки идетъ по трубѣ самотекомъ и изъ котораго насосы уже высасываютъ воду. Такой колодезь является тогда мѣстомъ складыванія наносовъ и очистка его происходитъ безъ затрудненій. Подобное устройство приемника тѣмъ цѣлесообразнѣе, что при большой длинѣ всасывающей трубы трудно быть увѣреннымъ въ непроницаемости ея стыковъ; чрезъ плохіе же стыки въ трубу могутъ входить грунтовая вода, часто очень подозрительнаго характера.

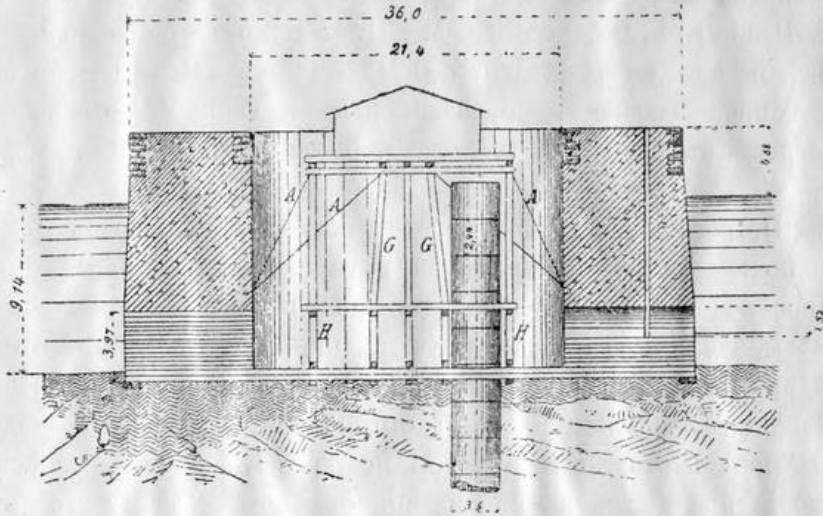
Приемникъ воды изъ рѣки, на которой есть судоходство, долженъ быть защищенъ отъ удара судовъ и обозначенъ дневными и ночными знаками.

Наконецъ, необходимы также мѣры противъ разрушенія ледоходомъ.

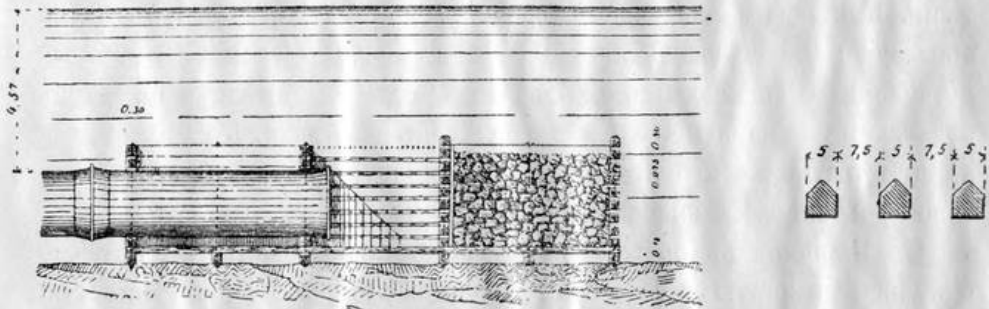
При устройствѣ рѣчныхъ приемниковъ въ сѣверныхъ мѣстностяхъ серьезное вниманіе должно быть обращено на предохраненіе

Снабженіе озерной водой.

Водоснабженіе городовъ Чикаго и Торонто.



Черт. 193.—Водопріемникъ въ озерѣ Мичиганѣ для города Чикаго (первоначальный типъ). Состоитъ изъ деревяннаго фундамента съ бетонной надстройкой. Фундаментъ высотой 3,97 метра имѣетъ форму кольца; внѣшній діаметръ 36 м., внутренній—21,4 м. Онъ построенъ, какъ ряжи, на берегу, изъ 30 сант. лѣса, прибуksированъ и погруженъ. Надстройка бетонная—сдѣлана въ желѣзномъ кессонѣ, тоже построенномъ на берегу и прибуksированномъ. Вертикальная шахта (труба) для забора воды соединяется съ горизонтальнымъ туннелемъ.



Черт. 194 и 195.—Водопріемникъ въ озерѣ Онтарио для города Торонто (продольный разрѣзъ и деталь деревянной рѣшетки). Водопріемникъ состоитъ изъ деревяннаго ряжа площадью $14,20 \times 14,20$ кв. метровъ, раздѣленнаго на 9 камеръ и нагруженнаго камнемъ. (Масштабъ $\frac{1}{225}$, размѣры въ метрахъ). Въ центральную камеру входитъ всасывающая деревянная съ чугунными флянцами труба діаметромъ въ 1,83 м. Центральная камера прикрыта деревянной рѣшеткой, детали которой показаны особо (размѣры въ дюймахъ).

устьевъ пріемныхъ трубъ отъ засоренія мелкимъ плавающимъ льдомъ и обмерзанія. Опытъ показываетъ, что, при неправильномъ устройствѣ или эксплуатаціи водопровода, подѣ дѣйствіемъ этихъ явленій можетъ сокращаться притокъ воды по пріемной трубѣ и даже совсѣмъ прекращаться на значительный промежутокъ времени (см. докладъ Втор. Рус. Вод. съѣзду М. И. Алтухова—по вопросу объ обмерзаніи водопріемныхъ трубъ и І. І. Словиковскаго—«о явленіяхъ сопровождающихъ замерзаніе рѣкъ»). Такія явленія были въ Петроградѣ въ 1893 и 1914 годахъ, были въ Варшавѣ и др. мѣстахъ.

Въ Петроградѣ въ 1914 году (30 ноября—1 декабря) водоснабженіе почти совсѣмъ прекратилось и городъ сталъ въ крайне бѣдственное положеніе, лишившись на продолжительное время питьевой воды, воды въ ватерклозетахъ, въ приборахъ водяного отопленія и пр. Катастрофа произошла при типичныхъ условіяхъ образованія кристалловъ льда въ водѣ: быстромъ охлажденіи ея массы, ясномъ небѣ и отсутствіи ледяного покрова. Въ метеорологическомъ отношеніи при должномъ наблюденіи она могла быть легко предвидѣна. Она не произошла бы, если бы насосная станція имѣла надлежаще устроенные водопріемники, удовлетворяющіе указаннымъ ниже условіямъ, вмѣсто ряда всасывающихъ трубъ, глубоко входящихъ въ воду и лишенныхъ всякихъ приспособленій для механической очистки и предупрежденія обмерзанія (см. главу X). Наконецъ, при допущенной закупоркѣ сосуновъ, перерывъ въ водоснабженіи былъ бы значительно короче, если бы устья трубъ были обозначены береговыми створными или другими знаками, которые позволили бы немедленно ихъ найти и если бы имѣлись наготовѣ водолазныя команды для очистки устьевъ отъ льда. Техническое и административное неблагоустройство имѣло, такимъ образомъ, роковое значеніе для водоснабженія столицы.

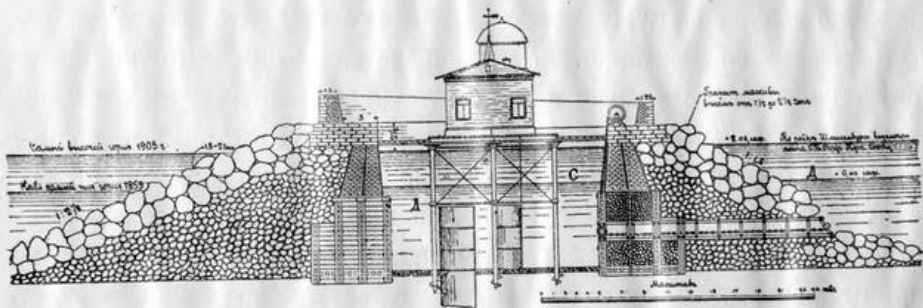
Въ Варшавѣ въ прежнее время, когда водопроводъ имѣлъ только одну всасывающую трубу, оканчивающуюся въ руслѣ рѣки Вислы на разстояніи около 10 метровъ отъ берега желѣзнымъ коробчатымъ сосуномъ, длиной въ 8 метровъ съ многими отверстіями (около 3000) въ верхней части,—во время морозовъ, при температурѣ рѣчной воды, близкой къ нулю, но при отсутствіи льда на поверхности, въ ясную погоду, наблюдалось образованіе ледяныхъ кристалловъ, которые проникали

Снабженіе озерной водой.

Водоснабженіе городовъ Чикаго и Петрограда.



Черт. 196.—Общій видъ одного изъ новѣйшихъ водоприемниковъ на озерѣ Мичиганѣ для города Чикаго (Carter H. Harrison Crib).



Черт. 197.—Разрѣзъ водоприемника, спроектированнаго въ 1907 году А. А. Кицинскимъ для Ладожскаго озера. Сооруженіе состоитъ изъ деревяннаго кольцевого ряжа съ желѣзобетонной надстройкой и наружной защитной отсыпью изъ камня и пр. (см. стр. 294).

въ трубы и насосы, нарушая правильный ход машинъ. Иногда приэтомъ покрывалась льдомъ вся поверхность сосуна и доступъ воды чрезъ сосунъ прекращался, а для приема воды приходилось пользоваться особымъ отверстіемъ на трубѣ у берега, отгребая мелкій пловучій ледъ (шорохъ) и окалывая твердый примерзшій ледъ.

Вопросъ о мѣрахъ при помощи коихъ слѣдуетъ бороться съ этими явленіями при устройствѣ и эксплуатаціи водопроводовъ представлялся лѣтъ двадцать тому назадъ, однако, еще мало выясненнымъ. Второй Русскій Водопроводный съѣздъ 1895 года ограничился, напримѣръ, по этому предмету лишь слѣдующими постановленіями:

1) предложить инженерамъ завѣдывающимъ различными водопроводами, производить изслѣдованіе явленій, сопровождающихъ замерзаніе рѣкъ;

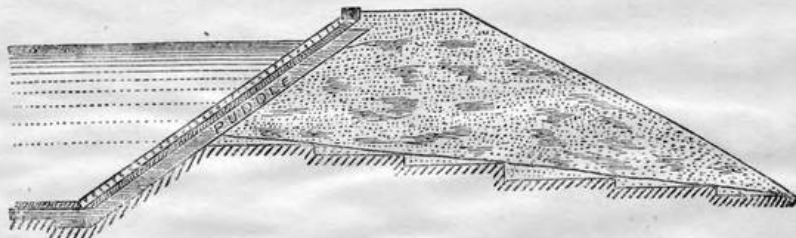
2) выяснить, при какихъ условіяхъ сосуны (всасывающія трубы) въ виду предупрежденія обмерзанія ихъ, должны быть располагаемы, вблизи берега, по срединѣ рѣки, или же въ отдѣльныхъ бассейнахъ.

Съ тѣхъ поръ практика водопроводнаго дѣла доказала возможность вполне удовлетворительныхъ рѣшеній этихъ вопросовъ. Выяснилось, что главной причиной засоренія является мелкій ледъ, образующійся въ періодъ предшествующій ледоставу и плавающий въ массѣ воды (шорохъ). Этотъ ледъ проникаетъ въ водопріемныя устья, трубы и даже въ насосы въ тѣмъ большемъ количествѣ, чѣмъ активнѣе всасываніе и, накопляясь, вызываетъ закупорки. Чтобы избѣжать такихъ неудобствъ нужно имѣть возможность брать воду изъ разныхъ мѣстъ попеременно, пользуясь устьемъ, въ данную минуту болѣе свободнымъ, и освобождая тѣмъ временемъ другія устья отъ засореній. Въ Варшавѣ, напримѣръ, было построено три всасывающихъ трубы къ тремъ значительно отдаленнымъ другъ отъ друга пунктамъ берега р. Вислы (черт. 190—192). У конца каждой изъ этихъ трубъ устроенъ особый бассейнъ длиной 50, шириной 25 и глубиной 2 метра, имѣющій цѣлю вызвать мѣстный ледоставъ, подъ защитой коего вода будетъ предохранена отъ образованія мелкаго плавающего льда. Бассейны соединяются съ соотвѣтствующими всасывающими трубами. Послѣднія имѣютъ еще глубокія донныя устья въ руслѣ рѣки и поверхностныя устья у ея берега внѣ бассейна. Совокупность этихъ устройствъ

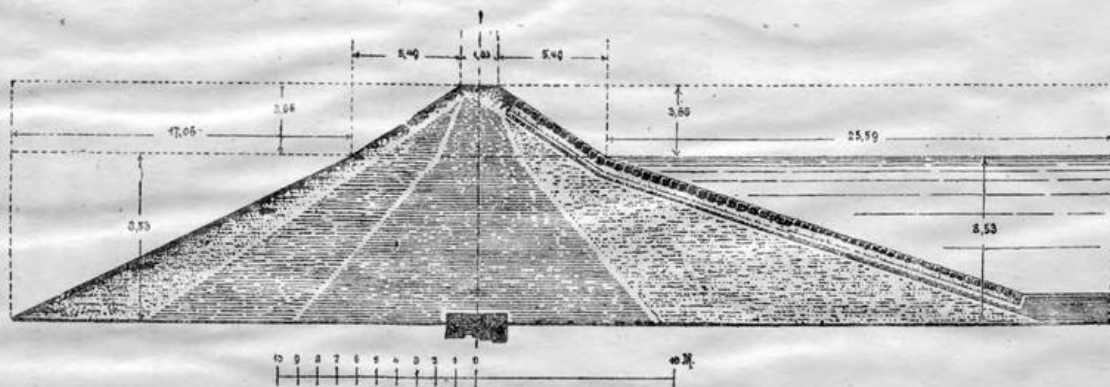
Земляныя плотины.



Черт. 198.—Схематическій разръзъ простой земляной плотины; ширина по верху въ метрахъ $= b = 3,00 + 0,3(h - 3)$, откосы (нижней) $\frac{1}{2,5}$ — $\frac{1}{3}$ и $\frac{1}{2}$;
 объемъ $= bh + h^2 \left(\frac{\text{Cotg } \psi + \text{Cotg } \varphi}{2} \right)$.



Черт. 199.—Профиль земляной плотины съ слоемъ мягкой глины подъ мостовой откоса, обращеннаго къ водѣ.



Черт. 200.—Земляная плотина англійскаго типа Ashti въ Индіи, построенная въ 1876—82 гг. для оросительнаго водохранилища.

повидимому обезпечила Варшаву отъ упомянутыхъ бывавшихъ ранѣе зимнихъ задержекъ въ водоснабженіи (см. докладъ Л. Б. Гембаржевъ въ Трудахъ Десятаго Русскаго Водопроводнаго Съѣзда, 1911 г.).

Широкое развитіе въ Канадѣ устройствъ для использования энергіи падающей воды вызвало необходимость въ активной борьбѣ съ указанными явленіями въ водозаборныхъ сооруженіяхъ часто гораздо болѣе значительнаго масштаба, чѣмъ водопроводныя. Приэтомъ, между прочимъ, выяснилась полная возможность полученія успѣшныхъ результатовъ по удаленію отлагающагося на рѣшеткахъ и трубахъ льда при весьма маломъ ихъ нагрѣваніи, достигающемъ лишь тысячныхъ долей градуса (опыты Murphy, H. Barnes—Ice formation with special reference to Anchor Ice and Frazil). Такое нагрѣваніе легко достигается посредствомъ электрическаго тока при незначительномъ расходѣ энергіи. Ея расходъ еще меньше, когда надо только предупредить льдообразование, а не удалить уже образовавшійся ледъ.

Въ примѣненіи къ городскимъ водоснабженіямъ можно вообще рекомендовать слѣдующую совокупность мѣръ:

с. 275
1) устройство шахтеннаго водопріемника съ отверстиями на разныхъ высотахъ (черт. 183—184) или нѣсколькихъ водопріемниковъ на разныхъ разстояніяхъ отъ берега и разныхъ глубинахъ (черт. 190—192);

с. 277
2) снабженіе водопріемныхъ трубъ приспособленіями для обратнаго тока воды (черт. 185—187);

3) устройство электрическихъ или паровыхъ обогревателей втекающей въ водопріемныя трубы воды;

4) непрерывное наблюденіе за температурой воды и воздуха, состояніемъ атмосферы и др. метеорологическими факторами, а равно за давленіемъ въ всасывающихъ трубкахъ, въ особенности въ періоды, когда возможно ожидать скорого образованія льда;

5) заблаговременное заготовленіе къ такимъ періодамъ водолазной команды и содержаніе ея полной готовности для экстренной расчистки устьевъ водопріемниковъ;

6) точное обозначеніе находящихся подъ водой устьевъ водопріемныхъ трубъ посредствомъ постоянныхъ знаковъ, чтобы къ расчисткѣ ихъ можно было приступать сразу, не теряя времени на ихъ отысканіе.

озера

Условія, коимъ должны удовлетворять озерные приѣмники, въ общемъ мало отличаются отъ рѣчныхъ. Нѣкоторую особенность составляетъ необходимость заботиться о возможномъ постоянствѣ температуры воды, вслѣдствіе чего желательно получать ее съ довольно значительныхъ глубинъ, о защитѣ приѣмника отъ волненія, которое на большихъ озерахъ можетъ имѣть серьезное значеніе, и отъ поднимаемой волненіемъ мути, а въ сѣверныхъ странахъ на большихъ водныхъ пространствахъ отъ давленія движущихся ледяныхъ полей.

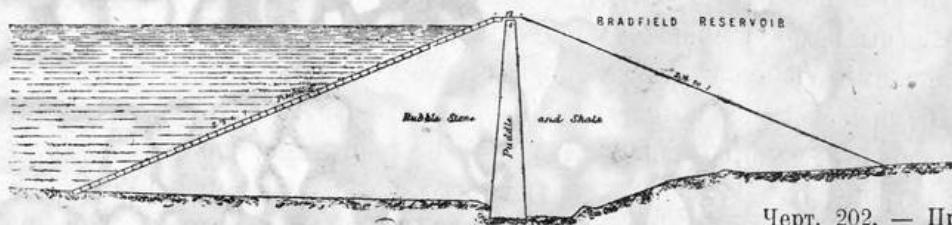
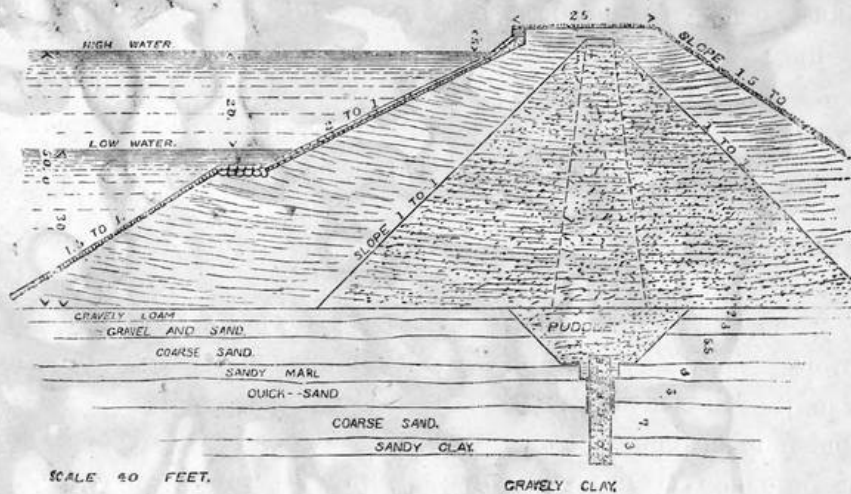
Примѣры озерныхъ приѣмниковъ показаны на чертежахъ 193 — 197.

Наиболѣе разработанъ вопросъ объ устройствѣ озерныхъ приѣмниковъ въ Сѣверной Америкѣ, гдѣ имѣется много сооружений этого рода въ городахъ Буффало, Кливлэндъ, Чикаго, Мильуоки и др. въ Соединенныхъ Штатахъ, въ г. Торонто и др. въ Канадѣ. Всѣ перечисленные города получаютъ воду изъ Большихъ Озеръ—Чикаго и Мильуоки изъ озера Мичигана, Буффало и Кливлэндъ изъ озера Ири и Торонто изъ озера Онтарио. Разстояніе этихъ водоприѣмниковъ отъ берега озеръ весьма различно и измѣняется въ предѣлахъ отъ 570 саж. (водоприѣмникъ въ Мильуоки) до 3.228 саж. (новый водоприѣмникъ въ Кливлэндѣ). Въ первомъ случаѣ заборъ воды производится не у самаго приѣмника, а въ разстояніи 357 саж. отъ него, при помощи стальныхъ трубъ, проложенныхъ по дну озера, т. е. на разстояніи 927 саж. отъ берега. Необходимость столь значительнаго удаленія водоприѣмниковъ отъ берега озеръ объясняется желаніемъ получить для водоснабженія болѣе чистую и менѣе подверженную вліянію береговыхъ загрязненій воду. Въ четырехъ изъ перечисленныхъ городовъ вода подается потребителямъ безъ предварительной фильтраціи, и только въ Торонто вся вода фильтруется черезъ англійскіе песчаные фильтры. Обезвреживаніе воды гипохлоритами примѣняется въ Буффало, Кливлэндѣ и Мильуоки и, отчасти, въ Чикаго и Торонто.

Приѣмники воды соединены съ берегомъ при помощи туннелей, а въ тѣхъ же случаяхъ, когда насосныя станціи находятся не на берегахъ озеръ, туннели продолжаютъ, уже въ предѣлахъ берега, отъ береговой шахты до насосной станціи, иногда на весьма значительное разстояніе.

Водоснабжение изъ водохранилищъ.

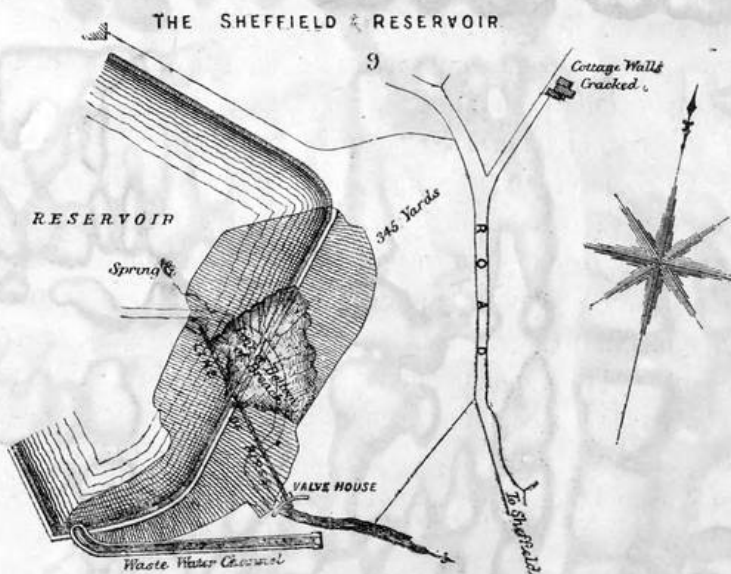
Земляныя плотины англійскаго типа.



Черт. 202. — Профиль земляной плотины съ глинянымъ ядромъ и бетонной стѣнкой въ подошвенномъ рѣвѣ.

Черт. 203. — Профиль плотины изъ смѣси каменной наброски съ глинистой землей (сланцемъ) и глинянаго ядра—водоснабженія города Шеффилда.

Черт. 204. — Планъ Шеффилдскаго водохранилища послѣ прорыва плотины. Spring—ключъ; line of bottom of breach—линія низа бреши; линия трубъ; waste water channel—водосливъ; valve house — камера затворовъ.



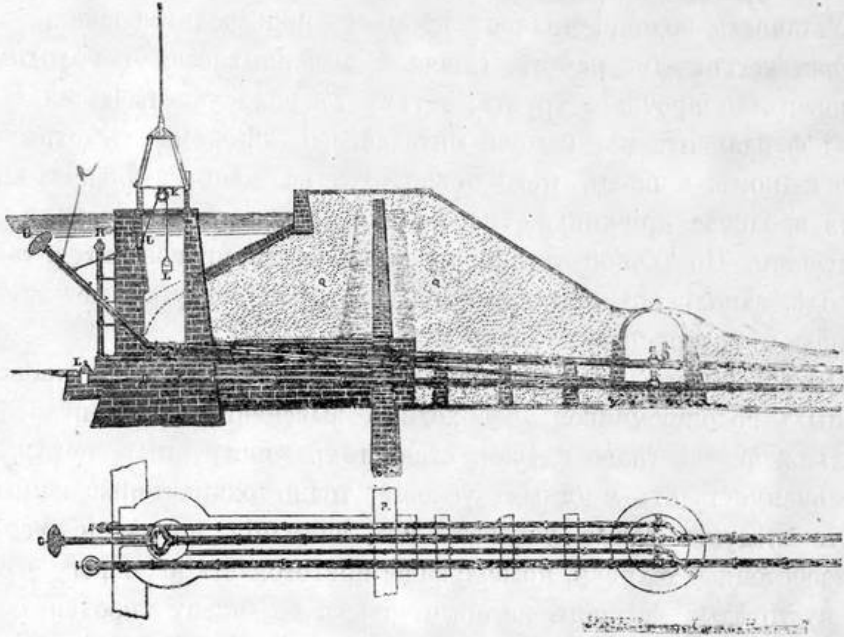
Водоприемники на Большихъ Озерахъ С. Америки имѣють разную конструкцію—въ виду разнаго времени ихъ постройки, разной глубины воды и неодинаковыхъ свойствъ дна. Болѣе старые водоприемники представляютъ собою наполненные камнемъ кольцевые ряжи, внутри которыхъ находится одна или нѣсколько шахтъ, сообщающихся съ туннелемъ. На нихъ устроено жилье для нѣсколькихъ человекъ (обыкновенно для троихъ), поставленъ паровой котель для отопленія и электрическаго освѣщенія маячнаго фонаря и внутреннихъ помѣщеній, а также печи для сжиганія нечистотъ и механическія приспособленія для подъема шлюпокъ, работы воздушныхъ компрессоровъ, служащихъ для удаленія ледяного шороха и т. п. На нѣкоторыхъ изъ болѣе старыхъ водоприемниковъ, сверхъ того, имѣются и гавани для шлюпокъ.

Новѣйшіе водоприемники обыкновенно представляютъ собою кольцевое бетонное сооруженіе, наружнымъ діаметромъ 109—115 футовъ и внутреннимъ около 70 футовъ, имѣющее подводную желѣзную и надводную желѣзную или каменную облицовку. Наружныя стѣны водоприемника, толщиною около 20 футовъ, вертикальны и не имѣють никакихъ угловъ и отсыпей у дна озера, для возможно безпрепятственнаго скольженія по нимъ льда. Внутреннее кольцевое пространство заключаетъ въ себѣ одну или двѣ шахты, діаметромъ 10—15 футовъ, опущенныхъ на необходимую глубину въ тотъ слой почвы, въ которомъ прокладывается туннель. Обыкновенно туннель строится одновременно изъ береговой шахты и изъ шахты на водоприемникѣ. Кромѣ того, на водоприемникахъ помѣщается маячный фонарь, перечисленные выше жилья помѣщенія, склады и механическое оборудованіе для дѣйствія задвижками трубопроводовъ, щитовъ водовпускныхъ отверстій и пр.

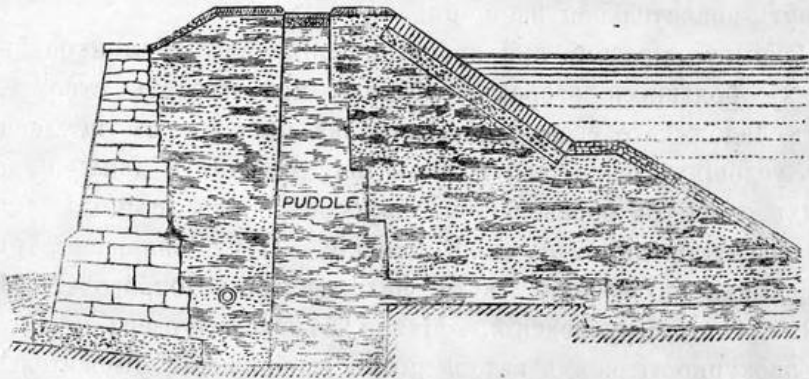
Вода проникаетъ во внутреннее кольцевое пространство водоприемника черезъ 8—12 отверстій, расположенныхъ на высотѣ 12—15 футовъ отъ дна озера, по всей окружности приѣмника. Отверстія эти закрываются изнутри приѣмника задвижками и защищены снаружи прочными рѣшетками. Сумма площадей этихъ оконъ въ 3—4 раза превышаетъ площадь поперечнаго сѣченія туннеля для того, чтобы въ случаѣ засоренія льдомъ или необходимой починки частей ихъ, доставка воды въ шахту и туннель была обезпечена. Внутреннее свободное пространство водоприемника обле-

Водоснабженіе изъ водохранилищъ.

Земляныя плотины англійскаго типа.



Черт. 205 и 206. -- Поперечный разръзъ и часть плана земляной вододержательной плотины въ Nogwich въ штатѣ Коннектинуть (С. Ш. С. А.) съ внутренней стѣнкой (диафрагмой) изъ каменной кладки и глинянымъ ядромъ.



Черт. 207. -- Профиль земляной плотины съ поддерживающей стѣной изъ каменной кладки и центральнымъ массивомъ изъ мятой глины.

часть всплывание шороха на поверхность воды, а во время работ по прокладкѣ туннеля служить мѣстомъ для склада матеріаловъ и установки машинъ. Стѣнки внутренней шахты водоприемника продолжаютъ выше горизонта воды; въ нихъ дѣлается нѣсколько оконъ, закрываемыхъ задвижками, для впуска воды въ туннель.

Установка водоприемниковъ на мѣсто производится вообще безъ помощи кессонныхъ работъ. Сначала вычерпывается необходимый котлованъ до прочнаго грунта, затѣмъ въ водѣ укладывается кольцевой фундаментъ изъ бетона, опускаемого ящиками съ отрывающимся дномъ, а послѣ этого подводится на мѣсто стальная кольцевая оболочка приемника, снабженная воздушными камерами для плавучести. По точной установкѣ ея на мѣсто производится, также въ водѣ, заполненіе бетономъ кольцевого промежутка между наружною и внутреннею стѣнкой стальной оболочки.

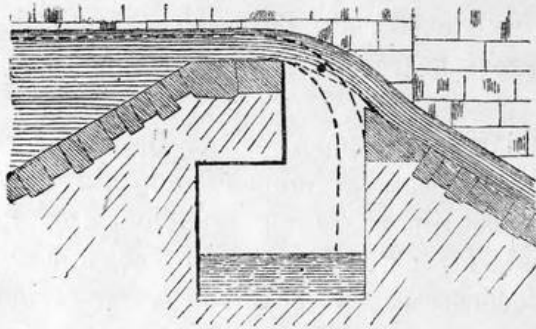
Приведенныя данныя показываютъ, что при проектированіи озерныхъ водоприемниковъ необходимо выясненіе всѣхъ подробностей каждаго частнаго случая, ставящихъ конструкцію сооруженія въ зависимость отъ мѣстныхъ условій, точно охарактеризованныхъ.

Не слѣдуетъ также упускать изъ вниманія послѣдніе успѣхи железобетонной техники, позволяющіе готовить на берегу огромные пустотѣлые массивы, которые затѣмъ на плаву передвигаются къ мѣсту установки и здѣсь заполняются бетономъ, обращаясь въ монолитъ очень большого вѣса. Весьма вѣроятно, что устройство озернаго водоприемника по этому способу позволило бы теперь достигнуть значительной экономіи.

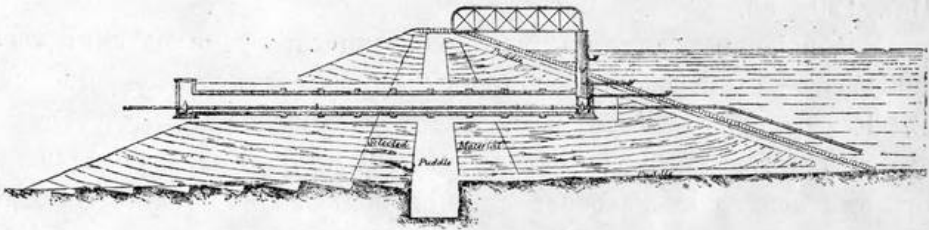
Равнымъ образомъ при проектированіи водоприемниковъ на нашихъ большихъ озерахъ слѣдуетъ использовать строительный опытъ Ладожскаго озера, гдѣ постройка маяковъ въ исключительныхъ условіяхъ открытаго воднаго пространства и движущихся ледяныхъ полей съ образованіемъ торосовъ даетъ цѣнныя указанія (см., между прочимъ, А. А. Кицинскій.—О рациональномъ типѣ водоприемника въ озерной части Ладожскаго водопровода.—Москва 1909 г., С. Г. Врублевскій.—Маяки Ладожскаго озера, и черт. 197).

Совокупность всѣхъ изложенныхъ соображеній относительно добыванія воды изъ открытыхъ водоемовъ должна найти себѣ примѣненіе при разрѣшеніи поставленной теперь на очередь въ Петроградѣ задачи проведенія въ городъ воды изъ Ладожскаго озера.

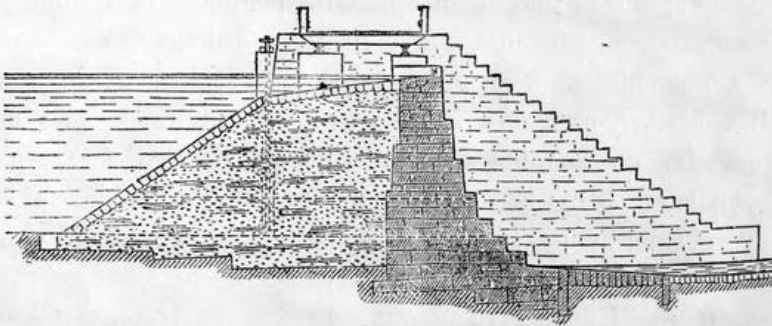
Водоснабженіе изъ водохранилищъ.



Черт. 208.—Водосливъ въ водоудержательныхъ плотинахъ Манчестерскаго водоснабженія.



Черт. 209.—Профиль земляной плотины Bideford'скаго водопровода.



Черт. 210.—Разрѣзъ водослива изъ каменной кладки, помѣщеннаго въ тѣлѣ земляной плотины (размѣръ резервуара — 2.400 англ. акровъ, площадь бассейна 40 англ. кв. миль, паденіе воды 25 футъ); надъ водосливомъ мостъ для экипажей.

Какъ мы видѣли выше (§ 34), вода эта отличныхъ качествъ. Количество ея необъятно. Нужно только примѣнить для ея забора изъ озера такіе техническіе приемы, которые обезпечили бы получение озерной воды въ чистомъ видѣ во всякое время года и обезопасили бы устья трубъ отъ запиранія льдомъ. Въ виду современности и важности вопроса о снабженіи Петрограда Ладожской водой, здѣсь умѣстно подтвердить полную возможность удачнаго разрѣшенія этого вопроса.

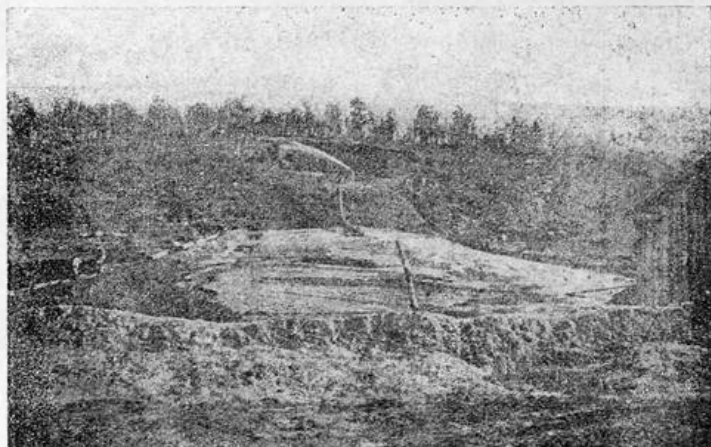
Являясь инициаторомъ поворота мнѣнія Петроградскаго Городскаго Общественнаго Управленія въ сторону избранія Ладожскаго озера для водоснабженія города, авторъ настоящаго труда съ первыхъ же шаговъ въ разработкѣ этого вопроса указывалъ, что наиболѣе цѣлесообразнымъ устройствомъ этого забора воды для даннаго случая, является сооруженіе американско-озернаго типа. (См. также В. Е. Тимоновъ. Водоснабженіе и водостоки. Спб. Изд. 1904 г.).

Водоприемникъ долженъ быть американскаго типа въ видѣ вертикальной шахты, поставленной въ 2—3 верстахъ отъ берега (см. В. Е. Тимоновъ. Какъ устроить водоснабженіе г. Петрограда? стр. 36) и горизонтальнаго водопроводнаго туннеля, проходящаго отъ этой шахты къ насосной станціи подъ дномъ озера. Наличие на большихъ озерахъ С. Америки значительнаго числа водоприемниковъ въ общемъ такого типа, какой нуженъ для Ладожскаго озера, даетъ полную возможность разрѣшить вопросъ о водоприемникѣ Петроградскаго водопровода на основаніи фактическихъ данныхъ, какъ въ отношеніи конструкціи, такъ и въ отношеніи эксплуатаціи. Здѣсь нѣтъ никакого повода къ сомнѣніямъ и колебаніямъ. По отношенію къ водоприемному туннелю должно быть сдѣлано то же, указаніе что и по отношенію къ водоприемнику, — на практику сѣверо-американскихъ озерныхъ водопроводовъ, съ тѣмъ лишь дополненіемъ, что постройка туннелей подъ водой распространена и въ Европѣ (Лондонъ, Бристоль, Парижъ, Гамбургъ и пр.) и поэтому нѣтъ никакихъ сомнѣній въ полной осуществимости исполнѣ водонепроницаемаго туннеля подъ дномъ Ладожскаго озера.

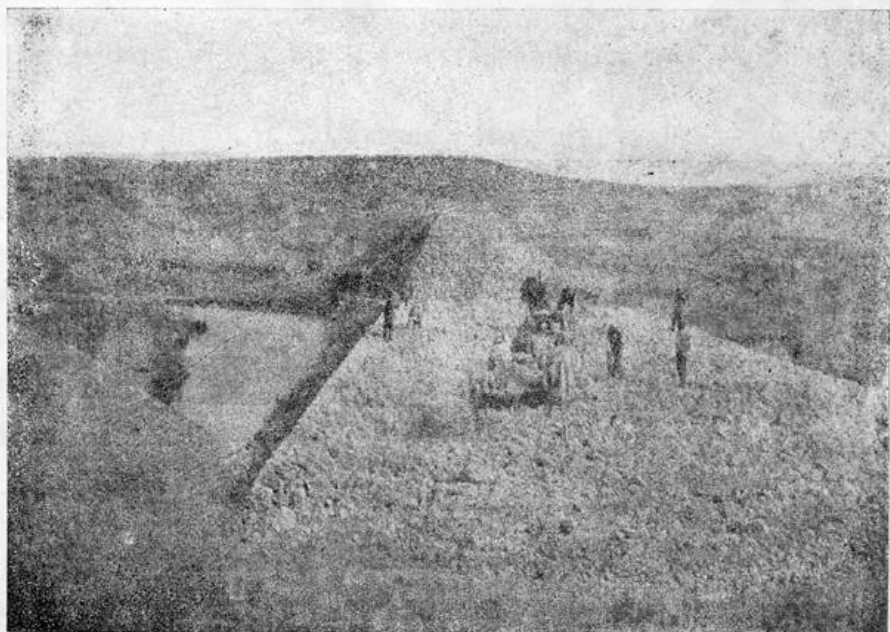
Особому изученію должно подвергнуться вопросъ о предохраненіи водоприемника отъ напора ледяныхъ полей. Это изученіе должно показать, можно ли въ данномъ случаѣ ограничиться приемами,

Водоснабженіе изъ водохранилищъ.

Земляныя плотины американскаго типа.



Черт. 211.—Производство работъ по сооруженію гидравлическимъ способомъ земляной плотины американскаго типа въ Tyler'ѣ въ Тексасѣ. Вода подавалась къ земляному карьеру временной насосной станціей, изображенной на правой сторонѣ рисунка.



Черт. 212.—Производство работъ по сооруженію плотины изъ каменной наброски съ земляной одеждой въ Lake-Avalon въ долинѣ рѣки Pecos въ Новой Мексикѣ.

примѣненными американцами, т. е. приданіемъ сооруженію цилиндрической формы и значительнаго вѣса, или же подлежитъ прибѣгать къ отсыпямъ, примѣръ коихъ даетъ теоретическій вариантъ, представленный на черт. 197, хотя по соображеніямъ о сохраненіи чистоты воды вокругъ водопріемника желательнo избѣжать окруженія его рыхлыми мелкими камнями наброски, въ пустотахъ которой будетъ застаиваться вода и развиваться организмы.

83
Въ этомъ вариантѣ, разработанномъ инж. пут. сообщенія А. А. Кицинскимъ въ бытность его студентомъ института инженеровъ путей сообщенія Императора Александра I, подъ общимъ руководствомъ автора и ближайшимъ руководствомъ его ассистента инж. пут. сообщ. С. Г. Врублевскаго, водопріемникъ состоитъ изъ слѣдующихъ частей:

1) собраннаго на берегу, прибуksированнаго и погруженнаго на $3\frac{1}{2}$ фута ниже самого низкаго горизонта воды деревяннаго кольцевого ряжа;

2) поставленнаго на деревянный ряжъ и поднимающагося выше горизонта самыхъ высокыхъ водъ желѣзобетоннаго кольца, образованнаго изъ плавучихъ кессоновъ;

3) наброски изъ мелкаго камня;

4) защитной одежды изъ крупнаго булыгъ;

5) прочихъ устройствъ американскихъ типовъ, показанныхъ на чертежѣ.

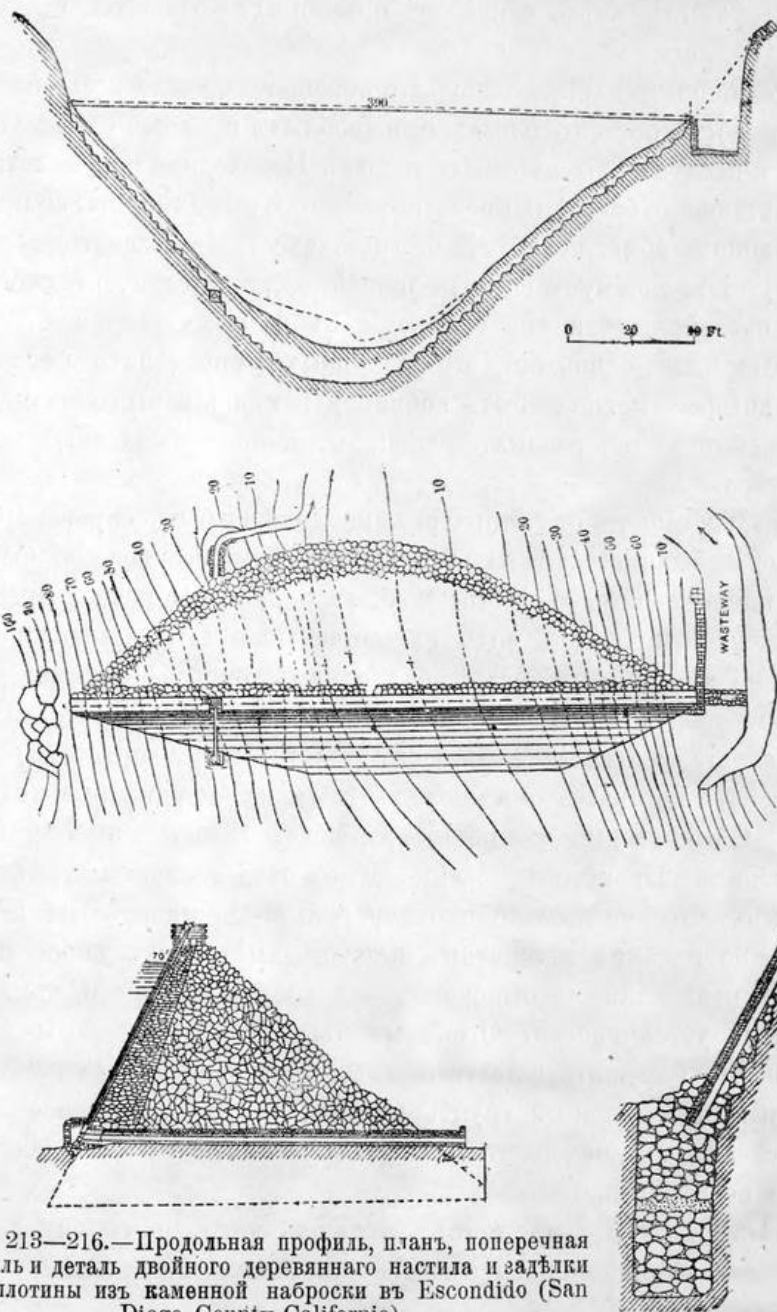
Для возможной защиты водопропускныхъ трубъ отъ обмерзанія ихъ устья обшиваются гладкой, мало теплопроводной, обшивкой изъ эбонита и снабжаются сѣтками, чрезъ которыя можетъ быть пропускаемъ электрическій токъ. На случай заполненія мелкимъ плавающимъ льдомъ трубъ или иныхъ ихъ засореній предполагалось снабдить трубы особыми проволочными щетками, насаженными на приводимую въ движеніе лебедкой безконечную цѣпь. Подача воды изъ водопріемника на станцію насосовъ проектировалось при посредствѣ вертикальной шахты и подзернаго туннеля.

§ 42. Водохранилища съ водоудержательными плотинами для собиранія текучихъ и атмосферныхъ водъ.

Сооруженія этого рода не составляютъ предметъ достоянія курса Водоснабженія исключительно. Они вошли въ курсы Внутреннихъ Водяныхъ сообщеній и Осушенія-Орошенія.

Водоснабжение из водохранилищ.

Плотины из каменной наброски.



Черт. 213—216.—Продольная профиль, планъ, поперечная профиль и деталь двойного деревяннаго настила и задѣлки его—плотины изъ каменной наброски въ Escondido (San Diego County-California).

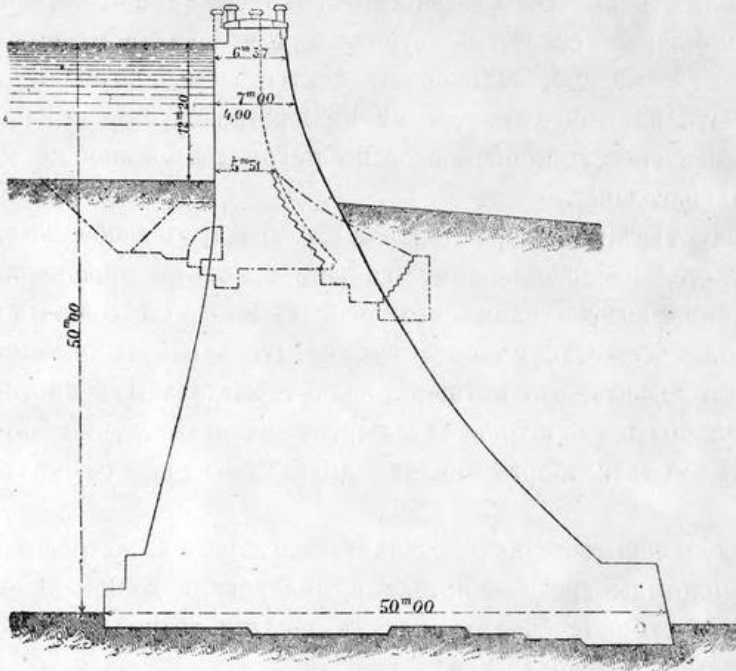
Тѣмъ не менѣе, въ виду значенія, которое имѣютъ водохранилища, какъ источникъ водоснабженія для нѣкоторыхъ изъ нашихъ желѣзныхъ дорогъ и ихъ распространенія во всѣхъ странахъ для снабженія водой даже большихъ городовъ, представляется необходимымъ указать здѣсь основные принципы устройства наземныхъ водохранилищъ.

Особенное вниманіе должно быть обращено прежде всего на крайнюю важность обстоятельныхъ и подробныхъ предварительныхъ изысканій и изслѣдованій мѣстныхъ условій. Необходимо опредѣлить размеры питающаго бассейна проектируемаго водохранилища; количество выпадающихъ водъ, колебанія этого количества—мѣсячныя, годовыя, многолѣтнія; максимумы расхода ливней; поглощательную способность почвы бассейна; величину испаренія въ разныхъ условіяхъ; затѣмъ необходимо, на основаніи этихъ данныхъ, опредѣлить количество воды, которое можетъ быть собрано, измѣненія этого количества въ зависимости отъ разныхъ условій и, вообще, ожидаемый режимъ резервуара.

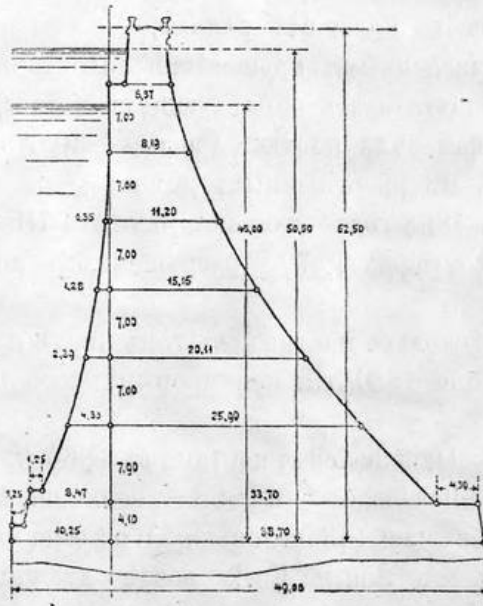
Въ зависимости отъ этого режима должна быть спроектирована водоудержательная плотина. Для нея сверхъ того должно быть избрано наивыгоднѣйшее мѣсто, т. е. такое, которое позволяло бы собрать желаемый объемъ воды съ наименьшей затратой денегъ. Эта задача не можетъ быть разрѣшена однимъ топографическимъ изслѣдованіемъ мѣстности. Нужны еще тщательныя буренія, чтобы выяснитъ условія заложения фундамента плотины см. черт. 226), матеріалъ, изъ котораго она можетъ и (или) должна быть сдѣлана и пр. Обыкновенно вопросъ разрѣшается лишь по составленіи нѣсколькихъ варьянтовъ проекта. Дѣло представляется тѣмъ болѣе сложнымъ, что не только плотину нельзя поставить на всякомъ грунтѣ, но и самый резервуаръ долженъ имѣть подъ собой надежный грунтъ, какъ въ отношеніи водонепроницаемости, такъ и въ отношеніи устойчивости. Огромный вѣсъ скопляемой воды можетъ совершенно нарушить естественныя условія равновѣсія грунта; размоченный разрыхленный грунтъ можетъ притти въ массовое движеніе и сдвинуть водоудержательныя сооруженія, хотя бы повидимому прочно основанныя.

Вмѣстѣ съ тѣмъ мѣстность, лежащая ниже по склону долины, будетъ въ огромной опасности отъ стихійнаго наводненія.

Водоснабжение изъ водохранилищъ.



Черт. 217.—Сравнительныя профили каменныхъ плотинъ въ Vouzeu и въ Gouffre d'Enfer (см. черт. 218 и 225).



Черт. 218.— Поперечная профиль каменной плотины въ Gouffre d'Enfer (Furens), построенный по проекту французскаго инженера Граэфа (Graeff).

Примѣры такихъ бѣдствій, происшедшихъ отъ недостаточной прочности плотины или недостаточной надежности грунта, на которомъ были расположены резервуары, къ сожалѣнію весьма многочисленные, ярко свидѣтельствуютъ о томъ, какая отвѣтственность лежитъ на инженерѣ, создающемъ искусственныя водохранилища и указываютъ на необходимость ни въ какомъ случаѣ не располагать ихъ въ непосредственной близости отъ городовъ и вообще большихъ центровъ населенія.

Между тѣмъ водоудержательная плотина, и въ особенности земляная, кажется непосвященному самымъ простымъ инженернымъ сооруженіемъ, чѣмъ-то такимъ, что требуетъ менѣе всего знанія и опыта. Быть можетъ въ такомъ возрѣніи слѣдуетъ искать объясненіе несомнѣннаго факта, что крушенія водоудержательныхъ плотинъ были причиной бѣльшаго количества жертвъ жизнью людей и потерь денежныхъ, чѣмъ слабость всякихъ другихъ гидравлическихъ сооружений.

Каждое поколѣніе видѣло такія ужасающія катастрофы. Съ прорывомъ плотины грозные потоки врывались въ долины, снося дома и мосты и губя въ своихъ волнахъ десятки, сотни, тысячи и даже десятки тысячъ человѣческихъ жизней.

Въ параллель этимъ несчастіямъ едва ли даже можно поставить занесенные на страницы исторіи прорывы дюнъ въ Голландіи или береговыхъ валовъ въ большихъ рѣкахъ.

Между многочисленными крушеніями водоудержательныхъ плотинъ можно упомянуть здѣсь о слѣдующихъ катастрофахъ:

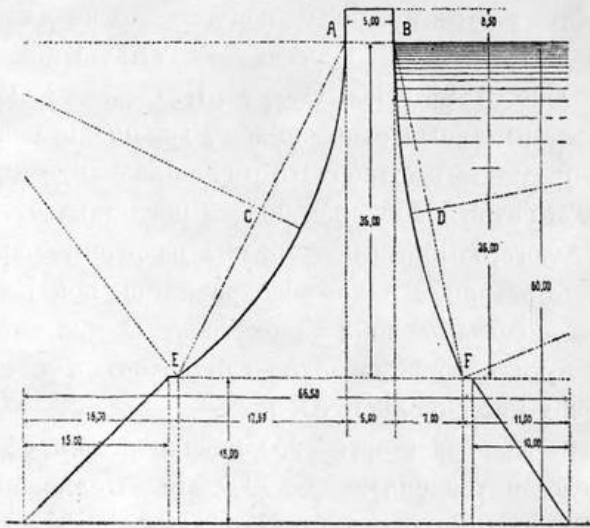
въ Испаніи—каменная плотина Puentes—30 Апрѣля 1802 года (608 утонувшихъ, 89 разрушенныхъ домовъ);

въ Англіи въ 1864 году—земляная плотина Шеффилдскаго резервуара (238 утонувшихъ, 798 разрушенныхъ домовъ—см. черт. 203, 204),

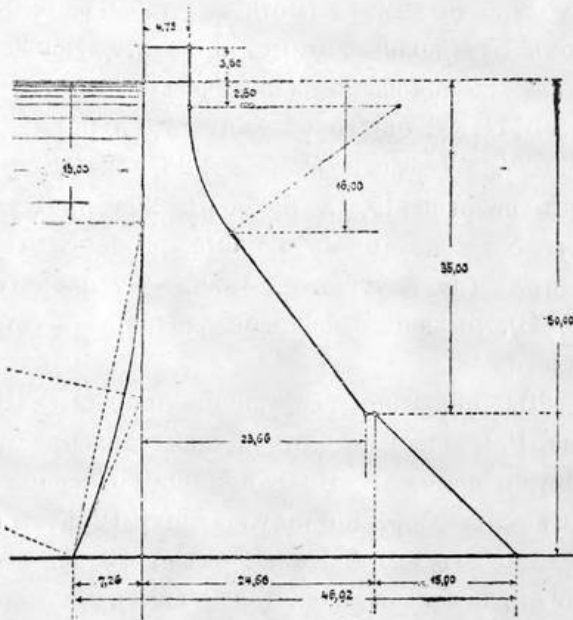
въ Алжирѣ нѣсколько плотинъ, въ томъ числѣ плотина каменная Навга—16 Сентября 1881 г., при прорывѣ коей погибло 400 человѣкъ;

въ С. Америкѣ Danbury'ская плотина въ 1866 г., Hartford'ская—въ 1867 г., New Bedford'ская—въ 1868 г., земляная Mill River'ская—въ 1875 г., погубившая 143 человѣка; Worcester'ская—въ 1876 г., земляная плотина въ South Fork возлѣ Джонстауна (31 Мая

Водоснабжение из водохранилищъ.



Черт. 219. — Профиль каменной плотины вышиной въ 50 метровъ, построенная по методѣ французскаго инженера Кранца.



Черт. 220. — Профиль каменной плотины вышиной въ 50 метровъ, построенная по методѣ итальянскаго инженера Круньоля (Crugnola Gaet. — Serbatoi d'acqua o laghi artificiali. Turin. 1890.

1889 года — 2142 погибших); земляная Portland'ская въ 1893 году;

во Франціи—каменная плотина въ Bouzey (27 Апрѣля 1895 г.),

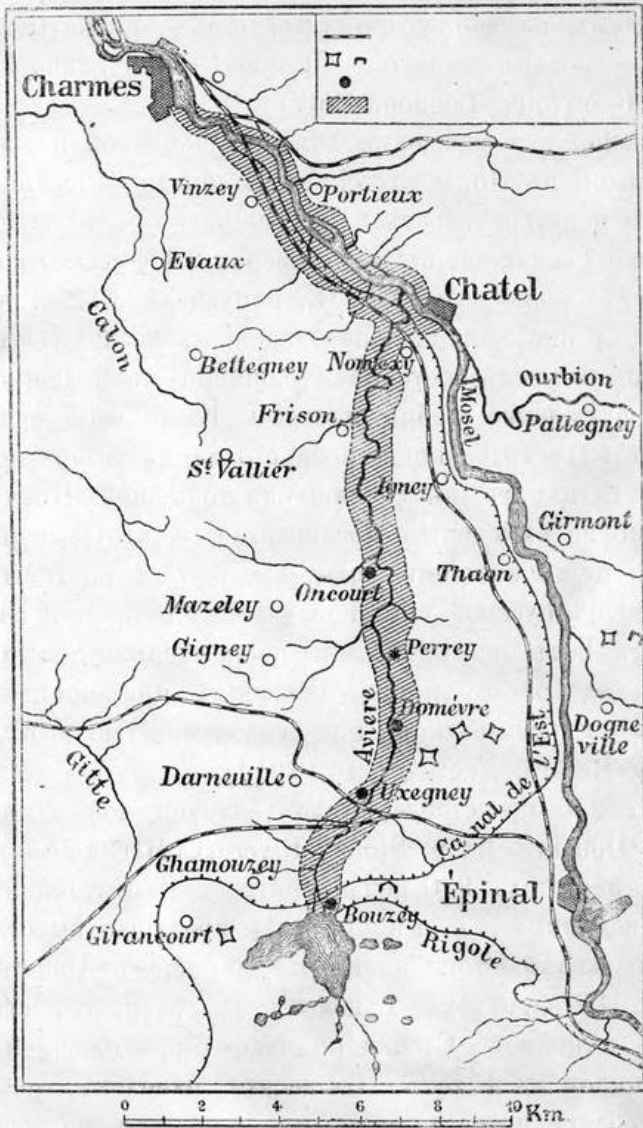
Подробности по этому послѣднему, а также Джонстаунскому, крушенію см. въ трудѣ М. Н. Герсеванова: «Крушеніе инженерныхъ сооруженій». Спб. 1896. Изв. Соб. И. П. С., № 12. На черт. 217, 221—225 показаны данныя, относящіяся до крушенія плотины въ Bouzey, бывшаго предметомъ подробнаго и спеціальнаго изслѣдованія. На картѣ (черт. 221) заштрихованная полоса представляетъ собою части долины рѣки Avidge, которыя подверглись разрушительному дѣйствию потока воды, вырваршагося изъ водохранилища послѣ прорыва плотины. Ширина полосы около 2 километровъ, длина около 25 километровъ. На пути потока погибло 156 человекъ и имущества на сумму около 20 милліоновъ рублей.

Поперечный разрѣзъ (черт. 225) показываетъ профиль плотины, первоначальную и усиленную вполнѣдствіи. Появившіяся въ плотинѣ трещины указывали за нѣсколько лѣтъ до катастрофы на недостаточную прочность плотины; ея профиль была значительно усилена въ нижнихъ частяхъ (темная штриховка), но въ общемъ усиленіе было недостаточно. Сплошной линіей показанъ контуръ, который должна была бы имѣть плотина, чтобы устоять. Недостаточность размѣровъ Бузейской плотины ярко выступаетъ изъ сравненія ея очертаній съ таковыми классической плотины въ Gouffre d'Enfer (черт. 217), дающаго разницу въ толщинѣ въ плоскости перелома въ 70%. Чертежи 222 и 223 показываютъ Бузейскую плетину послѣ разрушенія, а на черт. 224 представленъ планъ части плотины съ показаніемъ вліянія разности температуръ на раскрытіе трещинъ (на внутренней грани — температура +4° С, на наружной—25° С), имѣвшаго роковое значеніе въ устойчивости поврежденной плотины.

На черт. 204 показано разрушеніе плотины Шеффилдскаго водохранилища. Разрушенная плотина, представленная въ профили на черт. 203 и служившая для водохранилища водоснабженія г. Шеффилда, имѣла высоту 95 ф., ширину по верху 12 футъ, откосы $2\frac{1}{2} : 1$. Центральное ядро изъ мятой глины имѣло 16 ф. внизу и 4 фута вверху. Матеріаль остальныхъ частей — каменная наброска и глинистая земля. Эта плотина была разрушена напоромъ воды въ

Водоснабженіе изъ водохранилищъ.

К а т а с т р о ф а в ъ В о у з е у.



Черт. 221.—Карта мѣстности, гдѣ находилось Bouzey'ское водохранилище, послѣ прорыва плотины; заштрихована полоса опустошенія.

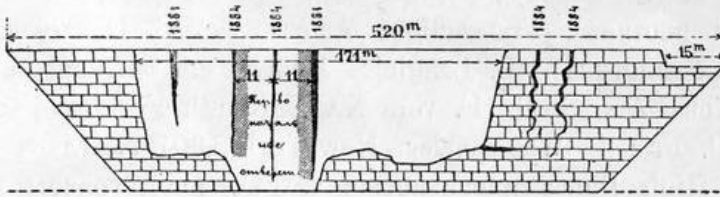
мартъ 1864 года. Причина разрушенія—неудовлетворительность конструкции и выборъ неподходящаго матеріала — каменной наброски (Rubble Stone) въ смѣси съ глинистой землей изъ глинистаго сланца — (Shale) для наружныхъ частей плотины, прикрывающихъ внутреннее ядро. Такой матеріалъ не могъ быть ни достаточно водонепроницаемъ, ни достаточно устойчивъ и, пропитываясь водой, долженъ былъ оползать (Jacob—On the Designing and Construction of Storage Reservoirs. London. 1867).

На черт. 255 изображено разрушеніе земляной плотины съ бетонной одеждой въ Horse Creek въ Колорадо. Плотина имѣетъ въ длину около полутора верствъ и въ высоту 35—40 футъ въ среднемъ. Ширина земляной насыпи цоверху 16 футъ. Откосы — внутренній (со стороны воды) $1:1\frac{1}{2}$, наружный $1:2$. Грунтъ мѣстный, песчано глинистый, съ преобладаніемъ песка. Внутренній откосъ облицованъ желѣзобетономъ толщиной въ 6 дюймовъ до высоты 5—6 футъ ниже гребня плотины. Катастрофа произошла 29 (16) января 1914 года, когда вода стояла въ резервуарѣ низко и была покрыта льдомъ въ 16 дюймовъ толщиной. Причины катастрофы точно не выяснены. Предполагается, что разрушеніе было вызвано или просачиваніемъ воды чрезъ тѣло плотины вдоль поверхности водовыпускной бетонной трубы, или просачиваніемъ воды чрезъ грунтъ подъ плотиной, или поврежденіями, вызванными въ бетонной одеждѣ откоса льдомъ, осѣвшимъ при пониженіи горизонта воды въ резервуарѣ, или совокупностью этихъ причинъ (Engineering Record, February 14, 1914).

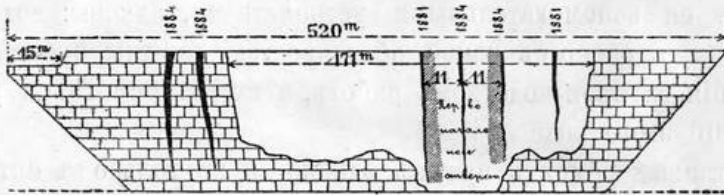
На черт. 256 представленъ видъ разрушенной желѣзобетонной плотины въ Dobbin'ѣ на р. Stoney River (С. Шт. С. Ам.). Ея длина 1065 футъ, изъ коихъ 990 футъ заняты желѣзобетонной конструкціей и 75 земляными насыпями, и наибольшая высота 51 футъ. Плотина изъ желѣзобетона построена по системѣ Ambursen'a и состоитъ изъ 15 футовыхъ панелей, раздѣленныхъ стѣнками въ 18 дюймовъ толщиной. Стойки опираются на сплошной полъ изъ бетона толщиной въ 1 футъ. Въ десяти панеляхъ гребень пониженъ на 3 фута противъ остальныхъ, образуя водосливъ. Подъ плотиной въ наносномъ грунтѣ рѣчного ложа и въ глинистыхъ берегахъ сдѣлана выемка, заполненная бетономъ въ видѣ стѣнки, высота которой доходитъ до 42 футъ, не достигая, впрочемъ,

Водоснабженіе изъ водохранилищъ.

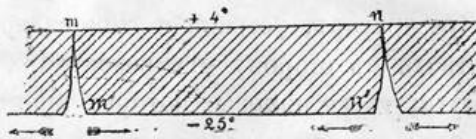
К а т а с т р о ф а в ъ В о и з е у.



Черт. 222.—Видъ плотины послѣ прорыва (снизу).



Черт. 223.—Видъ плотины послѣ прорыва (сверху—со стороны воды).



Черт. 224.—Планъ части стѣны плотины, съ показаніемъ вліянія разности температуръ на раскрытіе трещинъ (на внутренней грани—температура $+4^{\circ}\text{C}$., на наружной -25°C .).

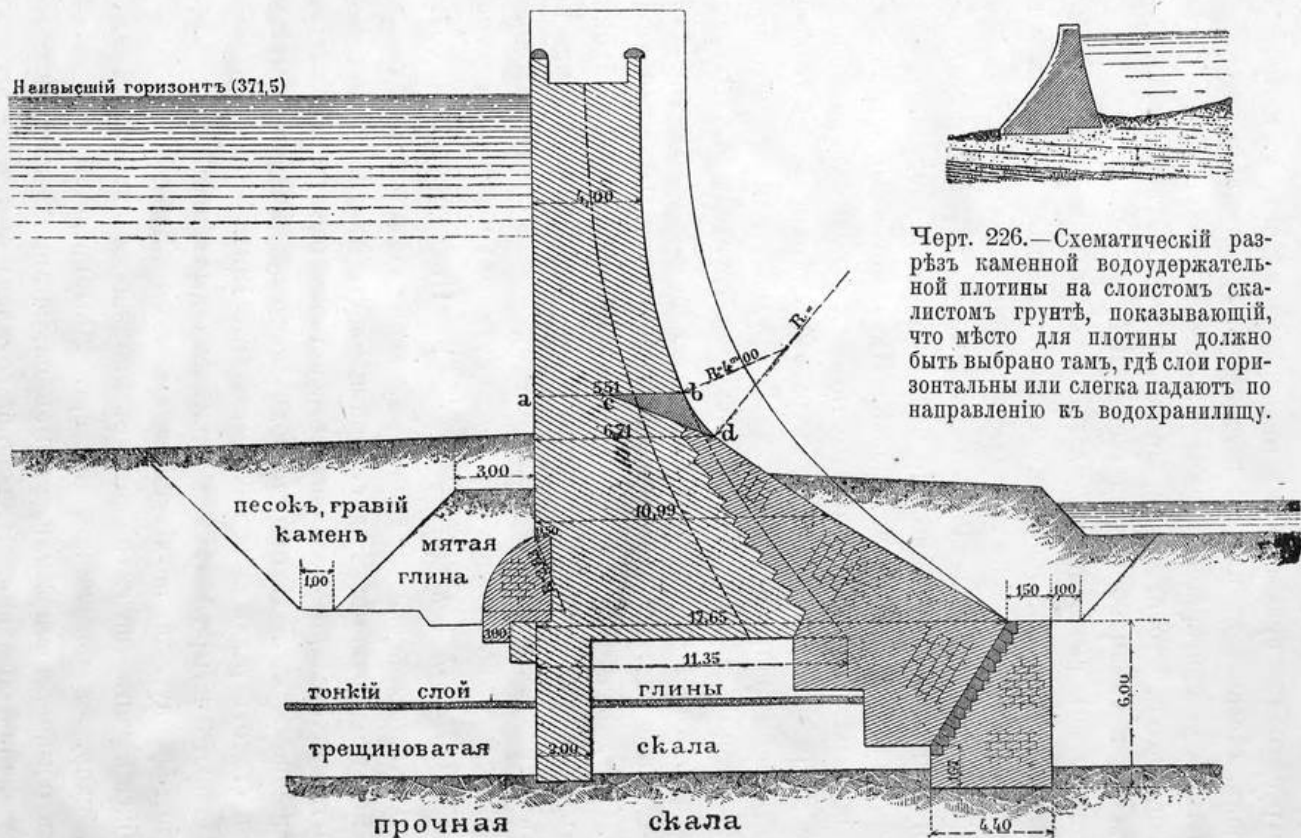
вездѣ скалистаго грунта. Разрушенію предшествовало протеканіе воды сквозь плотину въ одномъ мѣстѣ наканунѣ дня крушенія, 15/2 января 1914 года. Причина крушенія подмывъ подземной діафрагмы и основанія плотины (Engineering Record, January 24, 1914).

Изъ иностранныхъ источниковъ, знакомящихъ съ крушеніями водоудержательныхъ плотинъ, могутъ быть указаны между прочимъ слѣдующіе: Le Génie Civil, vol. XXVII (плотина Шеффильдская, Puentes, Habra, Bouzey), Engineering News vol XXX, 1833 г. (Портландская плотина), Transactions Amer. Soc. C. E. 1874 г. (Mill River'ская плотина), L. Langlois—Rupture du barrage de Bouzey, Transactions Am. S. C. E. vol. XXIV (South Fork'ская плотина), Joseph P. Frizell—Waterpower, New-York 1901 г., глава XI Failures of High Dams, американскіе техническіе журналы Engineering News и Engineering Record и др.

Примѣры крушеній показываютъ дѣйствительно, съ какой тщательностью должны быть въ каждомъ частномъ случаѣ исполнены предварительныя изслѣдованія мѣстныхъ условій и разработанъ проектъ плотины со всѣми ея вспомогательными устройствами, какъ съ: водосливы, водоспуски, а равно съ какой заботливостью должны производиться наблюденія за производствомъ работъ, а затѣмъ осмотръ и ремонтъ сооружений этого рода.

Заботливый ремонтъ нуженъ однако, и не только въ интересахъ безопасности, а также и въ интересахъ водоснабженія. При плохомъ состояніи сооружений резервуара могутъ быть серьезныя потери воды. Кромѣ того въ резервуарѣ складываются обыкновенно значительныя количества наносовъ, такъ какъ текуція воды приходятъ здѣсь въ состояніе покоя. Насосы эти слѣдуетъ по возможности не допускать въ резервуаръ, устраивая для задержки ихъ особыя сооружения или отводя въ сторону отъ резервуара полюя воды, содержація много мути; тѣ же наносы, которые проникаютъ въ резервуаръ, нужно по возможности своевременно удалять, не давая имъ засорять водопускные каналы, образовывать толстые отвердѣвшіе слои и пр. Среди различныхъ устройствъ, предложенныхъ для автоматическаго предохраненія резервуаровъ отъ занесенія, интересно, давно дѣйствующее на водоудержательныхъ плотинахъ Манчестерскаго водоснабженія (черт. 208). Его особенность въ томъ, что при

295



Черт. 226.—Схематическій разръзъ каменной водоудержательной плотины на слоистомъ скалистомъ грунтѣ, показывающій, что мѣсто для плотины должно быть выбрано тамъ, гдѣ слои горизонтальны или слегка падаютъ по направлению къ водохранилищу.

Черт. 225.—Профиль каменной водоудержательной плотины Vouzeu'скаго резервуара послѣ ея усиленія (до катастрофы).

небольшой прибыли воды, когда она чиста и переливается тонкой струей, вода падаетъ въ продольный каналъ, откуда идетъ въ городъ; когда же при сильныхъ паводкахъ вода мутная и должна предварительно отстояться,—она переливается чрезъ водосливъ толстой струей болѣе прямой, чѣмъ въ первомъ случаѣ, и, не понадея въ каналъ, стекаетъ въ нижній резервуаръ, гдѣ отстаивается.

Плотины резервуаровъ дѣлаютъ изъ земли, каменной наброски, каменной кладки, бетона, дерева, желѣза, смѣшанныхъ матеріаловъ—напр. земли и каменной кладки (черт. 207) и т. п.

Плотины изъ смѣшанныхъ матеріаловъ; если послѣдніе не могутъ быть надлежащимъ образомъ соединены между собой въ одно цѣльное сооруженіе, вообще признаются нераціональными, такъ какъ онѣ обыкновенно въ указанномъ случаѣ не обладаютъ достаточной водонепроницаемостью, вслѣдствіе неоднородности состава.

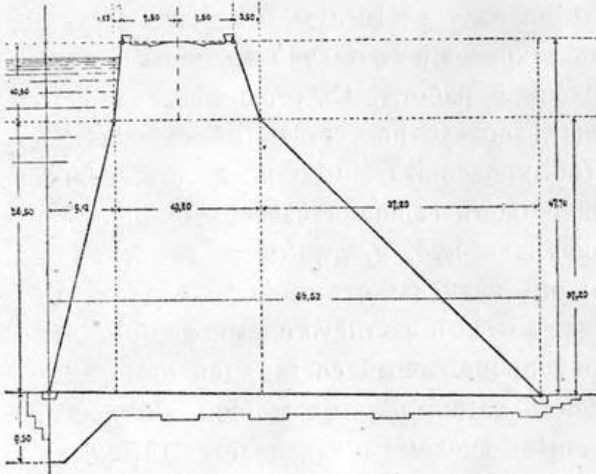
Земляныя плотины весьма древни. Ихъ множество встрѣчается въ Индіи и на Цейлонѣ, гдѣ онѣ достигаютъ огромныхъ размѣровъ. Ихъ не мало дѣлается и теперь въ разныхъ странахъ, въ особенности для небольшихъ водохранилищъ (прудовъ) или для водохранилищъ, которыя приходится устраивать на грунтахъ рыхлыхъ, гдѣ установка каменной плотины невозможна или опасна. Въ простѣйшемъ видѣ эта плотина представляетъ собой (черт. 198) земляную насыпь. Составъ грунта, обыкновенно дающій хорошую водонепроницаемость, примѣрно—40—50% глины и 60—50% песка; ширина по верху въ метрахъ = $b = 3,00 + 0,3(h - 3)$; откосъ со стороны воды 1 : 2; противоположный откосъ—1 : 2,5 до 3; объемъ плотины на погонный метръ = $J = bh + h^2 \left(\frac{Co \operatorname{tg} \psi + Co \operatorname{tg} \varphi}{2} \right)$. При отсутствіи большихъ количествъ песка и глины, плотина дѣлается изъ земли, имѣющей подъ руками. Водонепроницаемость такой насыпи можетъ быть значительно увеличена устройствомъ одежды изъ глины, на обращенномъ къ водѣ откосѣ подъ мостовой; имѣющей цѣлью защитить его отъ размыва волненіемъ (черт. 199).

Различаютъ четыре главныхъ типа земляныхъ плотинъ: древнеиндійскій, французскій, англійскій и американскій.

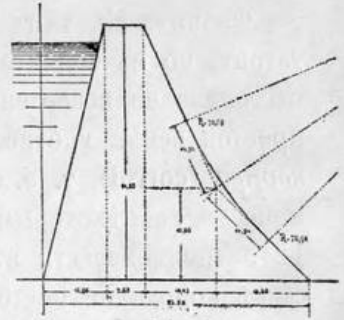
1) Индійскій типъ (не смѣшивать съ новѣйшими индійскими плотинами, напр. съ показанной на черт. 200) представляетъ собой валъ изъ обыкновенной земли, утопанной ногами людей и животныхъ, смоченной дождями, высушенной солнцемъ въ теченіе многихъ

Водоснабжение изъ водохранилищъ.

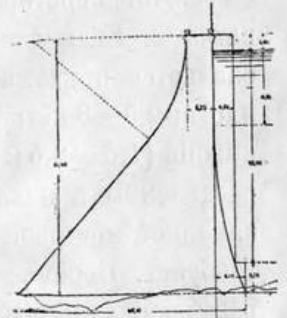
Каменные и бетонныя плотины.



Черт. 227. — Профиль каменной плотины резервуара Gilerre въ Бельгии близъ Verviers по проекту Бидана.

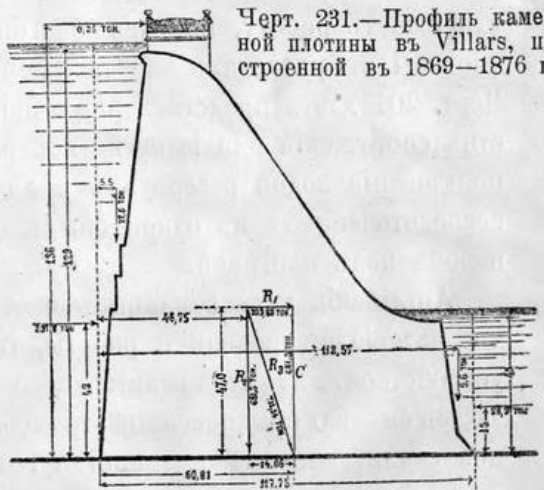
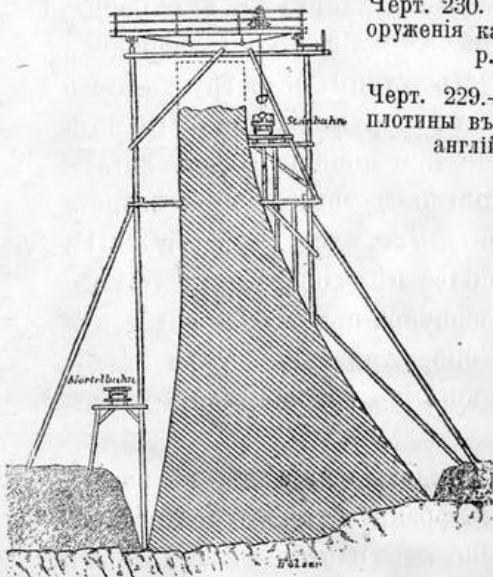


Черт. 228. — Профиль бетонной плотины для резервуара Cristal Springs.



Черт. 230. — Подмости для сооружения каменной плотины на р. Альфелдѣ.

Черт. 229. — Профиль каменной плотины въ Vignwy (размѣры въ англійскихъ футахъ).



Черт. 231. — Профиль каменной плотины въ Villars, построенной въ 1869—1876 гг.

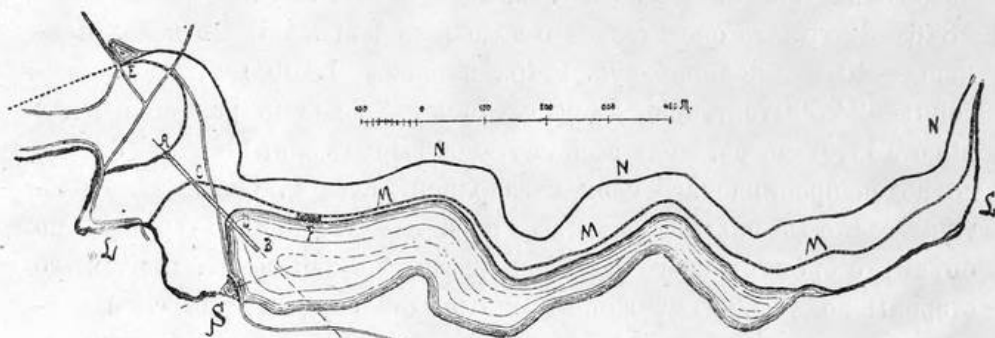
лѣтъ ея приготовленія. Ширина вала по-верху очень велика и равна $\frac{1}{2}$ высоты, верхній (обращенный къ водѣ) откосъ пологий, нижній крутой. Количество матеріала, работы и времени, нужное для приготовленія такой плотины, огромно. Плотина зато вполне водонепроницаема и крайне прочна.

2) Французскій типъ имѣетъ въ виду достигнуть тѣхъ же результатовъ, но съ значительнымъ сокращеніемъ объема плотины и нужныхъ для ея возведенія времени и работы. Съ этою цѣлью вмѣсто простой земли употребляется нѣсколько искусственный матеріаль— корруа (corroi), т. е. смѣсь (обыкновенно равныхъ количествъ глины и песка съ нѣкоторымъ количествомъ гашеной извести (напримѣръ 12 литровъ извести въ порошокъ на куб. м. глины и песка). Составъ корруа не постояненъ; онъ зависитъ отъ свойствъ и цѣнности смѣшиваемыхъ матеріаловъ; для каждаго частнаго случая надо искать наилучшій возможный и водонепроницаемый составъ опытомъ, принимая въ соображеніе стоимость матеріаловъ въ данной мѣстности. Смѣсь эта перетирается чугунными дисками и указывается тяжелыми катками. Если глина и песокъ очень сухи, то известь иногда добавляется въ видѣ молока, а не порошка. Ширина по-верху такой плотины 5—8 метровъ, верхній (обращенный къ водѣ) откосъ=1,5:1, нижній (1,5—2,5):1; послѣдній обыкновенно состоитъ изъ ряда бермъ, раздѣленныхъ наклонными плоскостями. Верхній откосъ защищенъ каменной мостовой и тоже иногда имѣетъ уступы, если грунтъ этого требуетъ. Вообще, нужно замѣтить, что въ сооруженіяхъ такого рода раздѣленіе длинныхъ откосовъ на части при помощи бермъ, хотя и удорожаетъ работу, но очень благоприятно отзывается на состояніи плотины и расходахъ по ея ремонту (см. черт. 198 и 201). Черт. 201 даетъ представленіе о наиболѣе цѣлесообразномъ устройствѣ сооруженій для выпуска изъ резервуара прибывшей воды, для пользованія водой резервуара и для опоражниванія резервуара,—сосредоточенныхъ въ одной общей башнѣ съ водопроводнымъ туннелемъ подъ плотиной.

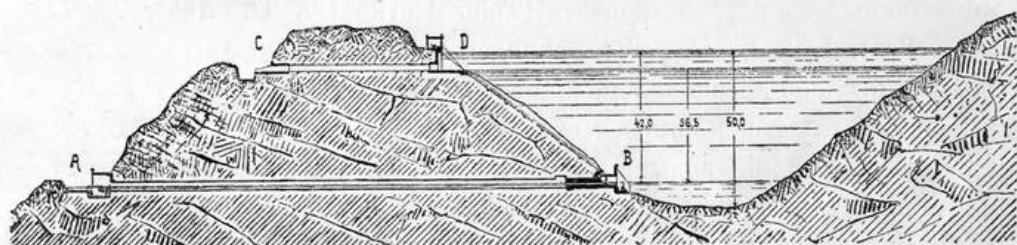
3) Англійскій типъ земляныхъ плотинъ идетъ еще далѣе въ экономіи матеріала, времени и работы, чѣмъ французскій, что достигается устройствомъ изъ мятой глины одного лишь ядра плотины, а остальныхъ частей ея—изъ обыкновенной утрамбованной, а иногда и не утрамбованной земли, или же изъ, а иногда голыша и т. п. рыхлаго матеріала

Водоснабженіе изъ водохранилищъ.

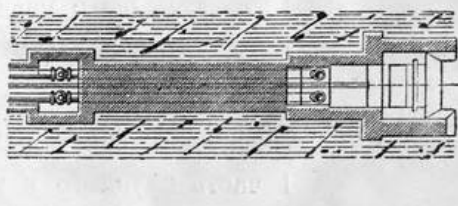
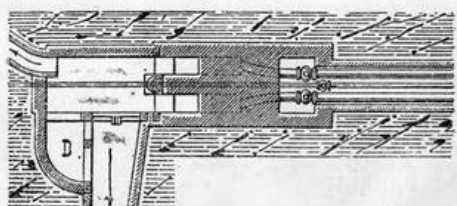
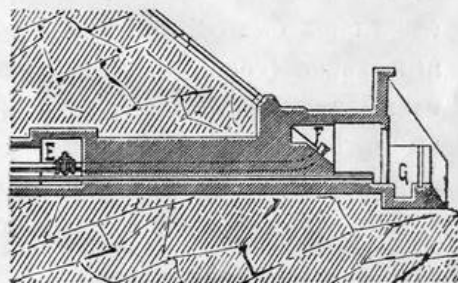
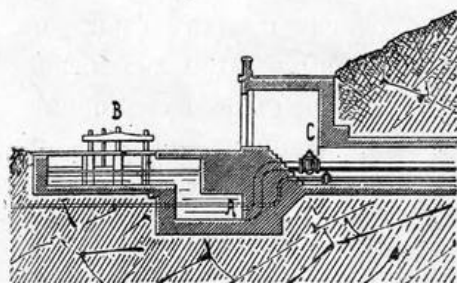
Водоснабженіе города Сентъ-Этьенна.



Черт. 232.—Планъ водохранилища въ ущельѣ Gouffre d'Enfer.



Черт. 233.—Продольный схематическій разръзъ черезъ водосливъ (CD) и водоспускъ (AB).



Черт. 234—237.—Разръзъ и планъ входного и выходного устьевъ водоспуска предназначеннаго для пользованія водой въ интересахъ водоснабженія и для опоражниванія водохранилища (AB—чертежа 233).

(черт. 200, 202—209). Ядро должно обеспечить непроницаемость, земляные откосы — устойчивость плотины. На черт. 200 представлен разрез плотины английского типа, построенной в Ashti в Индии в 1876—82 гг. для оросительного водохранилища. Объем водохранилища—40 миллионных куб. метр., площадь 1.100 гектаров, бассейн—24.000 гектаров. Длина плотины—3,9 километра, наибольшая высота 17,68 метра. Подъ всей плотинной вырыть ров шириной 3,05 м. до водонепроницаемого слоя и заполнить глиной. Самое тело плотины состоит из центрального ядра из глинистого грунта, по обеим сторонам коего насыпана вязкая чистая земля, причем со стороны долины между ядром и одеждой еще имеется слой глинистого грунта, употребленного для ядра, в смеси с песком. Работа производилась слоями в 20 сантиметров с укаткой. Откос, обращенный к водѣ, вымощен (Toler Burke Ch. The Ashti Tank. Min. Proc. Inst. C. E. 1884 и Lueger p. 346). Ров, устраиваемый под плотинной и заполняемый непроницаемым грунтом должен быть тем глубже и шире, чем прочнее надо создать препятствие против протекания воды под плотинной. Если почвенные условия неблагоприятны и приходится иметь дело с рядом водонепроницаемых прослоек, то может оказаться целесообразным устроить в земле бетонную стенку (диафрагму). Так поступил Фаннинг в плотинѣ, представленной на черт. 202 и построенной в местности, где глины было мало. Внизу бетонная охранная против фильтрации стенка (concrete) толщиной в 4 фута, выше ядро из мятой глины с песком и гравием (puddle), прикрытое с обеих сторон вторым ядром из глины песка и гравия; наконец—сбоков и сверху общая одежда из обыкновенной земли, бывшей под руками. Откос со стороны воды вымощен.

Состав бетона:

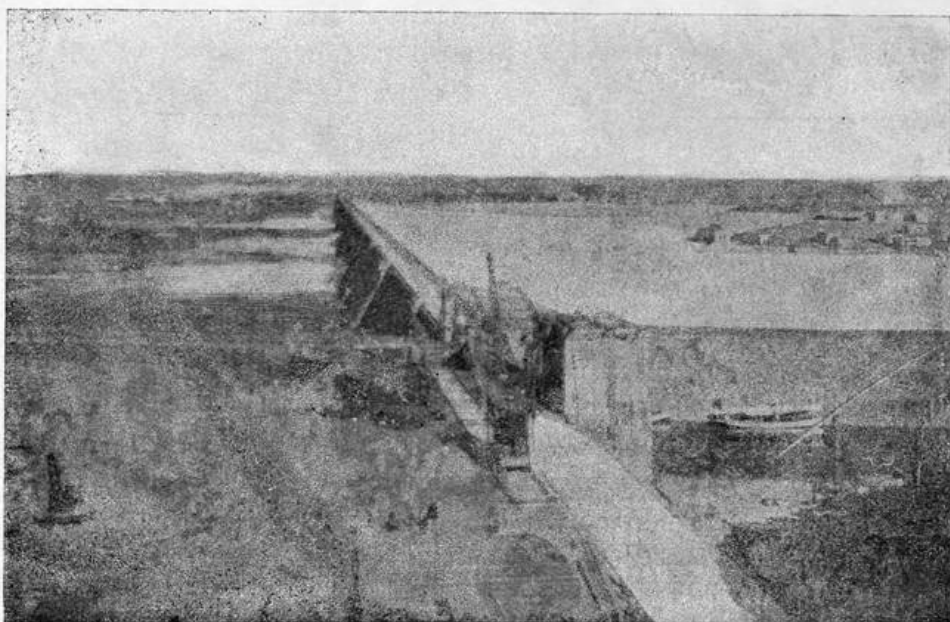
- 1 часть крупного песка;
- 1 „ мелкого песка;
- 1 „ порландского цемента;
- 4 „ щебня.

Состав первого (внутреннего) глиняного ядра (puddle)

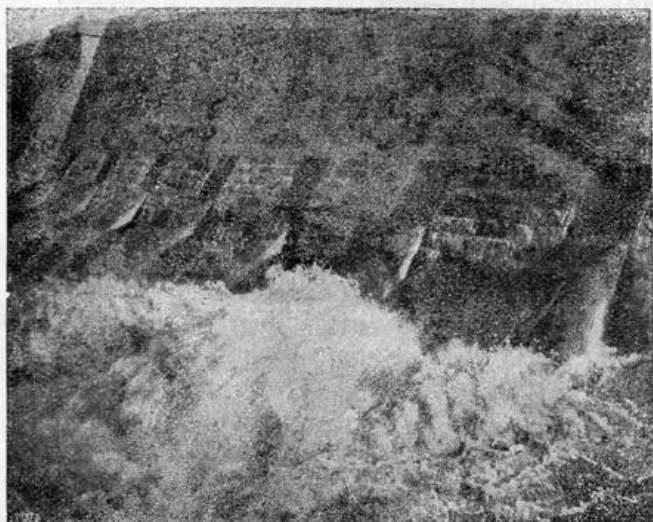
- 1 часть крупного и мелкого гравия;
- 1 „ мелкого песка;
- 1 „ хорошей глины.

Водоснабженіе изъ водохранилищъ.

К а м е н н ы я п л о т и н ы .



Черт. 238. — Общій видъ Ассуанской плотины (до возвышенія), при наполненномъ водохранилищѣ и окнахъ, открытыхъ для выпуска нужной для судоходства и орошенія воды. (J. Ward. Completion of the Nile Dams. Cassiers Magazine. Vol. 23, № 4).



Черт. 239. — Видъ водовыпускныхъ оконъ Ассуанской плотины во время выпуска черезъ нихъ воды; потоки послѣдней, благодаря большой скорости размыли скалистое дно передъ плотиною, что было предсказано французскимъ инженеромъ Boulé.

Составъ второго (наружнаго) глинянаго ядра:

Крупнаго гравія	1,00 куб. ярдъ.
Мелкаго гравія	0,35 " "
Песка	0,15 " "
Глины	0,20 " "

1,70 куб. ярдъ.

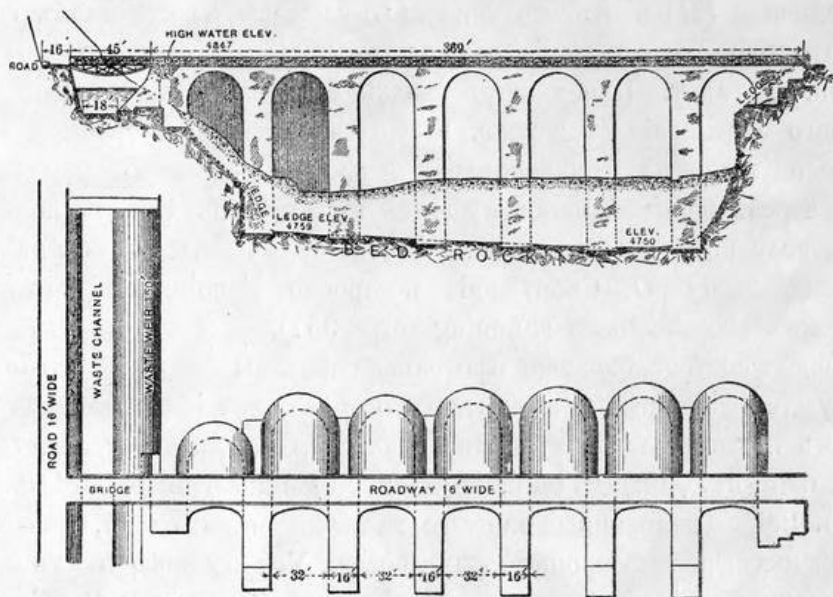
Составъ этого второго ядра опреѣляется по условію, чтобы смѣсь была водонепроницаема и всѣ промежутки между частицами болѣе крупными были заполнены болѣе мелкими, а тончайшіе швы заполнены глиной. Ядро дѣлалось слоями; сначала сыпали 2 дюйма гравія, потомъ соотвѣтствующія количества песка и глины. Затѣмъ пропускалась борона пока всѣ матеріалы не перемѣшивались въ достаточной мѣрѣ. Послѣ этого слой обрызгивался водой и укатывался каткомъ вѣсомъ въ 120 пудовъ. Боковыя части изъ земли, назначенныя для защиты ядра отъ мороза, дѣлались одновременно съ ядромъ соотвѣтствующими слоями и укатывались тѣми же катками (Fanning, p. 348).

Анлійскій типъ земляной плотины дѣйствительно экономиченъ, но неоднородность состава тѣла плотины неоднократно вызывала сдвиги откосовъ и разрушенія. Поэтому типъ этотъ не слѣдуетъ допускать для высокыхъ плотинъ; для низкихъ плотинъ въ особенности плотинъ прудовъ (1—2 саж.) онъ можетъ имѣть вполне удачныя примѣненія.

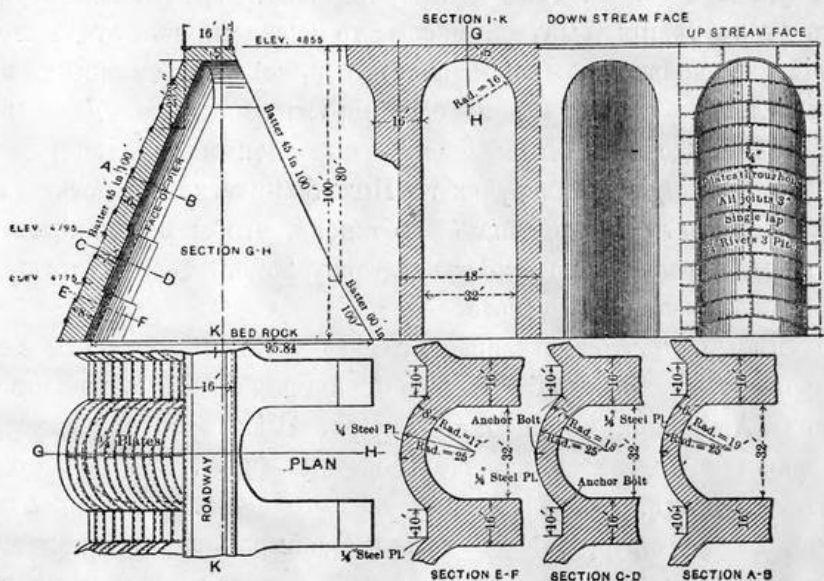
Въ нѣкоторыхъ случаяхъ ядро плотины дѣлается изъ матеріаловъ двухъ категорій, причемъ внутреннюю стѣнку составляетъ особенно жирная мятая глина или даже каменная кладка. Примѣры такихъ сооруженій показаны на черт. 205—207 и 209. Черт. 209 даетъ разрѣзъ земляной плотины Бидерфордскаго водопровода. Ея особенность—слой мятой глины не только имѣется въ видѣ центрального ядра, за коимъ слѣдуетъ избранный матеріалъ (selected material) и только далѣе обыкновенная земля, но и подъ мостовой откоса со стороны воды. Нѣкоторые инженеры рекомендуютъ этотъ приемъ. Jacob, Storage Reservoirs, 1867, p. 21). Другая особенность—выпускная труба на срединѣ высоты плотины—едва-ли заслуживаетъ подражанія.

Водоснабжение из водохранилищ.

Бетонная сводчатая плотина со стальной облицовкой
в Ogden'е (Utah, С.-А. С. Шт.).



Черт. 240 и 241.—Фасад с низовой стороны и план.



Черт. 242—249. — Поперечный разрез через свод.—Продольный разрез по *IK* (чертежа 242).—Деталь низового фасада.—Деталь верхнего фасада.—Деталь плана.—Разрез *EF* (чертежа 242).—Разрез *CD* (чертежа 242).—Разрез *AB* (чертежа 242).

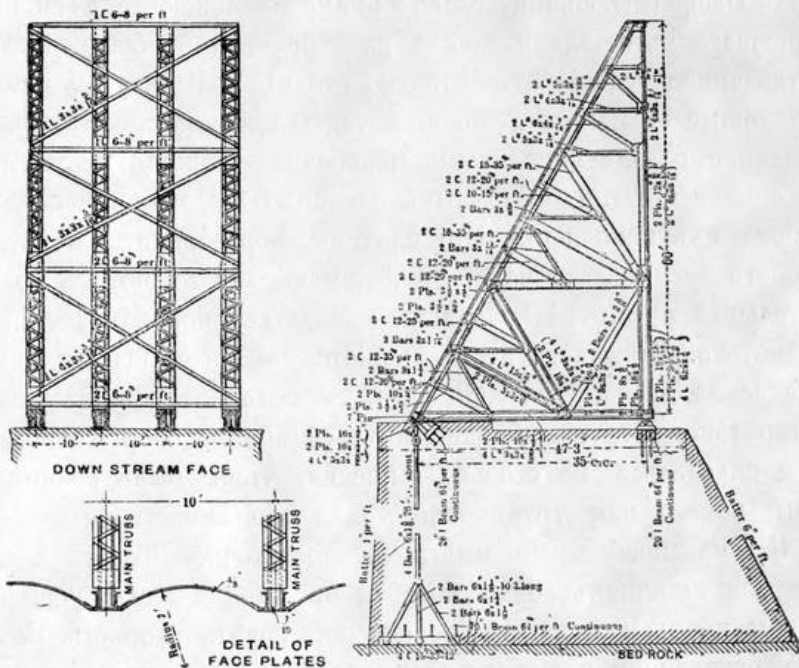
На черт. 205 — 206 показана плотина въ Норвичѣ (С. Ш. С. А). Плотина сдѣлана изъ земли (Q) съ каменной внутренней стѣнкой и глинянымъ ядромъ. Трубы: водоразборная (G), водосливная (H) и водовыпускная (L) уложены на каменномъ фундаментѣ и послѣ испытанія гидравлическимъ прессомъ задѣланы въ каменную кладку. Поверхность кладки сдѣлана съ выступами для лучшаго соединенія съ землей. Конецъ водоразборной трубы G движется на шарнирѣ и уравновѣшенъ противовѣсомъ L , перекинутымъ черезъ блокъ K и движущимся въ колодцѣ. Это позволяетъ брать воду изъ верхнихъ слоевъ. Краны трубъ MM въ особой камерѣ, съ лазомъ O . Сооруженіе построено Fanning'омъ, который признаетъ его удачнымъ (Fanning, стр. 357).

Передъ постройкою новой Кротонской плотины въ штатѣ Нью-Йоркъ для нуждъ водоснабженія этого города особая комиссія изслѣдовала буреніемъ нѣкоторыя изъ существующихъ земляныхъ вододержательныхъ плотинъ. Докладъ ея напечатанъ въ Engineering Record (т. 44, № 22). Всѣ изслѣдованныя плотины, за исключеніемъ одной, оказались въ нижнихъ частяхъ пропитанными водою. Уклонъ поверхности воды въ плотинахъ колебался въ предѣлахъ между 0,17 и 0,40. Коренное ядро изъ водонепроницаемаго матеріала задерживало фильтрацію, но не уничтожало ея. Такъ какъ пропитываніе грунта водою уменьшаетъ уголъ тренія сыпучей массы, то очевидно изъ этихъ изслѣдованій, насколько важно и полезно придавать землянымъ вододержательнымъ плотинамъ пологіе наружные откосы. Какъ показываютъ изслѣдованія на моделяхъ, исполненныя въ гидротехнической лабораторіи Карлсруйскаго Политехническаго Института Ребокомъ, пологость эта должна быть такова, чтобы поверхность стоянія воды, просачивающейся изъ резервуара въ тѣло плотины, не пересѣкала поверхности откоса.

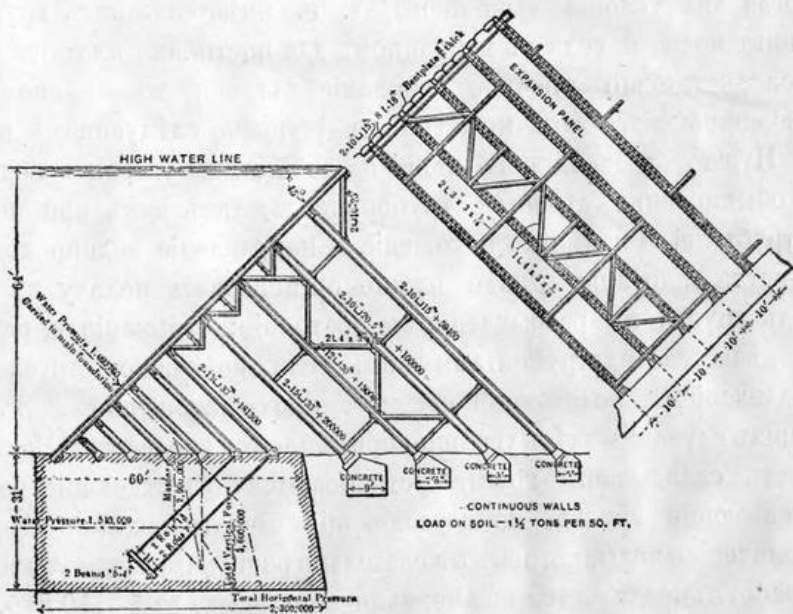
Съ цѣлью уничтоженія опаснаго для устойчивости тѣла земляной плотины пропитыванія ея водою американскій инженеръ Амбёрсенъ (Ambursen, Earth Dams. Boston. 1912) предложилъ устраивать двойную діафрагму изъ желѣзобетона (черт. 257) съ водоотводными трубами. Проникающая сквозь толщю части плотины, обращенной къ резервуару, вода должна собираться въ промежуткѣ между двумя желѣзобетонными стѣнками и, падая внизъ, отводиться по трубамъ наружу. Повидимому идея эта заслуживаетъ вниманія,

Водоснабжение из водохранилищ.

Стальные вододержательные плотины.



Черт. 250 — 252. Поперечный разрез, низовый фасад и детали прикрѣпления и устройства обшивки плотины первого типа.



Черт. 253—254.—Поперечный разрез и часть плана въ плоскости подпорныхъ стоек плотины второго типа.

но она не имѣетъ должной санкціи опыта, будучи весьма недавней. Предпочтительнѣе поэтому, вообще, дѣлать земляныя плотины безъ всякаго ядра или діафрагмы, французскаго или американскаго типа (см. ниже), изъ прочнаго матеріала и такихъ размѣровъ, чтобы было соблюдено вышеуказанное условіе относительно стоянія воды внутри плотины. Лабораторные опыты съ данными матеріалами могутъ быть приэтомъ весьма полезны для опредѣленія поперечнаго сѣченія плотины.

4) Американскій типъ земляныхъ плотинъ обусловливается самымъ способомъ ихъ исполненія. Это плотины, образованныя изъ грунта, способнаго размываться водой и перемѣщаться въ потокѣ воды на значительныя разстоянія и затѣмъ осаждаться при замедленіи скорости потока. Такимъ грунтомъ являются по преимуществу обыкновенная земля, песокъ и гравій разныхъ величинъ. Достаточное количество такого грунта должно имѣться вблизи сооружаемой плотины и находится на столько выше ея, чтобы была возможность устроить каналъ или трубопроводъ для проплавки грунта къ плотинѣ. Затѣмъ необходимо имѣть на достаточной высотѣ должный запасъ или источникъ воды, которая въ каналѣ или трубопроводѣ могла бы имѣть нужную для перенесенія грунта скорость. Вода эта можетъ очевидно и подниматься на необходимую высоту насосами, если разстояніе и высота подъема не особенно значительны.

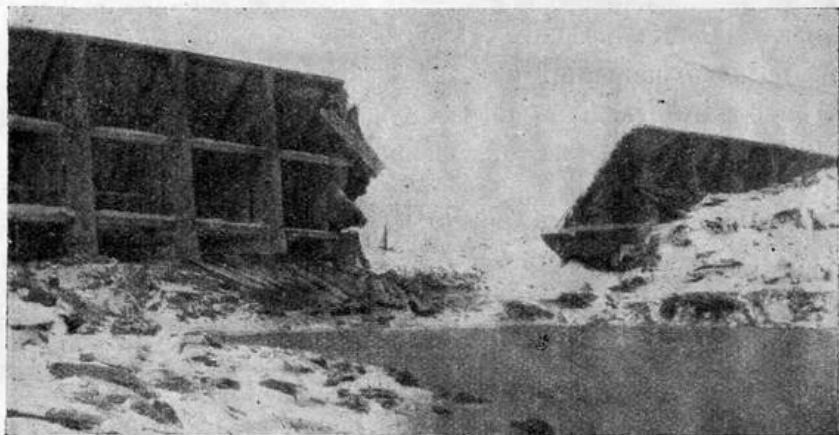
Когда оба условія выполнены, т. е. имѣется запасъ грунта и источникъ воды, и если въ избранномъ для постройки плотины мѣстѣ имѣется достаточно прочное основаніе для нея, то земляная плотина американскаго типа можетъ быть устроена слѣдующимъ порядкомъ. Нужно отъ землянаго карріера до плотины устроить водопроводъ; обыкновенно дѣлается трубопроводъ, такъ какъ при посредствѣ трубъ легче измѣнять положеніе и направленіе водопровода по мѣрѣ роста плотины. Далѣе нужно организовать подачу въ водопроводъ грунта въ разрыхленномъ состояніи; отрываніе и разрыхленіе дѣлается инструментами или, если возможно, струей воды подъ давленіемъ, подаваемой изъ пожарнаго наконечника. Въ подлежащихъ случаяхъ здѣсь успѣшно примѣняются землесосы. Наконецъ на мѣстѣ складыванія грунта устраиваются ограждающіе валики, задерживающіе грунтъ, но позволяющіе стекать водѣ въ стороны.

Количество воды, которымъ желательно располагать для успѣшнаго хода работъ опредѣляется по американскому опыту въ 5—10 куб. футъ

Водоснабженіе изъ водохранилищъ.



Черт. 255. Видъ плотины въ Horse Creek (С. Ам. С. Ш.) изъ земли съ бетонной одеждой внутренняго откоса послѣ ея разрушенія (см. стр. 301).



Черт. 256. Видъ плотины въ Dobbin'ъ на р. Stoney (С. Ам. С. Шт.) изъ желѣзобетона послѣ ея разрушенія (см. стр. 302).

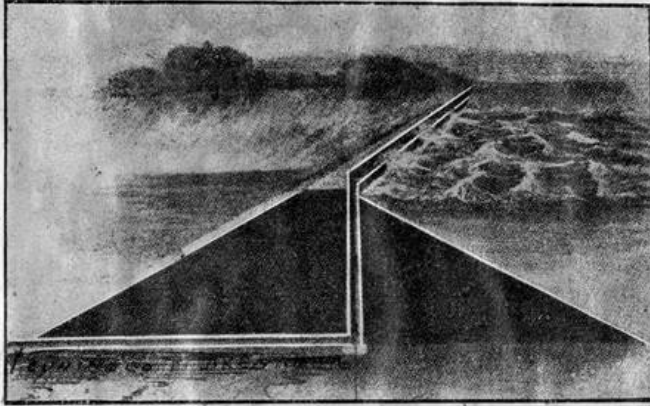
въ секунду (J. D. Schuyler. Reservoirs for Irrigation, Water Power and Domestic Water-Supply). Содержание грунта въ водѣ опредѣляется въ 2,5—6,25%. При уклонахъ водопровода въ 6—10% объемъ земляной кладки плотины можетъ достигнуть при указанномъ расходѣ до 2.000—4.000 куб. ярдовъ (157—315 куб. саж.) въ сутки.

Построенная такимъ способомъ земляная плотина имѣетъ однородный составъ, очень плотна и стоитъ дешево. Примѣровъ такихъ плотинъ въ Америкѣ уже не мало. Таковы плотины San Leandro и Temescal въ Калифорніи, Tyler въ Техасѣ (черт. 211), La Mesa въ Калифорніи, Lake Christine въ Калифорніи, Гатунская на Панамскомъ перешейкѣ возвышающаяся на 105 фут. при подпорѣ воды въ 85 фут. (см. В. Б. Тимоновъ, Мировой водный путь черезъ Панамскій перешеекъ), и др. По тому же принципу сдѣланы большія земляныя насыпи взаменъ деревянныхъ виадуковъ на желѣзныхъ дорогахъ въ С. Америкѣ Northern Pacific и Canadian Pacific.

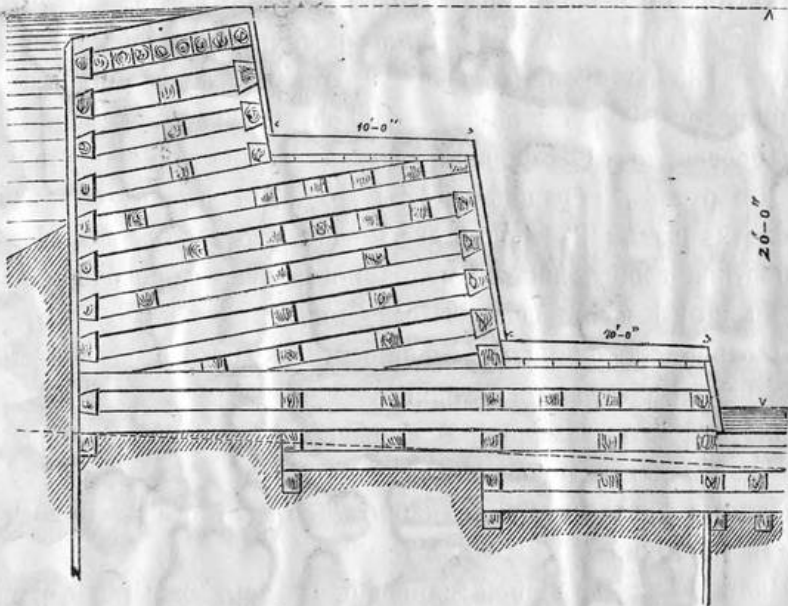
Насколько дешевле этотъ типъ земляныхъ насыпей, сооружаемыхъ гидравлическимъ путемъ, видно изъ полной стоимости плотины Tyler (черт. 211), которая при длинѣ 575 футъ, высотѣ 32 фута и объемѣ въ 24.000 куб. ярдовъ (1.900 куб. саж.) обошлась со всѣми устройствами въ 1.140 американскихъ долларовъ, т. е. около 2.200 рублей (см. Schuyler).

5) Плотины изъ каменной наброски появились около полустолѣтія тому назадъ въ Калифорніи, гдѣ потребность въ образованіи искусственныхъ водохранилищъ обуславливались сначала быстрымъ развѣтіемъ горнаго дѣла, а затѣмъ нуждами орошенія. Этотъ новый типъ плотинъ созданъ не инженерами, а людьми почти безъ всякихъ научныхъ познаній, но одаренныхъ большою энергіей и здоровымъ смысломъ (J. P. Frizell—Water-Power). Не имѣя никакихъ техническихъ традицій, эти пионеры цивилизаціи рѣшались возводить гигантскія сооруженія изъ матеріала бывшаго подъ руками съ размѣрами и конструкціей, которыхъ не допустилъ бы ни одинъ опытный строитель. При этомъ случилось не мало крушеній и погибло много имущества. Но зато многія изъ сооруженій выдержали испытаніе и стоятъ и нынѣ, имѣя конструкцію и размѣры, не допускавшіеся нигдѣ ранѣе. Между ними есть плотины изъ каменной наброски вышиной сто футъ и болѣе. Онѣ обыкновенно преграждаютъ узкія скалистыя ущелья, по которымъ по нѣскольکو

Водоснабженіе изъ водохранилищъ.



Черт. 258. Схематическій разръзъ земляной плотины съ двойной желъзобетонной діафрагмой и трубами для отвода дренажной воды системы Ambursen'a.



Черт. 259. — Поперечный разръзъ водосливной плотины изъ дерева.

мѣсяцевъ не течетъ ни капли воды, а въ ливни мчатся потоки. Отвести эти потоки трудно или невозможно. Надо было устроить водоспуски и построить плотину въ теченіе одного сухого сезона. Каменная наброска позволяла осуществить эту цѣль. Сначала наброску помѣщали въ ряжевые ящики, затѣмъ стали просто насыпать изъ нея дамбу, наконецъ,—для приданія большей водонепроницаемости наброскѣ ее стали покрывать со стороны подпора различными болѣе или менѣе плотными одеждами или вводить въ ея тѣло болѣе или менѣе водонепроницаемое ядро (диафрагму).

Такимъ образомъ созданъ цѣлый рядъ типовъ плотинъ изъ наброски камня. Главнѣйшіе изъ нихъ таковы.

а) Плотина изъ каменной наброски съ откосомъ, покрытымъ плотнымъ досчатымъ настиломъ. На черт. 213—216 представлена такая плотина. Высота плотины 76 футъ; длина по-верху—380 футъ, по-низу—100 футъ; толщина—вверху 10 футъ, внизу—140 футъ; откосы $1/2:1$ съ напорной, $1:1$ и $1:1\frac{1}{4}$ съ свободной стороны. Обращенный къ водѣ откосъ облицованъ деревомъ.

б) Плотина изъ каменной наброски съ откосомъ покрытымъ слоемъ земли (черт. 212). Длина плотины, представлена на чертежѣ по-верху 1.135 футъ; наибольшая высота 48 футъ; ширина по-верху наброски 10 футъ; по-низу 106 футъ; уклонъ внѣшняго откоса наброски $1/3:1$. Земляная одежда имѣетъ по-верху ширину 10 футъ и откосъ, обращенный къ водѣ $3:1$; этотъ откосъ прикрытъ слоемъ камня 2—3 фута для защиты отъ волненія. На рисункѣ плотина изображена во время постройки набросочной части, когда къ насыпкѣ земли еще не было приступлено.

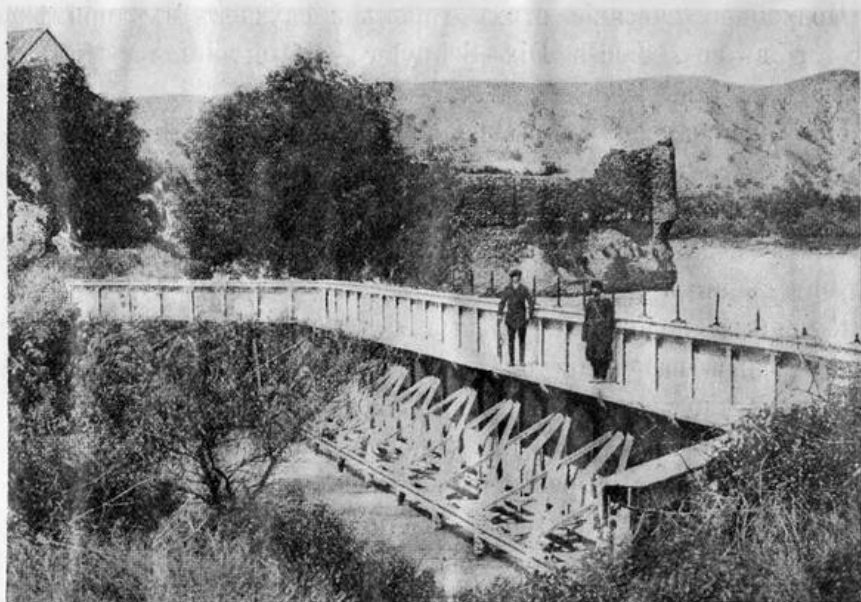
в) Плотина изъ каменной наброски съ откосомъ, покрытымъ одеждою изъ асфальтоваго бетона.

г) Плотина изъ каменной наброски съ откосомъ, покрытымъ одеждою изъ цементнаго бетона.

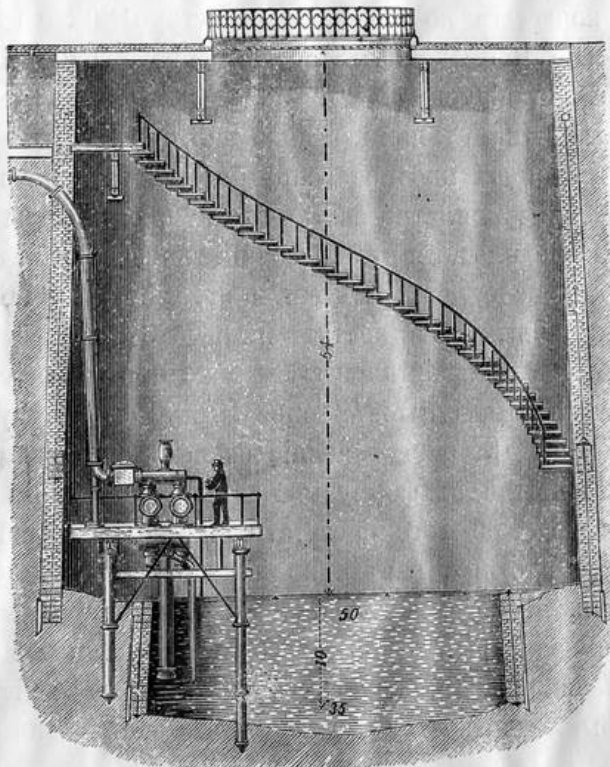
д) Плотина изъ каменной наброски съ откосами, покрытыми стальными листами.

е) Плотина изъ каменной наброски съ вертикальной сердцевинной изъ стальныхъ листовъ.

ж) Плотина изъ каменной наброски съ вертикальной наружной стѣнкой изъ каменной кладки на растворѣ.



Черт. 260. Желѣзная плотина на оросительномъ каналѣ въ Караязѣ.



Черт. 261.— Опускной колодець въ г. Бруклинѣ.

Подробное описание этих типовъ и случаевъ ихъ примѣненія имѣется въ соч. James Dix Schuyler — Reservoirs for Irrigation, Water-Power and Domestic Water-Supply.

Изъ американскихъ примѣровъ усматривается возможность благополучнаго существованія плотинъ изъ накидной кладки высотой до 30 сажень. Достоинство этого типа—большая дешевизна—заставляетъ желать его подробнаго теоретическаго изслѣдованія и опытовъ съ нимъ у насъ.

Каменные водоудержательныя плотины могутъ устраиваться исключительно на скалистомъ основаніи. Непризнаніе этого положенія и влекло за собой многія изъ катастрофъ, о коихъ упомянуто выше. Типы каменныхъ плотинъ и способы опредѣленія ихъ размѣровъ наиболѣе тщательно разработаны впервые французскими инженерами (Krantz — Etude sur les murs de réservoirs; Delocre; Bouvier — Les grands barrages en maçonnerie — calculs de résistance, 1875; Guillemain—Cours de Navigation Intérieure; de Mas—Cours de Navigation Intérieure); впоследствии они провѣрены расчетомъ и опытомъ во многихъ другихъ странахъ (см. В. Е. Тимоновъ—Парижскій международный конгрессъ во внутр. судоходствѣ 1892 года, стр. 10; Borchardt — Die Remscheider Stauwehrranlage, sowie Beschreibung von 450 Stauwehrranlagen и др.).

Пользоваться этими типами, необходимо, однако, съ большою осторожностью, такъ какъ прочное сопротивленіе матеріаловъ, размѣры плотины въ планѣ, климатическія вліянія на матеріалы (даже расширеніе и сжатіе плотины отъ колебанія температуры), составъ раствора, способъ исполненія кладки и пр. могутъ имѣть различное вліяніе въ различныхъ мѣстностяхъ на необходимые размѣры сооруженія. Поэтому въ каждомъ случаѣ необходимо заранѣе, на основаніи предварительныхъ опытовъ, опредѣлить соответствующіе этому случаю коэффиціенты, опредѣляющіе свойства матеріаловъ и имѣющіе быть введенными въ формулы для расчета сѣченія плотины.

При производствѣ этого расчета слѣдуетъ по возможности разсматривать всю плотину, какъ одно цѣлое, со всѣми дѣйствующими на нее силами, въ томъ числѣ и напряжениями, вызываемыми перемѣнами температуры. Кромѣ того необходимо для опредѣленія наибольшихъ напряженій не ограничиваться разсѣченіемъ плотины горизонтальными плоскостями, а искать эти напряжения и въ косыхъ

сѣченіяхъ, какъ этому учить профессоръ Гильменъ (Guillemin Navigation Intérieure).

Формы профилей водоудержательныхъ каменныхъ плотинъ продолжаютъ быть предметомъ очень замѣчательныхъ изслѣдованій, въ особенности во Франціи; изъ числа работъ этого рода заслуживаютъ вниманія труды Мориса Леви (Lévy—Comptes-Rendus de l'Academie des Sciences, 1895, 1896, 1898), Шиго (Chigot), Пельтро (Pelletreau — Note sur les profils sans extension des grands barrages en maçonnerie, 1894; Profils des barrages en maçonnerie envisagés dans leurs rapports possibles avec les soulpressions, 1879), Барбе (Barbet. Note sur le calcul des barrages de réservoirs en maçonnerie, 1898; Note sur les conditions de résistance des barrages de réservoirs en maçonnerie, 1899); Рюффю, Кадара (Caart); Intze—Bau der Thalsperre, 1906; Platzmann — Querschnitt der Staumauern, Unwin — Stresses in masonry dams, 1905—1913, и мн. др.

Морисъ Леви изслѣдовалъ законъ распредѣленія давленій въ разныхъ профилахъ и между прочимъ указалъ на необходимость, чтобы обращенная къ водѣ грань плотины имѣла такую форму, при которой вертикальное усиліе въ каждой точкѣ стѣны по крайней мѣрѣ равно статическому давленію воды въ резервуарѣ; въ случайно открывшіеся швы можетъ проникнуть вода и давленіемъ снизу вверхъ способствовать разстройству кладки.

Пельтро доказалъ необходимость для избѣжанія растягивающихъ усилій въ кладкѣ, чтобы центръ давленія воды, какъ при полномъ, такъ и при пустомъ резервуарѣ былъ въ средней трети каждаго горизонтальнаго сѣченія плотины; онъ же обратилъ вниманіе на треугольныя профили плотинъ и ихъ подробно изслѣдовалъ.

Барбе доказалъ, что для треугольнаго профиля, вершина коего совпадаетъ съ уровнемъ воды, а передняя грань вертикальна, вышеприведенное условіе Мориса Леви выражается математически формулой $\frac{m^2}{1} \leq \Delta - 1$, гдѣ m — уклонъ задней грани и Δ — плотность каменной кладки.

Рюффю изучилъ трапецидальныя профили плотинъ, срѣзанныя на уровнѣ воды при вертикальной передней грани.

Кадаръ (Cadart — Barrages à parements rectilignes. Annales des Ponts et Chaussées. 1902. 3-e trimestre) изучилъ практически осуществимыя профили каменныхъ плотинъ, составленныя изъ прямыхъ

линій съ наклонной, а не вертикальной передней гранью и надстройкой, поднимающейся надъ уровнемъ воды. Для такихъ профилей онъ далъ удобныя формулы, которыя позволяютъ быстро опредѣлить размѣры плотины при извѣстныхъ а priori размѣрахъ надстройки и прочихъ необходимыхъ данныхъ.

Устройство каменныхъ плотинъ показано на черт. 217—239. Здѣсь представлены, какъ профили, предложенныя для каменныхъ плотинъ разными авторами, каковы профиль французскихъ инженеровъ Граффа (Graeff) и Монгольфье, построенная согласно съ теоретическимъ указаніямъ Sazilly и Delocre'a, (черт. 217 — 218), профиль французскаго инженера Крантца (черт. 219), профиль итальянскаго инженера Круньоля (черт. 220), профиль бельгійскаго инженера Бидана (Bidant) (черт. 227), и иныя данныя. Инженеръ Крантцъ стремился дать большую ширину основанію и не превзойти въ кладкѣ нигдѣ давленія въ 6 килограммовъ на квадрат. сантиметръ (Krantz — Etude sur les murs de réservoirs. Paris. 1870).

Плотина вышиной въ 47,7 метровъ, построенная у Вервие по проекту инженера Bidant (см. общій видъ на черт. 149), отличается большой массивностью и избыткомъ кладки. Строитель Bidant говоритъ, что онъ придалъ ей такіе размѣры, чтобы внушить народу довѣріе въ ея прочность. (Bodson, Detienne et Leclercq—Barrage de la Gileppe,—Liège, 1877).

Высота бетонной плотины въ Cristal Springs (черт. 228) 51,35 м. Длина 207,4 м. Радиусъ кривизны въ планѣ 207,4 м. Откосъ со стороны воды—4 : 1, со стороны долины — 2,3 : 1 до 1 : 1. Для постройки изготовлялись бетонные массивы, имѣвшіе въ планѣ видъ буквы *T* вѣсомъ до 600 тоннъ. Составъ бетона: 1 ч. цемента, 2—песка, 6—щебня. (Die Crystal Spring Thalsperre bei San Francisco, Centralblatt der Bauverw. 1891).

Плотина въ Virnwy, построенная для образованія водохранилища, снабжающаго водой городъ Ливерпуль (черт. 229), значительно отличается отъ профилей французскихъ инженеровъ и приближается къ бельгійскому типу. Вслѣдствіе небольшой длины этой плотины и обильнаго притока воды въ резервуаръ, вся плотина устроена, какъ водосливъ, надъ которымъ на аркахъ проходитъ проѣзжій мостъ.

Плотина въ Альфельдѣ находится въ $2\frac{1}{2}$ километрахъ отъ Sewen'a (Fecht—Ueber die Anlage von Stauweihern in den Vogesen, insbesondere über den Bau des Stauweihers in Alfeld. Berlin. 1899). На черт. 230 показано исполненіе работъ по ея возведенію.

Очертанія плотины въ Villars (черт. 231) сдѣланы по французской теоріи. Профиль очень изящна. Высота плотины 51,40 м. Длина 134,8 м. Въ планѣ она построена по кругу и обращена выпуклостью къ водѣ. Объемъ водохранилища $16\frac{1}{2}$ миллионъ куб. метровъ.

Графическія данныя черт. 217, 218 и 232—237 указываютъ профили и нѣкоторыя подробности устройства наиболѣе извѣстной по своимъ достоинствамъ каменной плотины Furens, построенной въ 1861—1866 гг. (см. Montgolfier — Travaux exécutés pour la conduite d'eau de la ville de St. Etienne et la construction du réservoir de Furens — An. des P. et Ch. 1875).

На планѣ водохранилища, образованнаго запрудой рѣки Furens въ ущельѣ, называемомъ Gouffre d'Enfer обозначены буквами: *L—L*—старое русло рѣки Furens, воды которой собираются въ резервуарѣ; *S*—водоудержательная каменная плотина; *M—M—M*—обводный каналъ для спуска паводковъ съ мутной водой; (во время работъ по сооруженію плотины *S* по нему была отведена рѣчка Furens. Въ мѣстѣ отвѣтвленія этого канала рѣчка заграждена плотиной, чрезъ которую воду можно направлять по усмотрѣнію въ этотъ каналъ или резервуаръ. *NN*—водопроводъ ключевой воды. *AB*—водоспускъ для опоражниванія резервуара и для пользованія водой для водоснабженія. *CD*—водосливъ низкаго уровня. *F*—водосливъ высокаго уровня. Водоохранилище въ Gouffre d'Enfer имѣетъ три цѣли: 1) дополнить ключевое водоснабженіе города С.-Этьенна въ періоды недостаточнаго расхода ключей; 2) обезпечить рѣкѣ Furens служащей для промышленныхъ важныхъ цѣлей постоянный расходъ; 3) предохранить городъ С.-Этьеннъ отъ опасныхъ наводненій, которымъ онъ подвергался при паводкахъ р. Фюрансъ. Емкость водохранилища 1.600.000 куб. м. Такъ какъ она въ послѣдствіи стала недостаточна для удовлетворенія второй цѣли, то выше Gouffre d'Enfer построены еще новый резервуаръ, называемый Pas de Riot. Плотина въ Gouffre d'Enfer въ планѣ криволинейна для увеличенія ея сопротивленія напору воды, которому она противодѣйствуетъ не только всѣсомъ, но и распоромъ. Радиусъ оси верхней части стѣны—252,5 метра.

Длина плотины по верху около 100 метровъ. Плотина совершенно глухая. Водосливы и водоспуски сдѣланы внѣ ея (см. черт. 233 и 234—237). Грунтъ скалистый. При расчетѣ стѣны принято, что давленіе не должно превосходить 6,5 килогр. на кв. сантиметръ. Высота плотины 52,50 метра.

Оба сооруженія, поверхностный водосливъ и донный водостокъ служащій для пользованія водою, сдѣланы въ видѣ туннелей, пробитыхъ сквозь толщу скалистаго мыса, сжимающаго долину рѣчки Fugens у мѣста, гдѣ поставлена плотина (см. черт. 233 и 234—237). Водосливъ *CD*—обыкновенно открытъ и вода въ резервуарѣ стоитъ въ уровень съ его подошвой. Въ исключительныхъ случаяхъ, когда опасные для г. Сентъ-Этьенна паводки Fugens'a бываютъ при полномъ резервуарѣ, водосливъ *CD* закрываютъ щитами и вода въ резервуарѣ поднимается на 5,5 м. до порога второго водослива (*F*—плана, черт. 232), причемъ емкость резервуара увеличивается на 400.000 куб. метровъ. Въ туннель водоспуска, высотой 2 м. и 1,8 м. шириной, обдѣланнаго кладкой, толщиной въ 40 сантиметровъ, уложены двѣ чугунныя трубы діаметромъ въ 40 сантиметровъ. Ниже ихъ и по срединѣ уложена 3-я постоянно открытая спускная труба малаго діаметра, имѣющая цѣлью не давать складываться илу у устьевъ верхнихъ трубъ. Большія трубы имѣютъ входныя устья въ *F*, выходныя въ *A*, въ особую камеру, гдѣ умѣряется скорость теченія (черт. 234). Въ *F* входныя устья запираются сверху особыми затворами. Въ *G*—рѣшетка, защищающая выпускную камеру отъ плавающихъ тѣлъ. Выпускныя устья сообщаются большимъ каналомъ (стрѣлка внизъ) съ р. Фюрансомъ и малымъ (стрѣлка влево)—съ водопроводомъ (черт. 236).

Значительное вниманіе удѣлено среди приведенныхъ примѣровъ каменныхъ плотинъ одному изъ важныхъ случаевъ крушенія каменной плотины—катастрофѣ въ Бузей (Bouzey), уже упомянутому выше. Случай этотъ интересенъ, потому что катастрофа предвидѣлась, для предупрежденія ея принимались мѣры на основаніи теоретическихъ и практическихъ соображеній, наконецъ, потому что послѣ катастрофы были произведены подробныя изслѣдованія всѣхъ ея обстоятельствъ и расчеты пострадавшей плотины (черт. 221—225).

Плотина, построенная въ 1898—1902 для образованія обширнаго водохранилища въ долинѣ Нила близъ Ассуана, преграждаетъ теченіе

этой колоссальной рѣки (см. доклад Глазговскому инженерному конгрессу 1901 г. инженера Вилькокса (W. Willcocks), бывшего главнаго директора водохранилищъ въ Египтѣ, объ ирригаціи въ долинѣ р. Нила и ея будущности—и отчетъ В. Е. Тимонова объ этомъ конгрессѣ подъ заглавіемъ «Международная выставка и международный инженерный конгрессъ въ Глазго въ 1901 г.». Работы по сооруженію огромнаго запаснаго водохранилища въ долинѣ Нила чрезвычайно важны и въ экономическомъ и въ техническомъ отношеніи. Не останавливаясь здѣсь на весьма интересныхъ историческихъ данныхъ относительно развитія искусственнаго орошенія въ долинѣ Нила и перехода отъ древней системы бассейнаго орошенія исключительно высокими водами, къ системѣ орошенія водами, поднятыми и скопленными въ запасныхъ резервуарахъ, замѣтимъ, что началомъ эволюціи орошенія долины Нила въ этомъ направленіи считается постройка вблизи Каира чрезъ рукава Нила Магометомъ Али еще 1833 году плотинъ, имѣвшихъ цѣлью поднять лѣтній уровень Нила на 9 футъ. Египетъ имѣетъ около 6-ти милліоновъ акровъ культурной земли, изъ коихъ 4 милліона сдавались по пяти фунтовъ стерлинговъ за годъ, а два милліона лишь по одному фунту, потому что лѣтній расходъ Нила недостаточенъ для орошенія этого пространства. Для развитія Египта необходимо устроить резервуары, способные ежегодно доставлять 200 милліардовъ куб. футовъ воды, что соотвѣтствуетъ добавочному расходу воды въ 20 тысячъ куб. футъ въ секунду и добавочному доходу отъ земель въ 6 милліоновъ фунтовъ стерлинговъ въ годъ. Этой доходности соотвѣтствуетъ капиталъ въ 60 милліоновъ фунтовъ стерлинговъ; другими словами—каждый милліардъ куб. фут. воды, доставляемый Египту лѣтомъ, имѣетъ цѣнность въ 300 тысячъ фунтовъ стерлинговъ.

На этомъ финансовомъ положеніи и была основана постройка гранитной вододержательной плотины, пересѣкающей все русло Нила возлѣ города Ассуана. Наибольшая проектная высота стѣны составляла 130 футъ при подпорѣ въ 85 футъ. Стѣна имѣетъ въ поперечномъ сѣченіи общепринятое очертаніе для каменныхъ вододержательныхъ плотинъ. Для пропуска водъ рѣки устраивалось 140 отверстій низкаго уровня, размѣрами въ 23 фута высоты на 6 съ половиною ширины и 40 отверстій высокаго уровня, размѣрами $11\frac{1}{2}$ футъ высоты на $6\frac{1}{2}$ ширины. Общая площадь оставшихся въ стѣнѣ от-

верстей для пропуска воды составляла 24.000 кв. футъ. Наибольшій расходъ Нила, составляющій 475 тысячъ куб. футъ въ секунду, протекаетъ чрезъ эти отверстія при скорости 20 футъ въ секунду, а обыкновенные паводки при скорости 16 футъ въ секунду, не поднимаясь выше установленнаго предѣла. Всѣ водопропускныя отверстія снабжены затворами системы Стоней. Это отсутствіе водосливовъ и замѣна ихъ окнами въ тѣлѣ самой каменной водоудержательной плотины составляетъ главную и весьма замѣчательную особенность Ассуанской плотины (черт. 238—239.—См. Также *Zeitschrift für Bauwesen*. 1900.—Jahrg. L. Bl. 50 *Stauwerke des Nilthals*).

Ассуанская плотина не была устроена, однако, сразу на всю указанную выше высоту, а ниже ея приблизительно на 23 фута, такъ какъ при проектированномъ подпорѣ былъ бы залитъ знаменитый храмъ Изиды Филы, вслѣдствіе чего первоначальный резервуаръ заключалъ въ себѣ 35 вмѣсто возможныхъ 70 миллиардовъ куб. футовъ воды. Но размѣры плотины въ толщину были опредѣлены, казалось, такъ, чтобы можно было возвысить ее до указаннаго предѣла и увеличить запасъ воды до 70 миллиардовъ куб. футъ. Полная стоимость плотины составила бы при этомъ, по проектнымъ даннымъ, оказавшимися весьма значительно превзойденными, 1.750.000 фунтовъ стерлинговъ или 25 тысячъ фунтовъ стерлинговъ на каждый миллиардъ куб. футовъ воды. Выше же мы видѣли, что этотъ миллиардъ куб. футовъ воды имѣетъ цѣнность 300.000 фунтовъ стерлинговъ.

Остальныя нужныя для орошенія Египта 130 миллиардовъ куб. футовъ воды предполагалось получить изъ озеръ, составляющихъ источники Нила.

Въ 1907 — 1912 годахъ Ассуанская плотина была, для увеличенія запасовъ воды, поднята на 7 метровъ и профиль ея усилен не только соотвѣтственно увеличенію напора, но и потому что профиль ея стала вызывать сомнѣнія въ достаточной прочности при образованіи постоянныхъ температурныхъ трещинъ (*Minutes of Proceedings of the Inst. of Civ. Eng. Vol. CXCIV. 1914*); вмѣстѣ съ тѣмъ скалистое дно рѣки передъ плотиною было покрыто толстой одеждой изъ каменной кладки для защиты его отъ размывовъ вытекающей изъ оконъ плотины водой, которые оказались весьма значительными и въ нѣкоторыхъ мѣстахъ проникли ниже подошвы основанія. Размывы эти были предсказаны французскимъ инжене-

ромъ Boulé еще въ 1894 году при разсмотрѣннн проекта плотины, но строители плотины не обратили во время вниманія на это предсказаніе. Дополнительные работы 1907—1912 годовъ подняли стоимость Ассуанской плотины до 5.000.000 фунтовъ стерлинговъ.

Чрезвычайно интересно выяснить опытомъ, насколько конструкціи, подобно ассуанской, могутъ быть примѣнены въ болѣе сѣверныхъ широтахъ, на рѣкахъ съ большимъ ледоходомъ, для которыхъ до настоящаго времени еще остается не вполне разрѣшеннымъ вопросъ о типѣ постоянной плотины—водоудержательной или водоподъемной, способной не повреждаться во время высокихъ водъ и ледохода. Для порожистыхъ частей нашихъ большихъ рѣкъ, каковы Днѣпръ, Волховъ и др., привлекающихъ къ себѣ всеобщее вниманіе возможностью устройства комбинированныхъ фабричныхъ и судоходныхъ гидротехническихъ сооружений, практическое рѣшеніе вопроса останавливается отчасти за отысканіемъ вполне подходящаго типа плотинъ. При наличности большихъ подпоровъ (на Волховѣ болѣе 4 саж.) изъ разборчатыхъ плотинъ единственно пригодными представлялись плотины мостового типа съ широко раскрывающимися пролетами. Напримѣръ, для Волхова разрабатывался, по предложенію составителя этого курса, проектъ плотины по типу извѣстной barrage de Poses, системы Camégé-Tavernier. Быть можетъ, большія удобства представила бы разборчатая плотина съ затворами на подвижныхъ каткахъ системы Стоней, возможность примѣненія коихъ въ данныхъ условіяхъ требуетъ еще выясненія. Но такія или подобныя имъ разборчатыя плотины предполагаютъ уничтоженіе искусственнаго подпора воды во время высокихъ водъ и тѣмъ болѣе во время ледохода, а слѣдовательно и прекращеніе дѣйствія фабричныхъ заведеній, пользующихся паденіемъ воды. Тѣмъ менѣе цѣлесоотвѣтственны такія устройства собственно для водоснабженія.

Отсюда затрудненія и желательность отысканія болѣе рациональнаго рѣшенія вопроса объ устройствѣ водохранилищъ въ руслахъ нашихъ большихъ рѣкъ при посредствѣ постоянныхъ каменныхъ стѣнъ (см. докладъ В. Е. Тимонова и М. Ф. Цюнглинскаго XI междун. судох. конгрессу «Устройство плотинъ на рѣкахъ при большихъ измѣненіяхъ расхода воды и сильныхъ ледоходахъ для возможности одновременнаго удовлетворенія интересовъ судоходства и промышленности». Рус. изд. Трудовъ Конгресса т. I).

Въ послѣднее время явилось предложеніе придавать плотинамъ изъ камня или бетона видъ ряда устоевъ, подпирающихъ наклонные своды. Мысль эта представляется рациональной, но не имѣетъ еще санкціи продолжительнаго опыта.

6) Бетонныя плотины находятъ себѣ теперь все больше и больше примѣненій, преимущественно въ С. Америкѣ. Расчетъ ихъ аналогиченъ съ расчетомъ каменныхъ плотинъ. Основное условіе ихъ успѣха — особая тщательность исполненія. Одна изъ бетонныхъ плотинъ С. Америки представлена на черт. 240 — 249. Ея особенность составляетъ, помимо сводчатаго устройства, еще стальная обшивка поверхности бетона, обращенной къ водѣ.

7) Металлическія плотины еще мало испытаны, хотя имъ повидимому, въ виду точности ихъ расчета, легкости и быстроты сооруженія, большой безопасности отъ крушенія и пр., принадлежить будущее. На черт. 250—254 представлены проектныя данныя, относящіяся до стальной вододержательной плотины въ двухъ вариантахъ. Въ первомъ изъ нихъ (черт. 250 — 252) на основаніи изъ бетона или каменной кладки установлены фермы въ разстояніи 10 футъ одна отъ другой, высотой 60 футъ и съ нижней балкой длиной въ 35 футъ = толщиной каменной плотины той же высоты. Обшивка изъ стальныхъ листовъ въ $\frac{3}{8}$ дюйма, выгнутыхъ по дугѣ круга радіуса въ 7 футъ. Всѣс металла — 8.050 англ. фунтовъ на погонный футъ при обшивкѣ, показанной на чертежѣ, и 8.800 ф. при выпуклой; соответствующій 60-ти фунтовой стальной плотинѣ объемъ кладки въ каменной плотинѣ той же вышины — 48 куб. ярдовъ на пог. футъ плотины. Во второмъ вариантѣ (черт. 253—254) фермы замѣнены стойками, передающими непосредственно давленіе продольнымъ бетоннымъ или каменнымъ стѣнамъ. Уклонъ плотины и стоекъ — 45⁰/₀. Металла здѣсь меньше (7.000 фунтовъ на пог. футъ при вогнутой обшивкѣ и 7.650 ф. при выпуклой), чѣмъ въ плотинѣ, показанной на чертежахъ 243—245, но въ большинствѣ случаевъ происходящая отсюда экономія съ избыткомъ поглощается большой стоимостью основанія. Эта система выгоднѣе, однако, первой въ мѣстностяхъ скалистыхъ, гдѣ особаго основанія не нужно. (Goldmark on Pioneer Plant, Am. S. C. E. Vol. XXIII, № 5). На черт. 260 представлена желѣзная плотина (шлюзъ), существующая въ Россіи на оросительномъ каналѣ въ Караязѣ.

Таблица № 14. Размѣры водосливовъ въ водоудержательныхъ плотинахъ.
(Burton.— The Water Supply of Towns and the Construction of Waterworks).

Размѣръ бассейна.	Длина водослива.	Глубина воды надъ порогомъ водослива.
200 акровъ.	15 фут.	1 фут. 8 дюйм.
400 "	20 "	1 " 10 "
1 англійск. кв. милл.	25 "	2 " — "
2 " " милл.	32 "	2 " 5 "
3 " " "	39 "	2 " 1 "
4 " " "	44 "	2 " 10 "
6 " " милл.	54 "	3 " — "
8 " " "	61 "	3 " 3 "
10 " " "	68 "	3 " 6 "
15 " " "	83 "	3 " 9 "
20 " " "	95 "	4 " — "
25 " " "	105 "	4 " 2 "
30 " " "	116 "	4 " 4 "
40 " " "	133 "	4 " 7 "
50 " " "	149 "	4 " 10 "
75 " " "	183 "	5 " 3 "
100 " " "	212 "	5 " 8 "

Примѣчаніе 1. Эта таблица составлена по эмпирическимъ даннымъ для странъ не подверженныхъ тропическимъ ливнямъ; на нее не слѣдуетъ смотрѣть иначе, какъ на собраніе данныхъ примѣрныхъ, ища точныя въ каждомъ частномъ случаѣ путемъ детальнаго изслѣдованія мѣстныхъ условій.

Примѣчаніе 2. Акръ = 0,003556 кв. версты = 888,982 кв. саж. Англійская миля линейная = 1,50857 линейныхъ версты = 754,286 пог. саж.

8/ Желѣзо - бетонныя плотины имѣютъ уже нѣсколько примѣненій. Хотя есть, однако, всѣ основанія думать, что этотъ типъ можетъ давать очень благоприятные результаты по экономичности, быстротѣ устройства и безопасности, особенно для небольшихъ напоровъ, но слѣдуетъ замѣтить, что тутъ возможны и очень серьезные недочеты, въ особенности при не достаточно внимательномъ расчетѣ или не безукоризненно аккуратной работѣ (см. черт. 256). О желѣзобетонѣ, какъ матеріалѣ примѣняемомъ въ сочетаніи съ землей, упоминалось выше (см. черт. 258).

9/ Деревяныя плотины описаны съ достаточной подробностью въ курсѣ Внутреннихъ Водяныхъ Сообщеній и здѣсь можно ограничиться указаніемъ лишь одного изъ американскихъ типовъ (черт. 259).

Типъ этотъ рекомендуется Фаннингомъ въ мѣстности, гдѣ мало хорошаго и прочнаго камня и гдѣ дерево дешево. Сооруженіе имѣетъ ряжевой характеръ и поставлено на гравелистомъ грунтѣ. Паденіе 20 футъ раздѣлено на три уступа. Бревна отесаны съ двухъ сторонъ и совершенно освобождены отъ коры. Два досчатыхъ шпунтовыхъ ряда (впереди и сзади плотины) предназначены для защиты отъ подмыва. Разстояніе между лежнями въ продольной профили плотины—5 футъ. Всѣ бревна связаны между собой болтами и заершенными гвоздями. Послѣдніе въ 30" длины проходятъ чрезъ $2\frac{1}{2}$ бревна. По мѣрѣ укладки бревень они прикрѣпляются этими ершами и пространство между ними заполняется неразбиваемымъ матеріаломъ, который плотно утрамбовывается. Если грунтъ скалистый, то деревянное строеніе прикрѣпляется къ нему также болтами. Надъ сооруженіемъ (размѣровъ, показанныхъ на чертежѣ), Фаннингъ допускаетъ толщину сливающагося слоя въ 6 фут. (Fanning, стр. 386).

Равнымъ образомъ къ курсу Внутреннихъ Водяныхъ Сообщеній мы отсылаемъ для ознакомленія съ деталями устройства водосливовъ, водоспусковъ дренажныхъ устройствъ и прочихъ принадлежностей водоудержательной плотины въ дополненіе къ нѣкоторымъ свѣдѣніямъ въ этомъ отношеніи, приведенномъ выше или имѣющимся въ таблицѣ № 14.

При выборѣ типа плотины, соотвѣтствующей даннымъ условіямъ, совокупность соображеній, которыя приходится принимать во вниманіе представляется обыкновенно сложной, въ особенности, когда разныя возможныя рѣшенія приближаются другъ къ другу по стоимости. Въ такихъ случаяхъ необходимо нѣсколько вариантовъ. Сравнивая ихъ между собой, слѣдуетъ придавать особое значеніе вопросу объ обезпеченіи безопасности населенія отъ прорыва плотины. Поэтому при большихъ подпорахъ надо отдать рѣшительное предпочтеніе плотинамъ изъ каменной кладки, поставленнымъ на прочное скалистое основаніе, такого профиля, чтобы вѣсь ихъ былъ достаточенъ для сопротивленія опрокидыванію, и въ то же время имѣющихъ въ планѣ форму свода, упирающагося въ склоны долины—для запаса устойчивости, снабженнымъ устройствами для дренированія просачивающагося въ кладку воды, слитровыми колodцами, предохранительными швами для воспріятія температур-

ныхъ вліяній, защитными платформами у основанія и пр. Плотины такой конструкціи можно строить высотой до 50 и болѣе сажень. если, конечно, данная мѣстность не посѣщается землетрясеніями. Въ этомъ случаѣ лучше избѣгать устройства каменныхъ, бетонныхъ и даже желѣзобетонныхъ плотинъ, прибѣгая по преимуществу къ землянымъ и набросочнымъ типамъ; къ первымъ примѣрно до высоты 15 сажень и вторымъ до 30 сажень. (L. Luiggi. L'evoluzione delle grandi laghi artificiali. Annali della Societa degli ingegnerie degli arehittetti italiani. №№ 19—20, 1914).

Говоря о снабженіи водой изъ атмосферныхъ запасовъ, нужно упомянуть о попыткахъ полученія ея непосредственной конденсаціей находящихся въ воздухѣ паровъ. Такія попытки дѣлаются въ мѣстностяхъ, гдѣ не происходитъ естественнаго выпаденія осадковъ или оно происходитъ въ недостаточномъ размѣрѣ, вслѣдствіе чего не имѣется открытыхъ или подземныхъ водоемовъ, которые могли бы обезпечить нужду въ водѣ даннаго пункта. Въ такомъ положеніи находится, напр. Гибралтаръ, поднимающійся изъ моря въ видѣ скалы съ крутыми скатами. На нѣкоторыхъ изъ скатовъ, обращенныхъ въ сторону господствующихъ вѣтровъ, устроены бетонныя поверхности, водонепроницаемыя и гладкія. Испаренія осаждаются на этихъ поверхностяхъ и стекающая влага собирается въ резервуары. (L. Trirus, foreign Water Supplies, Journ. Amer. W. W. Assoc. June, 1914). Вода эта служитъ для нуждъ Гибралтарскаго гарнизона. Въ Россіи вопросъ этого рода возникъ по отношенію къ г. Феодосіи (см. Ф. И. Зибольдъ. Роль подземной росы въ водоснабженіи г. Феодосіи и Труды Гидрологическаго Комитета Главнаго Управленія Землеустройства и Земледѣлія). Есть основаніе думать, что въ отдаленныя времена на окружающихъ Феодосію возвышенностяхъ были насыпаны большія щебневые кучи съ цѣлью конденсаціи атмосферной влаги. Собранныя на обширныхъ поверхностяхъ, виѣшнихъ и внутреннихъ, щебневаго массива вода собиралась гончарными дренами и отводилась въ городъ по естественнымъ уклонамъ мѣстности. Документальныхъ доказательствъ правильности этого предположенія не имѣется, хотя наличіе большихъ кучъ щебня и остатки водопроводовъ на лицо. Съ цѣлью выясненія практическаго значенія подобныхъ устройствъ Лѣснымъ Департаментомъ Главнаго Управленія Землеустройства и Земледѣлія

былъ предпринять обширный опытъ. Въ той же мѣстности возлѣ Θεодосіи на основаніи изъ бетона уложенъ массивъ изъ гальки объемомъ до 115 куб. саж. Основаніе изъ бетона имѣетъ видъ чаши, благодаря чему вся скопляющаяся вода можетъ быть выпускаема чрезъ водомѣрное отверстіе и количество ея точно опредѣлено. Параллельно производятся метеорологическія наблюденія. Эти опыты еще не привели къ окончательнымъ выводамъ.

65м.

§ 43. Добываніе грунтовой воды колодцами.

Простѣйшій способъ полученія грунтовой воды изъ ближайшаго къ земной поверхности водоноснаго слоя заключается въ устройствѣ колодца.

Опуская на нѣкоторую глубину дно такого колодца въ водоносный слой почвы, образуютъ камеру, изъ которой можно получить нѣкоторое количество воды.

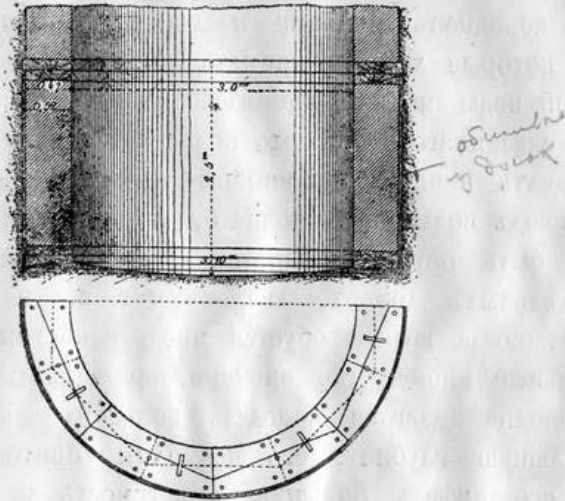
Количество это зависитъ, по изслѣдованіямъ наиболѣе выдающихся гидравликовъ, отъ напора, подъ которымъ вода втекаетъ въ колодезь и толщины слоя воды въ колодезь, но мало измѣняется, съ измѣненіемъ площади горизонтальнаго сѣченія колодца (предполагается, что стѣнки колодца имѣютъ отверстія для впуска воды). Это утвержденіе не вполнѣ вѣрно, если колодезь не доходитъ до непроницаемаго слоя, т. е. когда вода можетъ входить въ него не только чрезъ стѣнки, но и чрезъ дно его.

Изъ этого вообще слѣдуетъ, что придаваніе колодцу большаго діаметра имѣетъ въ виду существеннымъ образомъ увеличеніе емкости той камеры, которая заключаетъ въ себѣ водный запасъ колодца (при пропускающихъ воду стѣнкахъ).

При выкачиваніи воды изъ колодца уровень воды въ немъ опускается и вмѣстѣ съ тѣмъ въ водоносномъ слоѣ вокругъ колодца образуется воронкообразное углубленіе болѣе или менѣе правильной формы и болѣе или менѣе значительнаго діаметра. Если откачиваемое изъ колодца количество воды болѣе того, что можетъ дать водоносный слой, то происходитъ общее пониженіе уровня почвенныхъ водъ; въ противномъ случаѣ устанавливается равновѣсіе между расходомъ и притокомъ, воронка принимаетъ постоянный видъ съ

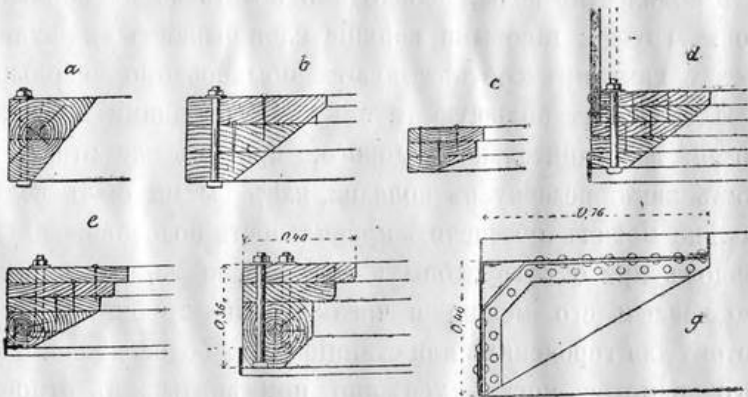
Снабжение грунтовой водой.

Опускные колодцы,



Черт. 262 и 263.

**Каменный опускной колодезь съ непроницаемыми стѣнками
(разрѣзь и планъ ножа) ($\frac{1}{15}$ н. в.).**



Черт. 263—269.

Различные типы ножей опускныхъ колодезѣвъ ($\frac{1}{25}$ н. в.). *a-f*—деревянные ножи; *g*—жельзный ножъ.

тѣмъ, чтобы по прекращеніи выкачиванія изъ колодца снова въ большей или меньшей степени заполниться.

Если два колодца помѣщены другъ отъ друга въ такомъ разстояніи, что воронки ихъ пересѣкаются, то расходъ въ каждомъ изъ нихъ будетъ меньше, чѣмъ если бы они были на болѣе значительномъ разстояніи.

Это обстоятельство нужно всегда имѣть въ виду при расположеніи колодцевъ группами и тщательно изучить предварительно формы, которыя можетъ принять въ данномъ мѣстѣ поверхность грунтовой воды подѣ влияніемъ одновременной работы колодцевъ.

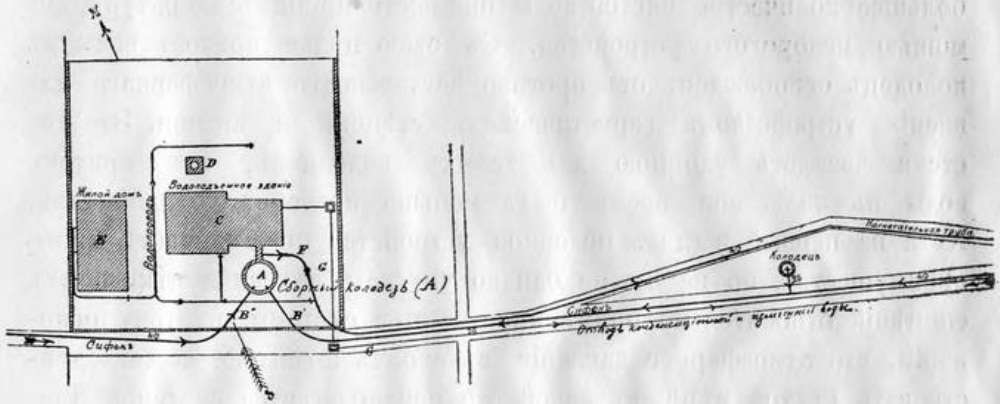
Изъ сказаннаго ясно, что колодезь или группа колодцевъ можетъ давать непрерывно вполнѣ ограниченное количество воды; если расходъ воды изъ колодца будетъ больше прихода, то колодезь можетъ быть осушенъ. Поэтому для снабженія грунтовой водой отдѣльныхъ домовъ, дворовъ и т. п., и вообще для тѣхъ случаевъ, когда вода требуется чрезъ извѣстные болѣе или менѣе значительные промежутки времени, наиболѣе цѣлесообразнымъ типомъ колодца является колодезь большого діаметра, опущенный на небольшую глубину; его секундный притокъ малъ, но водная камера его имѣетъ большую вмѣстимость и даетъ запасъ воды, который можетъ расходоваться интенсивно въ теченіе короткаго промежутка времени.

Для городскихъ водоснабженій, требующихъ непрерывно значительныхъ количествъ воды, необходимо искать ее въ обильныхъ водой слояхъ грунта; таковыми верхніе слои бываютъ въ рѣдкихъ случаяхъ, такъ какъ имъ соотвѣтствуютъ обыкновенно небольшіе бассейны. Идти же на большую глубину съ колодцами большого діаметра очень затруднительно и дорого; притомъ же это и необходимо, такъ какъ резервуаръ колодца, какъ бы ни былъ великъ его діаметръ, не можетъ обезпечить правильности водоснабженія при недостаточномъ притокѣ грунтовыхъ водъ. Если же притокъ достаточенъ, то извлечь его можно и чрезъ тонкій трубчатый колодезь.

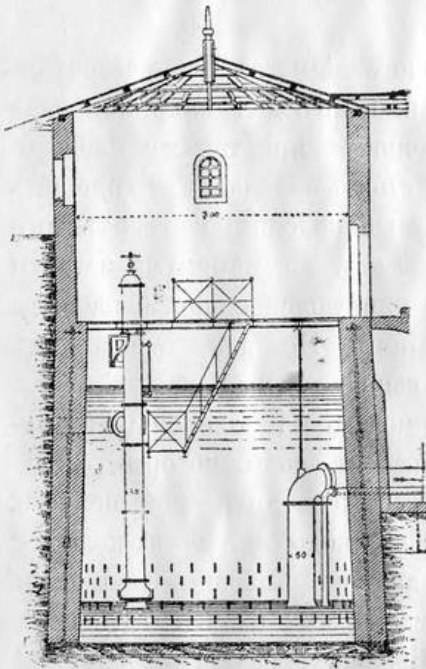
Поэтому для городскихъ или станціонныхъ водоснабженій колодцы большого діаметра могутъ успѣшно примѣняться въ относительно рѣдкихъ случаяхъ, когда въ верхнихъ слояхъ есть достаточный притокъ воды; тогда эти колодцы представляются крайне удобными по легкости установки въ нихъ водоподъемныхъ снарядовъ. Ихъ дѣлаютъ тогда нѣсколько, соединяя горизонтальными трубами или

Снабжение грунтовой водой.

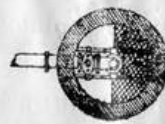
Снабжение города Крефельда водой, собираемой посредством колодцев большого диаметра.



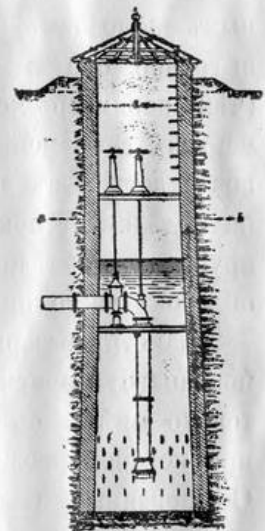
Черт. 270. — Планъ водосборныхъ и водоподъемныхъ сооружений.



Черт. 271. — Главный колодезь А. Вертикальный разръзъ (см. планъ, черт. 268).



Черт. 272. — Водосборный колодезь. Планъ.



Черт. 273. — Водосборный колодезь. Вертикальный разръзъ. (Масштабъ $\frac{1}{400}$).

Ф. Е. Максименко. Атл. Водопр. Сооруж.

галлереями съ центральнымъ колодцемъ; откуда вода выкачивается машинами (черт. 270—273).

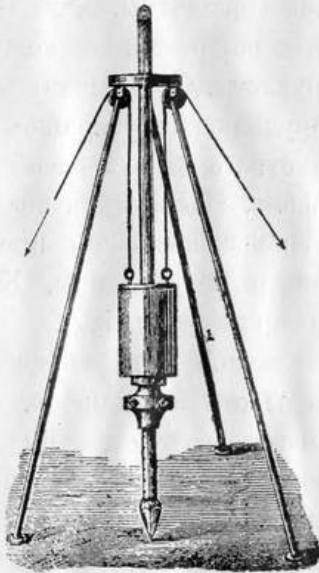
Говоря о колодцахъ такого рода, можно обратить вниманіе на систему колодцевъ инженера Donnet'a въ Ліонѣ. Эта система имѣеть цѣлью извлечь изъ водоносныхъ слоевъ въ короткое время возможно большее количество чистой воды при постоянной температурѣ, помощью недорогого устройства. Съ этою цѣлью притокъ воды въ колодець освобожденъ отъ противодѣйствующаго атмосфернаго давленія устройствомъ герметическихъ стѣнокъ и крыши. Эта система казалась удобною для такихъ колодцевъ, гдѣ притокъ воды въ извѣстное время былъ меньше потребнаго количества. Хотя на первый взглядъ подобное устройство представляетъ много преимуществъ, но не нужно однако упускать изъ вида нѣкоторыхъ сомнѣній относительно примѣнимости этой системы, на томъ основаніи, что атмосферное давленіе въ слояхъ почвы не можетъ дѣйствовать въ той мѣрѣ, въ какой это предполагается системой Доннета. На нѣкоторыхъ германскихъ желѣзныхъ дорогахъ были сдѣланы опыты съ подобнымъ устройствомъ, причемъ результаты совершенно не оправдали ожиданій.

Сѣченіе въ планѣ колодцамъ большого діаметра или резервуарнымъ колодцамъ придаютъ обыкновенно круглое, какъ наиболѣе выгодное; оно имѣеть наименьшій периметръ при той же площади (чѣмъ периметръ меньше, тѣмъ меньше стоитъ обдѣлка, чѣмъ площадь меньше, тѣмъ меньше работы для вырытія колодца) и сверхъ того позволяетъ и въ другомъ отношеніи довести до минимума затраты на обдѣлку стѣнокъ колодца, въ виду наилучшей сопротивляемости круговыхъ обдѣлокъ внѣшнимъ усиліямъ. Но для деревянныхъ обдѣлокъ часто примѣняется прямоугольное сѣченіе.

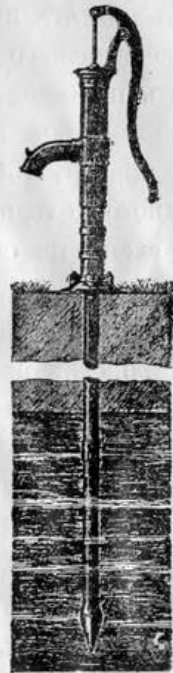
Діаметръ резервуарнаго колодца, домоваго или двороваго (обыкновеннаго) зависитъ отъ величины запасовъ воды, которыя желательно имѣть въ немъ. Діаметръ не долженъ быть меньше того, при которомъ возможно удобное извлеченіе воды и очистка колодца. Обыкновенный размѣръ отъ 2 до 5 аршинъ. Колодцы, специально назначенные служить для противопожарныхъ цѣлей слѣдуетъ дѣлать не менѣе 3 арш. въ діаметрѣ. Большихъ размѣровъ слѣдуетъ придерживатся при мелко-зернистыхъ (пывучихъ) грунтахъ, чтобы увеличеніемъ площади притока уменьшить скорость прите-

Снабженіе грунтовой водою:

Забивные колодцы (Абиссинскіе колодцы).



Черт. 274.—Коперъ для забиванія абиссинскихъ колодцевъ ($\frac{1}{30}$ н. в.).



Черт. 275.—Общій видъ абиссинскаго колодца съ ручнымъ насосомъ ($\frac{1}{30}$ н. в.).



Черт. 276—279.—Наконечники гудъ забивныхъ и ввинчиваемыхъ абиссин. колодцевъ ($\frac{1}{30}$ н. в.).



Черт. 280.—Приборъ для ввинчиванія абиссинскихъ колодцевъ ($\frac{1}{30}$ н. в.).

канія воды и тѣмъ уменьшить возможность подмыва подошвы колодца.

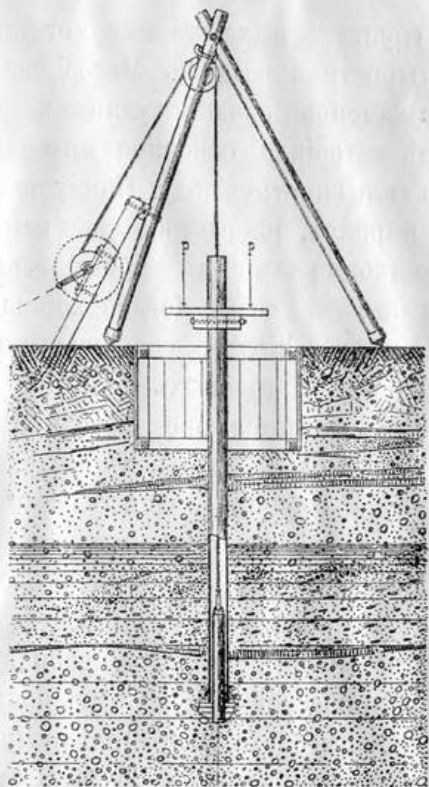
Діаметръ колодцевъ водопроводныхъ, т. е. долженствующихъ давать воду для населенныхъ мѣстъ или желѣзнодорожныхъ станцій, зависитъ отъ тѣхъ водоподъемныхъ устройствъ, которыя они должны заключать и можетъ имѣть самыя различныя величины. Какъ примѣръ исключительнаго по своимъ размѣрамъ резервуарнаго колодца, можетъ быть приведенъ колодець въ г. Бруклинѣ. Особенность этого колодца (не смѣшивать съ трубчатыми бруклинскими) крайне значительный діаметръ (50 ф.) и устройство отъ горизонта воды второго опускнаго колодца меньшихъ размѣровъ. Насосы для подъема воды поставлены на особой платформѣ, сообщающейся съ поверхностью земли при посредствѣ широкой винтовой лѣстницы. Колодець освѣщенъ большимъ просвѣтомъ въ крышѣ (Fanning).

При устройствѣ питьевыхъ колодцевъ должно быть обращено большое вниманіе на предохраненіе воды отъ загрязненія, какъ непосредственнаго, такъ и посредственнаго чрезъ воду. Колодцы должны быть снабжены крышками, поверхность земли вокругъ нихъ покрыта непроницаемой для воды мостовой съ бетонной или глиняной подкладкой, для поверхностной воды и воды излишней, разливаемой возлѣ колодца, долженъ быть обезпеченъ правильный стокъ. Если верхніе слои почвы водопроницаемы и есть основаніе опасаться прониканія поверхностныхъ или разливаемыхъ возлѣ колодца водъ обратно въ колодець, въ особенности при недостаточно плотной обдѣлки его стѣнъ, то слѣдуетъ на нѣкоторую глубину обложить снаружи стѣны колодца мятой глиной. Огромное антисанитарное значеніе дурно устроенныхъ и дурно содержимыхъ домовыхъ колодцевъ заставляетъ стремиться къ регламентаціи ихъ конструкцій и способовъ эксплуатаціи, что особенно строго проводится въ Германіи (см. напр. Bezirks — Polizeiverordnung betreffend die Anlage von Brunnen in Nieder Elsass и т. п.). Въ нѣкоторыхъ ея частяхъ подъ угрозой уголовного наказанія запрещено безъ предварительнаго полицейскаго разрѣшенія устраивать новые колодцы или возобновлять дѣйствіе закрытыхъ, причемъ полиціи предоставлено право требовать описаніе и чертежи колодца.

Способы производства работъ по устройству домовыхъ или обыкновенныхъ колодцевъ описаны въ курсѣ Общихъ Началь Стро-

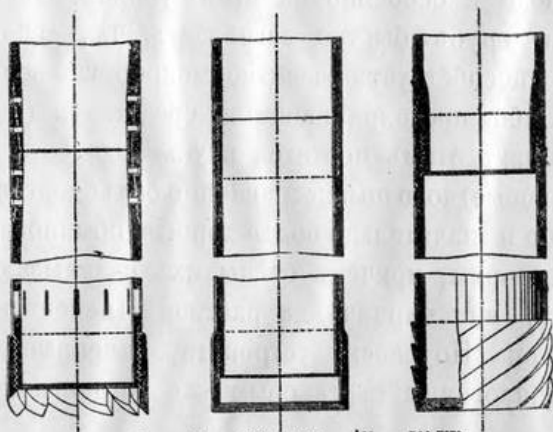
Снабженіе грунтовой водой.

Буровые колодцы.
(Бруклинскіе колодцы).



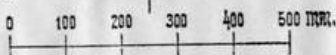
Черт. 281.

Приспособленіе для буренія неглубокаго колодца въ песчаномъ или гравелистомъ грунтѣ.



Черт. 282 — 284.

Соединенія трубъ и наконечники буровыхъ колодцевъ.



ительнаго Искусства. Въ главныхъ чертахъ они состоятъ въ устройствѣ вертикальной шахты и ея обдѣлкѣ. Шахта роется какъ обыкновенная яма и постепенно укрѣпляется особою обдѣлкою.

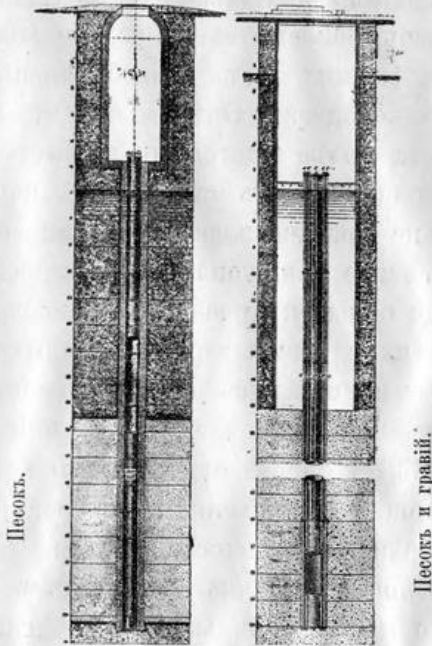
Обдѣлка необходима въ грунтахъ рыхлыхъ или могущихъ разрыхляться подѣ дѣйствіемъ сырости и воздуха. Матеріалы для обдѣлки употребляются разные: каменная кладка, сухая и на растворѣ, дерево и желѣзо. При выборѣ матеріала основное правило—избѣгать тѣхъ, которые портятся и (или) портятъ воду. Наилучшая кладка изъ кремнистыхъ камней или кирпича, на растворѣ изъ цемента или гидравлической извести. Известковые камни и жирный известковый растворъ могутъ повышать жесткость воды. Дерево хорошо сохраняется въ водѣ, но гниетъ на воздухѣ. Желѣзо сообщаетъ водѣ вкусъ ржавчины и потому не пригодно для домовыхъ колодцевъ, но для водопроводныхъ, гдѣ вода не застаивается, оно часто примѣняется.

Обдѣлка стѣнъ дворовыхъ или домовыхъ колодцевъ бываетъ, однако, нерѣдко деревянная. Въ этомъ случаѣ стѣнки колодца дѣлаются преимущественно въ видѣ прямого, часто четырехсторонняго сруба, составленнаго изъ бревенчатыхъ или пластинчатыхъ вѣнцовъ; бревна врубаются въ лапу безъ остатка, и кромѣ того соединяются шипями. Прокнопатка пазовъ мохомъ не можетъ считаться правильной, такъ какъ способствуетъ развитію органической жизни. Опытъ показываетъ, что для обдѣлки колодцевъ хороша ольха, почти не употребляемая какъ строительный матеріалъ для другихъ цѣлей. Срубъ заготавливается на поверхности земли, затѣмъ разбирается и окончательно собирается въ вырытой шахтѣ. Подѣ водою дерево сохраняется чрезвычайно долго; выше-же уровня воды и особенно на этомъ уровнѣ, равно и близъ поверхности земли срубъ быстро загниваетъ, чѣмъ сильно портитъ воду, такъ какъ способствуетъ развитію микроорганизмовъ. Покрывать его какими-либо предохраняющими средствами (напр. смолой)—неудобно, такъ какъ этимъ портится вкусъ воды.

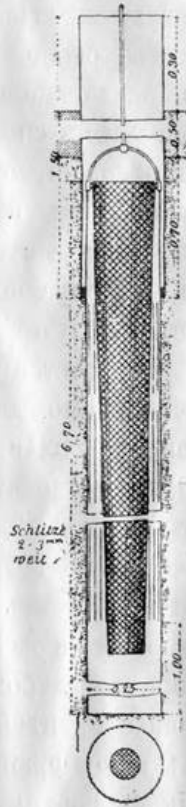
Каменные домовые (дворовые) колодцы, несравненно болѣе долговѣчные, нежели деревянные, но и значительно болѣе дорогіе, обыкновенно бываютъ цилиндрической формы, причѣмъ стѣны ихъ складываются изъ бута (худшій способъ) или кирпича на растворѣ (цементномъ) или-же формируются изъ бетона. По своему устройству каменные дворовые колодцы вполне аналогичны съ таковыми-же устраиваемыми

Снабжение грунтовой водой.

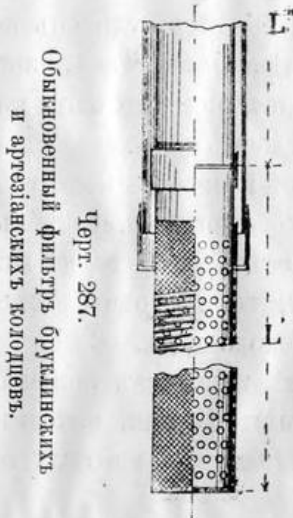
Буровые колодцы.



Черт. 285 и 286.
Буровой колодезь въ Шпейерѣ ($\frac{1}{300}$ н. в.).
Буровой колодезь Пфальцск. жел. дор. ($\frac{1}{300}$ н. в.).



Черт. 288. — Буровой колодезь съ подвижной фильтраціонной сѣткой ($\frac{1}{25}$ н. в.) системы Sonne, примѣненной въ колодцахъ водоснабженія гор. Мангейма.



Черт. 287.

Обыкновенный фильтр кирпичныхъ и артезианскихъ колодезевъ.

для цѣлей городского водоснабженія, о которыхъ будетъ сказано болѣе подробно далѣе.

Устройство колодца съ откачкой воды можетъ быть выполнено безъ особыхъ затрудненій и слишкомъ значительныхъ затратъ, когда притокъ грунтовой воды не очень обилень и погруженіе колодца въ водоносный слой—не велико, значить этотъ способъ преимущественно подходитъ для домовыхъ колодцевъ. Онъ имѣетъ тѣ преимущества, что кладку можно вести болѣе тщательно, что легче заполнить пазухи за стѣнками колодца любымъ матеріаломъ, наприим. глиной, чтобы около колодца не просачивалась наземная вода и что, наконецъ, можно себѣ дать ясное представленіе о наслоеніяхъ грунта. При этомъ способѣ, ради большей прочности, колодца, его ставятъ на основаніе, состоящее изъ крѣпкой деревянной брусчатой рамы, связанной въ полъ дерева и имѣющей форму стѣнокъ колодца; можно основывать колодецъ и на такихъ же рамахъ, какія употребляются при опускномъ способѣ, о которомъ будетъ сказано далѣе.

Во всякомъ случаѣ при помощи обыкновеннаго способа рытья колодцевъ добывается вода верхняго водоноснаго слоя. Часто, однако, необходимо для полученія достаточнаго количества воды идти дальше, до болѣе глубокаго и болѣе обильнаго водой слоя.

При этомъ приходится пересѣчь одинъ или нѣсколько верхнихъ водоносныхъ слоевъ. Трудность устройства колодца въ этихъ условіяхъ значительно возрастаетъ, а вмѣстѣ съ тѣмъ возрастаетъ и трудность поднятія изъ него воды.

Если верхніе пересѣкаемые водоносные слои мало обильны водою и тонки, то глубокій колодецъ можетъ быть устроенъ по типу обыкновеннаго съ нѣкоторыми лишь измѣненіями. Такъ, наприимѣръ въ Ландахъ и во Франціи глубокіе резервуарные колодцы въ мѣстѣ пересѣченія съ верхнимъ водоноснымъ слоемъ обложены съ наружной стороны ихъ каменной обдѣлки мягкой глиной съ пескомъ (соггоі d'argile), препятствующей водѣ верхняго слоя проникать въ колодецъ. Если же слои, которые нужно пересѣчь на пути къ главному водоносному горизонту, обильны водою, то приходится прибѣгать къ искусственнымъ приемамъ устройства колодцевъ.

Большое примѣненіе при устройствѣ колодцевъ большаго діаметра, въ особенности съ водопродными цѣлями, находитъ себѣ способъ такъ называемаго опусканія колодцевъ, который обыкно-

венно употребляется, когда шахта достигнет водоносного слоя. Въ простѣйшихъ случаяхъ дѣлается деревянная платформа въ видѣ кольца, на ней возводится каменная кладка стѣнъ колодца, подъ ней подрывается грунтъ съ помощью обыкновенныхъ приспособлений при водоотливѣ или съ помощью черпачныхъ снарядовъ, работающих подъ водой, и цилиндрическая обдѣлка колодца постепенно проникаетъ все глубже и глубже въ водоносный слой. Когда опустятся на желаемую глубину или дойдутъ до непроницаемаго слоя, погруженіе прекращаютъ и достраиваютъ обдѣлку въ верхней части колодца надъ водой (см. черт. 259 и 260). При устройствѣ погружаемой обдѣлки необходимо не забывать оставлять въ ней каналы для впуска воды въ колодезь, если впускъ воды чрезъ дно не можетъ обезпечить притока ея въ достаточномъ количествѣ.

Основная рама дѣлается изъ деревянныхъ брусевъ или досокъ (черт. 262—269) плотной породы дерева, со скошеннымъ краемъ наружу, причемъ снаружи полезно придѣлывать «ножъ» изъ дерева или полосового (или таврового) желѣза (черт. 263—269), охватывающаго вокругъ все кольцо. При большомъ діаметрѣ колодца кольцо дѣлаютъ и изъ клепананаго желѣза (черт. 269) на подобіе кесоннаго ножа. Назначеніе рамы—обезпечить равномерное погруженіе колодца, особенно при встрѣчѣ какихъ-либо препятствій: болѣе твердыхъ породъ, камней и т. п. Для большой прочности къ рамѣ часто прикрѣпляютъ стоячіе болѣе или менѣе длинные штыри или анкера толщиной отъ $\frac{3}{4}$ " до $1\frac{1}{2}$ ", располагая ихъ (отъ 4 до 6 и болѣе по окружности рамы и затѣмъ задѣлывая въ кладку (см. черт. 261, 271, и др.). Въ толщѣ кладки анкера заканчиваются поперечными штырями или дисками съ гайками. Для болѣе прочноти дѣлаютъ еще во всю окружность колодца въ нижней его части прокладныя кольца полосового или листового желѣза (иногда изъ дерева) на взаимныхъ разстояніяхъ (по высотѣ) до 3 и болѣе арш.; эти кольца связываются между собою и съ нижнимъ кольцомъ анкерами (черт. 262). При хорошемъ песчаномъ грунтѣ и небольшихъ размѣрахъ колодца въ такихъ кольцахъ надобности нѣтъ: существуютъ въ песчаномъ грунтѣ колодцы діаметромъ въ 1 сажень и болѣе и глубиною до 12 сажень безъ такихъ колець. Однако, въ видахъ безопасности рабочихъ, при опусканіи колодца глубиною свыше 5 саж. лучше ставить кромѣ нижней рамы еще 1—2 кольца; при меньшей

глубинѣ — это излишне. Говоря о предосторожностяхъ, будетъ не лишнимъ упомянуть о другой опасности, нерѣдко встрѣчаемой при рытьѣ и ремонтѣ глубокихъ колодезѣ — это скопленіе газовъ, главнымъ образомъ углекислоты, а иногда и сѣрныхъ газовъ (стр. 119), причиняющее потерю сознанія и даже смерть. Признакъ — огонь, опущенный въ колодезь — гаснетъ. Для выгона газовъ надо провѣтрить колодезь. Иногда кольца закладываютъ такъ, чтобы онѣ слегка (на $\frac{1}{2}$ "') выступали изъ кирпичныхъ стѣнокъ наружу, для уменьшенія тренія поверхности кладки о грунтъ. Для той же цѣли на 2—3 аршина выше нижняго деревяннаго кольца иногда укладываютъ въ кладку второе кольцо и всю наружную поверхность колодца въ предѣлахъ этихъ двухъ колецъ обшиваютъ досками (черт. 262). Наконецъ, для той же цѣли облегченія опусканія колодца его діаметръ нѣсколько суживаютъ кверху (черт. 261, 271 и 273). Работа производится обыкновенно слѣдующимъ образомъ.

Установивъ въ вырытомъ котлованѣ основное кольцо, возводятъ кладку на высоту 20—25 рядовъ кирпича и начинаютъ вынимать землю со дна колодца, причемъ послѣдній погружается все ниже и ниже. Когда рама опустится ниже поверхности воды, выводятъ всю кладку до, а иногда и немного выше поверхности земли, продолжая вычерпывать со дна землю. Выниманіе земли со дна колодца производится лопатами пока есть возможность откачкой одолѣвать притокъ воды.

При очень обильномъ притокѣ переходятъ къ подводному вычерпыванію грунта, причемъ обыкновенно особенно при небольшомъ діаметрѣ колодца можно ограничиваться вычерпываніемъ лишь изъ центра колодца, забирая ближе къ той сторонѣ, которая осѣдаетъ медленнѣе. Для вычерпыванія грунта служатъ различнаго рода черпаки, а при большомъ діаметрѣ даже норіи. Въ послѣднее время начали примѣнять и землесосы, дѣйствующіе давленіемъ воды или всасываніемъ. Въ первыхъ вода подъ сильнымъ давленіемъ накачивается въ колодезь близъ его дна и взмучивая песокъ, гонитъ его вверхъ по другой трубѣ вмѣстѣ съ водою. Во вторыхъ вода всасывается изъ колодца насосомъ, увлекая съ собой грунтъ. Если опусканіе колодца остановится вслѣдствія тренія о грунтъ, то, чтобы кладка не разорвалась отъ дѣйствія вѣса нижней своей части, колодезь нагружаютъ кверху, укладывая ихъ на платформу покрываю-

щую колодезь, кирпичами, ящиками съ пескомъ, желѣзнымъ ломомъ, чтобы заставить колодезь опускаться; при этомъ, чтобы верхняя часть стѣнокъ не разсѣлась, ее обтягиваютъ канатами, закручиваемыми аншпугомъ или цѣпями, подложивъ подъ нихъ куски досокъ.

Стѣнки каменныхъ колодцевъ дѣлаютъ непроницаемыми для воды, если желаютъ получать воду со дна колодца, или проницаемыми для получения воды съ боковъ колодца; иногда въ колодцахъ часть кладки, пересѣкающей водоносный слой съ водою негодною для водоснабженія, дѣлается непроницаемой, а остальная—проницаемой. Непроницаемая кладка дѣлается изъ кирпича на цементномъ растворѣ, причемъ полезно снаружи оштукатурить ее цементомъ-же, или изъ жирнаго цементнаго бетона (1:2 до 1:5).

Бетонные колодцы складываются изъ отдѣльныхъ цилиндрическихъ, а при большемъ діаметрѣ—изъ секторіальныхъ, звеньевъ вышиною отъ $1\frac{1}{2}$ до 3 аршинъ въ зависимости отъ вѣса, причемъ звенья соединяются посредствомъ закраинъ, какъ дерево, въ четверть или рѣже, посредствомъ раструбовъ,—на цементномъ растворѣ. При соединеніи кладки анкерами въ бетонныхъ кольцахъ формуется соответственныя отверстія. Достоинство бетонныхъ колодцевъ—ихъ непроницаемость, монолитность и гладкость стѣнокъ, весьма облегчающая опусканіе.

Толщина стѣнокъ круглыхъ каменныхъ колодцевъ по расчету всегда оказывается очень малой, но ихъ все-таки не слѣдуетъ дѣлать тоньше 1 кирпича, а лучше и потолще, чтобы обезпечить колодцу должный вѣсъ и прочность во время опусканія. На основаніи существующихъ примѣровъ можно положить для кирпичныхъ колодцевъ, даже при 10 саженой глубинѣ, достаточной толщину стѣны = $0,1d + 4''$, гдѣ d —внутренній діаметръ колодца, округляя полученную величину до ближайшаго большаго числа полукирпичей; лишь въ верхней части можно допускать толщину въ 1 кирпичъ. Бетонные колодцы могутъ имѣть нѣсколько меньшую толщину стѣнокъ.

Проницаемая для воды стѣнки бетонныхъ колодцевъ снабжаются отверстиями, величина и число которыхъ должно быть согласовано съ допускаемой въ данномъ грунтѣ скоростью притока въ колодезь воды (см. § 47).

Въ кирпичныхъ колодцахъ проницаемую кладку производятъ или изъ лекальнаго съ отверстиями кирпича или со сквозными швами

чередую по высотѣ плотную на цементѣ кладку со сквозной, или же, наконецъ, въ очень мелко-зернистомъ грунтѣ, устраивая такъ называемые фильтрующие колодцы; послѣдніе состоятъ изъ покоящейся на общемъ основномъ кольцѣ, двухъ слоевъ дырчатой кирпичной кладки, промежутокъ между которыми заполнены слоями крупнаго, средняго и мелкаго песка.

Опускные колодцы даютъ въ отношеніи удобства и легкости достиженія глубокихъ слоевъ воды большія преимущества предъ обыкновенными, получаемыми рытьемъ и постепеннымъ крѣпленіемъ шахты. Ихъ недостатокъ — дороговизна часто не соотвѣтствуетъ, однако, тому относительно незначительному увеличенію расхода воды, который вызываетъ переходъ отъ малаго діаметра къ большому.

Хорошіе результаты при устройствѣ колодцевъ въ водоносныхъ грунтахъ могутъ быть получены и примѣненіемъ способа замораживанія грунта, изобрѣтенномъ въ естественномъ видѣ въ Россіи, а затѣмъ получившемъ искусственныя примѣненія, случайное въ Англіи въ 1862 и систематическія въ Германіи съ 1883 (способъ Poetsch'a).

Примѣненіе этого пріема распространилось теперь всюду, преимущественно при рытьѣ глубокихъ рудничныхъ шахтъ и наряду съ способомъ Poetsch'a существуютъ и примѣняются мало впрочемъ отъ него отличающіеся способы Gobert'a и Koch'a. (См. James H. Brace—Freezing as an Aid to Excavation in unstable Material. Proc. Am. Soc. C. E. 1904 vol. XXX; Lueger—Die Wasserversorgung der Städte и др.).

Въ послѣднее время кромѣ каменныхъ колодцевъ большаго діаметра стали также весьма часто дѣлать металлическіе чугунные, рѣже желѣзные, причемъ способъ производства работы по погруженію этихъ колодцевъ былъ сохраненъ тотъ-же, что и при каменныхъ. Чугунные колодцы представляютъ то преимущество передъ каменными, что при одинаковомъ діаметрѣ колодца, въ чугунныхъ стѣнкахъ можно расположить приточныя отверстія ближе другъ къ другу, чѣмъ позволяетъ это дѣлать, по своимъ свойствамъ камень; слѣдовательно и общая ихъ площадь будетъ больше, значить будетъ больше и количество извлекаемой воды. Въ силу этого преимущества, при одинаковой производительности колодцевъ, діаметръ чугуннаго меньше, чѣмъ каменнаго, и погруженіе легче. Прозоры въ стѣнкахъ чугунныхъ колодцевъ бывають обыкновенно болѣе чисты, чѣмъ

въ каменныхъ, гдѣ они легко обволакиваются слизистой зеленью водорослей. Ко всему этому присоединяется еще то, что устройство чугунныхъ колодцевъ идетъ быстрѣе, такъ какъ нѣтъ кладки, анкеровъ, колець, причемъ сравнивая колодцы по ихъ производительности, оказывается еще, что ихъ стоимость не только не выше таковой-же каменныхъ, но часто и болѣе низка. Недостатокъ чугунныхъ колодцевъ—ржавчина, появляющаяся на чугунѣ и портящая воду; однако и этотъ недостатокъ, какъ показываютъ существующіе примѣры, пока не оказывается особенно вреднымъ ни для прочности самого сооруженія, ни для свойствъ воды, если послѣдняя извлекается изъ колодца въ большомъ количествѣ.

Чугунные колодцы составляютъ обыкновенно изъ отдѣльныхъ трубчатыхъ звеньевъ до 11 и даже болѣе футъ въ діаметрѣ, съ ребордами, при помощи которыхъ звенья наращиваются другъ на друга. Верхняя часть чугунныхъ колодцевъ выше уровня грунтовой воды весьма часто дѣлается изъ кирпича.

Въ болѣе сложныхъ случаяхъ при устройствѣ опускныхъ колодцевъ съ водопроводными цѣлями они дѣлаются нерѣдко металлическіе съ каменной или бетонной облицовкой и погружаются посредствомъ тѣхъ же приемовъ, какіе примѣняются при устройствѣ мостовыхъ опоръ. Сжатый воздухъ играетъ въ этихъ работахъ часто очень значительную роль. Работая со сжатымъ воздухомъ можно легко преодолѣть всѣ затрудненія, представляемыя водой, плавучимъ грунтомъ, треніемъ и проч. Подобные колодцы дѣлаются для городскихъ водоснабженій. Примѣры ихъ довольно многочисленны; они есть въ Берлинѣ на берегу озера Тегель, гдѣ ихъ погружено 23 на протяженіи 1500 метровъ и гдѣ они соединены въ одну сѣть горизонтальными трубами, сообщающимися съ водоподъемными машинами

Какъ на примѣръ устройства кирпичныхъ опускныхъ колодцевъ съ водопроводными цѣлями можно указать на г. Маннгеймъ, Крефельдъ, Бруклинъ и многіе другіе. Остановимся на классическомъ примѣрѣ водоснабженія г. Крефельда.

За г. Крефельдомъ, на линіи, перпендикулярной къ теченію грунтовыхъ водъ (черт. 270—273), устроено 8 водосборныхъ колодцевъ: 7 малыхъ (на черт. 270 виденъ лишь одинъ, ближайшій, изъ малыхъ колодцевъ) и восьмой А большого размѣра, который, добывая самъ воду изъ грунта, въ то же время является сборнымъ по отно-

К - - - - - Кн 8 - - - - - 270 - - - - - 273
у ю и 02 - ма 27 - - - - - 0

шенію къ малымъ колодцамъ. Вода, собранная колодцами №№ 1—7, переходитъ по сифоннымъ трубамъ В' и В'' въ колодезь А, откуда при помощи насосовъ, помѣщенныхъ въ зданіи С, нагнетается въ напорную башню города. Малые колодцы (черт. 272—273) и большой (черт. 271) одинаковаго типа и всѣ они сдѣланы опускаемымъ способомъ на деревянномъ основномъ кольцѣ съ анкерами, проходящими черезъ $\frac{2}{3}$ всей высоты стѣнокъ. Нижняя часть колодцевъ на высоту $1\frac{1}{2}'$ сплошная, изъ кирпича на цементѣ, затѣмъ на высоту 5' съ зазорами для притока воды; вся же остальная часть опять сплошная. Вода притекаетъ кромѣ боковъ и со дна, которое для предохраненія отъ взмучиванія мелкихъ частицъ грунта, покрыто слоемъ крупнаго гравія. Каждый изъ малыхъ колодцевъ даетъ по 60.000, а большой—210.000 ведеръ воды въ сутки. Глубина всѣхъ колодцевъ=35', диаметръ-же: малыхъ=6,5', а большого=23' въ верхней цилиндричной ихъ части; нижняя часть колодцевъ сдѣлана слегка конической, уширенной книзу для облегченія опусканія. Толщина стѣнокъ большого колодца—3 кирпича, а малыхъ— $1\frac{1}{2}$. Сфера дѣйствія каждаго колодца была опредѣлена въ $58\frac{1}{2}$ саж. въ каждую сторону, вслѣдствіе чего разстояніе между ними было сдѣлано въ $58\frac{1}{2} \times 2 = 117$ саж.

Передача воды изъ малыхъ колодцевъ въ большой производится автоматически посредствомъ сифоновъ, имѣющихъ въ данномъ случаѣ то громадное преимущество, что для ихъ устройства не приходится укладывать соединительную трубу глубоко въ землю, въ водоносный слой, что обыкновенно бываетъ связано съ большими трудностями. Устройство сифоновъ заключается въ слѣдующемъ. Изъ каждаго малаго колодца идетъ кверху 10'' труба и примыкаетъ къ общей (12'' и 16'') трубѣ (черт. 270), идущей къ колодцу А; здѣсь эта послѣдняя снова опускается внизъ. Для дѣйствія сифонной трубы необходимъ нѣкоторый напоръ Н, т. е. разность горизонтовъ въ малыхъ и большихъ колодцахъ. Въ данномъ случаѣ разность горизонтовъ образуется вслѣдствіе того, что изъ колодца А вода выкачивается сильными насосами, которые и понижаютъ ее уровень на 10'—15' ниже уровня малыхъ колодцевъ. Каждый изъ концовъ сифона имѣетъ клапанъ, который можетъ быть по желанію открытъ или закрытъ. Когда насосы пущены въ ходъ и горизонтъ воды въ большомъ колодцѣ понизился, закрываютъ въ немъ клапанъ сифона, а въ малыхъ колодцахъ сифонные клапаны открываютъ; за-

тѣмъ помощью особаго воздушнаго насоса вытягиваютъ изъ сифона воздухъ, который и замѣщается водою изъ малыхъ колодцевъ. Стоитъ послѣ этого, когда вся сифонная труба наполнена водою, открыть клапанъ въ большомъ колодцѣ, чтобы сифонъ началъ свое дѣйствіе, которое и будетъ продолжаться пока работаютъ водяные насосы, поддерживающіе разницу H горизонтовъ воды въ колодцахъ. Воздухъ понемногу попадающій въ сифонъ вмѣстѣ съ водою, а также черезъ маленькія неплотности трубныхъ стыковъ, можетъ остановить дѣйствіе сифона, въ предупрежденіе чего воздухъ выкачиваютъ время отъ времени въ наиболѣе повышенномъ пунктѣ сифона. Клапанъ въ малыхъ колодцахъ, какъ удаленныхъ отъ мѣста надзора (машиннаго зданія), правильнѣе устраивать самозакрывающимся, чтобы вода могла свободно проходить въ трубу, но чтобы въ то-же время клапанъ мѣшалъ ей падать обратно; тогда при случайной остановкѣ дѣйствія сифона разность H горизонтовъ не исчезнетъ и для привода вновь въ дѣйствіе понадобится меньшая затрата работы воздушнаго насоса. Высота напора H , очевидно, не можетъ быть какъ и въ всасывающихъ насосахъ, болѣе 20—24 футъ. На черт. 271 и 273 колодцевъ указаны и сифонныя трубы. Въ малыхъ колодцахъ на сифонной трубѣ, покоящейся на желѣзныхъ балкахъ, сдѣланы клапаны, о которыхъ упомянуто выше, со штангой и задвижка, для выдѣленія въ случаѣ надобности очистки и ремонта колодца изъ общей системы.

Примѣры устройствъ чугунныхъ колодцевъ показаны на черт. 280—287, изображающихъ устройство для водоснабженія г. Мюльгаузена (въ Эльзасѣ). Мюльгаузенъ снабжается грунтовой водою, собираемой посредствомъ горизонтальныхъ цементныхъ трубъ (черт. 284—287) и двухъ вертикальныхъ колодцевъ: одного большаго, другого меньшаго діаметра. Діаметръ большаго колодца 13'; верхняя его часть исполнена изъ кирпича, а нижняя состоитъ изъ цилиндрическихъ чугунныхъ, свинченныхъ въ ребордахъ частей, толщиной въ 1,2". Колодецъ глубиною 59' (такова глубина залеганія водоноснаго слоя) весь глухой и вода входитъ въ него черезъ дырчатое дно и по горизонтальной сборной трубѣ—длиною около 47 саж., стягивающей воду изъ вышележащаго песчанаго прослойка. Колодецъ соединенъ съ другимъ малымъ, нѣсколько иной конструкціи, посредствомъ указаннаго на чертежѣ сифона. Малый колодецъ отли-

чается отъ большого тѣмъ, что онъ не имѣетъ нижней чугунной части, а вмѣсто нея тонкій трубчатый колодець съ дырчатымъ нижнимъ звеномъ.

Замѣтимъ въ дополненіе къ сказанному выше, что при выборѣ мѣста для колодца нужно обращать особенное вниманіе на то, чтобы въ него не могли проникать нечистоты изъ выгребныхъ ямъ, навозныхъ кучъ и т. п. На желѣзнодорожныхъ станціяхъ колодцы дѣлаются въ разстояніи не менѣе 5 метровъ отъ жилыхъ строеній. Въ этомъ отношеніи неблагопріятны съ санитарной точки зрѣнія дворовые колодцы, особенно въ деревняхъ, дѣлаемые по недостатку средствъ обыкновенно крайне примитивно.

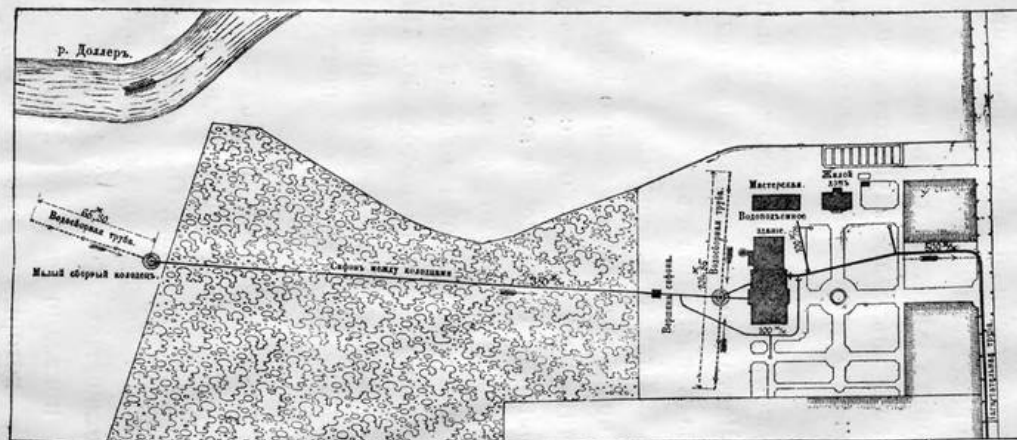
Проницаемость стѣнокъ такихъ колодцевъ для наземныхъ зараженныхъ водъ, подверженныхъ въ свою очередь самому быстрому загниванію, отсутствіе предохраняющаго слоя глины вокругъ колодца, отсутствіе мощенія и правильнаго стока по направленію отъ колодца, отсутствіе крыши надъ нимъ, часто водопой скота, практикуемый у подобныхъ колодцевъ и т. п.,— все это неминуемо ведетъ за собою загрязненіе воды колодца и со временемъ нерѣдко дѣлаетъ самый дворовый колодець источникомъ загрязненія водоносныхъ слоевъ въ прилегающей къ колодцу мѣстности. Сгнившіе и заброшенные, но не засыпанные колодцы, служащіе иногда даже мѣстомъ свалки нечистотъ, являются еще большею причиною загрязненія грунтовыхъ водъ. (Ю. Ю. Янушевскій. «О снабженіи водой сельъ, небольшихъ городовъ изъ буровыхъ колодцевъ». Труды III Рус. Водоп. Съѣзда. 1898).

Повторныя химическія и бактериологическія изслѣдованія воды одного и того же колодца примитивнаго типа обыкновенно всегда показываютъ постепенное ухудшеніе качествъ воды. Были случаи, гдѣ первоначально химическій анализъ, не обнаруживая ни амміака, ни азотной, ни азотистой кислотъ въ водѣ, удостовѣрялъ вполнѣ ея доброкачественность, а спустя два—три года такой же химическій анализъ уже обнаруживалъ столь сильное загрязненіе воды, что колодець по требованію санитарныхъ властей закрывали.

Во время господства эпидемическихъ болѣзней рытые домовые колодцы могутъ становиться очагами заразы и служить причиною превращенія острой эпидеміи въ постоянную.

Исторія развитія и распространенія холерныхъ эпидемій въ Россіи

Снабжение города Мюльгаузена грунтовой водой,
собираемой горизонтальными трубами и глубокими колодцами малого и большого диаметра.



Черт. 280. — Общее расположение водосборных сооружений.



Черт. 281. — Продольный разрез сборной цементной трубы и малого сборного колодца.

(Ф. Е. Максименко. Атлас водопроводных сооружений).

подтверждает отрицательное значеніе обыкновенныхъ рытыхъ въ предѣлахъ населенныхъ площадей колодцевъ для народнаго здравія.

Устройство дворовыхъ колодцевъ не глубокихъ, съ проникаемыми стѣнками и безъ должной защиты отъ возможнаго загрязненія, не должно быть по возможности допускаемо. Небольшіе города и села, хотя и не имѣютъ ни матеріальныхъ средствъ, ни техническихъ силъ, которыми располагаютъ большіе города, тѣмъ не менѣе должны быть обезпечены доброкачественною водою, какъ предметомъ первой необходимости; и нравственный долгъ земскихъ и городскихъ общественныхъ управленій содѣйствовать возможному распространенію умѣнья добывать воду изъ болѣе глубокихъ и чистыхъ слоевъ почвы при помощи правильно устроенныхъ колодцевъ и буровыхъ скважинъ.

Колодезь долженъ быть окруженъ оградой и снабженъ приспособленіями для подъема воды. Часто его не только прикрываютъ крышкою, но и даже дѣлаютъ надъ нимъ навѣсъ.

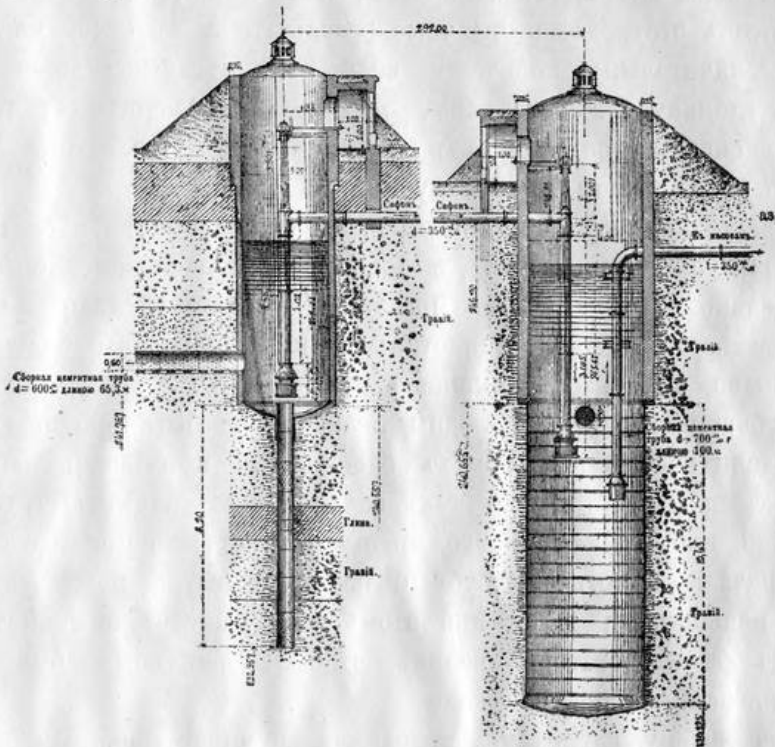
Трубочатые колодцы бываютъ забивные и буровые.

Когда потребное количество воды не особенно велико и въ то же время существенно важно получить воду возможно скорѣе, съ большимъ успѣхомъ примѣняются забивные металлическіе колодцы, иначе называемые еще абиссинскими, американскими и мгновенными. Абиссинскими ихъ называютъ, потому что они оказали большія услуги англійской арміи во время абиссинскаго похода въ 1867—68 гг., американскими—по мѣсту ихъ первоначальнаго распространенія (и изобрѣтенія?), мгновенными, — потому что они почти мгновенно даютъ воду.

а) Забивной колодезь состоитъ изъ желѣзныхъ трубъ діаметромъ 3—6 сантиметровъ, забитыхъ въ грунтъ до водоноснаго слоя. Отдѣльная колѣна имѣютъ около 2—3 метровъ длины. Они свинчиваются винтовой нарѣзкой по мѣрѣ забиванія. Нижнее колѣно имѣетъ стальной наконечникъ и снабжено отверстіями (черт. 274—280). Забиваніе производится бабой, какъ показано на черт. 274. На трубу навинчивается ручной насосъ, которымъ выкачивается вода. Вмѣсто забиванія можно примѣнять ввинчиваніе трубъ (черт. 280). Въ первое время вода бываетъ обыкновенно мутная, пока образуется вокругъ всасывающаго наконечника пустота, какъ показано на черт. 275.

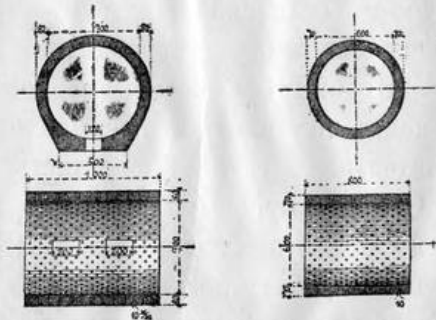
Снабжение грунтовой водой.

Снабжение города Мюльгаузена грунтовой водой, собираемой горизонтальными трубами и колодцами большого и малого диаметра.



Черт. 282.—Разрѣзъ малого сборнаго колодца. (Нижнее звено колодезной трубы дырчатое).

Черт. 283.—Разрѣзъ большого сборнаго колодца (дно колодца дырчатое).



Черт. 284—285

Размѣры цементныхъ водосборныхъ трубъ (стѣнки дырчатая).

(Ф. Е. Максименко, Атласъ Водопр. Сооруж.).



Забиваніе или ввинчиваніе абиссинскихъ колодцевъ возможно только, если грунтъ не заключаетъ въ себѣ камней и т. п. препятствій.

Глубина этихъ колодцевъ при обыкновенныхъ условіяхъ подъема воды—всасывающимъ насосомъ—не можетъ превосходить глубинъ подъема воды давленіемъ атмосферы, т. е. 9 метровъ.

Способъ этотъ даетъ отличные результаты и въ случаяхъ, когда нужны значительныя количества воды, если мѣстныя условія допускаютъ забивку большого числа колодцевъ. Въ Америкѣ есть города которые снабжаются водой изъ группы забивныхъ колодцевъ, соединенныхъ горизонтальными трубами.

Увеличивать діаметръ забивныхъ колодцевъ болѣе 6 сантиметровъ признано бесполезнымъ, такъ какъ такое увеличеніе не можетъ быть велико и расходъ воды при этомъ возрастаетъ мало, а между тѣмъ трудности забивки, напротивъ, становятся гораздо болѣе значительными, съ каждымъ лишнимъ сантиметромъ діаметра.

Трубчатые забивные колодцы, также могутъ быть приспособлены для подачи воды изъ глубокихъ слоевъ—при примѣненіи нагнетательныхъ насосовъ. Только такъ какъ забивать длинную трубу не возможно, въ виду огромнаго тренія о грунтъ, то приходится забить сначала до отказа трубу большого діаметра, потомъ въ ней трубу меньшаго и т. д.; при этомъ еще діаметръ нижней трубы долженъ быть достаточно великъ, чтобы въ нее можно было опустить насосъ для подъема воды.

Вотъ почему глубокими колодцами по преимуществу слѣдуетъ считать буровые колодцы.

б) Буровые колодцы обыкновенно дѣлаютъ такъ. Сначала роютъ простой колодезь до первой воды. Затѣмъ дѣлаютъ буровую скважину, защищая ее обсадными трубами, если свойства грунта требуютъ такой защиты, или оставляя скважину безъ обдѣлки, что хотя рѣдко, но возможно (см. черт. 281—288). Современные совершенные способы буренія, описаніе коихъ не входитъ въ предѣлы этого курса, позволяютъ достигнуть значительныхъ глубинъ съ діаметрами скважинъ въ 1 и болѣе метровъ. Обдѣлка буровыхъ колодцевъ дѣлается изъ дерева, мѣди, чугуна, но преимущественно изъ жельза.

Отверстія и прорѣзы въ желѣзныхъ трубахъ легко ржавѣютъ въ грунтовой водѣ; поэтому умѣстно замѣнять продыравленные желѣзные части трубъ мѣдными, если же этого нельзя допустить по ка-

кимъ либо причинамъ, напр. вслѣдствіе ихъ недостаточной прочности, то—желѣзными-же, но оцинкованными. Если буровой колодезь значительнаго діаметра устраивается со сплошными стѣнками и притокъ воды происходитъ лишь со дна, то въ виду большей долговѣчности предпочитаютъ иногда употреблять чугунныя трубы на винтовыхъ соединеніяхъ, а не желѣзныя. Во всѣхъ остальныхъ случаяхъ, а особенно, если трубы приходится вытаскивать, то самыми подходящими слѣдуетъ считать желѣзныя трубы, такъ какъ болѣе долговѣчныя—мѣдныя—слишкомъ дороги. Существуютъ водосборные колодцы и изъ мѣдныхъ трубъ; напр. во Франкфуртѣ на Майнѣ имѣются 280 двухъ-дюймовыхъ колодцевъ глубиною 6 саж. и 210 трехъ-дюймовыхъ нѣсколько большей глубины. Діаметръ буровыхъ колодцевъ бываетъ весьма различный; чаще другихъ употребляютъ діаметры отъ 4" до 24", хотя бывають и большіе размѣры. Что касается глубины буровыхъ колодцевъ, то она можетъ быть очень разнообразна, сообразно съ залеганіемъ водоносныхъ пластовъ; особенно глубоки бывають артезіанскіе колодцы: до 500 и болѣе саж.

Труба собирается и опускается постепенно по мѣрѣ погруженія бура, пока треніе не станетъ столь велико, что дальнѣйшее опусканіе прекращается даже при помощи гидравлическихъ прессовъ. Тогда пускается въ ходъ труба меньшаго діаметра внутри первой и т. д. Буровой колодезь имѣетъ поэтому въ вертикальномъ разрѣзѣ телескопическій видъ. Нижнее звено должно еще быть достаточнаго діаметра, чтобы возможно было установить водоподъемные снаряды. При большихъ глубинахъ это очень не легко, такъ какъ требуетъ приданія діаметру верхняго звена большихъ размѣровъ.

Когда вода получается изъ трещиноватаго камня или крупнозернистаго гравія, то вода можетъ поступать непосредственно въ трубу безъ опасности ея засоренія. Не то если водоносный слой состоитъ изъ мелкаго песка или ила.

Для предохраненія колодца отъ засоренія необходимо въ такомъ случаѣ фильтръ.

Эта предосторожность здѣсь особенно необходима, такъ какъ грунтовая вода устремляется въ отверстія трубы съ значительной скоростью и увлекаетъ съ собою песчинки изъ грунта, тогда какъ при сборѣ грунтовой воды горизонтальными трубами (§ 46) и ко-

лодцами большого діаметра скорость обыкновенно весьма мала, и песчинки уносятся водою не могутъ.

Фильтръ устраивается часто изъ слоевъ гравія съ зернами возростающей крупности, которые насыпаютъ на дно колодца, приподнимающая обсадную трубу до верха этихъ слоевъ. Иногда въ нижнюю часть колодца вставляютъ дырчатую трубу, окруженную одною или нѣсколькими сѣтками изъ мѣдной проволоки съ отверстіями такихъ размѣровъ, чтобы они не пропускали песка (черт. 287). И въ этомъ случаѣ обсадная труба колодца поднимается до водопріемнаго горизонта.

Примѣняются также и подвижныя сѣтки (черт. 289), которыя можно вынимать и очищать въ случаѣ надобности. *См. ниже*

Общая площадь отверстій для притока воды въ колодезь должна быть теоретически такова, чтобы скорость притока не превосходила извѣстной границы, обыкновенно отъ 2 до 0,2 мм. въ секунду; иначе мелкія частицы грунта будутъ увлекаться въ колодезь. При указанной скорости на каждое ведро воды, извлекаемое въ 1 секунду изъ колодца, пришлось-бы имѣть очень большія площади отверстій. Между тѣмъ опытъ учитъ насъ, что если даже въ очень мелкозернистомъ грунтѣ имѣются и болѣе крупныя зерна, то скорость притока можетъ быть допущена и значительно большей, даже свыше 15 мм. въ секунду безъ опасенія размыва грунта. Это происходитъ отъ того, что мелкія частицы въ первое время дѣйствія колодца вымываются изъ ближайшаго къ отверстіямъ района грунта и такимъ образомъ образуется какъ бы естественный фильтръ: близъ отверстій остаются лишь наиболѣе крупныя частицы и по мѣрѣ удаленія отъ колодца онѣ становятся все мельче и мельче. Искусственный фильтръ изъ крупнаго песка, очевидно, въ еще большей мѣрѣ осуществляетъ ту же задачу.

Буровые колодцы, доставляющіе воду верхнихъ неглубокихъ водоносныхъ слоевъ, не находящуюся подъ напоромъ, и не способную подниматься вверхъ по скважинѣ, обыкновенно называютъ бруклинскими, по имени города Бруклина, гдѣ для водоснабженія была примѣнена впервые эта система колодцевъ.

Такъ какъ опусканіе такихъ колодцевъ довольно просто и, нерѣдко обходится значительно дешевле для полученія того же количества воды, чѣмъ опусканіе колодцевъ большого діаметра или прокладка водосборной горизонтальной трубы, то въ по-

слѣднее время устройство водосборовъ въ видѣ системы бруклинскихъ колодезѣ особенно часто примѣняется, если мѣстныя условія его допускаютъ; по этому типу устроены напр. водосборы новаго Московскаго Мытищинскаго водопровода, Лейпцигскаго и др.

§ 44. Артезианскіе колодцы.

Когда для водоснабженія приходится обращаться къ глубокимъ водоноснымъ слоямъ, то стараются обыкновенно найти слой съ артезианской водой, такъ какъ вода его, находясь подъ напоромъ, если и не поднимется выше поверхности земли, то во всякомъ случаѣ можетъ подняться значительно въ буровой скважинѣ и сократить расходы по дальнѣйшему ея поднятію.

Розысканіе артезианской воды не должно по возможности дѣлаться наудачу, безъ предварительнаго геологическаго изслѣдованія мѣстности опытными специалистами. Только убѣдившись на основаніи такого предварительнаго изслѣдованія, что въ данномъ мѣстѣ слѣдуетъ ожидать найти воду на такой-то глубинѣ и въ желаемомъ количествѣ можно приступить къ дорогой работѣ буренія. Буровые колодцы, дающіе артезианскую воду, обыкновенно называютъ артезианскими.

Извѣстные китайцамъ еще въ глубокой древности, въ Европѣ артезианскіе колодцы были открыты въ XII вѣкѣ въ графствѣ Артуа во Франціи (откуда и названіе). Они стали распространяться быстро только въ послѣднее время, когда были сдѣланы значительные успѣхи геологіей и въ особенности буреніемъ глубокихъ скважинъ.

Расходъ воды артезианскаго колодца зависитъ отъ его положенія и высоты трубы, по которой вода должна подниматься отъ напора, подъ которымъ она находится. Онъ, вообще говоря, не зависитъ отъ питанія подземнаго резервуара.

Такимъ образомъ, можетъ случиться, что артезианскій колодезь будетъ давать мало воды, хотя онъ будетъ устроенъ въ обильномъ водой мѣстѣ, и наоборотъ колодезь можетъ давать много больше воды, чѣмъ получаетъ подземный резервуаръ; очевидно только, что при этомъ резервуаръ будетъ постепенно истощаться, отчего будетъ уменьшаться напоръ въ артезианской трубѣ, а вмѣстѣ съ тѣмъ понижаться и расходъ воды—до совершеннаго прекращенія истеченія

(см. Fossa-Mancini: Débits des puits dans les terrains perméables, 1890 и его же Note sur le debit des puits dans les terrains perméables; Michal — Note relative au calcul des débits observés à différentes hauteurs et à l'influence des colonnes ascensionnelles sur les débits).

Слѣдуетъ замѣтить, однако, что даже и наибольшей возможный расходъ воды артезианскаго колодца очень трудно опредѣлить. Хотя на этотъ предметъ и имѣется теорія Дарси и Дюпюи, но они далеко не охватываютъ собой всѣхъ факторовъ, вліяющихъ на расходъ такого колодца.

Въ общемъ можно замѣтить два случая:

а) когда расходъ колодца малъ въ сравненіи съ питаніемъ водоноснаго слоя;

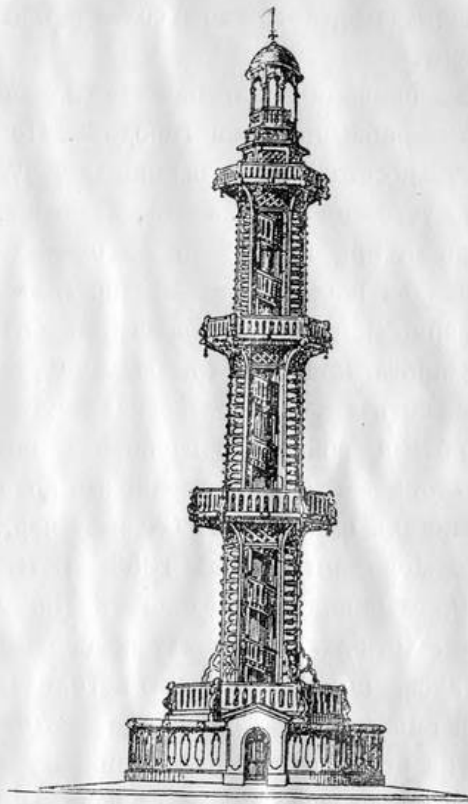
б) когда расходъ колодца составляетъ значительную долю полученной водоноснымъ слоемъ воды.

Въ первомъ случаѣ условія вытеканія воды тѣ же, что для колодца не артезианскаго, устроеннаго въ водоносномъ слоѣ, горизонтъ коего соотвѣтствовалъ бы пъезометрическому уровню артезианской воды. Расходъ воды чрезъ такую артезианскую скважину, мало завися отъ ея діаметра, будетъ болѣе или менѣе пропорціоналенъ пониженію уровня съ котораго берется вода (см. § 47).

Не то во второмъ случаѣ, когда расходъ чрезъ колодець составляетъ значительную часть притока артезианскихъ водъ. Здѣсь пъезометрической уровень не остается постояннымъ, а самъ опускается у колодца тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше расходъ, такъ какъ большіе расходы вызываютъ болѣе значительныя скорости движенія воды въ водоносномъ слоѣ и потому большія потери на треніе въ естественныхъ каналахъ, по коимъ движется вода въ этомъ слоѣ. Опусканіе пъезометрическаго уровня съ своей стороны вліяетъ на уменьшеніе расхода. Очевидно, опредѣлить условія, при которыхъ наступитъ положеніе равновѣсія, здѣсь очень трудно, даже при полной правильности скважины и прочихъ благопріятныхъ условійхъ. Въ дѣйствительности же скважины всегда имѣютъ въ себѣ много причинъ значительныхъ потерь живой силы восходящей воды въ видѣ большого тренія, проникновенія воды сквозъ стыки трубъ въ пространство между трубами и грунтомъ, поглощеніе ея водопроницаемыми слоями грунта и т. д.

Такимъ образомъ, относительно количества артезианской воды въ

Артезианскіе колодцы.



Черт. 288.—Башня Гренельскаго артезианскаго колодца въ г. Парижѣ.



Черт. 289.—Видъ артезианскаго колодца въ одномъ изъ оазисовъ Французской Сахары.

данномъ мѣстѣ всегда остается обширное поле недочетамъ. То же можно сказать и о ея качествѣ. Поднимаясь изъ глубины почвы, послѣ длиннаго пути по слоямъ разнаго состава, такая вода въ большинствѣ случаевъ содержитъ много солей и, обыкновенно, имѣетъ высокую температуру.

По всѣмъ этимъ причинамъ артезіанскіе колодцы мало пригодны говоря вообще, для снабженія водой городовъ. Но они могутъ оказывать и дѣйствительно оказываютъ огромныя услуги для снабженія водой отдѣльныхъ учрежденій, фабрикъ, заводовъ, бань, желѣзнодорожныхъ станцій и пр., гдѣ часто высокая температура воды очень выгодна, или для поселеній въ мѣстностяхъ, бѣдныхъ наземными или атмосферными водами. Множество большихъ заводовъ, пивоваренныхъ, сахароваренныхъ и др., больницъ, бань и пр., имѣютъ теперь артезіанскіе колодцы. Въ Петроградѣ ихъ не мало (К. И. Ивановъ. Матеріалы по вопросу о глубокихъ почвенныхъ водахъ С.-Петербурга). Огромное распространеніе эти колодцы получили въ Алжирѣ въ ближайшихъ оазисахъ къ Сахарѣ (черт. 289). Въ одной провинціи Алжира—Константинѣ—въ 1856—1878 годахъ ихъ было сдѣлано болѣе 400, глубиной въ среднемъ въ 85 метровъ; 158 изъ нихъ были бьющими. Хотя для городскихъ водоснабженій артезіанскіе колодцы не привились, но въ нѣкоторыхъ городахъ они являются полезнымъ подспорьемъ другимъ источникамъ водоснабженія.

Первое мѣсто въ этомъ отношеніи занимаетъ Парижъ, гдѣ колодцы были сдѣланы послѣ въ высшей степени замѣчательнаго геологическаго изслѣдованія мѣстности и скважины опущены впервые на огромную глубину. Первый колодець въ Парижѣ—puits de Grenelle (глубина 549 метровъ)—сдѣланъ въ 1833—1852 годахъ (черт. 288). Затѣмъ былъ устроенъ колодець въ Passy, потомъ начаты два другіе—на place Hubert и въ Butte-aux-Cailles. Артезіанскіе колодцы есть для городского водоснабженія въ Турѣ (11 колодцевъ), въ Венеціи (17), въ Чарльстонѣ въ Соединенныхъ Штатахъ (20) и т. д.

Производство работъ по буренію артезіанскихъ колодцевъ мало чѣмъ отличается отъ общеизвѣстныхъ приѣмовъ при производствѣ глубокихъ буреній вообще, но требуетъ еще большихъ предосторожностей, чтобы сохранить прямолинейность скважины, предупредить обрушенія и засоренія ея, а потому часто очень большого

времени. Серьезную опасность представляет сама искомая вода, которая поднимаясь по трубамъ и между ними и грунтомъ можетъ дить сильные размывы и т. д.

Исторія устройства Парижскихъ колодцевъ въ Grenelle и Passy, неоднократно рассказанная, очень поучительна въ этомъ отношеніи (см. Vechmann, p. 165).

Артезианскіе колодцы слѣдуетъ помѣщать въ возможно пониженной точкѣ мѣстности, чтобы имѣть больше основаній ждать, что вода поднимется надъ землей. Для разведенія же воды по городу, чтобы воспользоваться остальной свободной высотой подъема, если таковая будетъ, можно надстраивать надъ колодцами башни съ вертикальной трубой, какъ это сдѣлано въ Парижѣ (черт. 288). а. 063

Напомнимъ также, что близко поставленные другъ отъ друга артезианскіе колодцы обыкновенно взаимно уменьшаютъ расходъ одинъ у другого.

Такое вредное вліяніе обнаруживается даже при значительныхъ повидимому разстояніяхъ, какъ это доказалъ примѣръ Парижа, гдѣ съ устройствомъ колодца въ Passy расходъ Grenelle'скаго колодца уменьшился.

Необходимо замѣтить, что уменьшеніе подачи артезианской и вообще грунтовой воды можетъ происходить и независимо отъ взаимнаго вліянія колодцевъ, вслѣдствіе того, что происходитъ истощеніе подземныхъ запасовъ воды, когда водопроводами извлекается болѣе воды, чѣмъ ежегодными атмосферными осадками можетъ быть доставлено данному району.

Городъ Ливерпуль уже съ 1847 года снабжался водою изъ артезианскихъ колодцевъ, но такъ какъ количество воды все уменьшалось, то были принуждены перейти къ снабженію изъ искусственныхъ водохранилищъ. (В. Ф. Тромпетеръ—«О водоснабженіи городовъ изъ буровыхъ скважинъ». Труды III Русскаго Водопроводнаго Съѣзда. 1898).

Въ Бирмингамѣ, когда устраивали артезианскіе колодцы, считывали на 27.000 куб. метровъ въ сутки, а на дѣлѣ оказалось не болѣе какъ 1.400 куб. метровъ, причемъ здѣсь, какъ и въ Ливерпульѣ, нѣкоторыя скважины давали столь худую воду, что пришлось отъ нея отказаться.

Примѣромъ истощенія артезианскаго колодца въ Россіи служить

въ г. Ревелѣ колодець въ батарее, которая нынѣ уже не пользуется артезианскою, а водопроводною водою.

Особенно поучителенъ примѣръ грунтового водопровода въ Москвѣ, гдѣ въ Мытицахъ пришлось не только нѣсколько разъ перестраивать систему водосборныхъ колодцевъ, но постепенно идти внизъ за все понижающимся горизонтомъ грунтовыхъ водъ, устанавливая насосы все ниже, и ниже и, наконецъ, поставить ихъ на очень значительной глубинѣ подъ землей въ самихъ скважинахъ (электрическіе турбинные насосы системы Фарко), безъ увѣренности въ томъ, что и при этихъ условіяхъ не придется вскорѣ видѣть болѣе или менѣе полное истощеніе грунтовыхъ запасовъ воды.

Въ Бернбургѣ, на Заалѣ, были устроены колодцы вначалѣ для 16.000 жителей, т. е. на 2.500 куб. метровъ (около $5\frac{1}{4}$ куб. фута на человѣка въ сутки). Къ 1893 году число жителей возросло до 34.000 и поэтому пришлось расширить и водопроводъ. До 1894 года вода была доброкачественна, но съ этого года содержаніе соли начало возрастать такъ, что пришлось старыя скважины бросить и устроить новыя скважины въ 8 верстахъ отъ города, дающія до 6.000 к. м. въ сутки.

Въ г. Харьковѣ для усиленія водопровода были устроены буровые колодцы. Ожидали воды уже на 380 метрахъ глубины; получили же воду на 640 метрахъ и въ достаточномъ количествѣ, такъ какъ при діаметрѣ въ $3\frac{1}{2}$ дюйма вытекало на высотѣ 2,13 м. надъ землею въ 24 часа 540 куб. метровъ, а въ трубѣ вода подымалась до высоты въ 13 метровъ надъ землею. Вода была чиста, безъ запаха и вообще отвѣчала всѣмъ требованіямъ хорошей питьевой воды, но черезъ нѣсколько недѣль оказалась мутной; причиною было разложеніе желѣзныхъ трубъ водою. Такимъ образомъ пришлось для этой воды устраивать фильтры, а между тѣмъ устройство артезианскихъ колодцевъ было начато, чтобы не имѣть надобности въ фильтрахъ.

Такое же вѣяніе воды на желѣзныя трубы было причиною обвала буровыхъ скважинъ въ Puit de Grenelle въ Парижѣ и въ другихъ мѣстахъ, гдѣ полагали, что обвалы произошли вслѣдствіе неправильнаго буренія.

Не удалось также получить воду хорошаго качества въ долинахъ рѣки Тейсы и по всему теченію рѣки Одера. Вездѣ получалась вода

съ мельчайшимъ пескомъ и глиной, а по верхнему теченію рѣки Одера и въ Австрійской Силезіи вода содержала желѣзо.

Многіе города снабжаются, однако, водой изъ буровыхъ скважинъ вполнѣ удовлетворительно. Такой водой Дармштадтъ снабжается уже съ 1879 года. Тутъ были устроены приѣмныя трубы съ сѣтками, которыя можно было вынимать для очистки. Когда буровыя скважины начали давать все менѣе и менѣе воды, попробовали очистить стѣнки, не вынимая сѣтки, давленіемъ воды въ 10 атмосферъ, но результатъ былъ весьма неудовлетворительный; тогда были вынуты сѣтки, и на нихъ оказалась пленка въ $\frac{1}{2}$ " и $\frac{3}{4}$ " толщины, которая могла быть легко удалена водой, послѣ чего скважины опять дѣйствовали удовлетворительно. Діаметръ трубъ—12" при глубинѣ отъ 27 до 56 метровъ. Очищаются онѣ черезъ два года.

Дрезденъ тоже снабжается изъ буровыхъ скважинъ; глубина ихъ отъ 13 до 16 м. и онѣ непосредственно соединены съ всасывающей трубой. Всего доставляется воды 110.000 куб. метровъ въ 24 часа, что составляетъ около 12,6 куб. футовъ въ 24 часа на жителя.

Въ Америкѣ гор. Саванна снабжался уже въ 1886 году изъ 15 колодцевъ глубиною до 120 метровъ; число это пришлось скоро увеличить до 25, изъ которыхъ 3 имѣли діаметръ въ 254 м. м., 20 въ 152 м. м. и 2 въ 102 м. м. Но уже въ 1891 году опять нужно было увеличить число скважинъ, такъ какъ иначе пришлось бы пользоваться рѣчною водою въ количествѣ 24.830 куб. метровъ. Тогда были устроены еще 12 буровыхъ скважинъ въ 305 м. м. и глубиною отъ 75 м. до 150 м., на разстояніи другъ отъ друга въ 91 м. Вода собирается въ бетонный каналъ въ 1,83 метра діаметромъ и другимъ каналомъ въ 2,44 метра и длиною въ 15 метровъ ведется къ насосамъ. Скважины даютъ въ сутки 36.000 куб. метровъ. Здѣсь мы видимъ, какъ быстро растетъ необходимость увеличенія числа колодцевъ.

Примѣры водоснабженія русскихъ городовъ изъ буровыхъ колодцевъ см. въ Трудахъ Русскихъ Водопроводныхъ Съѣздовъ. Среди этихъ примѣровъ особенно интересенъ примѣръ г. Риги, которая имѣетъ грунтовое водоснабженіе изъ системы буровыхъ колодцевъ, построенной на основаніи тщательнаго изученія мѣстныхъ условій (см. В. Е. Тимоновъ. XI Всерос. Водопр. и Сан. Техн. Съѣздъ 1914).

Артезианскіе колодцы могутъ быть причиною распространенія

эпидемій. Въ трудахъ 7-го международнаго гигиеническаго конгресса стр. 115) Baldwyn Latham указываетъ случай, когда вода артезианскаго колодца была заражена тифозными бактеріями отъ спускныхъ водъ деревни, лежащей за $3\frac{1}{4}$ километра отъ колодцевъ. О тифозной эпидеміи въ Вортингѣ сообщено въ 1893 г. (*Vierteljahrsschrift für die öffentliche Gesundheitspflege*, В. 28). Здѣсь вода колодца была заражена чрезъ испорченный сточный каналъ, отдѣленный отъ колодца слоемъ грунта изъ 9 метровъ обыкновенной земли и 17 метровъ мѣла. Третій примѣръ—тифозная эпидемія въ Гаврѣ въ 1877 и 1888 годахъ, описанная въ *Annales de l'Institut Pasteur* (3-й томъ). Причиною зараженія было проникновеніе бактерій изъ нечистотъ, употребленныхъ для удобренія полей.

Изъ сказаннаго по отношенію къ снабженію городовъ грунтовыми и особенно артезианскими водами, мы видимъ, что такое снабженіе городовъ возможно и въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ быть отличнымъ рѣшеніемъ вопроса, но что слѣдуетъ приступать къ такимъ устройствамъ весьма осмотрительно и осторожно, изучивъ предварительно всѣ необходимыя геологическія и бытовыя данныя.

Необходимо имѣть, однако, въ виду, что дороговизна и продолжительность такихъ изслѣдованій, нужныя для того, чтобы ихъ результаты могли быть признаны устойчивыми для водоснабженій, требующихъ большихъ количествъ воды, далеко не всегда позволяютъ дать имъ должное развитіе. Кромѣ того изслѣдованія эти не могутъ показать измѣненій въ качествѣ и количествѣ воды, которыя произойдутъ послѣ нѣсколькихъ лѣтъ откачиванія ея устроеннымъ водопроводомъ. Наконецъ, они не могутъ предусмотрѣть всѣхъ путей, по коимъ эта вода можетъ загрязняться болѣзнетворными началами, если она берется въ мѣстности, имѣющей селенія, удобряемая поля и пр. Охрана же источниковъ грунтового водоснабженія отъ загрязненія можетъ быть въ извѣстныхъ случаяхъ неосуществимой ни въ финансовомъ, ни въ техническомъ отношеніи.

§ 45. Классификація способовъ водоснабженія изъ буровыхъ колодцевъ въ зависимости отъ свойствъ водоносныхъ горизонтовъ.

Въ виду значенія, которое должны имѣть буровые колодцы въ Россіи, гдѣ при большомъ развитіи степныхъ и безлѣсныхъ про-

странствъ трудно обойтись безъ грунтовой воды, представляетъ интересъ классификація способовъ водоснабженія помощью буровыхъ колодезевъ въ зависимости отъ свойствъ водоносныхъ горизонтовъ, установленная проф. Войславомъ. Прежде всего укажемъ употребляемые имъ термины.

Уровнемъ пониженія горизонта воды (*a*) онъ называетъ ту постоянную высоту, на которой стоитъ вода колодца во время нормальнаго пользованія ею въ требуемомъ количествѣ. Высота стоянія уровня, до котораго вода понижается въ данной скважинѣ, зависитъ не только отъ количества извлекаемой воды, но и отъ иныхъ причинъ, какъ-то: отъ высоты горизонта, до котораго вода свободно поднимается (гидростатическаго напора), отъ удободостижимой глубины колодца, отъ способа устройства дна скважины, отъ степени проницаемости грунта и др. его свойствъ, отъ скорости теченія въ немъ воды, отъ діаметра скважины, отъ способа закрѣпленія, а главное отъ района питанія водоноснаго горизонта. Но, если при разсмотрѣніи даннаго колодца принять, что онъ устроенъ правильно, т. е., что всѣ указанная условія выяснены, колодець устроенъ сообразно съ ними и эксплуатируется рациональнымъ способомъ, въ зависимости отъ количества потребной для данной цѣли воды, то при пользованіи этой водой, пониженіе горизонта будетъ при нормальной эксплуатаціи постоянное и возможно малое.

Уровнемъ пріема (*b*) называется тотъ горизонтъ, на которомъ требуется имѣть данное количество воды, чтобы ее распредѣлить по назначенію; этимъ уровнемъ будетъ, напримѣръ, горизонтъ воды распредѣлительнаго бака.

Горизонтъ замерзанія есть глубина (считая отъ поверхности земли), до которой можетъ замерзать вода въ скважинѣ, принимая, что колодезь не находится въ отапливаемомъ помѣщеніи. Эта глубина, какъ извѣстно, въ различныхъ мѣстахъ неодинакова. Вліяніе замерзанія имѣетъ важное значеніе въ дѣлѣ устройства водоснабженія изъ буровыхъ колодезевъ, особенно, въ мѣстахъ, гдѣ наблюдается, такъ называемая, вѣчная мерзлота.

Глубиною всасыванія называютъ ту глубину, съ которой нормальный насосъ можетъ всасывать воду. Эта глубина зависитъ отъ типа, устройства и состоянія насоса. Обыкновенно этой высотѣ

даютъ величину не болѣе 8 метровъ, хотя въ зависимости отъ указанныхъ условій, она измѣняется отъ 3 до 9¹/₂ метровъ.

Принявъ эти термины, можно раздѣлить способы водоснабженія грунтовыми и артезианскими водами на слѣдующіе восемь типовъ пріема воды въ зависимости: отъ уровня пониженія (*a*) первоначальнаго горизонта (*h*) воды относительно уровня пріема (*b*), отъ глубины замерзанія, отъ высоты всасыванія, отъ размѣщенія, насосовъ (*H*) и движителей (*m*), служащихъ для полученія воды,—какъ показано на представленной ниже схемѣ и, соотвѣтственныхъ чертежахъ (римскіе номера чертежей соотвѣтствуютъ номерамъ различныхъ типовъ водоснабженія, надписанныхъ въ нижней строкѣ схемы).

Таблица № 15. Схемы водоснабженія изъ буровыхъ колодцевъ.

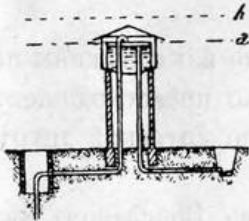
Пониженіе горизонта воды (т. е. высота стоянія воды при нормальномъ дѣйствіи колодца— <i>a</i>).							
Выше уровня пріема воды для цѣлей водоснабженія (<i>b</i>).		Ниже уровня пріема воды для цѣлей водоснабженія (<i>b</i>).					
Выше поверхности земли.	Ниже поверхности земли.	Выше горизонта замерзанія.	Ниже горизонта замерзанія.				
		Выше глубины всасыванія.	Ниже глубины всасыванія.				
		Насосъ въ колодцѣ-шахтѣ, а движитель		Движитель на поверхности земли, а насосъ			
		на поверхности земли.	въ колодцѣ-шахтѣ.	частью въ колодцѣ-шахтѣ, частью въ буровой скважинѣ.	весь въ буровой скважинѣ.		
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII

Первый типъ составляютъ артезианскіе колодцы большого напора, подающіе воду выше уровня пріема и выше поверхности земли (черт. 299).

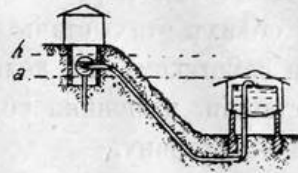
Этого рода колодцы представляютъ самый желанный способъ водоснабженія, какъ по простотѣ устройства, такъ и по постоянству дѣйствія, а главное по дешевизнѣ водоснабженія.

Б у р а в ы е к о л о д ц ы .

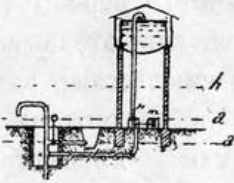
К л а с с и ф и к а ц и я с п о с о б о в ь в о д о с н а б ж е н и я .



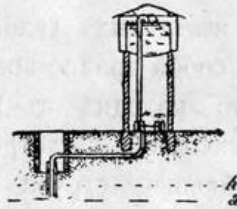
Черт. 299.—№ схемы I-й.



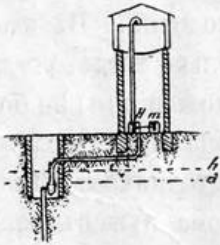
Черт. 300.—№ схемы II-й.



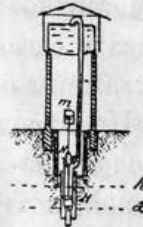
Черт. 301.—№ схемы III-й.



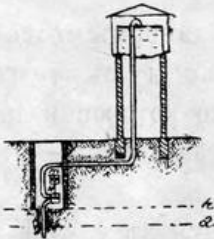
Черт. 302.—№ схемы III-й.



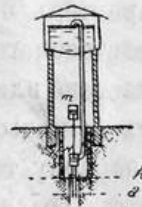
Черт. 303.—№ схемы IV-й.



Черт. 304.—№ схемы V-й.



Черт. 305.—№ схемы VI-й.



Черт. 306.—№ схемы VII-й.

Но для примѣненія этого способа необходимы естественныя благоприятныя условія:—существованіе въ данной мѣстности артезианской воды, могущей подниматься выше поверхности земли съ значительнымъ напоромъ. Въ Россіи по этому типу снабжены, между прочимъ, желѣзнодорожныя станціи Брянскъ и Выгоничи Полѣвскихъ желѣзныхъ дорогъ.

На обѣихъ этихъ станціяхъ вода прямо изъ скважины поступаетъ въ баки самотекомъ, въ количествѣ далеко превосходящемъ потребность станціи: излишняя вода стекаетъ по спускной трубѣ, отводящей ее въ сторону.

Такое же водоснабженіе устроено проф. Войславомъ въ Колмовѣ, близъ Новгорода, причемъ съ глубины 37 саж., получена вода съ напоромъ 13 саж. выше поверхности земли.

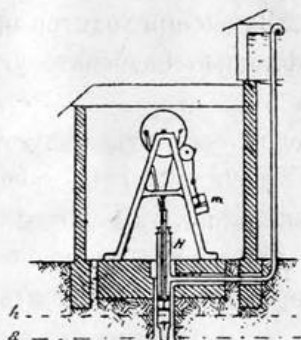
При извѣстныхъ условіяхъ скважины этого перваго типа могутъ влечь за собой крайне вредныя послѣдствія, какъ это показали опыты Брянскаго колодца въ Россіи и Шнейдемюльскаго въ Германіи. Шнейдемюльская катастрофа похоронила въ размытомъ слишкомъ сильно бывшей струей воды грунтъ массу имущества, домовъ и пр.

Второй типъ водоснабженія—это буровые колодцы, въ которыхъ артезианская вода поднимается выше точки приѣма, но не достигаетъ поверхности земли у устья колодца. Въ этомъ случаѣ надо устраивать сифонъ, примѣнимый только тогда, когда превышеніе устья скважины надъ горизонтомъ пониженія (*a*) не болѣе высоты всасыванія. Примѣромъ примѣненія сифона можетъ служить Виленскій водопроводъ изъ Остробрамскихъ источниковъ. Для устраненія вреднаго вліянія воздуха въ колѣнѣ сифона нуженъ воздушный резервуаръ. Воздухъ, собирающійся въ резервуарѣ, отъ времени до времени выгоняется водой, накачиваемою въ резервуаръ ручнымъ насосомъ (черт. 300).

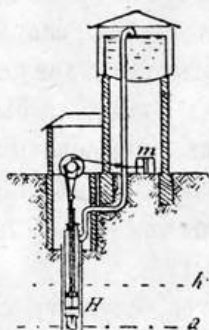
Когда характеръ поверхности земли въ данномъ мѣстѣ позволяетъ для непосредственнаго соединенія скважины съ точкою приѣма устроить галерею или уложить трубу, по которой вода изъ скважины можетъ двигаться къ точкѣ приѣма самотекомъ,—этотъ случай сводится къ первому типу.

Третій типъ водоснабженія примѣняется въ случаѣ пониженія горизонта (*a*) ниже уровня приѣма (*b*), но выше горизонта замерзанія.

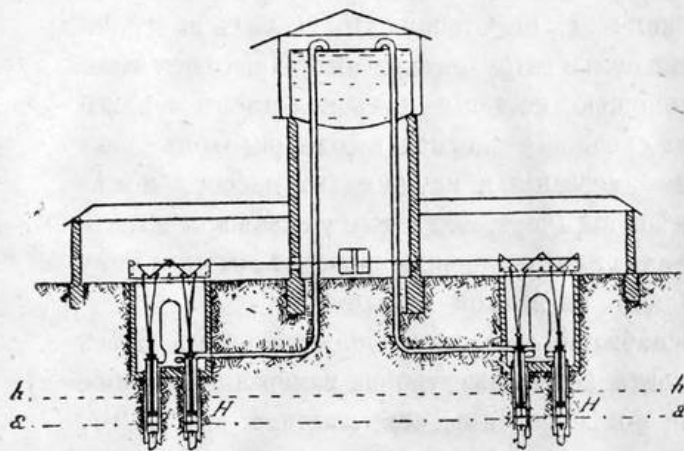
Классификация способов водоснабжения.



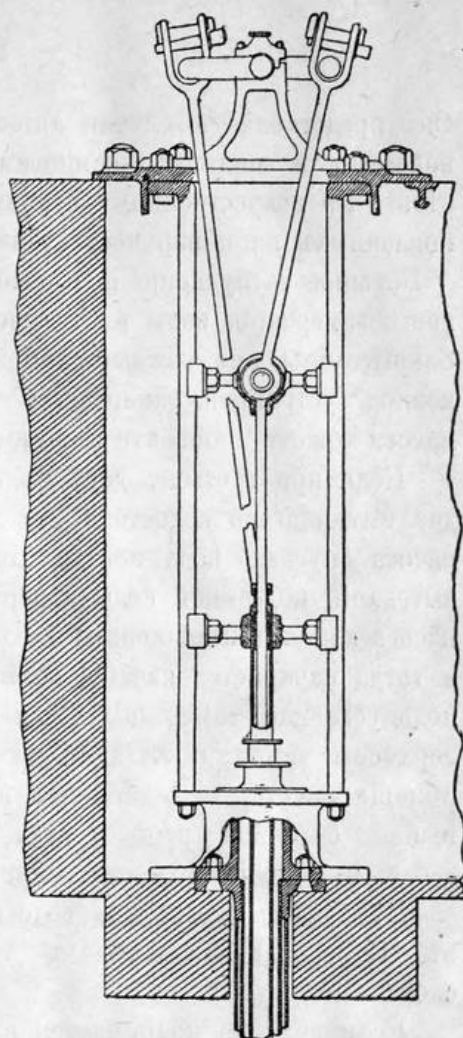
Черт. 307.—№ схемы VIII-й (съ насосомъ Бурхардта).



Черт. 308.—№ схемы VIII-й (одиночная скважина съ насосомъ проф. Войслава).



Черт. 309.—№ схемы VIII-й (сдвоенная скважина съ насосомъ проф. Войслава).



Черт. 310.—Насосъ проф. Войслава для буровыхъ колодцевъ съ двумя поршнями, движущимися въ одномъ цилиндрѣ въ разныя стороны.

Онъ представляетъ случай артезианской воды, поднимающейся до поверхности земли или немногимъ выше ея. Здѣсь приходится прибѣгать къ искусственному поднятію воды помощью насосовъ, установленныхъ на поверхности земли.

Большое затрудненіе пользованія этой водой состоитъ въ устраненіи замерзанія воды въ то время, когда насосъ не дѣйствуетъ. Закрываніе крана каждый разъ, при остановкѣ дѣйствія машины, не можетъ устранить замерзанія, такъ какъ остановка въ дѣйствіи насоса можетъ произойти и помимо прекращенія дѣйствія двигателя.

Если при третьемъ типѣ водоснабженія вода поднимается выше дна имѣющагося водостока, то лучше всего во время бездѣйствія насоса спускать воду изъ колодца въ водостокъ; при непрерывномъ вытеканіи подземной воды замерзанія не будетъ. Во время дѣйствія насоса клапанъ помѣщенный надъ всасывающею трубою, закрывается и тогда начинается качаніе воды, то есть опять таки движеніе ея, недопускающее замерзанія. Если же вода можетъ подняться выше поверхности земли, и желаютъ ею по временамъ пользоваться безъ помощи насоса, то остановивъ насосъ закрываютъ кранъ, помѣщенный въ спускной трубѣ, и вода, поднявъ клапанъ, непрерывно вытекаетъ выше поверхности земли (см. черт. 301).

Примѣромъ этого типа водоснабженія могутъ служить колодцы въ Петроградѣ (на заводахъ Дурдина, Ланге и въ Технологическомъ Институтѣ).

Если вода не поднимается выше имѣющагося водостока (напр. ст. Померанье Николаевской ж. д., ст. Степанъ Полѣскихъ ж. д.), то устройство колодца дѣлается болѣе затруднительнымъ. Приходится или устранить замерзаніе, помощью созданія надъ колодцемъ теплаго помѣщенія, или соединить скважину плотно съ водопроводомъ, расположеннымъ ниже линіи замерзанія и идущимъ къ насосу, помѣщенному въ тепломъ помѣщеніи (черт. 302), или у скважины дѣлать насыпь (Степанъ и Дятловичи) или, наконецъ, проводить въ скважину согрѣвательныя трубки (напр. въ вѣчной мерзлотѣ).

Четвертый типъ водоснабженія—самый распространенный. Здѣсь уровень пониженія горизонта воды ниже уровня замерзанія и ниже поверхности земли, но не болѣе глубины всасыванія, т. е. 3 до $9\frac{1}{2}$ метровъ. Сюда относится главнымъ образомъ водоснабженіе грунтовыми водами верхнихъ слоевъ (не артезианскими). Вода получается или

помощью буровых колодцевъ, въ которые вставляется всасывающая труба насоса (черт. 303), или помощью опускаемых резервуарныхъ колодцевъ, въ днѣ и стѣнахъ которыхъ дѣлаютъ иногда особыя отверстія, изливающія воду въ колодець (черт. 271—273, 291—292 на стр. 357—вслѣдствіе опечатки поставлены №№ 281 и 283). Чтобы вода, остающаяся во всасывающей трубѣ, не замерзала при остановкѣ насоса, цилиндры ручныхъ насосовъ размѣщаютъ ниже уровня замерзанія и снабжаютъ небольшими спускными отверстіями въ верхней части цилиндра, благодаря чему послѣ остановки насоса вода вытекаетъ изъ подъемной трубы насоса и насосъ замерзать не можетъ. Всасывающія трубы паровыхъ и другихъ насосовъ, помѣщаемыхъ въ теплое мѣсто, проводятъ подъ землю, ниже линіи замерзанія. Если одинъ колодець даетъ недостаточное количество воды, дѣлаютъ два, три, а иногда цѣлую группу колодцевъ, связывая ихъ общою всасывающею трубою, ниже горизонта замерзанія.

Примѣрами этого типа устройствъ могутъ служить водоснабженія прямо изъ скважинъ, при помощи парового насоса, устроенныя на многихъ станціяхъ Полѣскихъ жел. дорогъ (Парохонскъ, Коржевка, Волчья, Коцурь), Привислянской жел. дороги (Наленчовъ, Иванъ-городъ), Москва (Военный Госпиталь), ст. Куцевка (Владикавказской желѣзной дороги), а изъ опускаемыхъ резервуарныхъ колодцевъ: станціи Полѣскихъ жел. дор. (Наховъ, Микашевичи), Петроградско-Варшавской жел. дороги (ст. Мшинская) и др.

Пятый типъ водоснабженія примѣняется въ случаѣ пониженія горизонта воды ниже глубины всасыванія; онъ требуетъ опусканія насоса до такой глубины, при которой насосъ можетъ всасывать воду. Здѣсь насосъ устанавливается въ простомъ сухомъ колодцѣ-шахтѣ, движитель же паровой, вѣтряный, конный или ручной, устанавливается на поверхности земли (черт. 304). Въ прежнее время этотъ типъ считался самымъ совершеннымъ, особенно когда вода получалась изъ простаго колодца-шахты, т. е. когда мѣсто для помѣщенія насоса получалось, такъ сказать, попутно. Устройства этого типа водоснабженія изъ глубокаго горизонта, если и возможно, то обходится весьма дорого, въ виду дороговизны самага устройства колодца для помѣщенія въ немъ насоса, особенно если грунтъ оплывающій, разбухающій или очень твердый. Такія устройства примѣняются, главнымъ образомъ, для рудничнаго водоотлива, но тамъ

колодець (шахта) устраивается для специальныхъ цѣлей и получается попутно.

Примѣромъ водоснабженія этого типа являются, между прочимъ, колодцы: Джанкой-Оеодосійской жел. дороги, на ст. Сейтлеръ, съ вѣтрянымъ двигателемъ, на ст. Колай съ паровымъ и Виленскія скотобойни съ ручнымъ двигателемъ.

Шестой типъ водоснабженія (при условіяхъ типа 5-го) мало рационаленъ. Здѣсь движитель помѣщается въ колодцѣ-шахтѣ вмѣстѣ съ насосомъ (черт. 261, 305). Не говоря уже о дороговизнѣ и неудобствѣ колодца для помѣщенія насоса и движителя, гдѣ правильный уходъ за послѣднимъ дѣлается затруднительнымъ, паръ, проведенный ко дну колодца дѣлаетъ пребываніе тамъ машиниста при обыкновенно небольшихъ размѣрахъ шахты тяжелымъ (устройства, подобныя представленному на черт. 261 совершенно исключительны). Части же механизма оставленныя безъ присмотра и надлежащей смазки скоро изнашиваются.

Охлажденіе пара, проведеннаго во всю глубину колодца, большое, и вызываетъ въ паропроводныхъ трубахъ скопленіе воды, которая должна отводиться вмѣстѣ съ мятымъ паромъ вверхъ. Обыкновенно въ такихъ устройствахъ устанавливали насосы самые дешевые, но и самые несовершенные изъ всѣхъ типовъ поршневыхъ насосовъ, какъ по нераціональности устройства, такъ и по кратковременности службы. Или примѣняли пульзометры, поглощающіе много горючаго матеріала и дающіе воду смѣшанную съ частицами, увлекаемыми изъ паровыхъ котловъ, не гарантирующіе притомъ, по мнѣнію проф. Войслава, правильнаго водоснабженія. Примѣръ ст. Москва Николаевской жел. дороги.

Седьмой типъ водоснабженія представляетъ устройство, позволяющее пользоваться водою, уровень пониженія которой достигаетъ значительныхъ глубинъ. При этихъ условіяхъ типы 5 и 6-ой непримѣнимы прямо по дороговизнѣ колодцевъ-шахтъ. Насосъ здѣсь помѣщается частью въ буровой скважинѣ (насосный цилиндръ съ всасывающимъ клапаномъ и подъемнымъ поршнемъ), частью въ цилиндрѣ (скалка, давящій поршень) установленномъ на днѣ колодца-шахты. Движитель на поверхности земли (черт. 306). Типъ насоса, получившій здѣсь извѣстное распространеніе, всасывающе-подъемно-давящій.

Этотъ типъ насоса былъ впервые устроенъ въ Россіи въ буровомъ колодцѣ на ст. Барановичи для доставленія 24.000 ведеръ воды въ сутки. Общая высота подъема 16 сажень. Послѣ нѣкоторыхъ неудачъ насосъ оправдалъ надежды.

Восьмой типъ водоснабженія устраняетъ недостатокъ предыдущаго типа, требующаго большихъ діаметровъ скважинъ при потребности въ большомъ количествѣ воды.

Кромѣ того, онъ требуетъ насоса особаго устройства, такъ какъ помѣщаемые въ узкой скважинѣ обыкновенные поршневые насосы обладаютъ большимъ недостаткомъ, именно отсутствіемъ непрерывности теченія воды въ насосномъ цилиндрѣ. Эта непрерывность теченія необходима какъ для приданія поршнямъ большой скорости, для устраненія ударовъ и быстрого изнашиванія клапановъ, такъ и для примѣненія клапановъ небольшого сѣченія.

Большая стоимость буровыхъ колодцевъ, быстро возрастающая съ увеличеніемъ діаметра, съ одной стороны, и необходимость помѣщенія насоснаго цилиндра въ буровомъ колодцѣ съ другой, заставляютъ примѣнять возможно большія скорости поршня, для достиженія бѣльшаго дебита колодца.

Въ виду этого, для развитія пользованія водой изъ глубокихъ горизонтовъ, было необходимо измѣнить типъ насосовъ.

Удобнымъ рѣшеніемъ этого вопроса нѣкоторое время признавалось примѣненіе насосовъ съ двумя подъемными поршнями въ одномъ цилиндрѣ, движущимися въ двѣ противоположныя стороны. Въ то время когда верхній поршень поднимаетъ воду вверхъ, онъ всасываетъ ее снизу, причемъ она поднимаетъ клапанъ нижняго опускающагося поршня (см. черт. 307—310). Проф. Войславъ полагалъ однако, что примѣненіе центробѣжныхъ, турбинныхъ, винтовыхъ и, вообще вращательныхъ насосовъ, надлежащаго устройства, помѣщаемыхъ въ скважинѣ, еще болѣе подходитъ для этого случая.

Дальнѣйшая практика показала, что это предположеніе было вполнѣ правильно. Усовершенствованіе центробѣжныхъ насосовъ въ связи съ передачей силы на разстояніе посредствомъ электричества позволило создать насосы очень компактные, подвѣшенные на блокъ внутри скважины и приводимые въ дѣйствіе динамомашинной (см. гл. X). Такіе насосы могутъ перемѣщаться вмѣстѣ

съ колебаніемъ уровня воды и подавать воду изъ очень глубокихъ скважинъ при низкомъ стояніи въ нихъ воды. Подъемъ воды изъ буровыхъ колодцевъ безъ помощи насосовъ, вдуваніемъ въ нихъ сжатого воздуха, тоже значительно увеличилъ предѣлы примѣнимо-сти восьмого типа грунтового водоснабженія (см. гл. X).

75м
§ 46. Сборъ грунтовой воды горизонтальными трубами.

Такъ называемыя горизонтальныя водосборныя трубы и галереи могутъ быть размѣриваемы, какъ непрерывныя колодцы, у коихъ была бы сохранена только нижняя часть, погруженная въ водоносный слой.

Онѣ примѣняются по преимуществу въ тѣхъ случаяхъ, когда толщина этого слоя и степень его водоносности незначительны и когда, слѣдовательно, для получения нѣкотораго серьезнаго объема воды пришлось бы очень умножить число колодцевъ.

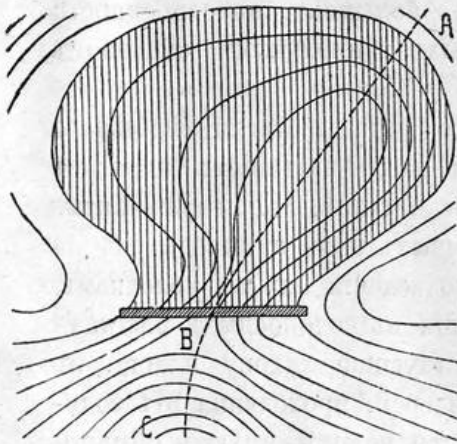
Въ простѣйшемъ видѣ собраніе грунтовой воды посредствомъ горизонтальныхъ трубъ сводится къ устройству обыкновеннаго дренажа (см. курсъ Осушенія).

Вырывъ рвы до глубины водоноснаго слоя (включительно) насыпаютъ въ нихъ щебня или глыша или кладутъ гончарныя со свободными стыками трубы. Сверху глышъ или щебень прикрывается обороченнымъ внизъ травой — дерномъ и рвы засыпаются землей; трубы прямо засыпаются безъ дерна. Такая система дренажныхъ линій будетъ собирать грунтовую воду къ опредѣленному мѣсту, къ которому направлены ихъ уклоны, и гдѣ дѣлается колодецъ, изъ котораго вода можетъ извлекаться тѣмъ или другимъ способомъ.

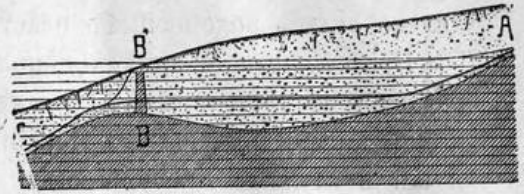
Такой приѣмъ собранія грунтовой воды былъ извѣстенъ еще Римлянамъ. Потомъ онъ затерялся и вновь былъ открытъ сравнительно недавно (въ XVIII столѣтіи?) во Франціи, откуда распространился въ другія страны и сталъ теперь считать много примѣненій въ Англіи, въ Германіи, въ Бельгіи и проч.

Простымъ дренажемъ обыкновенно нельзя, однако, получить значительныя количества воды, нужныя для городскихъ водоснабженій. Исключеніе составляютъ только мѣстности, въ которыхъ собираются въ рыхломъ водоносномъ слоѣ естественнымъ путемъ воды съ обширнаго района. Устраивая дренажъ въ такихъ мѣстностяхъ, предста-

Снабжение грунтовой водой.

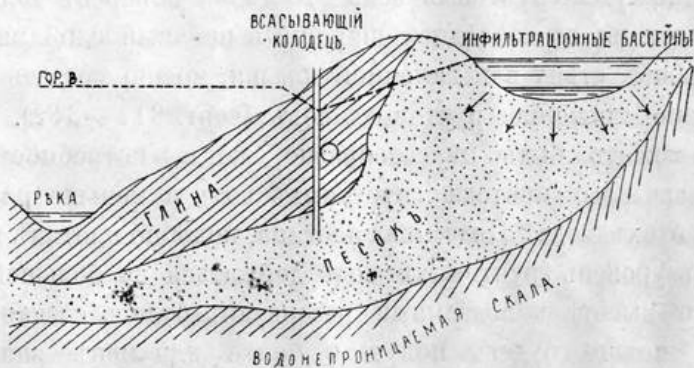
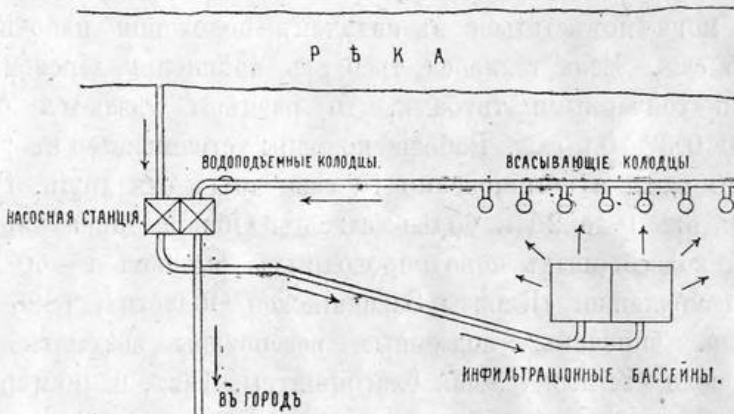


Черт. 311.



Черт. 312.

Черт. 311 и 312.—Схема искусственного скопления грунтовых вод при посредствѣ подземной водоудержательной плотины (ВВ') (планъ въ горизонталяхъ поверхности грунтовыхъ водъ и разръзъ по линіи АВС).



Черт. 313 и 314.— Планъ и разръзъ схемы образования искусственнаго скопления грунтовой воды посредствомъ перекачиванія изъ рѣки въ инфильтраціонные бассейны.

вляющихся подземнымъ сборнымъ резервуаромъ воды, можно дѣйствительно добыть ее въ количествахъ большихъ, въ особенности при посредствѣ галлерей, проложенныхъ туннельнымъ способомъ далеко вглубь водоносныхъ пластовъ.

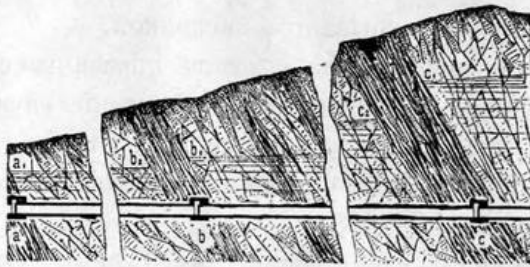
Водосборныя сооруженія подобнаго рода достигли серьезнаго развитія на востокѣ (§ 11), гдѣ они подъ названіемъ кяризовъ и др. распространены въ Персіи, Афганистанѣ, Кашгаріи, Китаѣ и пр. и служатъ для собиранія подземныхъ водъ и вывода ихъ на дневную поверхность или рѣже, для подведенія ихъ къ колодцамъ. Водосборныя части галлерей, проходящія въ водоносныхъ пластахъ имѣютъ переменные уклоны, соотвѣтствующіе уклону пласта, въ 0,1 и болѣе. Водопроводныя части галлерей, проходящія отъ водоноснаго пласта до устья кяриза по пустой породѣ, имѣютъ обыкновенно уклонъ въ 0,002—0,005. Поперечное сѣченіе этихъ галлерей устраиваемыхъ изъ колодцевъ туннельнымъ способомъ таковы, чтобы въ нихъ могъ помѣститься въ сидячемъ положеніи рабочій, т. е. 0,2 × 0,5 саж. Если галлерей требуетъ крѣпленія деревомъ, камнемъ или гончарными трубами, то размѣры дѣлаются больше, примѣрно 0,3 × 0,6 саж. Рабочіе колодцы устраиваются въ разстояніи 2—20 саж., а обыкновенно 10 саж. другъ отъ друга. Глубина колодцевъ отъ 1 до 25 и болѣе сажень. Общая длина кяризныхъ галлерей, водосборныхъ и водопроводныхъ, бывають 1—50 верстъ. (Л. И. Цимбаленко, «Кяризы Закаспійской Области». 1896 г.).

Иногда, впрочемъ, подземные резервуары создаютъ искусственно, если мѣстныя условія благоприятны. Такъ, напримѣръ, если имѣется обширная сухая долина съ проницаемымъ грунтомъ, въ которомъ движутся грунтовые воды, то дѣлая поперекъ долины траншею и уложивъ въ послѣдней широкій и прочный слой мятой глины или устроивъ стѣну изъ каменной кладки, можно создать подземное препятствіе движенію грунтовыхъ водъ (черт. 311—312). Такое сооруженіе можетъ быть цѣлесообразно, когда потребность въ водѣ больше средняго притока грунтовыхъ водъ и меньше наибольшаго притока этихъ водъ. Подземная плотина, подобно плотинѣ надземной, заставитъ уровень грунтовыхъ водъ держаться на большей противъ прежняго высотѣ и подземный резервуаръ будетъ созданъ. Дренируя его, можно будетъ получать болѣе или менѣе значительныя количества воды.

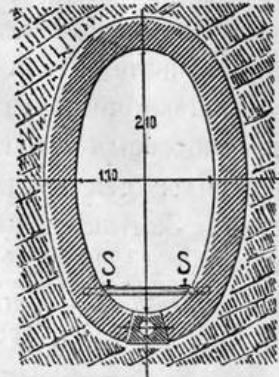
Снабжение грунтовой водой.

Водоснабжение города Висбадена.

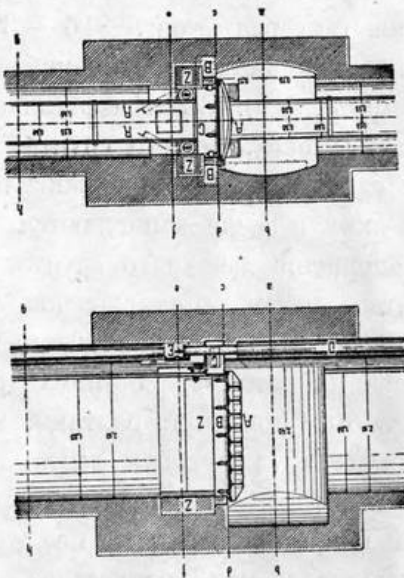
(Черт. 315—318).



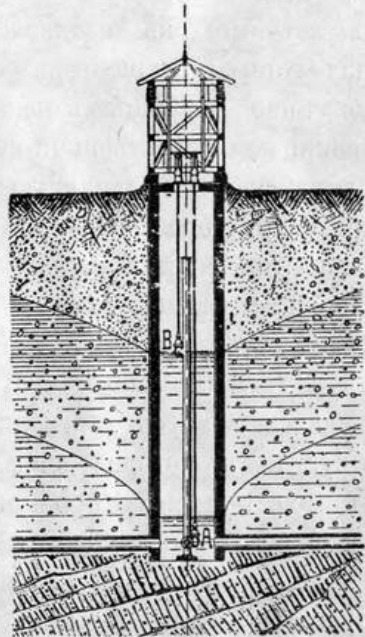
Черт. 315. — Продольная профиль водо-выпускной галереи из естественных резервуаровъ. Длина галереи около 3.000 мет.



Черт. 316. — Поперечный разръзъ водовыпускной галереи. (S — рельсовый путь).



Черт. 317 и 318. — Вертикальный разръзъ и планъ водоподпорной двери въ выпускной галереѣ.



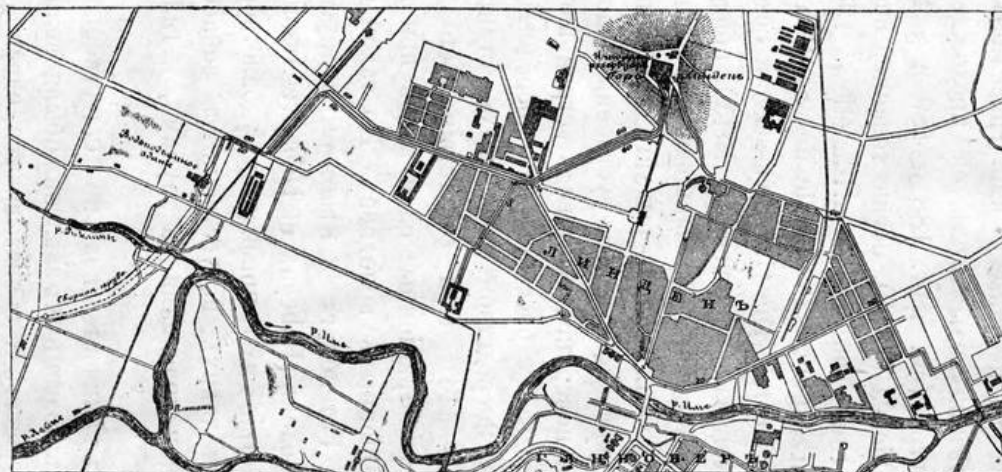
Черт. 319. Колодець для извлеченія грунтовыхъ водъ изъ подземнаго резервуара.

Оригинальный приёмъ накопленія грунтовыхъ водъ осуществляется при посредствѣ сооруженія, представленнаго на чертежѣ 319. Приводимый приёмникъ (Mühlheim въ Баденѣ) соотвѣтствуетъ случаю, когда желательно имѣть два горизонта всасыванія воды (въ *A* и въ *B*). Нижний соотвѣтствуетъ сухому времени года. Въ дождливое берутъ воду въ *B*, чтобы дать возможность скопиться запасу воды возлѣ самаго колодца. Когда дѣйствуетъ одно отверстіе *A* или *B*, другое закрывается заслонкой.

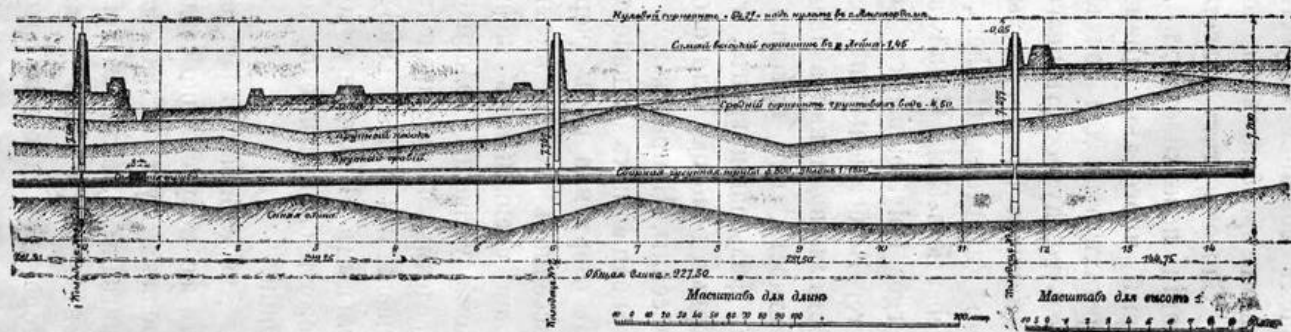
Въ нѣкоторыхъ случаяхъ сама природа создаетъ подземныя плотины, подобныя вышеописанной, задерживающія движеніе грунтовыхъ водъ; для добыванія послѣднихъ нужно только открыть имъ выходъ. Замѣчательный примѣръ такого рода представляетъ водоснабженіе г. Висбадена (черт. 315—318).

Висбаденское водоснабженіе, единственное въ своемъ родѣ, устроено въ 1875—1890 годахъ по проекту Winter'a. Круто наклоненныя напластованія водопроницаемыхъ и водонепроницаемыхъ слоевъ въ ближайшихъ возвышенностяхъ образовали рядъ естественныхъ плотинъ съ естественными за ними резервуарами (черт. 315), вода въ коихъ стояла на высотѣ ближайшихъ ключей, черезъ которые она изливалась въ прилегающія долины. Сквозь толщу горы сдѣлана горизонтальная галерея (черт. 316—318), снабженная въ мѣстахъ пересѣченія съ пластами-плотинами водонепроницаемыми затворами-дверями (въ *a*, *b*, *c*). Въ стѣнкѣ галереи имѣются прорѣзы для впуска воды изъ окружающаго грунта. Горизонтъ грунтовой воды a_1 , b_2 , b_1 , c_2 и т. д. Двери должны быть закрыты съ весны и резервуары за зиму и весну заполняются; образовавшіеся запасы служатъ для пополненія даваемого грунтовыми водами лѣтомъ притока. Устройство дверей показано на чертежѣ 317—318. Значеніе буквъ таково: *A*—желѣзная дверь, вращающаяся вокругъ вертикальной оси на петляхъ; *B*—рама двери изъ чугуна, къ которой дверь можетъ быть притянута болтами, причемъ между дверью и рамой зажимается каучуковая лента, прикрѣпленная къ двери; *C*—камера, открытая со стороны напора и закрытая заслонкой съ противоположной стороны: черезъ нее можно выпускать изъ-за двери въ галерею желаемое количество воды; *D*—труба діаметромъ въ 120 мм., идущая въ подошвенномъ камнѣ галереи и имѣвшая цѣлью удаленія воды во время сооруженія

Снабжение города Ганновера грунтовой водой,
собираемой горизонтальными трубами.



Черт. 320.—Общее расположение водопроводных сооружений.



Черт. 321.—Общее расположение сборной трубы. Продольный профиль. (Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. Сооруж.).

галереи; она за каждой дверью имѣетъ затворъ *E* и можетъ служить слѣдовательно для пользованія водой на ряду съ камерой *C*.

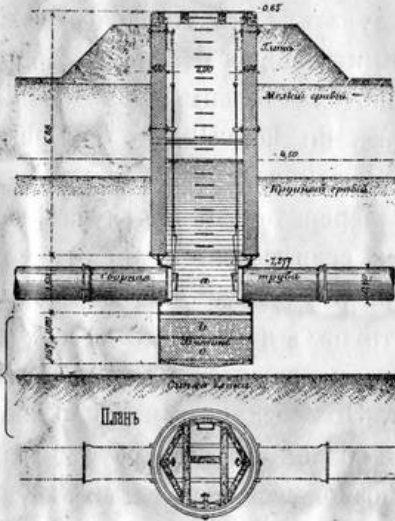
Въ послѣднее время стали находить себѣ примѣненіе другой приемъ созданія искусственнаго запаса грунтовыхъ водъ посредствомъ преобразования поверхностныхъ водъ въ подземныя.

Способъ этотъ является въ сущности однимъ изъ видовъ фильтраціи поверхностныхъ водъ и вполне аналогиченъ съ тѣмъ, который много лѣтъ примѣняется на песчаныхъ или гравелистыхъ берегахъ рѣкъ для полученія рѣчной воды послѣ ея прохожденія черезъ толщу естественнаго фильтра (см. черт. 188 и 189 и § 41). Въ данномъ случаѣ, по мысли Thiem'a (1888), осуществленной впервые Рикертомъ (Richert, Les eaux souterraines artificielles, 1900; Ueber künstliche Grundwasser-Erzeugung — Protocolle des St.-Petersburger Polytechnischen Vereins, 1901; и Die Grundwasser mit besonderer Berücksichtigung der Grundwässer Schwedens, 1911), поверхностныя воды направляются искусственно и скопляются въ такой мѣстности, гдѣ имѣются достаточныя толщи рыхлаго пригоднаго для фильтраціи грунта, въ которомъ могутъ быть устроены водозаборныя колодцы. Для скопленія поверхностныхъ водъ устраиваются бассейны. Направляются эти воды въ бассейны или посредствомъ дериваціонныхъ каналовъ, или посредствомъ насосныхъ станцій, изъ озеръ или рѣкъ (черт. 313—314). При отсутствіи мѣста для бассейновъ можно насыщать фильтраціонные слои водой при помощи специальныхъ инфильтраціонныхъ колодцевъ. По такой системѣ устроены водоснабженія Готенбурга и нѣкоторыхъ другихъ шведскихъ и американскихъ городов (Imbeaux et Debauxe-Assainissement des villes, 1906). Дѣйствіе ихъ признается удовлетворительнымъ. Извлеченіе воды изъ такихъ искусственныхъ запасовъ можетъ быть дѣлаемо, конечно, и колодцами, и трубами, и галлеями.

Для собиранія значительныхъ количествъ воды изъ естественныхъ или же искусственно созданныхъ подземныхъ запасовъ обыкновенныя дренажныя устройства земледѣльческаго типа оказываются, однако, непригодными, такъ какъ они не могутъ быть устроены на надлежащей глубинѣ и сверхъ того не выдержали бы тѣхъ довольно значительныхъ скоростей и напоровъ, которые могутъ развиваться въ нихъ. Въ такихъ случаяхъ, какъ было отчасти упомянуто, прибѣгаютъ къ снабженнымъ

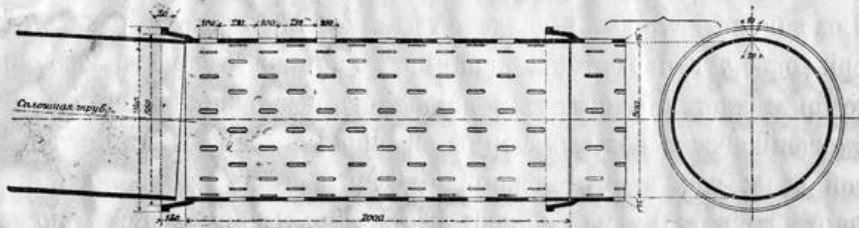
Снабжение грунтовой водой.

Снабжение города Ганновера грунтовой водой,
собираемой горизонтальными трубами.



Черт. 322 и 323.

Смотровый колодезь. Вертикальный разрез и планъ.



Черт. 324 и 325.

Продольный и поперечный разрезъ сборной чугунной трубы.

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. Сооруж.).

прорѣзами для впуска воды трубамъ или галлерейамъ (см. черт. 293—296 на стр. 357, гдѣ, вслѣдствіе опечатки эти чертежи обозначены №№-ми 284—287, 319—324).

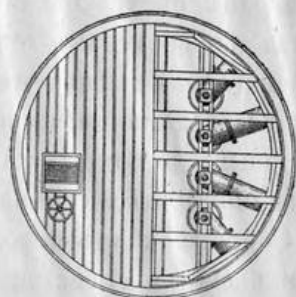
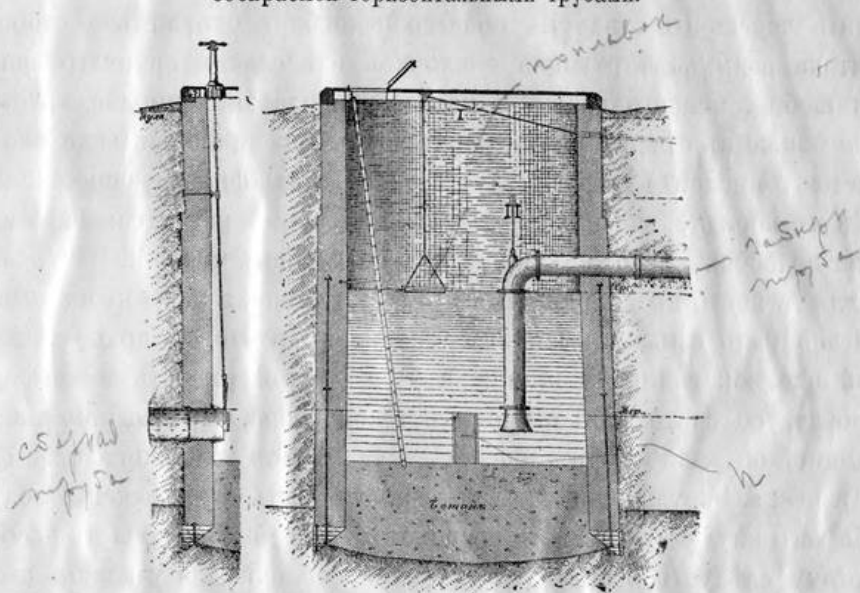
Водосборныя галлерей и трубы находятъ себѣ преимущественное примѣненіе въ песчаныхъ и хрящевыхъ залежахъ по берегамъ значительныхъ рѣкъ. Таковы на примѣръ уже старые водопроводы Тулузы (черт. 188 и 189), Ліона и новѣйшіе Магдебурга, Будапешта и др. Не слѣдуетъ однако думать, какъ это долго дѣлали раньше, что въ такихъ случаяхъ трубы и галлерей получаютъ воду исключительно изъ рѣки. Какъ показали продолжительныя изслѣдованія Дюпюи (Dupuit. — Les fontaines publiques de la ville de Toulouse и Dumont — Les eaux de Lyon et de Paris), вода изъ рѣки попадаетъ и то отчасти, въ такія трубы и галлерей только въ случаѣ, если онѣ проложены очень близко отъ нея; если же разстояніе отъ рѣки нѣсколько значительно, то питаніе галлерей и трубъ оказывается часто независящимъ отъ рѣки. Вода въ трубахъ и галлерейхъ сохраняетъ постоянную температуру и составъ и держится на горизонтѣ болѣе высокомъ, чѣмъ горизонтъ рѣки. Это вода подземнаго резервуара, изливающагося въ рѣку. Чтобы сохранить воду трубъ и галлерей отъ загрязненія слѣдуетъ, по возможности не слишкомъ понижать горизонтъ воды въ нихъ откачиваніемъ противъ горизонта воды въ рѣкѣ.

Трубы и галлерей приводятся къ колодцамъ, откуда и производится извлеченіе воды посредствомъ насосовъ (см. черт. 289—292, на стр. 355 и 357, гдѣ вслѣдствіе опечатки поставлены №№ 280—283, 313, 319—321, 324, 325).

Водосборныя трубы и галлерей дѣлаются изъ весьма различныхъ матеріаловъ: чугуна, бетона, керамики, кирпича и камня. Особенно часто примѣняется бетонъ, такъ какъ даетъ возможность легко придавать сѣченію всевозможныя формы, недорого въ выдѣлкѣ и проченъ въ чистой водѣ; однако его можно примѣнять лишь при основаніи на прочномъ грунтѣ. Чугунъ хорошъ и при ненадежномъ грунтѣ, но зато не вполне долговѣченъ, ибо несмотря на всѣ предохранительныя мѣры, онъ со временемъ покрывается ржавчиной и разрушается. Формы поперечнаго сѣченія горизонтальныхъ водосборовъ дѣлаются весьма разнообразными въ зависимости отъ свойствъ матеріала и др. обстоятельствъ (чугуну свойственна напр. трубчатая форма). Разнообразны и ихъ размѣры; послѣдніе иногда дѣлаются достаточными для про-

Снабжение грунтовой водой.

Снабжение города Ганновера грунтовой водой,
собираемой горизонтальными трубами.



Черт. 326, 327 и 328.

Разрѣзы и планъ водосборнаго колодца.

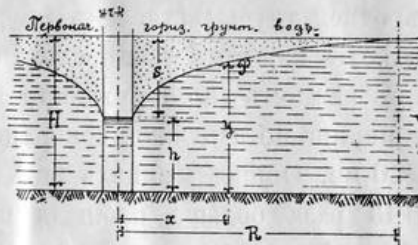
(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. Сооруж.).

хода рабочихъ, приче́мъ въ этомъ случа́ѣ на днѣ полезно дѣлать особый возвышенный тротуаръ, чтобы текущая по дну вода не пачкалась ногами рабочихъ. Отверстія для входа воды дѣлаются преимущественно круглыя или щелеобразныя; чтобы эти отверстія со временемъ не слишкомъ заростали или не закрывались ржавчиною, наименьшіе ихъ размѣры полезно дѣлать не менѣе 8 мм. Для предохраненія попаданія грунта черезъ эти отверстія полезно водосборъ окружить со стороны притока воды фильтрующей оболочкой изъ слоевъ крупнаго гравія или щебня, мелкаго гравія и песка, располагая наиболѣе крупныя слои ближе къ отверстіямъ. Сверхъ трубы или галлерей (если она не ведется тоннелемъ) также слѣдуетъ располагать фильтрующие слои въ томъ же порядкѣ, заканчивая ихъ сверху слоемъ растительной земли. Если водосборъ заложенъ при этомъ на глубину менѣе $2-2\frac{1}{2}$ саж., то для лучшаго предохраненія его отъ загрязненія наземными водами полезно надъ самымъ высокимъ уровнемъ грунтовой воды уложить слой плотной глины толщиной въ 1'—2' и поверхность земли спланировать со скатомъ въ сторону отъ водосбора. При выниманіи деревянной обдѣлки стѣнокъ рва, гдѣ укладывался водосборъ, слои гравія и песка, окружающіе его, легко могутъ быть потревожены, вслѣдствіе чего внутрь галлерей со временемъ легко можетъ попасть песокъ. Поэтому слѣдуетъ всегда дѣлать приспособленія для удаленія песка изъ водосбора: для этого на нѣкоторомъ разстояніи другъ отъ друга въ галлерей дѣлаютъ колодцы съ углубленнымъ дномъ, гдѣ и собирается песокъ и откуда по временамъ онъ удаляется. Нижній конецъ трубы или галлерей (а она должна имѣть таковой, ибо укладывается съ уклономъ, чтобы вода могла по ней течь) заканчивается, какъ было упомянуто, сборнымъ колодцемъ (камерой) также съ углубленнымъ для осадки песка дномъ: здѣсь собирается вода и отсюда она выкачивается насосами. Сборный колодезь долженъ имѣть достаточныя размѣры для облегченія осмотра и очистки; для послѣдней цѣли его полезно раздѣлять на двѣ самостоятельныя части, чтобы производить чистку поочередно, не нарушая дѣйствія всего колодца.

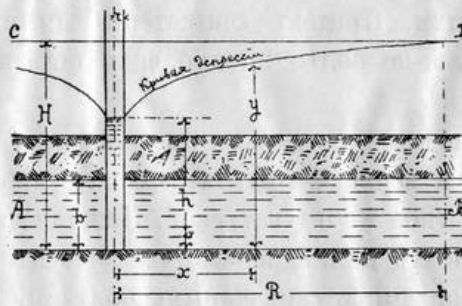
На черт. 320 показанъ общій планъ водосбора (чугунныя трубы) г. Ганновера. Труба расположена почти перпендикулярно къ направленію теченія грунтовой воды и заложена въ водоносный слой толщиной 20' фут. на 4 фут. выше непроницаемаго слоя синей глины. Для провѣрки исправности дѣйствія водосбора и извлеченія осадковъ

Снабженіе грунтовой водой.

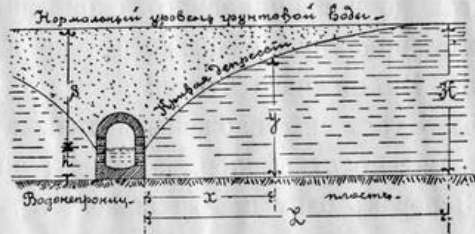
Схемы добыванія грунтовыхъ водъ колодцами и галереями.



Черт. 329.—Схема обыкновеннаго колодца.



Черт. 330.—Схема артезианскаго колодца.



Черт. 331.—Схема галлерей.

на немъ устроено три смотровые колодца (черт. 321); водосборная труба оканчивается въ большомъ сборномъ колодцѣ, откуда насосы водоподъемнаго зданія нагнетаютъ воду въ запасный резервуаръ на горѣ Линденъ. Форма поперечнаго сѣченія водосборной трубы круглая (черт. 324 и 325); ея внутренній діаметръ = 800 мм. = 31,5", толщина стѣнокъ = 15 мм. = $\frac{5}{8}$ ". Она состоитъ изъ отдѣльныхъ чугунныхъ звеньевъ, длиною каждое въ 2 метра = 6,6', съ раструбами; узкій конецъ одной трубы вставленъ въ раструбъ слѣдующей безъ всякой замазки. Въ каждомъ звенѣ сдѣлано 12 рядовъ отверстій по 13 штукъ въ каждомъ (по окружности) рядѣ: длина отверстія = 100 мм., его ширина по наружной поверхности трубы = 10 мм., а внутри трубы = 20 мм. Общая площадь всѣхъ отверстій по всей длинѣ трубы въ 143 раза больше площади поперечнаго сѣченія трубы. Длина всей трубы = 918 метр. = 3.012 футъ за вычетомъ ширины трехъ колодцевъ; при скорости притока воды къ отверстиямъ $v = 1,94$ мм., каждый пог. футъ трубы даетъ около 140 куб. футъ воды въ сутки. Притокъ считается бѣднымъ, если 1 погон. футъ даетъ въ сутки не болѣе 20 куб. ф. и богатымъ, если—болѣе 200 куб. футъ.

Смотровые колодцы (черт. 322 и 323) состоятъ изъ двухъ частей нижней чугунной и верхней—изъ лекальнаго кирпича на цементѣ съ наружной цементной же штукатуркой. Нижняя часть состоитъ изъ отдѣльныхъ чугунныхъ цилиндрическихъ звеньевъ толщиной $1\frac{3}{16}$ ", соединенныхъ ребордами и свинченныхъ болтами. Въ верхней части чугунной отливки сдѣлана широкая реборда съ закраинами для пріятія верхней кирпичной части колодца. Дно колодца заполнено слоемъ бетона толщиной въ 1 метръ. Дно смотровыхъ колодцевъ немного не доходить до непроницаемаго слоя глины, что едва ли правильно, такъ какъ при этомъ колодезь не вполнѣ устойчивъ: онъ находится на вѣсу. Въ нижнюю чугунную часть колодца входят водосборныя трубы. Здѣсь онѣ снабжены задвижками со штангами, подымая которыя, можно открыть и задвижку; ихъ назначеніе—промывка трубы. Заперевъ одну изъ задвижекъ и дождавшись скопленія за нею въ трубѣ воды, разомъ ее открываютъ; хлынувшая въ колодезь вода увлекаетъ съ собою песокъ, занесенный въ сборную трубу. Изъ колодца песокъ извлекается черпаками.

Вода, собранная горизонтальною трубою, стекаетъ въ такъ назы-

ваемый сборный колодезь (черт. 326—328), сдѣланный изъ кирпича, толщиной внизу 3 кирпича, вверху $2\frac{1}{2}$, на цементномъ растворѣ съ наружной цементной штукатуркой. Диаметръ колодца внизу = 21', затѣмъ суживается до 19,7'; глубина = 37'. Колодезь выполненъ опускнымъ способомъ, нижнее опускное кольцо сдѣлано изъ 6 рядовъ буковыхъ досокъ съ желѣзной оковкой и болтами, часть которыхъ проходитъ сквозь кладку на высоту 21'. Дно колодца углублено въ глину и заполнено слоемъ бетона. Поперекъ колодца сдѣлана стѣнка высотой въ 4,5' для удержанія песка отъ попаданія въ забирныя трубы насосовъ. Для указанія уровня воды въ колодезь помѣщенъ поплавокъ, соединенный съ указателемъ въ машинномъ зданіи.

На черт. 293—296 на стр. 357 (вслѣдствіе опечатки чертежи имѣютъ №№ 284—287) показана цементная водосборная труба Мюльгаузенскаго водоснабженія, гдѣ сборъ грунтовой воды производится комбинированнымъ способомъ—горизонтальныхъ трубъ и колодцевъ большого и малаго діаметра; ради большей устойчивости водосборнымъ трубамъ придана уширенная книзу форма.

§ 47. Нѣкоторыя теоретическія данныя для опредѣленія расхода грунтовыхъ водосборовъ.

Въ главѣ третьей (§ 25), давая общія указанія относительно опредѣленія количествъ воды, могущихъ быть полученными изъ даннаго источника водоснабженія, мы указали, что водный расходъ колодца можетъ быть найденъ съ должной точностью только непосредственной откачкой. Но та же откачка можетъ установить для даннаго водоноснаго слоя нѣкоторые практическіе коэффициенты, при посредствѣ коихъ возможно съ извѣстнымъ приближеніемъ опредѣлять для этихъ именно условій степень водообилія другихъ колодцевъ, отличныхъ отъ перваго, если они находятся въ одинаковыхъ съ нимъ условіяхъ. Это послѣднее требованіе крайне существенно, оно осуществляется, когда водоносный слой представляетъ собой рыхлую песчаную породу, равномерно пропитанную водой и совсѣмъ не соблюдено, когда вода движется по трещинамъ плотной каменной породы.

Найдя тѣмъ или другимъ путемъ водообиліе одного колодца, можно, изъ количества воды, нужнаго для водоснабженія, опредѣлить и потребное число колодцевъ.

Для опредѣленія путемъ расчета количества Q даваемого однимъ колодцемъ (водообиліе колодца) положимъ, что поверхность грунтовыхъ водъ горизонтальна, что свойства окружающаго грунта (его водопроницаемость, составъ и пр.) одинаковы со всѣхъ сторонъ колодца, что онъ опущенъ до непроницаемаго пласта и что, наконецъ, стѣнки колодца со всѣхъ сторонъ свободно пропускаютъ воду, т. е. имѣютъ скважины или снабжены отверстіями. Въ этомъ случаѣ притокъ воды къ колодцу будетъ одинаковъ со всѣхъ сторонъ; при откачкѣ воды изъ колодца уровень грунтовыхъ водъ понизится одинаково со всѣхъ сторонъ и въ плоскости разрѣза (по оси колодца—черт. 329) кривая депрессіи приметъ видъ параболы. Количество Q притекающей въ колодезь воды можетъ быть опредѣлено изъ формулы:

$$Q = y 2x \pi v_x k_1, \dots \dots \dots (A)$$

гдѣ v_x — скорость, съ которою грунтовая вода протекаетъ отъ поверхности мысленно выдѣленнаго въ водоносномъ слоѣ цилиндра, концентричнаго съ колодцемъ и діаметръ котораго = x , а высота = y , (см. черт. 329); k_1 , — коэффициентъ водопротускной способности грунта водоноснаго слоя.

Этотъ коэффициентъ k_1 есть число, показывающее отношеніе объема свободныхъ поръ, т. е. пространства занятаго грунтовою водою, къ полному объему грунта. Величина k_1 можетъ быть найдена опытнымъ путемъ, измѣряя количество воды, нужное для заполнения пустотъ даннаго грунта. Еслибъ грунтъ состоялъ изъ одинаковыхъ шаровидныхъ зеренъ, то k_1 равнялось бы 0,476; это есть наибольшая предполагаемая величина для k_1 ; обыкновенная величина k_1 колеблется между 0,1 и 0,35.

Согласно изслѣдованіямъ Дарсу скорость протока воды въ грунтѣ (песокъ, гравій и т. п.) увеличивается прямо пропорціонально уклону поверхности грунтовой воды, т. е. $v = k. I$, гдѣ v — скорость теченія, k — коэффициентъ скорости грунтовой воды, и I — уклонъ ея поверхности. Величина k зависитъ отъ свойствъ грунта и приблизительно можетъ быть опредѣлена опытнымъ путемъ, измѣряя скорость v и соотвѣтственный уклонъ I (подроб. см. *O. Lueger*,

Wasserversorgung der Städte). Величина k тѣмъ меньше, чѣмъ мельче зерна грунта. Такъ въ пескѣ, средній діаметръ d зеренъ котораго = 0,80 мм. (обыкновенный песокъ, употребляемый въ фильтрахъ) коэффициентъ $k = 0,0008$; при діаметрѣ зеренъ $d = 0,25$ мм. коэффициентъ $k = 0,00025$; при $d = 2$ мм. коэффициентъ $k = 0,002$; въ грубомъ гравіи k доходить до 0,05. (См. Н. К. Чижовъ. — Курсъ водопроводовъ.)

Слѣдовательно, для произвольной точки P , абсцисса и ордината которой = x и y (черт. 329), скорость $v_x = k \frac{dy}{dx}$. Подставляя это выраженіе въ формулу (А), имѣемъ:

$$Q = 2\pi xy \frac{dy}{dx} k k_1$$

$$Q \frac{dx}{x} = 2\pi k k_1 y dy$$

$$Q \cdot \lg. \text{nat } x = k k_1 y^2 \pi + \text{const.}$$

При $x = r$ (радіусу колодца) и $y = h$:

$$Q \cdot \lg. \text{nat } r = k k_1 h^2 \pi + \text{const.} \quad \dots \quad (B)$$

Слѣдовательно:

$$Q \cdot \lg. \text{nat } \frac{x}{r} = k k_1 \pi (y^2 - h^2),$$

или

$$Q = \frac{k k_1 \pi (y^2 - h^2)}{\lg. \text{nat } \frac{x}{r}}$$

Для предѣльныхъ значеній, отвѣчающихъ району дѣйствія разсматриваемаго колодца, $y = H$ и $x = R$ имѣемъ:

$$Q = \frac{k k_1 \pi (H^2 - h^2)}{\lg. \text{nat } \frac{R}{r}} = k k_1 \pi \frac{H^2 - (H - S)^2}{\lg. \text{nat } \frac{R}{r}}$$

гдѣ S — есть пониженіе воды въ колодцѣ.

Это уравненіе было впервые выведено Thiem'омъ и Frühling'омъ; его вѣрность была провѣрена опытнымъ путемъ въ г. Страсбургѣ въ 1875 г. Изъ этого уравненія видно, что обиліе воды, извлекаемой изъ колодца, увеличивается съ уменьшеніемъ

высоты h или съ увеличеніемъ глубины S пониженія уровня воды въ колодцѣ и съ увеличеніемъ радіуса r колодца. При подъемѣ воды изъ колодца насосомъ глубина S пониженія не можетъ быть сдѣлана болѣе предѣльной глубины всасыванія насоса, если самый насосъ не опущенъ въ колодезь; кромѣ того при чрезмѣрно сильномъ увеличеніи S и количество извлекаемой воды можетъ сдѣлаться столь значительнымъ, что скорость протока воды черезъ отверстія въ стѣнкахъ колодца станетъ чрезчуръ большою: частицы грунта стануть увлекаться съ водою въ колодезь. Если мы вокругъ оси колодца мысленно выдѣлимъ въ водоносномъ слоѣ цилиндръ любого діаметра (r), то количество воды, текущей къ колодцу черезъ поверхность этого цилиндра, будетъ связано съ глубиной воды въ колодцѣ (h) выраженіемъ (B).

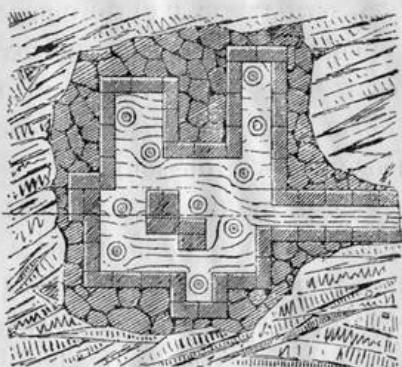
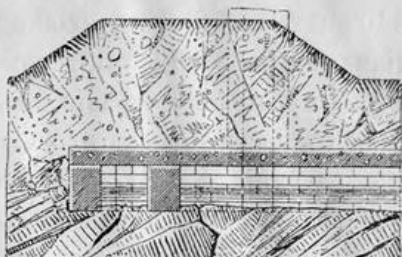
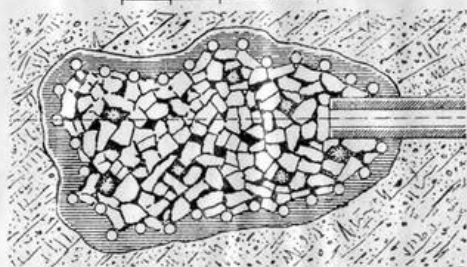
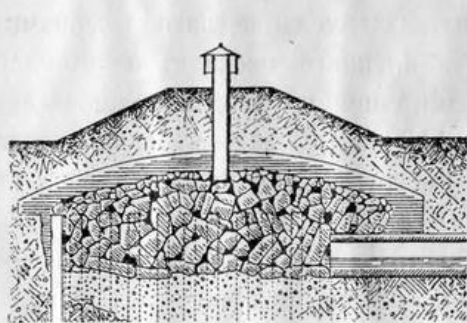
Скорость протеканія воды черезъ стѣнки цилиндра r

$$v_r = \frac{Q}{2\pi r h \cdot k_1} \dots \dots \dots (C)$$

Слѣдовательно, если практика укажетъ предѣлъ v_r , который не должно превосходить, то при помощи этихъ двухъ выраженій можно такъ выбрать радіусъ колодца (= радіусу цилиндра), чтобы его боковая поверхность имѣла площадь, соотвѣтствующую допускаемой скорости теченія воды въ данномъ грунтѣ. Должно, впрочемъ, замѣтить, какъ это указывалось выше (§ 43), что увеличеніе діаметра колодца (при одинаковомъ h или S) не особенно сильно вліяетъ на увеличеніе количества Q ; толщина H водоноснаго слоя вліяетъ здѣсь несравненно больше. Принимая это во вниманіе, оказывается, что въ экономическомъ отношеніи выгоднѣе дѣлать колодцы небольшого діаметра; если же при ихъ устройствѣ получится слишкомъ большая скорость притока воды, вызывающая размывіе грунта, то надо устроить особыя предохранительныя приспособленія—фильтры.

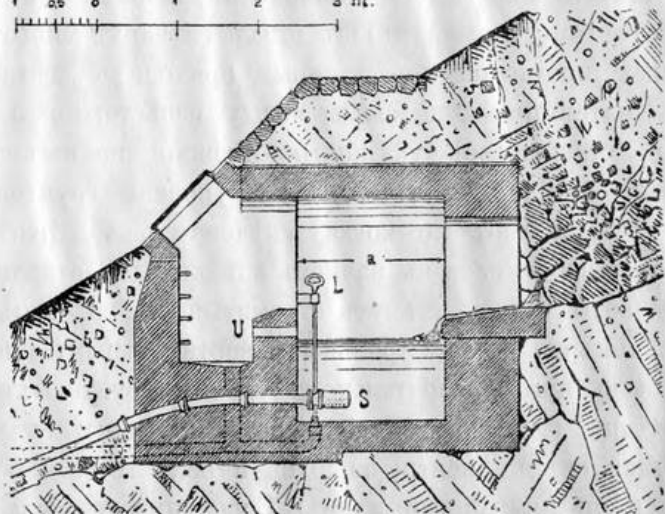
Точному опредѣленію величины Q изъ приведеннаго выше уравненія мѣшаетъ неизвѣстная величина R —радіуса района дѣйствія колодца. Къ сожалѣнію пока еще не имѣется достаточно опытныхъ данныхъ для указанія, какъ измѣняется R въ различныхъ грунтахъ при различныхъ величинахъ коэффиціентовъ k и k_1 и при различныхъ S ; во всякомъ случаѣ R оказывается всегда довольно большимъ и при подсчетахъ величины Q вообще не слѣдуетъ задаваться

Снабжение ключевой водой.



Черт. 332 и 333.—Захватное сооружение съ свайным рядомъ и каменной наброской.

Черт. 334 и 335.—Захватное сооружение для поднимающихся ключей изъ кирпичныхъ стѣнокъ, перекрытыхъ общей бетонной крышей.



Черт. 336.—Ключевой колодезь небольшихъ размѣровъ для захвата нисходящихъ боковыхъ ключей.

малымъ R . Въ г. Дармштадтѣ при $S = 7' - 10'$, R оказалось = около — $840' = 120$ саж.; грунтъ состоялъ изъ 22% мелка песака съ зернами, діаметромъ $d = 0,5$ мм., изъ 22% крупнаго песака съ $d = 0,5$ до 2 мм. и изъ 56% гравія. Въ Берлинѣ при грунтѣ, состоящемъ изъ мелкаго песака, R оказалось = отъ 110 до 180 саж. въ зависимости отъ глубины S . Въ Крефельдѣ въ грунтѣ изъ мелкаго песака съ гравіемъ $S = 5'$, R оказалось = 60 саж.

Кромѣ разсмотрѣннаго простѣйшаго случая расчета колодца могутъ встрѣтиться и иные гораздо болѣе сложные случаи, какъ, напр.:

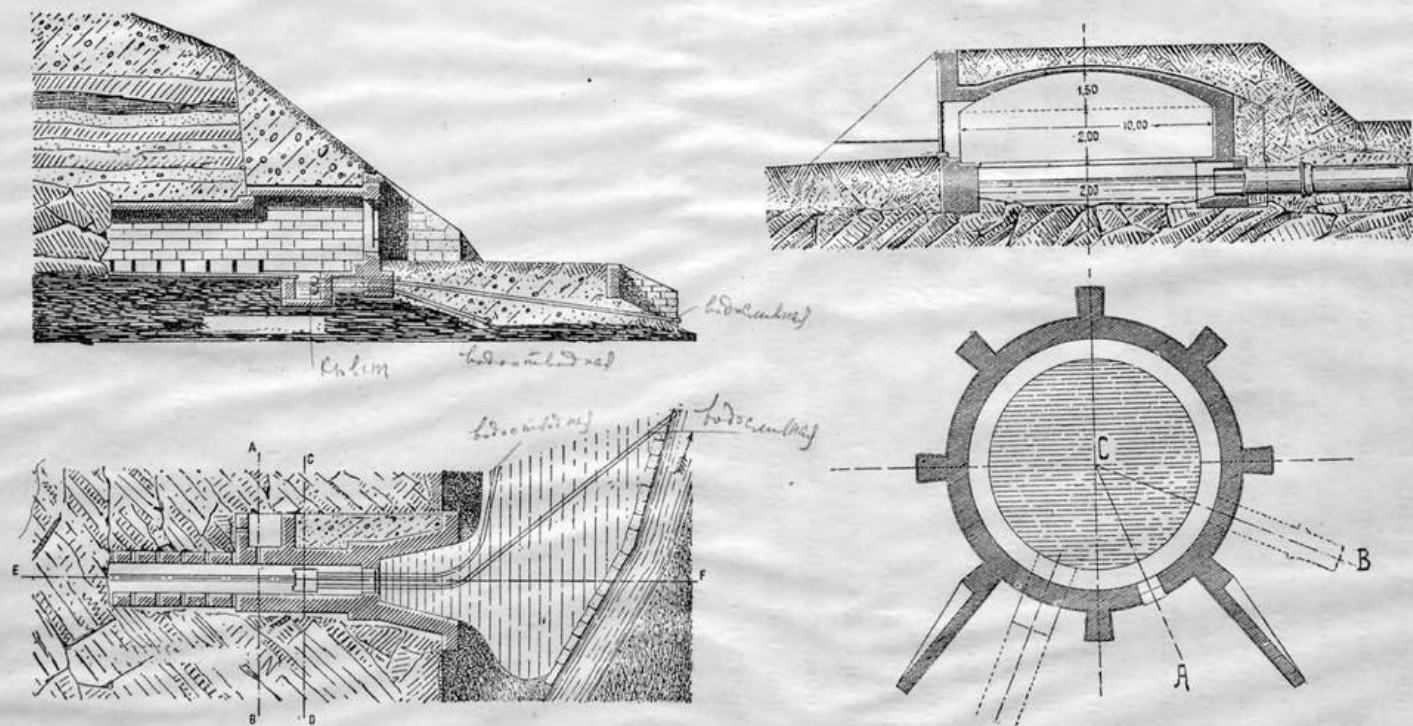
когда дно колодца не доходитъ до непроницаемаго слоя и, слѣдовательно, вода входитъ въ колодезь и черезъ его дно;

когда непроницаемый слой или поверхность грунтовой воды наклонны къ горизонту;

когда стѣнки колодца водонепроницаемы или имѣютъ отверстія лишь мѣстами, такъ что вода входитъ въ колодезь лишь черезъ дно или лишь въ мѣстахъ, гдѣ сдѣланы отверстія и т. п.

Интересующихся теоретическимъ разрѣшеніемъ этихъ вопросовъ мы отсылаемъ къ сочиненіямъ. Handbuch der Ingenieurwissenschaften; 3 Band, 1 Abtl., 2 Hälfte, 1893 и O. Lueger, Die Wasserversorgung der Städte, стр. 447 и слѣд. F. Forchheimer—О притокѣ воды къ колодцамъ и котловинамъ (см. переводъ этой статьи А. А. Елагинымъ въ учрежденномъ составителемъ настоящаго курса Сборникѣ С.-Петербургскаго Округа Путей Сообщенія, Вып. X, 1906, стр. 251). Здѣсь же замѣтимъ только, что въ этихъ случаяхъ многочисленныя произвольныя предположенія, которыя приходится дѣлать, чтобы установить математическую связь между извѣстными и искомыми величинами, ставятъ всѣ указанныя рѣшенія на весьма шаткую почву. Такъ, напр., въ случаѣ, когда уровень грунтовыхъ водъ наклоненъ къ горизонту и когда, слѣдовательно, грунтовая вода имѣетъ свое теченіе, если мы начнемъ изъ колодца откачивать воду, то частицы воды уже не станутъ стремиться въ колодець со всѣхъ сторонъ равномерно по діаметральнымъ вертикальнымъ плоскостямъ, какъ это было при горизонтальномъ уровнѣ грунтовыхъ водъ. На водныя частицы здѣсь будутъ дѣйствовать двѣ силы: сила откачки, направляющая ихъ къ центру колодца и сила теченія перпендикулярныя къ водянымъ горизонталямъ. Совокупность этихъ силъ вызоветъ неполную симметричность депрессионной поверхности: нѣко-

Захватныя сооружеія.



Черт. 337 и 338. Разрѣзъ и планъ захватнаго сооружеія въ Heidelberg близъ Штутгарда (Масштабъ $\frac{1}{150}$).

Черт. 339 и 340.—Разрѣзъ и планъ захватнаго сооружеія для восходящихъ ключей источника Argentière въ группѣ Vanne.

торыя частицы воды хотя и уклоняются отъ своего первоначальнаго пути, но минуютъ колодець. Районъ дѣйствія колодца, будетъ сравнительно малъ внизъ по теченію и длиненъ вверхъ по теченію грунтовой воды. Какъ опредѣлить его границы, въ зависимости отъ свойствъ грунта, степени откачки и пр. и пр. — вопросъ крайне сложный и требующій многихъ гипотезъ.

Разсмотримъ теперь случай устройства артезіанскаго колодца, также простѣйшій, именно, когда уровни непроницаемыхъ слоевъ горизонтальны и грунтовая вода не имѣетъ замѣтнаго движенія (черт. 330). Болѣе сложные случаи разсмотрѣны въ вышеназванныхъ сочиненіяхъ. Положимъ, что изъ водоноснаго слоя AB , толщина котораго $= b$, вода поднялась въ колодець выше своего первоначальнаго уровня на высоту $H - b$. Послѣ откачки воды изъ колодца ея горизонтъ опустился ниже линіи CD , именно на величину $H - h$. При равномерномъ со всѣхъ сторонъ притоке воды въ колодезь (однородность грунта) вся разница съ разобраннымъ выше случаемъ обыкновеннаго колодца будетъ та, что боковая поверхность мысленно выдѣляемаго въ водоносномъ пластѣ кольцевого цилиндра, черезъ поры котораго притекаетъ къ колодцу вода, будетъ всегда имѣть одинаковую высоту ($= b$) и, слѣдовательно, эта поверхность $= b \cdot 2\pi \cdot k_1$. Такъ какъ по предыдущему скорость $v_x = k \frac{dy}{dx}$, то

$$Q = b \cdot 2\pi \cdot k_1 \cdot v_x = b \cdot 2\pi \cdot k_1 \cdot k \frac{dy}{dx}$$

откуда:

$$dy = \frac{dx}{x} \cdot \frac{Q}{2\pi b k \cdot k_1}$$

$$y = \frac{Q}{2\pi b k \cdot k_1} \lg. \text{nat } x + \text{const.}$$

При $x = r$ высота $y = h$, слѣдовательно

$$\text{const} = h - \frac{Q}{2\pi b k \cdot k_1} \cdot \lg. \text{nat } r;$$

подставляя это значеніе, получаемъ:

$$y = \frac{Q}{2\pi b k k_1} \cdot \lg \text{nat } \frac{x}{r} + h$$

$$Q = \frac{2\pi b k k_1 (y - h)}{\lg. \text{nat} \frac{x}{r}}$$

Если обозначать через R расстояние (отъ оси колодца), на которомъ кривая депрессіи должна была бы слиться съ напорнымъ горизонтомъ, т. е. при которомъ приблизительно $y = H$, то:

$$Q = \frac{2\pi b k k_1 (H - h)}{\lg. \text{nat} \frac{R}{r}} \dots \dots \dots (D)$$

Изъ этого уравненія видно, что количество воды, даваемое артезианскимъ колодцемъ, прямо пропорціонально понижению $(H - h)$ уровня воды; значить, понижая уровень, можно получать все большія количества, однако это послѣднее не должно никогда быть больше количества, притекающаго къ колодцу, и скорость притока воды въ колодезь не должна быть слишкомъ велика во избѣжаніе размыва грунта.

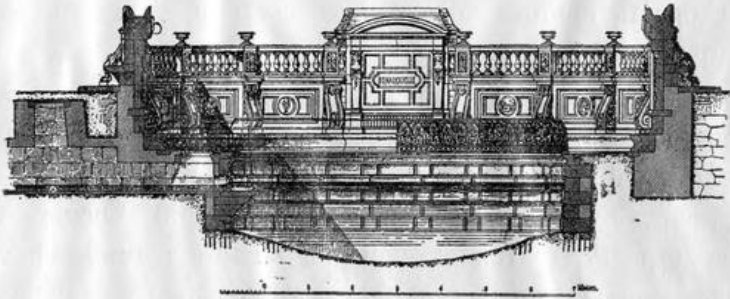
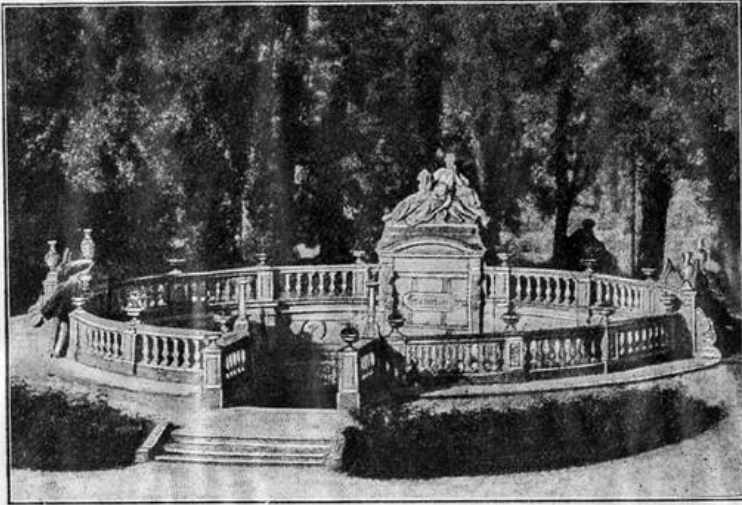
Задача и сущность метода откачки заключаются такимъ образомъ, въ опредѣленіи того количества воды, какое можетъ быть взято въ данномъ мѣстѣ. Это количество опредѣляется непосредственно, путемъ нагляднымъ или вычисляется по формулѣ Дарси, развитой Тимомъ,—путемъ дедуктивнымъ. Непосредственное опредѣленіе состоитъ въ томъ, что изъ колодца или буровой скважины выкачивается опредѣленное количество воды. Пониженія, вызываемыя откачкой, компенсируются притокомъ, возстановливающимъ прежній уровень, и то количество откачиваемой воды, при которомъ наступаетъ состояніе равновѣсія, т. е.—притокъ равенъ расходу, и рѣшаетъ преслѣдуемую задачу. Но этотъ способъ во многихъ отношеніяхъ неудобенъ. Прежде всего, количество откачиваемой воды Q должно быть по условіямъ самаго опыта величиной переменнѣй, между тѣмъ, какъ машинныя установки позволяютъ лишь незначительныя отклоненія въ ту или другую сторону; кромѣ того, такъ какъ иногда при незначительныхъ сравнительно расстояніяхъ между пунктами изслѣдованія условія откачки мѣняются, то для цикла изслѣдованій пришлось бы имѣть большой инвентарь двигателей и насосовъ, что, конечно, вызвало бы значительныя затраты, не говоря уже о томъ, что при большомъ Q заставило бы

обратиться къ дорогостоящимъ большимъ машинамъ и удорожило бы самую установку. Дедуктивный методъ въ примѣненіи его къ опредѣленію максимальной производительности отдѣльнаго колодца наталкивается на тѣ-же трудности, которыя были только что указаны для непосредственнаго опредѣленія, независимо отъ несовершенства теоріи, несоотвѣтствія дѣйствительности положенныхъ въ нея основаніе сужденій (напр. однородность грунта и условій движенія въ немъ воды) и неопредѣленности основной величины—раіона дѣйствія колодца. Въ подавляющемъ большинствѣ случаевъ приходится отказаться отъ непосредственнаго опредѣленія наибольшаго возможнаго расхода откачкой и ограничиться лишь примѣрнымъ сужденіемъ о благонадежности даннаго пункта, устанавливая общее предѣльное количество воды, которое она можетъ дать по распространенію депрессионной кривой при данномъ откачиваемомъ количествѣ воды; Thiem рядомъ научныхъ работъ старался подойти къ рѣшенію этой задачи и заключить, такъ сказать, явленіе природы въ опредѣленную формулу, дающую для каждаго мѣста возможность опредѣленія этой ускользящей величины. Въ рядѣ своихъ практическихъ работъ онъ пользуется распространенной формулой Дарси $Q = E \cdot I f$, гдѣ Q опредѣляемая общая величина водообилія раіона, I естественный уклонъ поверхности грунтовыхъ водъ, находимый при наличности гидрологической карты, а въ отсутствіе же ея опредѣляемый по тремъ точкамъ, f сѣченіе перпендикулярное теченію грунтовыхъ водъ, въ которомъ опредѣляется мощность потока, и, наконецъ, E , характеризующее водопроницаемость водоноснаго слоя, даетъ количество воды, проникающее чрезъ единицу этого сѣченія. Опредѣленія первыхъ двухъ величинъ не представляютъ въ большинствѣ случаевъ особыхъ затрудненій и онѣ могутъ быть найдены непосредственно. Что же касается величины E , названной Тимомъ «единичной мощностью», то она вычисляется по предложенной имъ формулѣ:

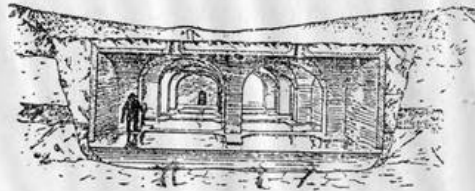
$$E = \frac{q}{\pi} \frac{\lg a_1 - \lg a}{(h_1 + h)(h_1 - h)}.$$

Для опредѣленія входящихъ въ эту формулу величинъ, въ направленіи линіи паденія грунтоваго потока на одной прямой закладываются три буровыхъ скважины: одна изъ нихъ большаго діа-

Снабженіе ключевой водой.



Черт. 341 и 342.—Вид и разръзъ захватнаго колодца ключа въ Donaueschingen, въ Шварцвальдѣ.



Черт. 343.—Захватное сооруженіе ключа Bime de Cerilly (см. первоначальный видъ ключа на чертежѣ 162).

метра служить для откачки, двѣ наблюдательныя, въ разстояніяхъ a и a_1 отъ главной. Если высоту стоянія грунтовой воды въ скважинахъ, считая отъ водонепроницаемой подошвы, подстилающей водоносный слой, назовемъ черезъ H , то эти высоты при откачкѣ понизятся до h и h_1 .

Наблюдая пониженія непосредственно, зная количество откачиваемой въ данный моментъ воды q lit./sec., имѣемъ всѣ величины для опредѣленія E , а съ нимъ по формулѣ Дарси и Q .

3) Горизонтальныя водосборныя галереи должны быть устроены такъ, чтобы перехватывать возможно большую часть притекающей грунтовой воды; поэтому:

онѣ располагаются обыкновенно перпендикулярно къ направленію теченія грунтовыхъ водъ, врѣзываясь, если возможно, дномъ въ водонепроницаемый слой;

сѣченіе галереи должно быть достаточно большимъ для свободного протока всего количества извлекаемой воды, и

галерея должна быть снабжена достаточнымъ числомъ отверстій, чтобы скорость протока черезъ нихъ воды не вліяла на размываніе грунта около галереи.

Разсмотримъ наиболѣ простой случай устройства водосборной галереи, когда ея дно лежитъ на водонепроницаемомъ слоѣ, грунтъ водоноснаго слоя однороденъ и уровень грунтовой воды горизонталенъ (черт. 331). (См. А. Frühling—стр. 200, Lueger—стр. 447, Чижовъ—стр. 178). При откачиваніи воды изъ галереи горизонтъ грунтовыхъ водъ понижается и въ сѣченіи перпендикулярномъ оси галереи получается линія депрессіи имѣющая видъ нѣкоторой кривой, болѣе или менѣе сложнаго и неправильнаго очертанія.

Если принять однако, предположенія, указанные выше, для колодцевъ относительно однородности грунта и пропорціональности скорости уклону, легко выводимъ изъ условій.

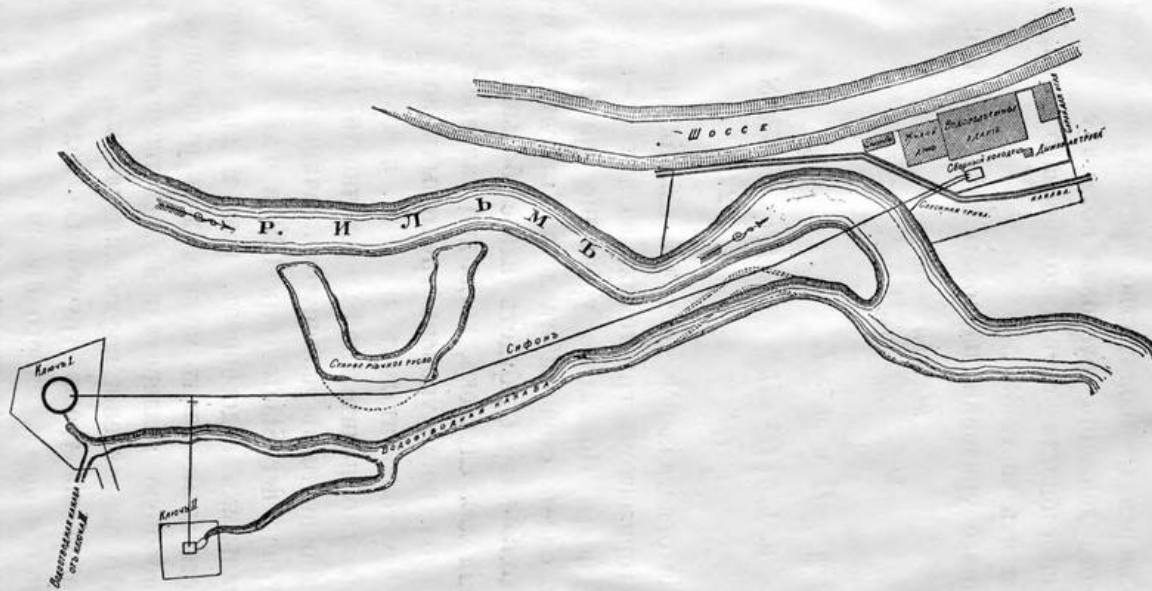
$$Q = b \cdot y \cdot v_x \cdot k_1$$

и

$$v_x = k \frac{dy}{dx},$$

аналогичныхъ съ указанными выше для колодцевъ, что высота уровня

Водоснабженіе города Веймара.



Черт. 344.

Общій планъ расположенія водосборныхъ сооруженій и водоподъемнаго зданія.

Масштабъ $\frac{1}{2200}$. (Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. Сооруж.).

воды y на разстояніи x отъ галлерей можетъ быть опредѣлена въ этомъ предположеніи изъ уравненія параболы

$$y^2 = h^2 + \frac{2Qx}{k \cdot k_1 b}$$

*при $x=0$
 $y=h$*

гдѣ: b —длина галлерей, Q —количество притекающей воды, k —коэффициентъ скорости движенія грунтовой воды и k_1 —коэффициентъ водопротускной способности грунта водоноснаго слоя; остальные обозначенія видны изъ черт. 331.

Изъ приведеннаго уравненія параболы слѣдуетъ, что:

$$Q = \frac{k k_1 b (y^2 - h^2)}{2x}$$

и для предѣловъ: $y = H$ и $x = L$

$$Q = \frac{k \cdot k_1 b (H^2 - h^2)}{2L} = \frac{k \cdot k_1 b (H + h) S}{2L}$$

гдѣ L —разстояніе отъ галлерей до точки слиянія кривой депрессіи съ нормальнымъ горизонтомъ грунтовыхъ водъ и S —глубина пониженія грунтовой воды. Последнее уравненіе пригодно въ случаѣ притока воды съ одной стороны галлерей; въ случаѣ притока съ двухъ сторонъ, количество Q будетъ двое больше. Иныя, болѣе сложныя уравненія для случаевъ, когда дно галлерей лежитъ выше непроницаемаго слоя, когда уровень грунтовыхъ водъ или непроницаемаго слоя не горизонталенъ и т. п., здѣсь не приведены, вслѣдствіе ихъ довольно значительной теоретичности. Интересующіеся могутъ найти подробности въ упомянутомъ сочиненіи О. Lueger'a—Die Wasserversorgung der Städte (стр. 129 и 447).

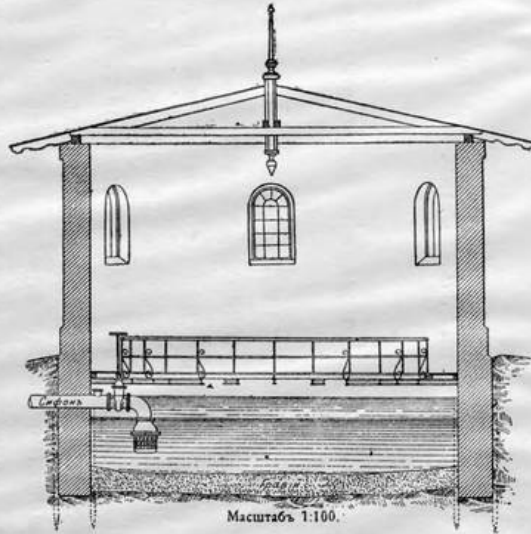
Для горизонтальныхъ водосборовъ, какъ и для вертикальныхъ, только непосредственный опытъ можетъ дать рѣшающія указанія. Нужно сдѣлать пробную галлерей и найти откачиваніемъ необходимыя для точнаго опредѣленія водообилія данныя.

Вслѣдствіе пониженія уровня грунтовыхъ водъ по мѣрѣ приближенія къ галлерей и площадь живого сѣченія грунтовой воды уменьшается, а слѣдовательно увеличивается скорости притока воды; наибольшая скорость будетъ передъ самымъ входомъ въ галлерей. Для предупрежденія размыва при этомъ грунта (и засоренія галлерей)

Водоснабженіе города Веймара.

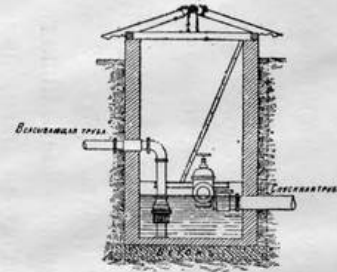


Черт. 345.—Продольный профиль сифона.



Черт. 346.—Ключевой колодезь № 1.

(Ф. Е. Максименко, Атл. Водопр. Сооруж.).



Черт. 347.—Сборный колодезь, куда вода ключей проведена сифонами и откуда она начинается машинами въ городъ.

Обаженіе ключевой водой.

полезно увеличивать здѣсь проводоспособность грунта, окружая галлерею около входныхъ отверстій щебнемъ или гравіемъ. Для той же цѣли, чтобы вода, входя черезъ отверстія въ стѣнкахъ галлереи, не имѣла скорости, при которой частицы грунта могли бы увлекаться внутрь галлереи, необходимо сдѣлать достаточно большую общую площадь сѣченія всѣхъ отверстій данной галлереи. Если на пробномъ, опытномъ участкѣ галлерея выяснилось, что грунтъ начинаетъ размываться, когда выкачивается въ сутки q куб. единицъ воды, входящей въ галлерею черезъ общую площадь ω всѣхъ отверстій, сдѣланныхъ въ ея стѣнкѣ, то значить предѣльная секундная скорость протока грунтовой воды $= v = \frac{q}{24.60.60. \omega}$. Полученная такимъ образомъ скорость v (рѣдко менѣе 2—3 мм. въ секунду) можетъ быть положена въ основу дальнѣйшихъ расчетовъ. Прежде всего слѣдуетъ а priori задаться размѣрами и формой отверстій въ стѣнкѣ галлереи и ихъ расположеніемъ. Положимъ, что длина каждой щели $= a$, ея ширина $= l$ и что на одномъ погонномъ футѣ галлереи такихъ отверстій приходится n . Тогда, конечно при достаточномъ обиліи воды $\cong Q$ куб. един. въ сутки, искомая длина N галлереи, обуславливающая не слишкомъ быстрый протокъ воды, должна быть

$$N \cong \frac{Q}{v. a. l. n. 24. 60. 60} \text{ погон. футъ.}$$

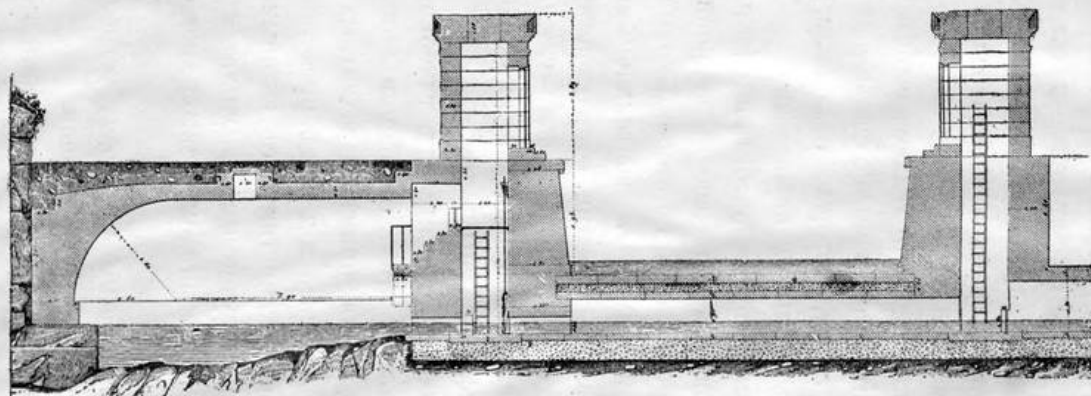
§ 48. Добываніе воды изъ ключей.

Ключи — суть водосливы, чрезъ которые подземныя, грунтова, воды изливаются на поверхность земли.

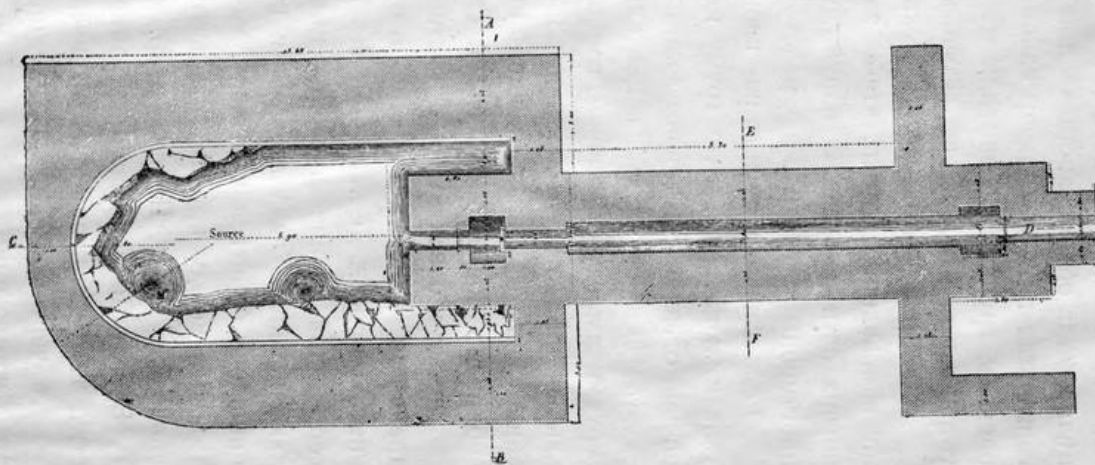
Часто они вытекаютъ въ естественный резервуаръ большей или меньшей величины, въ коемъ развивается богатая водная растительность. Гораздо рѣже ключи вытекаютъ въ скалистыхъ чистыхъ, свободныхъ отъ растительности руслахъ.

Обыкновенно также ключи, вытекающіе въ какомъ-либо мѣстѣ, образуютъ неправильную группу водныхъ потоковъ разной силы и величины. Поэтому для полученія изъ ключей воды для снабженія населеннаго пункта или станціи въ большинствѣ случаевъ необходимо произвести особыя работы и сдѣлать спеціальныя устройства

Водоснабженіе города Дижона.



Черт. 348.—Вертикальный разръзъ захватнаго сооруженія ключа Rosoir.



Черт. 349.—Планъ захватнаго сооруженія ключа Rosoir (Darcy—Les fontaines publics de Dijon).

съ цѣлью захвата или каптажа водъ и огражденія ихъ отъ загрязненія органическими веществами, отъ водныхъ растений и т. п.

Захватныя работы (travaux de captage) заключаются въ разысканіи естественныхъ подземныхъ струй, въ ихъ обособленіи, въ направленіи ихъ теченій и въ собираніи ихъ расхода. Если ключи мало обильны, простая дренажная труба достаточна для указанной цѣли; когда объемъ доставляемой воды болѣе значителенъ—дѣлають горизонтальную галерею; наконецъ, когда нужно собрать вмѣстѣ расходъ группы ключей или нѣсколькихъ трубъ или галлерей, то устраивають камеру или бассейнъ (ключевой колодезь).

Когда ключъ вытекаетъ изъ скалы, въ ней часто дѣлають штольни по направленію потока, чтобы захватить его возможно дальше отъ поверхности и вывести наружу и тѣ струи, которыя отклонялись въ стороны и уходили по разсѣлинамъ скалы въ инья мѣста.

Если ключъ вытекаетъ на склонѣ холма, то по горизонтали склона укладываютъ дренажную трубу или дѣлають галерею съ непроницаемой стѣнкой со стороны долины и проникаемой со стороны холма.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда ключи поднимаются вертикальными струями изъ глубины почвы, ихъ окружають стѣнками, образующими крытыя или открытыя камеры или бассейны. Когда мелкіе ключи обнаружены въ большомъ числѣ на значительной площади, ихъ воды собирають посредствомъ цѣлой системы дренажныхъ трубъ.

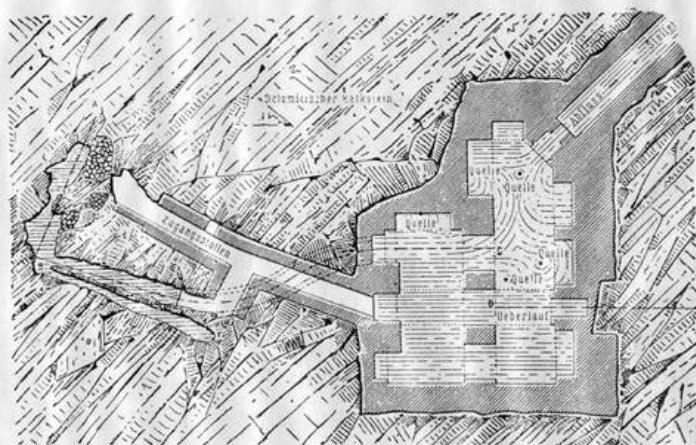
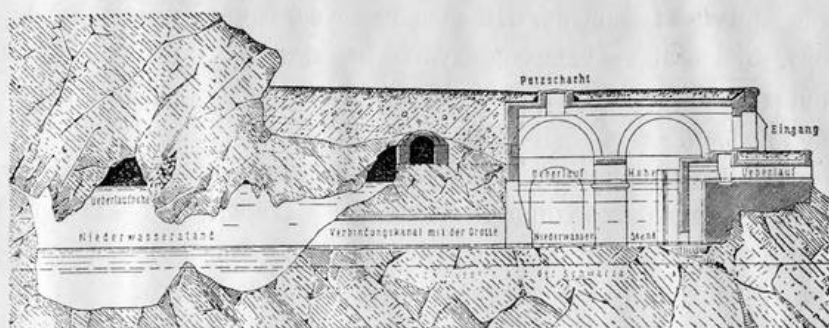
Искусство захвата или каптажа ключей относится къ глубокой древности. Греки и Римляне отличались въ этомъ отношеніи большимъ умѣньемъ (см. гл. II). Въ наше время примѣры захватныхъ сооруженій крайне многочисленны. Нѣкоторыя изъ нихъ представляются весьма замѣчательными какъ по трудностямъ, съ которыми пришлось бороться инженеру, такъ и по полученнымъ результатамъ. Таковы, между прочимъ, захватныя сооруженія ключевыхъ водопроводовъ Вѣны, Парижа и др.

Захватныя сооруженія крайне разнообразны по своему устройству, такъ какъ они очень зависятъ отъ мѣстныхъ условій.

На чертежахъ 332—361 приведено нѣсколько примѣровъ такихъ сооруженій.

Черт. 332—332 представляютъ одно изъ простѣйшихъ устройствъ этого рода; ключи ограждены свайнымъ рядомъ и прикрыты наброской изъ крупнаго камня, въ щели которой проникаетъ вода,

Водоснабженіе города Вѣны.



Черт. 350 и 351. Разрѣзъ и планъ сооружеія для захвата ключа Kaiserbrunnen. (Ueberlauf—водосливъ. Ueberlaufhöhe—горизонтъ водослива. Niederwasserstand—горизонтъ низкихъ водъ. Verbindungskanal mit der Grotte—каналъ, соединяющій захватное сооружеіе съ пещерой, въ которую втекаетъ много ключей. Eingang—входъ. Putzschantz—лазъ для очистки. Zugangstollen—галерея для осмотра. Quelle—ключъ. Abflusstollen—галерея для стока воды (акведукъ)).

Водоснабженіе гг. Царскаго Села и Павловска изъ Орловскихъ ключей.



Черт. 352.—Общій видъ ключевыхъ колодезь.

чтобы слѣдовать дальше по отводной трубѣ. Отъ поверхностныхъ загрязненій источника атмосферными водами защищаетъ слой мятой глины и земляная насыпь. Не забыта и вентиляционная труба.

Черт. 334—335—характеризуютъ захватное сооруженіе для поднимающихся ключей, устроенное изъ кирпичныхъ стѣнокъ съ бетонной крышей.

Черт. 336—изображаетъ ключевой колодець небольшихъ размѣровъ для захвата нисходящихъ боковыхъ ключей. Это—камера изъ каменной кладки съ отверстіемъ для впуска ключа и лазомъ для осмотра и чистки. *U*—водосливъ, не позволяющій горизонту воды подняться выше извѣстнаго предѣла; сливающаяся вода отводится въ сторону; *L*—рукоятка затвора водоспуска, служащаго для опорожненія при очисткѣ и ремонтѣ колодца; *S*—сѣтчатый наконечникъ трубы, отводящій воду къ мѣсту потребленія. Дверь лаза иногда двойная, если опасаются морозовъ.

На черт. 337—338—представлено захватное сооруженіе въ Heidelberg близъ Штутгарта. Для захвата устроена короткая штольня, дно которой идетъ по непроницаемому для воды слою мергеля. Вода входитъ изъ окружающаго штольню скалистаго грунта чрезъ многочисленныя отверстія, оставленныя въ стѣнахъ штольни, и собирается въ куветѣ, откуда идутъ отводныя трубы. Онѣ по выходѣ за предѣлы штольни наклонены внизъ, чтобы идти далѣе на достаточной глубинѣ и быть ниже горизонта промерзанія грунта. Верхняя труба чертежа 337 и правая чертежа 338—есть водосливно-ая (холостая), служащая для выпуска избытка ключеваго расхода въ близъ текущій ручей; другая труба—водоотводная, идетъ къ мѣсту водоснабженія.

На черт. 339—340 и 343 изображены ключевыя сооруженія Парижскаго водоснабженія, на первыхъ двухъ для ключей группы Vanne, на третьемъ для ключа Vime de Cerilly. Захватное сооруженіе ключей Ваннъ характеризуется такъ. Цилиндрическіе бездонныя резервуары діаметромъ въ 10 м. съ каменными стѣнами и сводомъ. Контрфорсы для противодѣйствія распору свода. Входная дверь ведетъ на внутреннюю галерею-балконъ, обходящую вокругъ всего резервуара. Водоотводная (для водопроводныхъ цѣлей) труба показана въ *B*. Другая пунктиромъ обозначенная труба—водоспускная. Водосливной трубы нѣтъ. Въ Бимъ де Серильви захватно

Водоснабженіе с. Пулкова.



Черт. 353.—Общій видъ грота надъ ключевымъ водосборомъ на склонѣ Пулковской возвышенности.



Черт. 354.—Общій видъ одного изъ водоразборныхъ фонтановъ Пулковскаго водопровода.

сооруженіе—грандіозная камера съ сложными сводчатыми покрытіями.

Черт. 341—342 даютъ видъ и разрѣзь художественнаго захватнаго колодца въ Danaeschingen въ Шварцвальдѣ, ключъ этотъ неправильно называютъ истокомъ рѣки Дуная, который въ дѣйствительности является результатомъ сліянія рѣкъ Brigach и Bregge.

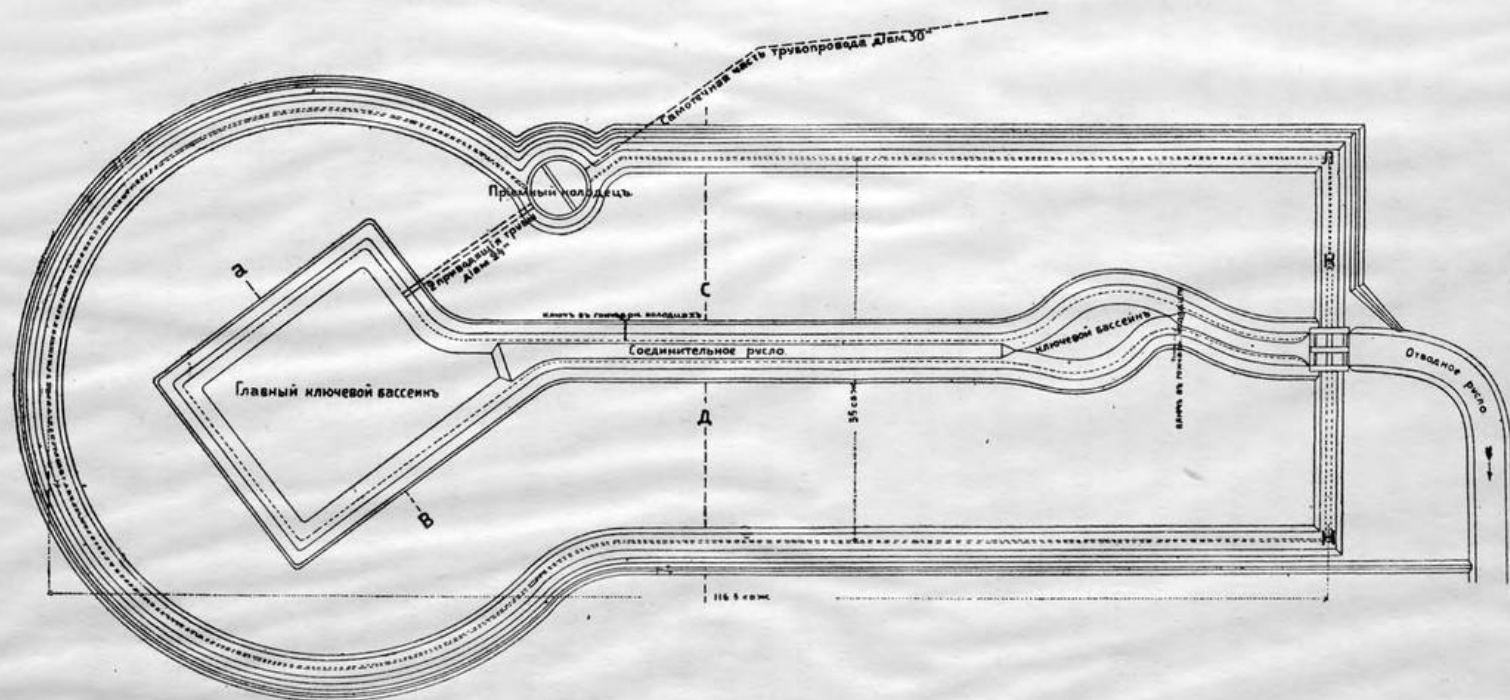
Черт. 344 — 347 характеризуютъ съ нѣкоторой полнотой ключевое водоснабженіе города Веймара. Общій планъ (черт. 344) показываетъ расположеніе водосборныхъ сооружений и водоподъемнаго зданія. Два ключевыхъ колодца, являющіеся источниками водоснабженія, соединены сифономъ съ сборнымъ колодцемъ, помѣщеннымъ у насосной станціи. Продольная профіль сифона представлена на черт. 345 въ предѣлахъ между ключевымъ колодцемъ № 1 и сборнымъ колодцемъ. Черт. 346 и 347 даютъ детальныя разрѣзы обоихъ этихъ колодцевъ.

На черт. 348 — 349 представлены захватное сооруженіе ключа Rosoir Дижонскаго водопровода, построеннаго знаменитымъ Дарси. Оно имѣетъ монументальный характеръ и сдѣлано съ избыткомъ каменной кладки.

Черт. 350 — 351 показываютъ устройство захватнаго сооруженія ключа Kaiserbrunnen Вѣнскаго водопровода; ключъ вытекаетъ въ натуральномъ гротѣ (черт. 350), откуда онъ выведенъ на поверхность при помощи сложнаго каменнаго сооруженія, детали коего пояснены въ примѣчаніи къ черт. 351.

На черт. 353—354 изображены гротъ и фонтанъ Пулковскаго ключеваго водопровода. Пулковскій водопроводъ построенъ въ началѣ XIX вѣка и питаетъ водой с. Пулково и ближайшіе къ нему деревни, прилегающіе къ шоссе Петроградъ—Царское Село, а именно Колобовку, Каменку и Средне-Рогатскую колонію. Источникомъ водоснабженія являются небольшіе ключи на склонѣ Пулковской возвышенности. Они вытекаютъ изъ трещиноватаго известняка и частью собраны въ одинъ общій колодезь, откуда вода проведена деревянной трубой къ водоразборнымъ фонтанамъ, частью же соединены непосредственно съ магистралью, идущей къ фонтанамъ. Вслѣдствіе высокаго положенія ключей, вода течетъ самотокомъ. Общее число отдѣльныхъ кайтированныхъ ключей 25. Надъ отдѣльными ключами поставлены срубовыя деревянные ключевыя колодцы

Водоснабженіе городовъ Царскаго Села и Павловска изъ Орловскихъ ключей.



Снабженіе ключевой водой.

Черт. 355. — Планъ ключевыхъ бассейновъ до устройства отдѣльныхъ ключевыхъ колодезевъ съ показаніемъ водопріемника и сооружений, служащихъ для огражденія ключей отъ наземныхъ, грунтовыхъ и рѣчныхъ водъ. (Масштабъ: 0,01 саж. = 16 саж.)

съ фильтрами изъ гравія. Общее протяженіе деревянныхъ сверленыхъ трубъ соединяющихъ эти колодцы съ водопроводной магистралію 523 п. саж. Общее протяженіе деревянной магистраліи водопровода 3625 саж. Расходъ воды въ немъ незначительный.

Магистраль Пулковскаго водопровода, спустившись къ подошвѣ Пулковской возвышенности, проходитъ вдоль Пулковскаго шоссе до такъ называемой Средней Рогатки (бывшей почтовой станціи «Четыре Руки»), гдѣ шоссе отвѣтвляется отъ Петроградо-Московскаго. На этомъ протяженіи имѣется четыре гранитныхъ художественныхъ водоразборныхъ фонтана. Всѣ разнаго вида. Одинъ изъ нихъ ближайшій къ источнику, представленъ на чертежѣ 354, Они давно уже не дѣйствуютъ, а для разбора воды возлѣ подножіи фонтановъ устроены деревянные срубные колодцы размѣромъ $1\frac{1}{2} \times 1 \times 2$ саж. съ фильтрами изъ гравія. Фонтаны Пулковскаго водопровода, являясь замѣчательными памятниками начала русской водопроводной техники, заслуживаютъ переноса изъ села Пулкова въ столицу.

Предоставляя разсмотрѣть и усвоить подробности устройства, какъ исключительныхъ по величинѣ захватныхъ сооружений, такъ и захватныхъ сооружений меньшихъ размѣровъ, изъ приведенныхъ въ настоящемъ курсѣ выше примѣровъ, укажемъ нѣкоторыя общія условія, которымъ должны удовлетворять такія сооружения. Они должны быть защищены:

- отъ умышеннаго загрязненія людьми,
- » попытокъ къ отводу воды,
- » загрязненія поверхностными водами, пылью и т. п.,
- » загрязненія насѣкомыми и животными вообще,
- » развитія въ нихъ растительности,
- » вторженія въ нихъ подземныхъ водъ иного худшаго качества.

Въ этихъ видахъ захватныя сооружения дѣлаются преимущественно крытыя, защищенныя отъ свѣта, но доступныя вентиліаціи; ихъ стѣны опускаются до непроницаемаго грунта, они окружаются водоотводными канавами, горизонтъ ключевой воды держится выше горизонта почвенныхъ водъ, наконецъ, вокругъ ключей приобрѣтается возможно большая площадь земли, которая является охранительной зоной, недоступной для постороннихъ лицъ и для животныхъ.

Надо замѣтить, что всѣ эти мѣры охраны ключевой воды, по-

Водоснабженіе городовъ Царскаго Села и Павловска изъ Орловскихъ ключей.



Черт. 356.—Спрявленная продольная профиль ограждающаго вала и внутренней бетонной стѣнки, сдѣланная по оси послѣдней. (Масштабъ длины: 0,01 саж. = 40 саж.; масштабъ высоты: 0,01 саж. = 2 саж.).

по а в.



Черт. 357.—Поперечная профиль ключеваго бассейна по а в—плана—черт. 357. (Масштабъ: 0,01 саж.=8 саж.).



Черт. 358.—Поперечная профиль огражденной территоріи и соединительнаго русла по с д—плана—черт. 358. (Масштабъ: 0,01 саж. = 8 саж.).

Снабженіе ключевой водой.

добно тому, какъ это было указано для грунтовой, могутъ далеко не всегда достигать цѣли, даже при самыхъ широкихъ денежныхъ средствахъ, которыми можно располагать для ихъ осуществленія. Ключевая вода приходится къ ключамъ путями, мало извѣстными и трудно познаваемыми. Воды разныхъ слоевъ грунта могутъ смѣшиваться черезъ подземныя щели и обвалы, отыскать которые болѣе или менѣе невозможно. Загрязненныя воды верхнихъ слоевъ могутъ такимъ образомъ найти себѣ доступъ въ питьевыя — грунтовыя и ключевыя (см. Bergeron. Alimentation de Paris en eau potable d'après les travaux de la Commission de perfectionnement de l'Observatoire de Montsouris. Compte rendu de la Société des Ing. Civ. Bulletin. Janvier 1904).

Поэтому сдѣлавъ все возможное для огражденія ключей, нельзя оставить ихъ безъ дальнѣйшаго наблюденія. Напротивъ нужно непрерывно слѣдить за составомъ ключевой воды въ химическомъ и бактеріальномъ отношеніи, чтобы во время предупредить возможность причиненія ею вреда населенію.

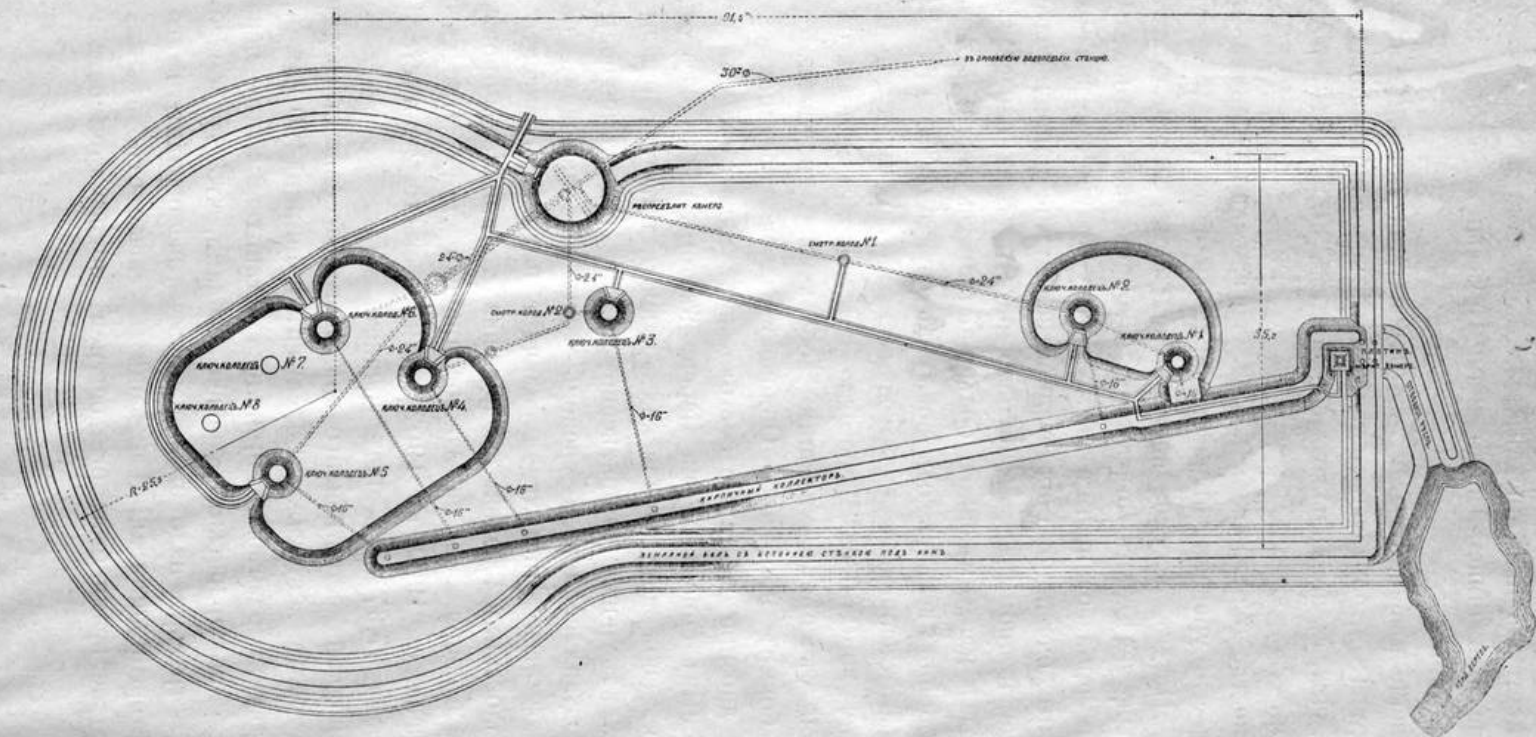
Водѣ даютъ, обыкновенно, возможность сливаться въ отводный каналъ или трубу тонкимъ слоемъ изъ верхнихъ, наиболѣе чистыхъ частей воднаго запаса.

Вмѣстѣ съ тѣмъ принимаются мѣры для періодической очистки ключесборныхъ сооружений отъ грязи для чего устраиваются каналы и отверстія у дна камеръ (донные водоспуски), а иногда дѣлаются особыя камеры для собиранія осадковъ (осадочные колодцы).

При захватѣ ключей необходимо такъ рассчитать размѣры дренажныхъ трубъ, галлерей, водосливовъ, донныхъ водоспусковъ и пр., чтобы водоснабженіе было обезпечено во всякое время и для максимальной потребности. Очень полезно имѣть въ захватныхъ сооруженияхъ приспособленіе для опредѣленія расхода воды (баки, щиты, водосливы), помѣщенное такимъ образомъ, чтобы пользованіе имъ было всегда просто и легко и не требовало большого времени.

Эти общія соображенія могутъ быть дополнены краткимъ описаніемъ сооружений, исполненныхъ въ послѣднее время вблизи Петрограда для огражденія Орловскихъ ключей. Орловскіе ключи являются источникомъ новаго водопровода для городовъ Царскаго Села и Павловска, устроеннаго въ 1901—1903 годахъ на кредиты Министерства Путей Сообщенія распоряженіемъ особаго техниче-

Водоснабженіе городовъ Царскаго Села и Павловска изъ Орловскихъ ключей.



Онабженіе ключевой водой.

Черт. 359.—Планъ расположенія закрытыхъ ключевыхъ колодезевъ, водосборныхъ и водоотводныхъ трубъ, устроенныхъ въ развитіе открытыхъ ключевыхъ бассейновъ, съ показаніемъ сооруженій, служащихъ для огражденія ключей отъ наземныхъ, грунтовыхъ и рѣчныхъ водъ. (Масштабъ 0,01 саж. = 16 саж.).

скаго присутствія подъ предсѣдательствомъ составителя настоящаго курса при ближайшемъ исполненіи Начальника работъ инженера И. П. Калинина.

Орловскіе ключи, отчасти уже охарактеризированные выше (см. § 24 и черт. 187), образуютъ естественный водосборъ площадью около 1,000 кв. саж. съ нормальнымъ горизонтомъ 36,974 саж. надъ уровнемъ моря.

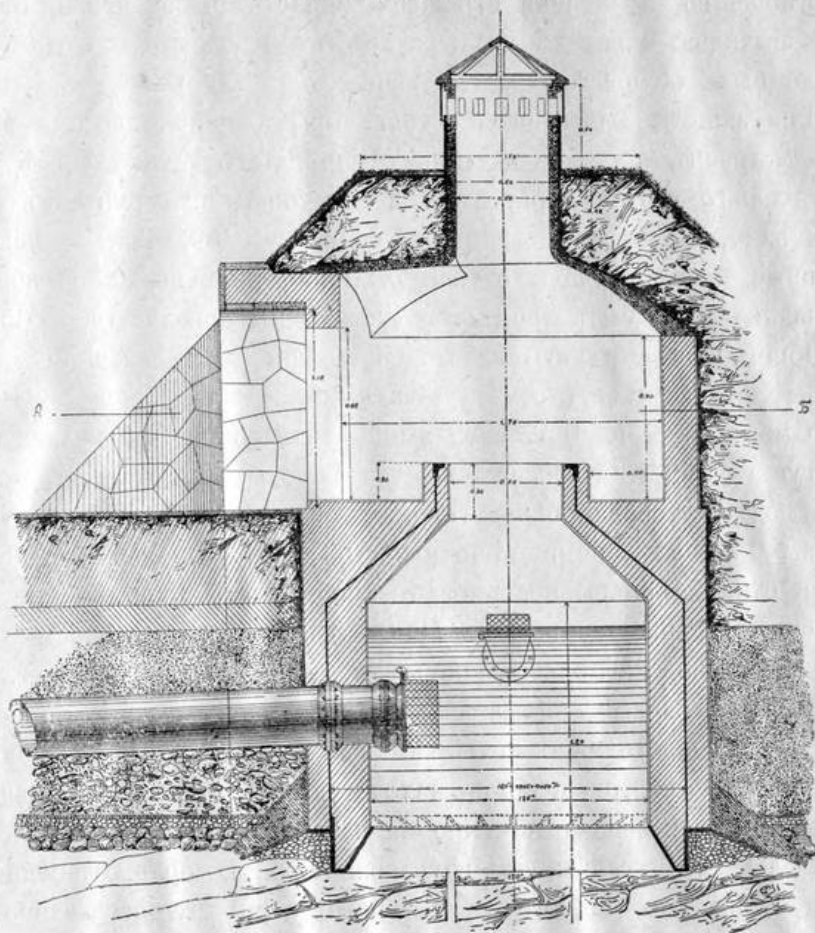
Мѣстность, окружающая ключи, совершенно ровная и низменная, такъ что уровень Орловскихъ ключей всего на 1,5 фута ниже береговъ. На днѣ бассейна образовались во многихъ мѣстахъ воронкообразныя углубленія до сажени глубиною, изъ которыхъ выходитъ вода, производящая въ тихую погоду волненіе на поверхности. Воронки эти, очевидно, образовались вслѣдствіе напора подземныхъ водъ снизу и промыва ими не особенно толстыхъ слоевъ коричневой глины и ила, имѣющаго большую примѣсь песка. Всѣхъ воронокъ и вообще мѣсть выхода воды изъ грунта болѣе 110. Воронки была сильно засорены иломъ и древеснымъ соромъ, а дно бассейна на глубину до 0,60 саж. состояло изъ жидкаго иловатаго грунта съ древеснымъ соромъ, упавшими деревьями и валунами.

Неглубокимъ протокомъ Орловскіе ключи соединяются съ р. Веревою; дно протока также состояло изъ жидкаго иловатаго грунта съ древеснымъ соромъ. Рѣка Верева въ томъ мѣстѣ, гдѣ она принимаетъ въ себя воду Орловскихъ ключей, имѣетъ горизонтъ воды 36,92 саж. надъ уровнемъ моря; весной же, когда вода въ ней подымается, ключи подтапливались, и уровень воды въ ключевомъ бассейнѣ также подымался. Предѣльная величина поднятія горизонта р. Веревы и Орловскихъ ключей, наблюдавшаяся въ періодъ производства изысканій и сооруженія новаго водопровода для г.г. Царскаго Села и Павловска, съ 1900 по 1902 г. имѣла мѣсто 2 августа 1902 г. и составляла 37,37 саж. надъ уровнемъ моря.

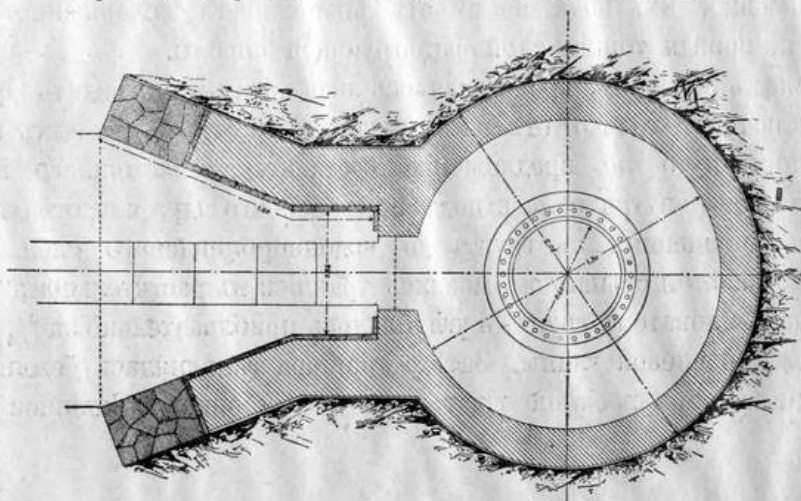
Общая длина естественнаго ключевого бассейна съ соединительнымъ протокомъ достигала 120 сажень, а ширина 20 сажень.

При такихъ размѣрахъ пришлось оставить мысль о перекрытіи всего бассейна Орловскихъ ключей сводами, что требовало чрезмѣрныхъ затратъ, и надо было изыскать типъ оградительнаго сооруженія, который достигая цѣли защиты ключей отъ внѣшнихъ вліяній, въ то же время былъ бы доступенъ по его стоимости и допу-

Водоснабженіе городовъ Царскаго Села и Павловска изъ Орловскихъ ключей.



Черт. 360.—Вертикальный разрѣзъ ключевого колодца по оси.



Черт. 361.—Горизонтальный разрѣзъ ключевого колодца по АВ.

скаль бы въ мѣрѣ дѣйствительной подобности постепенное развитіе по отношенію къ степени огражденія вплоть до заключенія отдѣльныхъ выходовъ воды или ихъ группъ въ ключевые колодцы. Эти задачи были осуществлены слѣдующимъ порядкомъ.

Для защиты ключевого бассейна отъ затопленія водами р. Веревы устроенъ валъ изъ насыпного глинистаго грунта, послѣ предварительнаго удаленія растительнаго и торфянаго грунта съ основанія вала. Валъ имѣетъ ширину по верху 1,50 саж., откосы полуторные; верхъ вала и откосы были обдернованы, а на верхней площадкѣ имѣли быть кромѣ того разсажены деревья (чер. 355).

Общій периметръ огражденія составляетъ 310 сажень.

Верхъ вала имѣетъ отмѣтку 37,94 саж. надъ уровнемъ Балтійскаго моря, т. е. на 0,57 саж. выше наивысшаго, наблюдавшагося 2 августа 1902 г., горизонта воды р. Веревы. Для отведенія наземныхъ водъ, устроена вокругъ ограждающаго вала канава. Глубина канавы 0,33 саж., ширина по низу 0,3 саж. и по верху 1,00 саж. Дно и откосы канавы обдернованы (черт. 356—357).

Буренія произведенныя въ 1900 и 1901 гг. въ мѣстности окружающей Орловскіе ключи, показали, что подъ верхнимъ слоемъ растительной земли и торфа залегаеть желтая глина, съ прослойками песка, переходящая возлѣ самыхъ ключей въ песчано-иловатый грунтъ. Подъ желтою глиною находится слой плотной коричневой глины, лежащей непосредственно на известнякѣ. Въ песчаныхъ прослойкахъ желтой глины есть грунтовая вода, которая, очевидно, не можетъ считаться вполне чистою, потому что эти песчаные водоносные слои находятся не глубоко подъ земною поверхностью и насыщающая ихъ вода не имѣетъ возможности совершенно очиститься, пройдя тонкій слой фильтрующей породы.

Такимъ образомъ, представлялось необходимымъ оградить Орловскіе ключи не только отъ наземныхъ, но и отъ грунтовыхъ водъ. Это достигнуто по предложенію составителя настоящаго курса устройствомъ внутри вала и подъ нимъ особаго ядра или стѣнки изъ бетона, опущенной въ грунтъ до водонепроницаемаго слоя. Для устройства этой стѣнки вырывались траншеи въ растительномъ слоѣ и песчано-иловатомъ грунтѣ и углублялись приблизительно на $\frac{3}{4}$ фута въ слой коричневой глины. Затѣмъ траншея заполнялась бетонными тонкими слоями съ самою тщательною утрамбовкою. Бетонное ядро

огражденія доведено до горизонта 37,64 саж. надъ уровнемъ моря, т. е. на 0,27 саж. выше наблюдавагося 2 августа 1902 г. высокоаго горизонта р. Вереvy. Толщина бетонной стѣнки — 0,12 саж. (черт. 358).

Въ концѣ ключевого бассейна, для пересѣченія существующаго протока, соединяющаго Орловскіе ключи съ р. Веревою, устроена каменная плотина длиною 25 саж. и высотой до горизонта 37,64 саж. надъ уровнемъ моря. Фундаментъ плотины изъ бетонной кладки, а стѣна изъ плитной кладки на цементномъ растворѣ. Въ средней части плотины устроенъ водоспускъ. Водоспускъ состоитъ изъ четырехъ камеръ размѣрами въ планѣ каждая $1,20 \times 1,10$ саж. и 2-хъ отверстій въ плотинѣ, каждое размѣрами $2 \times 1,5$ фута. Отверстія эти со сторонъ Вереvy снабжены чугунными рамами, къ которымъ на шарнирахъ прикрѣплены чугунные крышки, обитыя резиною въ мѣстахъ соприкосновенія ихъ съ рамами. Благодаря такому устройству водоспуска, вода изъ рѣки Вереvy не можетъ входить въ ключевой бассейнъ, вода же изъ ключевого бассейна можетъ свободно выходить въ отводный каналъ, а по этому послѣднему въ р. Вереву. Раздѣленіе водоспуска на двѣ самостоятельныхъ половины позволяетъ поочередно производить осмотръ и очистку водоспускныхъ камеръ, для чего притокъ воды въ камерѣ деревянными щитами заграждается, закладываемыми въ пазы каменныхъ стѣнокъ.

Отъ водоспуска устроенъ особый каналъ длиною около 50 саж. для стока воды въ р. Вереву. Ширина канала по дну 1,5 саж., откосы полуторные. Дно и откосы вымощены булыжнымъ камнемъ на мху.

Весь болотный грунтъ въ ключевомъ бассейнѣ былъ вынутъ. Кромѣ того, вынута изъ ключевого бассейна часть плотнаго глинистаго грунта до самаго известняка, для образованія особыхъ открытыхъ бассейновъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ сосредоточены главныя массы ключей. Верхній растительный и торфяной слои сняты. Болотный грунтъ въ протокѣ между ключами и р. Веревою также вынутъ.

Откосы ключевого бассейна обдѣланы булыжнымъ камнемъ. Вокругъ ключеваго бассейна устроена площадка шириною 1 саж. съ тротуаромъ. Между тротуаромъ и ограждающимъ валомъ насыпана площадка изъ глинистаго грунта, засѣянная травою. Вдоль ограждающаго вала, съ внутренней его стороны, устроена канава, пред-

назначенная для отведенія атмосферныхъ осадковъ, выпадающихъ на огражденномъ пространствѣ.

Для проведенія воды изъ ключевого бассейна въ приёмный колодецъ, находящійся на линіи ограждающаго вала, были проложены двѣ чугунныя трубы внутренняго діаметра 24 дюйма на 0,25 саж. подъ нормальнымъ уровнемъ воды въ ключахъ для того, чтобы со временемъ при усиленной откачкѣ воды или во время маловодья можно было бы понижать горизонтъ воды въ ключевомъ бассейнѣ, съ цѣлью увеличенія притока воды.

Каптированные указаннымъ порядкомъ Орловскіе ключи давали воду чрезвычайно высокаго качества, почти не содержащую бактерий и безукоризненную въ санитарномъ отношеніи. Открытые ключевые бассейны представляли, однако, возможность въ нѣкоторые періоды года для развитія планктона, хотя и не обильнаго, но все же требовавшего принятія мѣръ для процѣживанія воды черезъ сита до ея впуска въ трубопроводъ. Въ виду этого было признано цѣлесообразнымъ заключить главные выходы ключей въ закрытые колодцы, а остальную площадь бассейновъ заполнить щебнемъ и пескомъ до уровня воды и сверху прикрыть слоемъ мятой глины (1,5 — 2 фута) и обыкновеннымъ песчано-глинистымъ грунтомъ (1 саж.). Эти работы исполнены въ 1910—1914 гг. (см. черт. 352, 359—361 и Л. М. Рундо — «Краткія свѣдѣнія о состоящихъ въ вѣдѣніи Спб. Округа Путей Сообщенія водопроводныхъ сооруженіяхъ Царскаго Села, Павловска и ихъ окрестностей». Спб. 1913).

Ключевые колодцы состоятъ изъ желѣзнаго кессона (листовое желѣзо толщиной 4 милим.) діаметромъ 1,5 саж., закрѣпленнаго на чугунномъ опорномъ кольцѣ; снаружи и внутри кессонъ обложенъ кирпичной кладкой и внутри облицованъ бѣлыми фаянсовыми плитками. Сверху и съ боковъ горловины колодца и во входной камерѣ облицовка стѣнъ сдѣлана изъ глазурованныхъ бѣлыхъ кирпичиковъ. Полъ входной камеры покрытъ метлахскими плитками.

Каждый ключевой колодецъ имѣетъ водоприёмную трубу въ 24", соединяющую его съ водораспредѣлительной камерой, и водосливную трубу въ 16", служащую для отвода избытка воды въ общій водоспускъ коллектора, идущій къ р. Вереѣ.

Распределительная камера устроена изъ бывшего открытаго отстойнаго бассейна путемъ перекрытія его и установкой фасоннаго пятерника съ задвижками, позволяющими включать тѣ или иные колодцы.

Каптажъ ключей имѣеть особенное значеніе въ дѣлѣ собиранія минеральныхъ лечебныхъ водъ. Устраиваемыя при этомъ сооруженія въ общемъ сходны съ устраиваемыми для питьевыхъ водъ. Нѣкоторое отличіе въ деталяхъ устройства обуславливается относительно малымъ расходомъ минеральныхъ ключей и большею стоимостью ихъ воды.

Не входя въ подробности мы отсылаемъ читателя къ спеціальнымъ трактатамъ и въ томъ числѣ по отношенію къ русскимъ минеральнымъ водамъ къ сочиненію инженера Léon Dru — *Rapport sur les eaux minérales du Caucase* (Paris. 1884, in fol. 121 стр.— 55 таблицъ чертежей).

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

Общее расположеніе водопроводныхъ сооружений и устройства для проведенія воды.

СОДЕРЖАНІЕ: § 49. Классификація водопроводовъ.—§ 50. Примѣры расположенія сооружений въ водопроводахъ.—§ 51. Трубопроводы.—§ 52. О расчетѣ размѣровъ чугунныхъ трубъ.—§ 53. Русскій нормальный метрическій сортиментъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ и нормальныя техническія условія ихъ изготовленія и приемки.—§ 54. Акведуки-каналы.—§ 55. Переходъ чрезъ долины (мосты-акведуки и сифоны).—§ 56. Производство работъ по устройству акведуковъ и укладкѣ трубъ.—§ 57. Приборы трубопроводовъ.—§ 58. Способы подъема воды.—§ 59. Противопожарныя водопроводы.—§ 60. Приспособленіе существующихъ водопроводовъ къ тушенію пожаровъ.

§ 49. Классификація водопроводовъ.

Водопроводы обыкновенно раздѣляются на двѣ большія группы, водопроводы съ естественнымъ уклономъ поверхности воды или гравитаціонные, гдѣ вода приводится въ движеніе только силой тяжести, и водопроводы съ искусственнымъ напоромъ или насосныя водопроводы въ которыхъ вода перемѣщается по трубамъ при участіи насосовъ или помпъ.

Водопроводы первой категоріи, въ которыхъ вода движется самотокомъ безъ помощи нагнетанія или т. п., могутъ быть съ свободной поверхностью потока въ видѣ каналовъ или трубчатые съ напоромъ (естественнымъ).

Водопроводы второй категоріи должны быть трубчатые. Насосы обыкновенно приводятся въ дѣйствіе паромъ. Въ немногихъ случаяхъ они приводятся въ дѣйствіе гидравлической силой. Это имѣеть чаще мѣсто для небольшихъ водоснабженій, въ каковыхъ условіяхъ гидравлическій таранъ можетъ быть примѣняемъ обыкновенно съ успѣхомъ.

Гравитаціонные водопроводы въ полномъ составѣ должны имѣть слѣдующія составныя части:

1) водосборный резервуаръ высокаго уровня или иной источникъ (напр. ключъ) высокаго уровня съ отстойнымъ бассейномъ (если нужно) для освобожденія воды отъ болѣе крупной и тяжелой мути;

2) фильтры для окончательной очистки воды;

3) уравнительный резервуаръ близъ водосборнаго или осадочнаго, резервуара или, если есть подходящее высокое мѣсто, уравнительный (напорный) резервуаръ (водоёмъ) близъ города или въ самомъ городѣ,—предназначенный для храненія запаса чистой воды и уравниванія расхода воды въ сѣти;

4) распределительную сѣть трубъ.

Насосные водопроводы состоятъ изъ тѣхъ же сооружений, что и гравитационные, но здѣсь источникъ водоснабженія не долженъ быть непременно выше снабжаемаго города, вслѣдствіе чего группировка сооружений можетъ быть иная и болѣе разнообразная.

Такъ, напримѣръ, возможны слѣдующіе болѣе элементарные случаи.

А. Случай, когда возможно устроить уравнительный резервуаръ на естественной возвышенности или на башнѣ; тогда составъ сооружений можетъ быть такой:

1) водоприемникъ низкаго уровня;

2) одинъ или нѣсколько отстойныхъ бассейновъ;

3) фильтры;

4) насосная станція;

5) уравнительный резервуаръ на высококомъ мѣстѣ или на башнѣ;

6) распределительная сѣть трубъ.

В. Если, нельзя найти удобнаго высокаго мѣста для уравнительнаго резервуара и, если при этомъ не признается возможнымъ устроить водонапорную башню съ таковымъ, то сооружения могутъ быть расположены слѣдующимъ образомъ:

1) приемникъ низкаго уровня;

2) одинъ или нѣсколько отстойныхъ бассейновъ;

3) фильтры;

4) запасный резервуаръ низкаго уровня;

5) насосная станція, дѣйствующая непосредственно въ

6) распределительную сѣть трубъ.

Если приемникъ воды изъ источника водоснабженія находится на такомъ низкомъ уровнѣ, что вода не можетъ пройти подѣ дѣй-

ствиемъ тяжести чрезъ отстойные бассейны и фильтры, то приходится имѣть еще одну насосную станцію непосредственно у водоприемника. Тогда получаютъ слѣдующія двѣ комбинаціи сооружений, соотвѣтствующія приведеннымъ выше (А) и (В):

- С. 1) приѣмникъ низкаго уровня;
2) насосная станція;
3) отстойные бассейны;
4) фильтры;
5) главная насосная станція;
6) уравнительный резервуаръ высокаго уровня;
7) распредѣлительная сѣть трубъ.
- Д. 1) Приѣмникъ низкаго уровня;
2) насосная станція;
3) отстойные бассейны;
4) фильтры;
5) запасный резервуаръ низкаго уровня;
6) главная насосная станція;
7) распредѣлительная сѣть трубъ.

Приведенные примѣры далеко не исчерпываютъ всѣхъ случаевъ практики. Иногда водопроводы не имѣютъ всѣхъ поименованныхъ здѣсь сооружений, напримѣръ, отсутствуютъ отстойные бассейны или фильтры и т. п. Иногда мѣстные условія вызываютъ особую комбинацію сооружений.

Поэтому, вообще, не можетъ быть указано такихъ схемъ расположенія сооружений, которыя охватили бы собою всѣ случаи. Въ точномъ соотвѣтствіи съ характеромъ и положеніемъ источника водоснабженія, положеніемъ города, ихъ взаимнымъ разстояніемъ, способами провода воды и т. д., инженеръ долженъ въ каждомъ частномъ случаѣ искать такое расположеніе сооружений и ихъ составъ которые, обеспечивая вполнѣ потребность города въ водѣ надлежащаго качества, въ то же время были бы по возможности наиболѣе экономичными по первоначальной стоимости и стоимости эксплуатаціи.

Въ числѣ другихъ задачъ необходимо поэтому заботиться о возможномъ использованіи естественныхъ уклоновъ и не затрачивать механической силы тамъ, гдѣ передвиженіе воды возможно силой тяжести.

Вотъ почему обыкновенно насосные водопроводы почти всегда являются вмѣстѣ съ тѣмъ отчасти и гравитаціонными.

Въ поясненіе сказаннаго могутъ служить приводимые въ слѣдующемъ § примѣры нѣсколькихъ типовъ водоснабженія при различныхъ источникахъ воды.

§ 50. Примѣры расположенія сооружений въ водопроводахъ.

Примѣры эти взяты четырехъ типовъ въ зависимости отъ того какая вода употребляется для снабженія города. Къ первому типу отнесены водопроводы, служащіе для снабженія города водой атмосферныхъ осадковъ, собранной въ прудахъ или водохранилищахъ; второй типъ составляютъ водопроводы, которые доставляютъ въ городъ воду рѣчную или озерную; водопроводы третьяго типа снабжаютъ городъ грунтовой водой; наконецъ, водопроводы четвертаго типа доставляютъ городу воду ключевую.

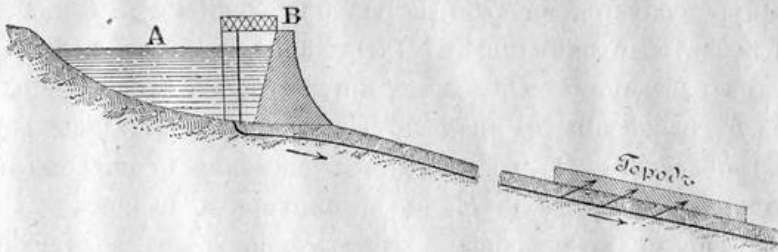
Водопроводы всѣхъ разсматриваемыхъ типовъ отличаются между собою только тѣми сооружениями, которыя служатъ для пріема воды изъ источника и для измѣненія, если это требуется, ея состава; что же касается уравнительнаго водоема или водонапорной башни и сѣти городскихъ трубъ, то эти сооружения отъ типа водопровода не зависятъ, а обуславливаются исключительно мѣстными топографическими и иными условіями. Вотъ почему въ дальнѣйшемъ описаніи будетъ обращать вниманіе на первыя сооружения, какъ на характерныя для того или другаго типа водопровода.

I. Первый типъ разсматриваемыхъ водопроводовъ образуютъ водопроводы, получающіе воду изъ атмосферныхъ осадковъ или потоковъ малыхъ размѣровъ, собранную въ особыхъ водохранилищахъ (II категория классификаціи § 39 и отчасти III категория — пунктъ б). Этотъ типъ водопроводовъ особенно распространенъ въ Англии, но примѣры его какъ мы видѣли, есть во многихъ другихъ странахъ съ самыхъ древнихъ временъ. Обыкновенно водохранилища устраиваются такимъ образомъ, что долину съ крутыми склонами пересекаютъ въ узкомъ мѣстѣ земляной, каменной или иной вододержательной плотиной *B* (черт. 362). Вода атмосферныхъ осадковъ выпадающая въ бассейнѣ этой долины или вода ручья или рѣчки, текущей по долинѣ, будетъ такимъ образомъ задерживаться и образо-

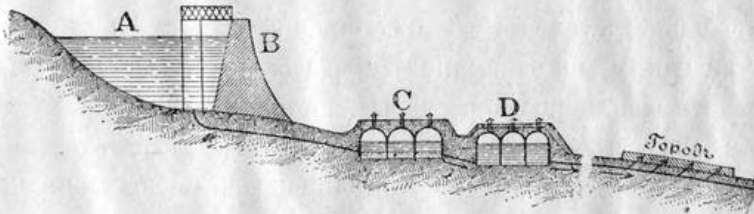
вывать водохранилище *A*. Изъ него вода или прямо направляется въ городъ самотокомъ (свободно, въ открытыхъ каналахъ или подъ напоромъ по трубѣ) или же, въ случаѣ надобности (мутъ, бактерии) очищается въ фильтрахъ *C* (черт. 363), затѣмъ скопляется въ сборномъ бассейнѣ *D* и только тогда пускается въ городъ. Въ томъ и другомъ случаѣ предполагается, что водохранилище *A* находится на такой высотѣ надъ городомъ, что вода въ сѣти городскихъ трубъ имѣетъ достаточный напоръ; тогда водохранилище *A* (для 1-го случая) и сборный резервуаръ *D* (для 2-го случая) очевидно играютъ для города роль уравнительнаго водоема или водонапорной башни. Если мѣстныя топографическія условія не допускаютъ имѣть такой напоръ, то вода (черт. 364) идетъ самотокомъ до города, а затѣмъ насосами *c*, поставленными въ водоподъемномъ зданіи *E*, перекачивается изъ колодца *b'* въ водонапорную башню *F*. При этомъ необходимо замѣтить, что въ часы сутокъ, когда въ городѣ расходъ малъ (вечерніе и ночные часы), нагнетательная труба на протяженіи между *b'* и *l* питаетъ городъ, затѣмъ часть воды изъ этой же трубы направляется въ магистральную трубу городской сѣти по другую сторону водонапорной башни (точка *l*) и питаетъ остальную часть города, и, наконецъ, остальное количество воды, протекающей по нагнетательной трубѣ, идетъ по трубѣ въ бакъ вертикальной башни *F*, который такимъ образомъ въ эти часы наполняется водой. Въ часы сутокъ, когда, наоборотъ, расходъ воды великъ (утренніе и дневные часы), нагнетательная труба питаетъ городъ не одна, а съ помощью воды, притекающей изъ водонапорной башни: въ эти часы бакъ опорожняется.

Все вышеизложенное будетъ справедливо въ предположеніи, что паровые насосы накачиваютъ воду въ городъ цѣлыя сутки, работая при этомъ или равномерно или неравномерно, т. е. въ послѣднемъ случаѣ подавая воды меньше въ часы малаго потребленія и больше— въ часы большаго потребленія. Но въ городахъ, не очень большихъ, насосы находятся въ дѣйствиіи не цѣлыя сутки, прекращая работу вечеромъ, ко времени малаго разбора воды въ городѣ, и возобновляя ее утромъ, т. е. когда разборъ воды начинаетъ очень увеличиваться. Во все время бездѣйствія машинъ, т. е. вечеромъ и ночью, весь городъ питается исключительно водою изъ бака. Цѣль устройства водонапорной башни понятна изъ предыдущаго, а именно бакъ ея является

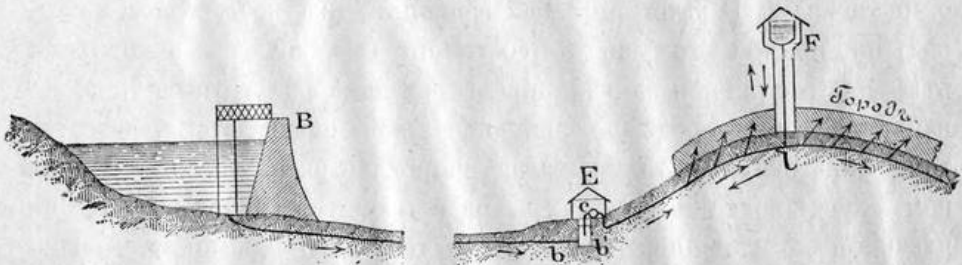
Водоснабжение изъ водохранилищъ.



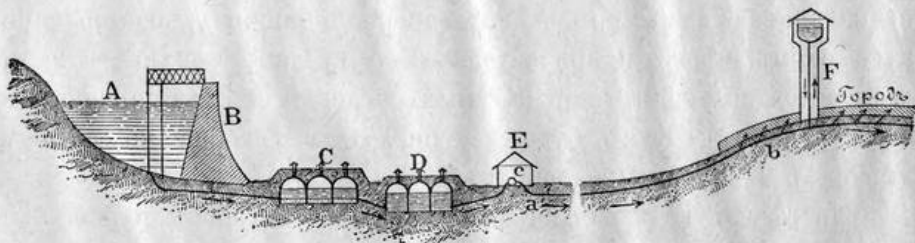
Черт. 362. — Снабжение города, лежащаго ниже водохранилища, водой, не требующей предварительной очистки.



Черт. 363. — Снабжение города, лежащаго ниже водохранилища, водой, требующей предварительной очистки.



Черт. 364. — Снабжение города, лежащаго выше водохранилища, водой, требующей предварительной очистки.



Черт. 365. — Снабжение города, лежащаго выше водохранилища, водой, требующей предварительной очистки.

какъ бы аккумуляторомъ, принимая излишнюю воду изъ нагнетательной трубы въ одни часы и отдавая—въ другіе часы.

Если топографическія условія города позволяютъ, то вмѣсто водонапорной башни устраиваютъ для этой же цѣли каменный уравнительный резервуаръ, врытый частью или совсѣмъ въ землю.

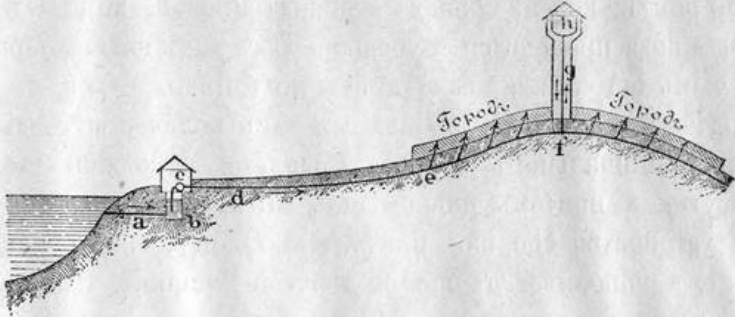
Если же водохранилище *A* (черт. 365), а также фильтры *C* со сборнымъ бассейномъ *D* лежатъ ниже города, то водоподъемное зданіе *F* располагается вблизи водохранилища; здѣсь вода изъ сборнаго бассейна *D* перекачивается насосами *c*, расположенными въ водоподъемномъ зданіи *E*, въ водонапорную башню *F*. Разстояніе отъ города водосборныхъ сооружений, т. е. водохранилища, фильтровъ и т. п. часто бываетъ весьма значительнымъ, такъ какъ очень обыкновенно трудно найти вблизи города долину удовлетворяющую всѣмъ требуемымъ условіямъ водособирания, т. е. съ бассейномъ достаточной величины, съ очертаніемъ береговъ, допускающихъ большую емкость водохранилища при малой площади его, съ такимъ геологическимъ строеніемъ почвы, при которомъ дѣйствительно можно собрать воду безъ потери ея фильтраціей черезъ водонепроницаемые пласты и т. д. (см. § 42).

II. Въ водопроводахъ второго типа, доставляющихъ рѣчную или озерную воду (III категорія классификаціи § 39), вода подается въ городъ или прямо въ томъ видѣ и состояніи, въ какомъ она находится въ рѣкѣ или озерѣ, или же вода предварительно фильтруется, а затѣмъ направляется въ городъ, или, наконецъ, вода сперва отстаивается, потомъ фильтруется и только тогда направляется въ городъ.—Въ первомъ случаѣ вода изъ рѣки или озера проводится трубой *a* (черт. 366) чугунной или каменной въ колодезь *b* (круглаго или прямоугольнаго поперечнаго очертанія), изъ котораго паровые насосы *c*, находящіеся въ водоподъемномъ зданіи, берутъ воду и по нагнетательной трубѣ *aef* накачиваютъ въ бакъ *h* водонапорной башни *g*, поставленной на высокомъ мѣстѣ приблизительно по срединѣ города, если это оказывается возможнымъ по мѣстнымъ условіямъ. Питаніе города въ разсмотрѣнномъ случаѣ будетъ происходить совершенно такъ же какъ и въ 1-мъ типѣ водопроводовъ.

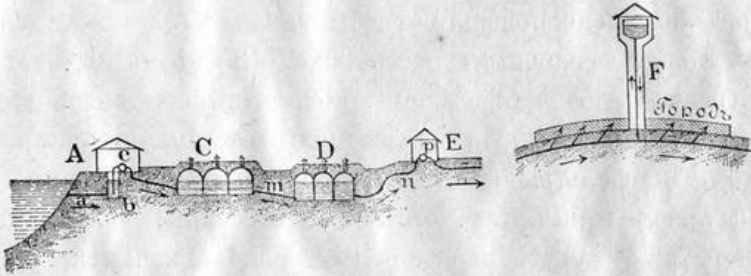
Если рѣчная вода раньше проведенія ея въ городъ должна быть профильтрована, то она изъ водоподъемнаго зданія *A* (чертежъ 367) направляется въ фильтры *C*, а оттуда самотокомъ по трубѣ *m*

Общее расположение сооружений въ водопроводахъ.

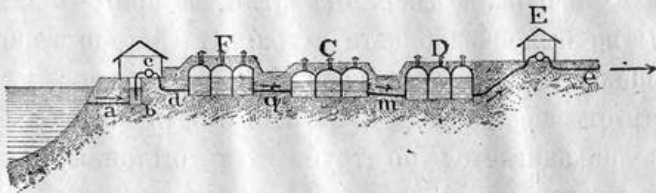
Бодоснабженіе изъ рѣкъ и озеръ.



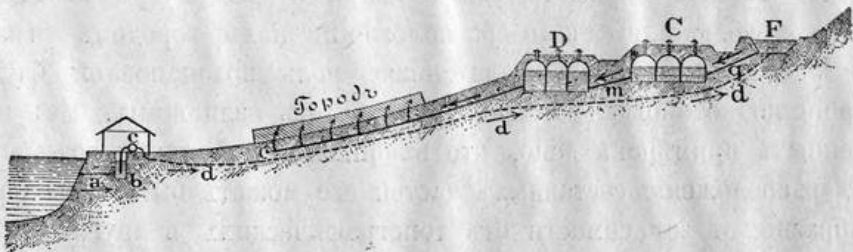
Черт. 366.—Снабженіе водой, не требующей предварительной очистки.



Черт. 367.—Снабженіе водой съ предварительной фильтраціей.



Черт. 368. — Снабженіе водой съ предварительнымъ отстаиваніемъ и фильтраціей (первый случай: чистая вода нагнетается въ городъ и въ водонапорную башню).

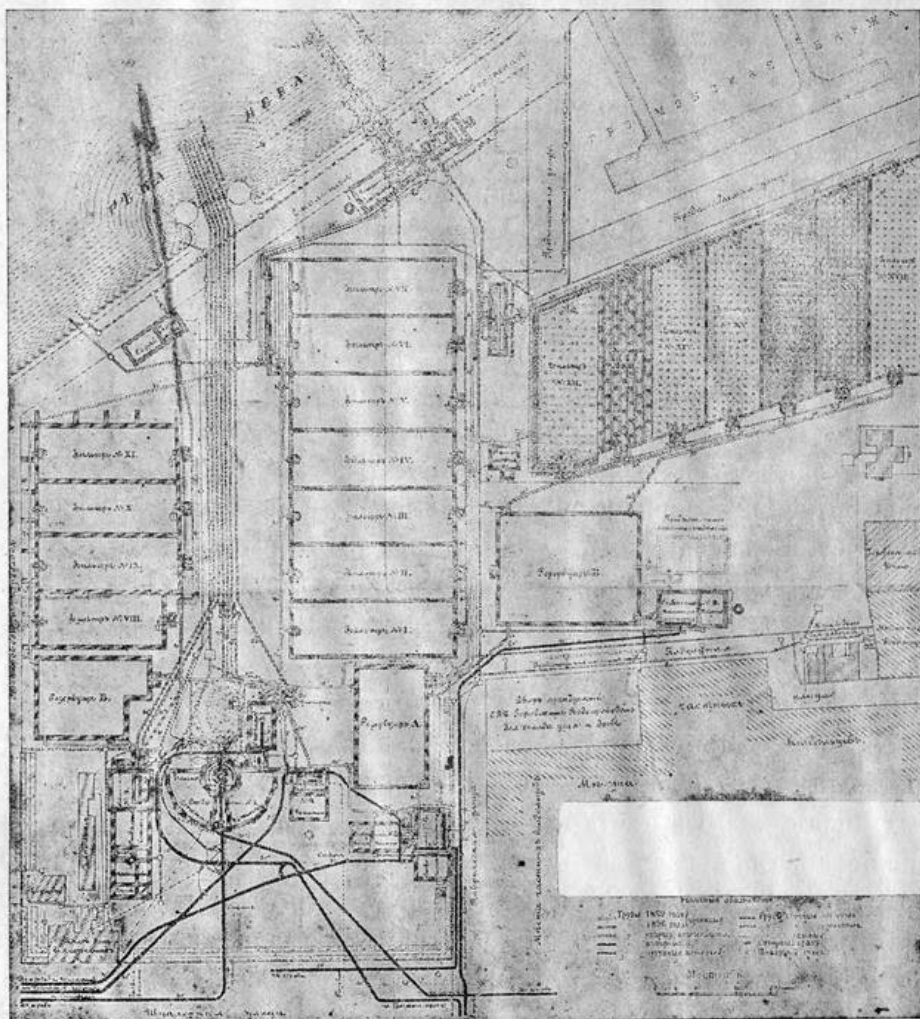


Черт. 369. — Снабженіе водой съ предварительнымъ отстаиваніемъ и фильтраціей (второй случай: чистая вода идетъ въ городъ самотокомъ).

въ сборный резервуаръ *D* (резервуаръ чистой воды) и затѣмъ по трубѣ *n* забирается паровыми насосами *p*, расположенными во второмъ водоподъемномъ зданіи *E*, и накачивается дальше въ городъ. Если оказывается удобнымъ, то отдѣльнаго зданія *E* не устраиваютъ, а насосы *p* помѣщаютъ въ первомъ водоподъемномъ зданіи, куда отфильтрованная вода проводится трубою *n*. Такъ какъ насосы *p* работаютъ только часть сутокъ или, если дѣйствуютъ цѣлыя сутки, то подаютъ въ городъ не одинаковое въ каждый часъ количество воды, между тѣмъ при рациональномъ устройствѣ фильтры *C* должны дѣйствовать цѣлыя сутки и притомъ равномерно, то поэтому является необходимость устройства сборнаго резервуара *D*, играющаго роль аккумулятора; онъ наполняется при бездѣйствіи машинъ или при малой работѣ ихъ и опорожняется — при усиленной работѣ. Когда вода настолько мутна, что фильтрованіе ея становится затруднительнымъ, то ее предварительно подвергаютъ отстаиванію въ такъ называемыхъ отстойныхъ или осадочныхъ бассейнахъ. Въ этомъ случаѣ рѣчная вода насосами *c* по трубѣ *d* (черт. 368) накачивается въ отстойные бассейны *F*, откуда послѣ надлежащаго отстаиванія направляется самотокомъ на фильтры *C* и далѣе въ сборный резервуаръ *D*. Всѣ названныя сооруженія, т. е. отстойные бассейны, фильтры и сборный резервуаръ, могутъ располагаться или вблизи рѣки, какъ это и показано на черт. 367 и 368, или же, при благопріятныхъ топографическихъ условіяхъ, вдали отъ рѣки, и притомъ такимъ образомъ, чтобы не было надобности устраивать внутри города водонапорную башню. Подобное расположеніе изображено на черт. 369 и соотвѣтствуетъ водопроводу г. Саратова. Изъ водоподъемнаго зданія *A* вода накачивается по трубѣ *d* въ отстойные бассейны *F*, откуда самотокомъ по трубѣ *q* идетъ на фильтры *C* и далѣе въ сборный резервуаръ *D*, изъ котораго она направляется въ городъ. Такимъ образомъ, здѣсь сборный резервуаръ вслѣдствіе своего довольно высокаго расположенія надъ городомъ играетъ кромѣ своей настоящей роли также роль водонапорной башни, устройство которой въ этомъ случаѣ будетъ излишнимъ. Изъ приведенныхъ примѣровъ ясно, что въ описываемомъ типѣ водопроводовъ расположеніе составныхъ частей его можетъ быть весьма разнообразно въ зависимости отъ топографическихъ и другихъ мѣстныхъ условій.

Общее расположение сооружений въ водопроводахъ.

Водоснабженіе города Петрограда.



Черт. 370. — Планъ главной станціи Петроградскихъ водопроводовъ, расположенныхъ на берегу р. Большой Невы близъ Гавричеськаго дворца, въ началѣ XX вѣка, до удлиненія водозаборныхъ трубъ съ 50 до 90 саж. (1910) и переустройства части англійскихъ фильтровъ въ быстродействующіе съ коагулированіемъ и хлорированіемъ воды. (1914—1915).

Примѣромъ водоснабженія второго типа можетъ служить система подачи воды въ Петроградѣ на главной станціи его водопровода, такъ назыв. Шпалерной.

Главная станція Петроградскаго водопровода (см. также стр. 187) занимаетъ огромную территорію на берегу р. Невы противъ Таврическаго дворца. Она снабжаетъ водой 9 незарѣчныхъ частей города Васильевскаго естрова и часть мѣстности, лежащей за Обводнымъ каналомъ. Въ настоящее время она находится въ состояніи переустройства и въ дальнѣйшемъ изложеніи характеризуется въ томъ видѣ, какой она имѣла въ началѣ XX вѣка (черт. 370), являясь яркимъ примѣромъ водоснабженія второго типа.

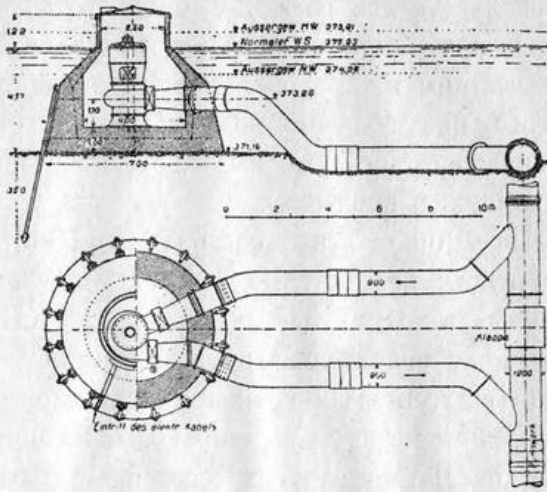
Вода черезъ три трубы діаметромъ 48 дюймовъ, выдвинутыя на разстояніе до 50 саж. отъ берега, для забираія болѣе чистой воды, поступаетъ въ пріемные колодцы, въ зданіи береговой насосной станціи (№ 7 плана черт. 370). Эти заборныя трубы, свободно изогнувшись по формѣ дна рѣки, благодаря шарнирнымъ соединеніямъ звеньевъ, имѣютъ на концахъ вертикальные отростки; на верху послѣднихъ насажены горизонтальныя колѣна въ видѣ раструба для уменьшенія начальной скорости всасыванія и опасности втягиванія въ трубу плавающихъ тѣлъ. Заборныя трубы ограждены бакеномъ для предотвращенія поврежденія ихъ якорями проходящихъ судовъ.

Береговая насосная станція (№ 7 плана станціи черт. 370) перекачиваетъ воду изъ пріемныхъ колодцевъ чрезъ два сѣточные зданія на фильтры.

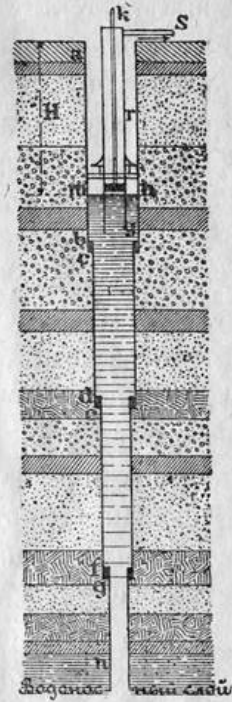
Въ ней установлено 7 насосовъ системы Вортингтона, горизонтальныхъ, двояныхъ, тройного расширенія, въ 50 индикаторныхъ силъ каждый, со средней суточной производительностью въ милліона ведеръ каждый, и одинъ центробѣжный насосъ, могущій давать до 4 милліоновъ ведеръ въ сутки, въ 100 индикаторныхъ силъ. Паръ для насосовъ получается изъ установленныхъ въ томъ же зданіи шести котловъ, четырехъ цилиндрическихъ съ кипятилниками и двухъ системы Бабкокъ и Вилькоккъ. Общая производительность береговой станціи равняется 25.000,000 ведеръ въ сутки.

Сѣточные зданія, составляющія до нѣкоторой степени особенность Петроградскаго водопровода, расположены между фильтрами и служатъ для процѣживанія и аэраціи воды. Болѣе подробное описаніе этихъ устройствъ съ чертежомъ ихъ помѣщено въ

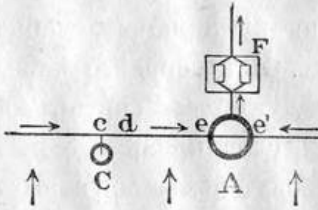
Снабжение водой изъ рѣкъ и озеръ и грунтовой водой.



Черт. 371 и 372. Насосная станція съ электродвигателемъ, вынесенная въ озеро для нагнетанія воды въ заборную трубу Женевского водопровода.

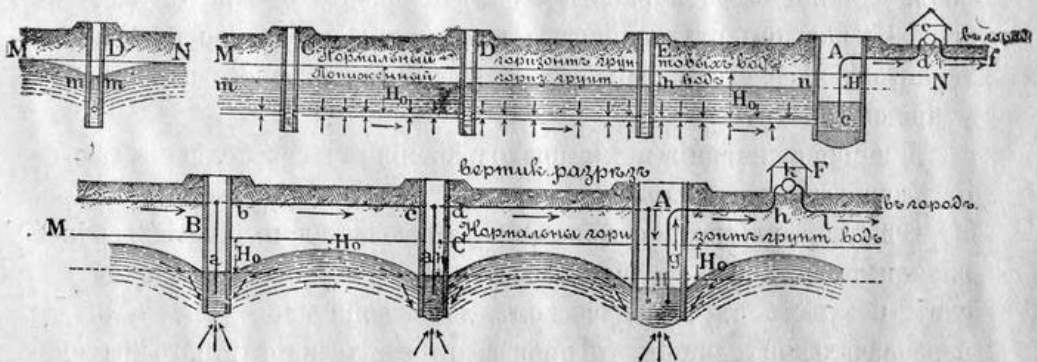


Черт. 377. Вертикальный разръзъ буроваго телескопическаго колодца.



Черт. 374. Часть плана водоснабженія посредствомъ колодезь большого діаметра.

Черт. 378 и 379. — Поперечный и продольный разръзы водоснабженія посредствомъ горизонтальныхъ трубъ или галлерей.



Черт. 373. — Продольный разръзъ водоснабженія посредствомъ колодезь большого діаметра.

главѣ восьмой настоящаго курса. Вода, поднимаемая насосами береговой станціи, притекаетъ въ сѣточномъ зданіи въ каналъ, изъ коего изливается каскадами черезъ два ряда наклонно поставленныхъ сѣтокъ въ находящіеся подъ ними резервуары. Сѣтки задерживаютъ мелкія плавающія частицы и тѣмъ облегчаютъ дальнѣйшую работу фильтровъ. Кромѣ того, при изливаниіи воды каскадами, она, соединяясь подъ дѣйствіемъ кислорода воздуха, выдѣляетъ нѣкоторыя минеральныя примѣси (аэраціонный процессъ).

Фильтры общей площадью 7200 кв. саж. состоятъ изъ 18 отдѣленій, соединенныхъ въ 3 группы: первая (№ I—№ VII) и вторая (№ VIII—№ XI), выстроенныя въ 1890 году, и третья (№ XII—№ XVIII), выстроенная, въ виду значительнаго увеличенія суточного расхода воды, въ 1896 году. Каждая группа имѣетъ свой отдѣльный сборный резервуаръ для профильтрованной воды. Подобная характеристика фильтровъ типа Петроградскихъ, такъ называемыхъ англійскихъ, дана далѣе въ главѣ восьмой. Фильтры сдѣланы изъ бетона. Каждое отдѣленіе фильтра представляетъ въ планѣ прямоугольникъ, раздѣленный шестью рядами столбовъ на семь продольныхъ галлерей, въ которыхъ проходятъ по дну кирпичные каналы, впадающіе въ одинъ общій сборный каналъ. Изъ сборнаго канала вода поступаетъ въ сборный колодезь и оттуда уже въ резервуаръ чистой воды.

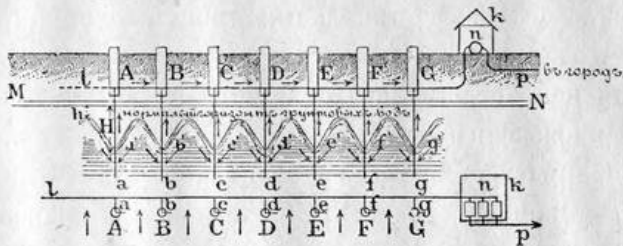
Фильтрующий слой состоитъ изъ слоя промытаго песка въ 24", покоящагося послѣдовательно на слояхъ болѣе крупнаго песка (3"), гравія (3"), крупнаго гравія (4"), крупнаго булыжника (8"), назначеніе коихъ, главнымъ образомъ, въ поддерживаніи песчанаго слоя и сборѣ фильтрата въ каналы. Скорость фильтрованія доходила до 12" въ часъ, что, конечно, отражается на качествѣ работы фильтровъ, для нормальной работы коихъ скорость должна быть 4" въ часъ. Въ каждомъ отдѣленіи фильтра имѣется особое приспособленіе, гарантирующее его поверхность отъ размыва при поступленіи воды у приводной трубы.

Для опораживанія и для предохраненія отъ переполненія каждое отдѣленіе фильтра снабжено холостой и спускной трубами.

Очистка фильтровъ обыкновенно заключается въ снятіи верхней планки толщ. 0,5", что производится не рѣже одного раза въ мѣсяцъ, и затѣмъ въ періодическомъ добавленіи слоя (въ 4"—6") до первоначальной толщины, что производится въ теченіе лѣтняго времени.

Общее расположение сооружений въ водопроводахъ.

Снабжение грунтовой водой.

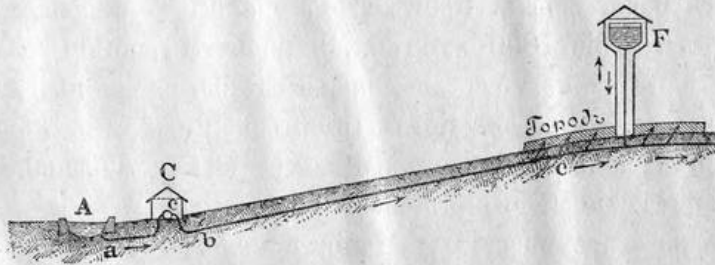


Черт. 375 и 376. — Продольный разръзъ и планъ водоснабженія посредствомъ бурлинскихъ колодезь съ общей всасывающей трубой.

Снабжение ключевой водой.



Черт. 380. — Снабжение ключевой водой, когда часть пути можетъ быть пройдена самотокомъ.



Черт. 381. — Снабжение ключевой водой при необходимости нагнетанія ея отъ самыхъ источниковъ.

Изъ сборныхъ резервуаровъ (А, Б и В на планѣ), сдѣланныхъ изъ бетона и по конструкціи своей мало отличающихся отъ фильровъ, вода поступаетъ въ рядъ насосныхъ станцій высокаго давленія №№ 1—6 и № 9. Установленные въ этихъ зданіяхъ насосы и котлы—различныхъ системъ, что зависѣло отъ времени ихъ пріобрѣтенія и отъ соотвѣтственнаго состоянія техники. Въ водонапорной башнѣ установлены 4 вертикальныя машины, пріобрѣтенныя въ 1860—1864 годахъ, въ 100 индикаторныхъ силъ каждая, доставляющія воду непосредственно въ резервуаръ водонапорной башни, съ суточной производительностью въ 1.000.000 ведеръ. Въ одномъ изъ отдѣленій пристройки къ водонапорной башнѣ также стоятъ двѣ старинныя машины, горизонтальныя, одноцилиндровыя, въ 150 индикаторныхъ силъ, изготовленныя лондонскою фирмою Дюрансъ. Главная особенность этихъ послѣднихъ состоитъ въ чрезвычайной медленности хода и солидныхъ размѣрахъ частей. Производительность этихъ машинъ 1.000.000 ведеръ; онѣ требуютъ большого количества угля, чѣмъ болѣе новыя машины. Далѣе въ насосной станціи № 3 установлены 3 горизонтальныя машины компаундъ, изготовленныя фирмою Кокериль въ Бельгіи, въ 150 индикаторныхъ силъ. Кромѣ этого еще установлены машины системы Блэка, пріобрѣтенныя въ 1871—72 г., системы компаундъ, сдвоенныя, горизонтальныя, прямого дѣйствія, въ 175 индикаторныхъ силъ, съ суточною производительностью въ 1.200.000 ведеръ. Къ достоинствамъ этой системы и вообще сдвоенныхъ насосовъ слѣдуетъ отнести то, что толчекъ, сообщаемый отъ насоснаго поршня, разлагается на два, и потому движеніе воды совершается равномернѣе. Кромѣ этихъ машинъ установлены пріобрѣтенныя въ теченіе 1890—1897 гг. 9 машинъ тройнаго расширенія, системы Вортингтонъ, со средней производительностью въ 1.200,000—1.300.000 вед. въ сутки. Котлы, примѣняемые для этихъ насосовъ, слѣдующихъ системъ: Бабкокъ и Вилькоксъ (12), Ланкаширскіе (10) и цилиндрическіе съ однимъ кипятыльникомъ.

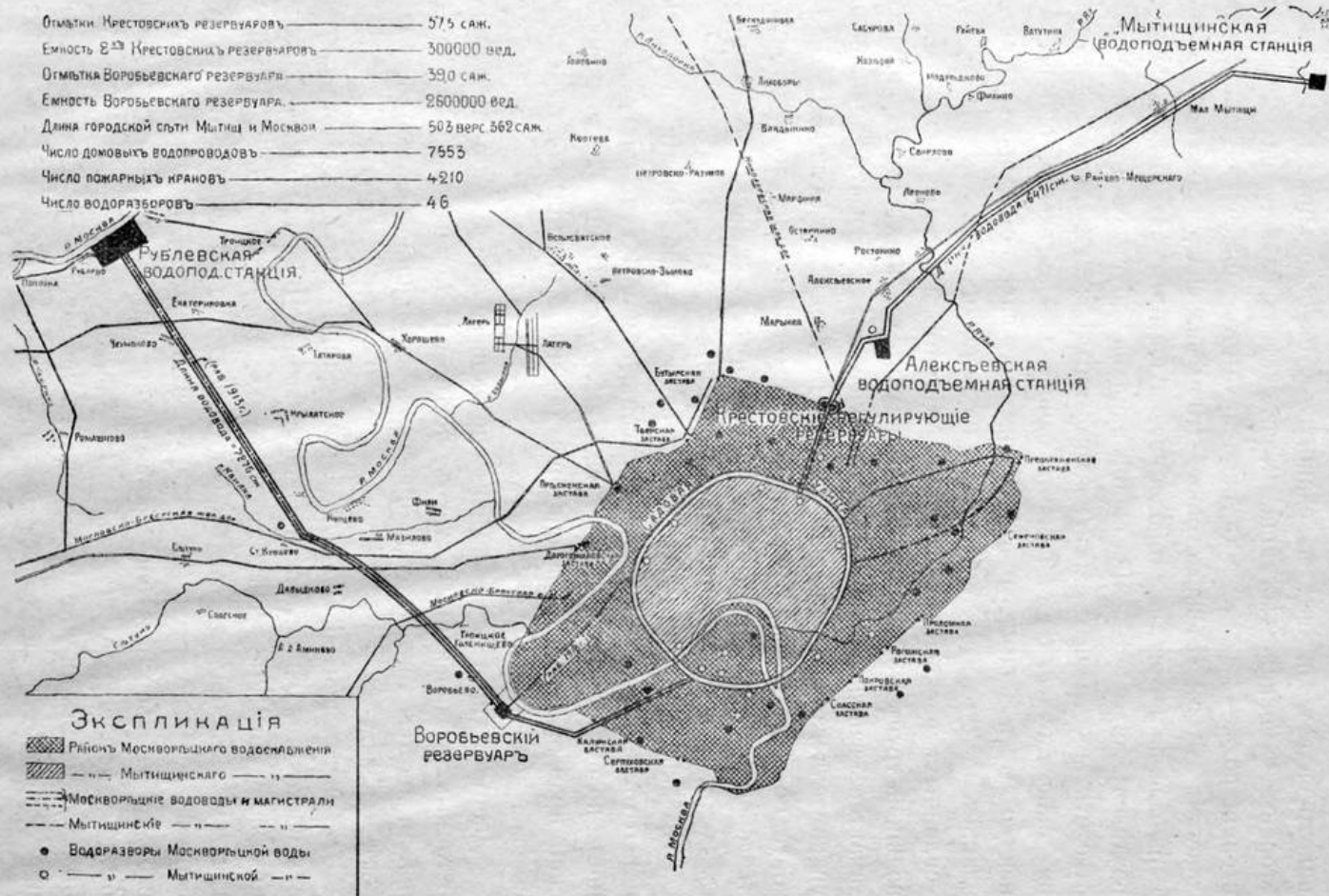
Въ одномъ изъ насосныхъ зданій установленъ водомѣръ Вентури (см. главу десятую).

Машинами насосныхъ станцій вода непосредственно по шести магистральямъ (5 діам. 30" и одна 20") нагнетается въ городъ.

Находящаяся на территоріи станціи большая водонапорная башня, высотой до 22 саж., имѣетъ резервуаръ емкостью до 30,000 ведеръ.

Снабженіе города Москвы грунтовой и рѣчной водой.

Отмѣтки Крестовскихъ резервуаровъ	57,5 саж.
Емкость 2 ^х Крестовскихъ резервуаровъ	300000 вед.
Отмѣтка Воробьевскаго резервуара	39,0 саж.
Емкость Воробьевскаго резервуара	2600000 вед.
Длина городской сѣти Мытищ и Москвой	503 верс 362 саж.
Число домовыхъ водопроводовъ	7653
Число пожарныхъ крановъ	4210
Число водоразборовъ	46



Экспликація

- Районъ Москворѣцкаго водоснабженія
- Мытищинскаго
- Москворѣцкіе водоводы и магистралы
- Мытищинскіе
- Водоразборъ Москворѣцкой воды
- Мытищинской

Черт. 382. Общій планъ г. Москвы съ показаніемъ водопроводовъ: грунтового—Мытищенскаго и рѣчного—Москворѣцкаго.

Общее расположение сооружений въ водопроводахъ.

Резервуаръ—плоскій бакъ изъ котельнаго желѣза ($\frac{3}{8}$ мм.), имѣеть въ планѣ видъ подковы, такъ какъ въ центрѣ башни идетъ дымовая труба отъ котловъ, находящихся у ея основанія, а съ южной стороны каменная лѣстница. Высота стѣнъ бака 4 саж., высота стоянія воды—3 саж., такъ какъ на этомъ горизонтѣ установлена холостая труба. Площадь бака—1,000 кв. фут., и весь бакъ четырьмя радіальными перегородками, идущими отъ его низа до верху, раздѣленъ на 5 отдѣленій, сообщающихся другъ съ другомъ чрезъ отверстія въ нижней части, закрываемыя задвижками. Въ случаѣ надобности очистки или ремонта одного изъ отдѣленій, оно разобъщается съ сосѣдними, и все содержимое спускается чрезъ особый клапанъ въ сточную трубу. Бакъ покоится на желѣзныхъ балкахъ, усиленныхъ раскосными фермами. Діаметръ нагнетательной и разводящей трубъ—30 дюймовъ. Резервуаръ на башнѣ имѣлъ сначала характеръ запаснаго, но въ настоящее время играетъ лишь роль уравнивателя давленія въ сѣти (см. главу девятую). Колебанія горизонта воды въ бакѣ, отражающія въ себѣ колебанія расхода воды въ городской сѣти, отмѣчаются поплавкомъ съ рейкой, помѣщенной въ нижнемъ этажѣ водонапорной башни.

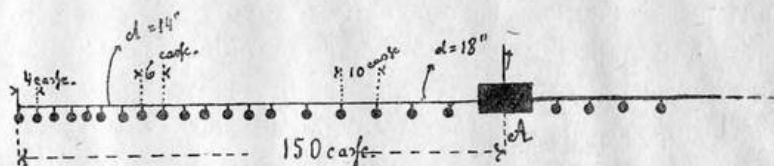
На дворѣ станціи имѣются мастерскія, гдѣ производится ремонтъ и изготовленіе новыхъ частей насосовъ, створныхъ пожарныхъ крановъ, водомѣровъ и т. п., а также находятся зданія для механической промывки песка, лабораторія для изслѣдованія воды, и нѣсколько домовъ для служащихъ.

Дворъ станціи канализованъ по общесплавной системѣ сѣтью бетонныхъ и деревянныхъ трубъ, устье магистральной трубы которой находится ниже точки приѣма воды водопровода, но не вдалекѣ отъ нея.

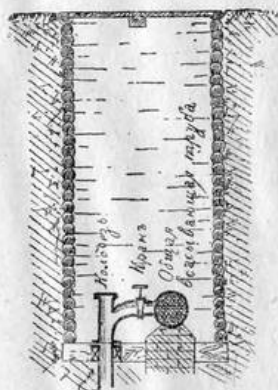
Въ настоящее время Шпалерная станція нѣсколько отличается отъ состоянія, охарактеризованнаго выше. Подъ вліяніемъ холерной эпидеміи 1908—1909 года, когда стало очевидно, что Петроградскій водопроводъ снабжаетъ городъ водой, содержащей его собственныя нечистоты (см. вторую часть курса), чтобы хотя нѣсколько уменьшить заборъ зараженной воды, всасывающія трубы были удлинены до 90 саж. отъ берега. Затѣмъ въ 1912 году были устроены по инициативѣ автора настоящаго труда, временныя приспособленія для дезинфекціи воды гипохлоритами, которыя въ

Общее расположение сооружений въ водопроводахъ.

Снабженіе города Москвы грунтовой водой.



Черт. 383. — Планъ части старой линіи бруклинскихъ водосборныхъ колодезь грунтоваго Мытищинскаго водоснабженія; вся длина линіи водосборовъ = 300 саж.; разстояніе же между отдѣльными колодцами колеблется отъ 4 до 10 саж., возрастаю по мѣрѣ приближенія къ насосной станціи (А).

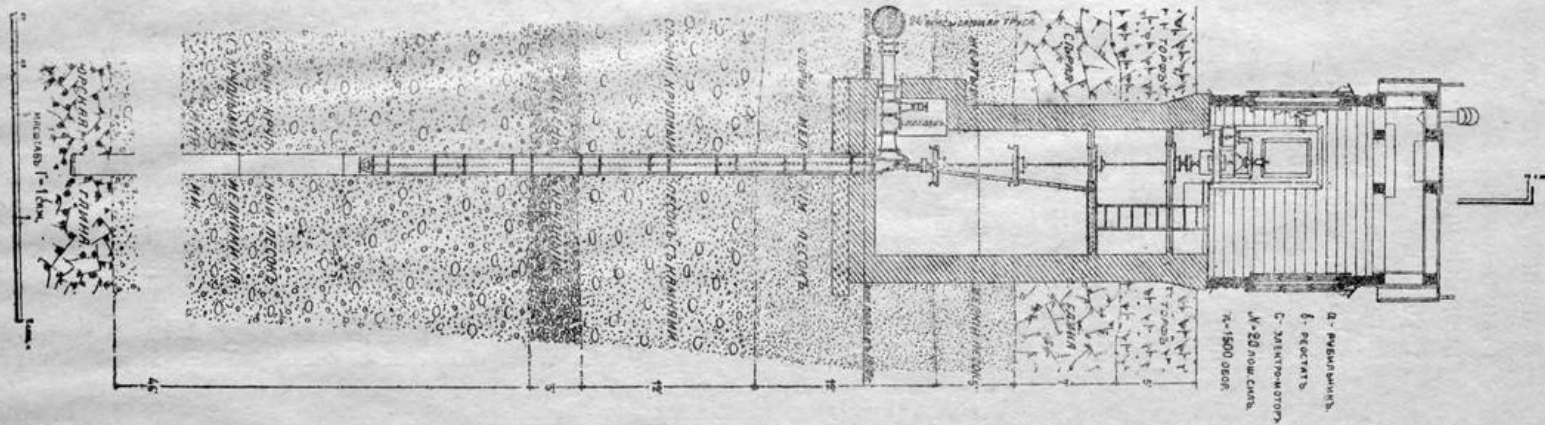
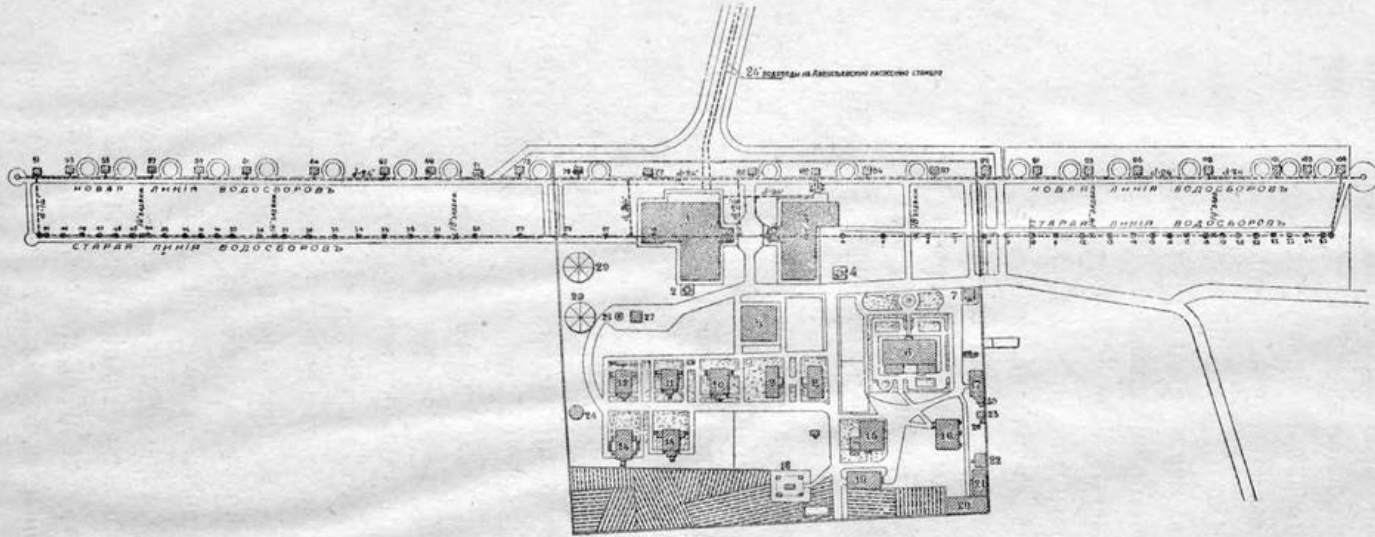


Черт. 384. — Поперечный разрѣзъ всасывающей трубы старой линіи грунтоваго Мытищенскаго и вертикальный разрѣзъ одного изъ колодезевъ; трубчатый колодезь оканчивается у деревянной шахты, гдѣ при помощи колѣна соединяется съ общей всасывающей трубой, идущей къ насосной станціи; на колѣнѣ помѣщенъ кранъ, позволяющій выключать колодезь изъ дѣйствія въ случаѣ ремонта.

1914—1915 получили развитіе въ постоянныя въ соединеніи съ коагулированіемъ воды и фильтрованіемъ ея чрезъ скорые фильтры. Съ этой цѣлью часть англійскихъ фильтровъ была обращена въ отстойники и быстрые фильтры (см. В. Е. Тимоновъ. — Матеріалы по водоснабженію Петрограда въ связи съ проектомъ Ладожскаго водопровода, составленнымъ въ 1913 году. Птр. 1915).

Схемы водоснабженія, представленныя на черт. 366—369, предполагаютъ вездѣ наличие водозаборныхъ трубъ (*a*) между источникомъ—рѣкой или озеромъ—и насосной станціей (*c*). Обыкновенно, какъ было указано выше, эти трубы проводятъ воду къ колодцу (*b*), изъ котораго происходитъ откачиваніе воды насосами. Передвиженіе воды по трубѣ *a* происходитъ, такимъ образомъ, вслѣдствіе разности уровней—естественнаго въ рѣкѣ или озерѣ и искусственнаго въ колодцѣ. Очевидно, что эта разность не можетъ практически превосходить нѣкоторыхъ небольшихъ предѣловъ, что въ свою очередь ограничиваетъ количество воды, которое можетъ быть подано по трубѣ опредѣленнаго сѣченія, въ тѣмъ большей степени, чѣмъ длиннѣе труба, и заставляетъ при большихъ расходахъ воды увеличивать значительно число водозаборныхъ трубъ (см. Петроградскую станцію — черт. 370) или, какъ это дѣлается при длинныхъ озерныхъ водозаборныхъ сооруженіяхъ, строить туннели большаго сѣченія. Сопряженныя съ подобными рѣшеніями большія затраты могутъ быть въ нѣкоторыхъ случаяхъ сокращены устройствомъ на концахъ водозаборныхъ трубъ насосныхъ приспособленій, которыя давали бы возможность нагнетать воду при наибольшей допустимой скорости. Такія станціи, вынесенныя въ водное пространство озера, должны имѣть островной характеръ. Устройство ихъ можетъ значительно облегчаться и упрощаться при примѣненіи электричества, какъ двигателя. Доказательствомъ возможности и цѣлесообразности такихъ устройствъ, при извѣстныхъ условіяхъ, служить озерная станція Женевскаго водопровода (черт. 371, 372), являющаяся единственной пока въ своемъ родѣ (см. Schweizerische Bauzeitung, 1914 и Annali della Società degli ing. e degli arch. ital. 1915). Г. Женева беретъ воду изъ Женевскаго озера въ мѣстѣ, гдѣ глубина достигаетъ 15 метровъ. Водозаборная труба діаметромъ въ 1,20 метра имѣетъ длину между мѣстами забора и насосной станціей въ 3600 метровъ. До послѣдняго времени пере-

Снабжение города Москвы грунтовой водой.



мѣщеніе воды по этой трубѣ происходило исключительно подѣйствіемъ силы тяжести. Увеличивающійся расходъ воды въ городѣ вызвалъ необходимость въ усиленіи притока воды по водозаборной трубѣ къ насосной станціи, въ особенности въ лѣтніе мѣсяцы, когда уровень озера особенно низокъ и напоръ въ водозаборной трубѣ падаетъ до минимума. Эта цѣль могла бы быть достигнута устройствомъ особыхъ соединенныхъ съ водозаборной трубой всасывающихъ насосовъ, которые увеличили бы скорость движенія въ ней воды. Но примѣненіе такого приѣма вызывало опасеніе, что чрезъ возможные неплотности стыковъ трубы будетъ всасываться и донный илъ. Поэтому была построена островная насосная станція въ небольшомъ разстояніи отъ начала водозаборной трубы съ центробѣжнымъ насосомъ, приводимымъ въ дѣйствіе электрическимъ токомъ. Всасывающій и нагнетательный отростки трубы этого насоса, соединены съ водозаборной трубой водопровода такъ, что вода, втекающая въ послѣднюю со стороны озера подѣйствіемъ силы тяжести и всасыванія насоса, далѣе движется уже подѣйствіемъ послѣдняго. Между мѣстами примыканія этихъ отростковъ на главной трубѣ есть клапанъ, который автоматически закрывается, вслѣдствіе разности давленій, когда электронасосъ въ дѣйствіи, и остается открытымъ, когда водозаборная труба работаетъ только силой тяжести воды. Такимъ образомъ, озерную насосную станцію можно пускать въ ходъ только въ случаѣ надобности. Току она получаетъ съ береговой водопроводной станціи. Озерная станція представляетъ собой металлическій кессонъ, выполненный бетонной кладкой. Онъ поставленъ на дно озера на глубинѣ 4 метровъ и укрѣпленъ 16 сваями, забитыми вокругъ. Верхъ кессона поднимается надъ самымъ высокимъ горизонтомъ озера на 0,65 метра. Насосъ, — центробѣжный низкаго давленія, системы Зульцера, поднимаетъ до 66 куб. м. въ минуту на высоту 3 метровъ при 200 оборотахъ въ минуту. Моторъ, — трехъ фазный въ 65 силъ, питается токомъ въ 2000 вольтъ при 40 періодахъ.

III. Къ третьему типу водопроводовъ относятся такіе, которые получаютъ грунтовую воду, привлекаемую искусственно къ водосборнымъ сооружениямъ (IV категорія классификаціи § 39). Въ зависимости отъ устройства водосборовъ водопроводы этого типа можно раздѣлить на четыре группы, которыя и опишемъ каждую отдѣльно;

замѣтимъ прежде всего, что въ водопроводахъ этого типа водоподъемное зданіе или насосная станція располагается въ мѣстѣ нахожденія водосборовъ.

а) Къ первой группѣ принадлежатъ водопроводы, въ которыхъ грунтовая вода собирается каменными или металлическими колодцами большого діаметра (§ 39, классификація IV категория, № 1, п. А, б). Такъ какъ одинъ колодезь не можетъ дать количества воды достаточнаго для города, то устраиваютъ нѣсколько колодцевъ, соединяя ихъ въ одну систему. На черт. 373 и 374 показано въ планѣ и вертикальномъ разрѣзѣ общее устройство водосборовъ этого рода. Грунтовая вода собирается колодцами *B, C . . .* и главнымъ колодцемъ *A*, находящимися въ разстояніи 100—200 сажень другъ отъ друга: вода изъ грунта поступаетъ въ эти колодцы черезъ дно (главнымъ образомъ), которое совершенно открыто или закрыто, но имѣетъ отверстія, и черезъ небольшія отверстія, сдѣланныя въ боковой обдѣлкѣ колодцевъ. Изъ колодцевъ *B, C*, вода проводится въ главный колодезь помощью сифона, составленнаго изъ чугунныхъ трубъ *bcde*: далѣе вода изъ главнаго колодца выкачивается паровыми насосами *k*, расположенными въ водоподъемномъ зданіи *F* помощью всасывающей трубы *gh* и затѣмъ по трубѣ *l* направляется въ городъ. При откачкѣ изъ главнаго колодца вода переливается изъ колодцевъ *B, C . . .* въ главный: уровень воды въ сихъ послѣднихъ понижается, почему вода изъ грунта начинаетъ входить въ колодець черезъ дно и черезъ отверстія въ стѣнкахъ. При установившемся дѣйствіи водосборовъ поверхность грунтовой воды около каждаго колодца принимаетъ видъ воронки, такъ что пониженіе горизонта грунтовыхъ водъ у колодца значительно больше, чѣмъ на краяхъ воронки. Пониженіе воды въ сборномъ колодцѣ равно $H_0 + H$ больше, чѣмъ пониженіе въ прочихъ колодцахъ. Дѣйствіе сифона обусловливается разностью горизонтовъ *H*. Для возможности дѣйствія сифона и для пусканія его въ дѣйствіе необходимо соблюденіе условій, указанныхъ, по отношенію къ сифонамъ вообще, въ курсѣ Гидравлики.

Обыкновенно колодцы располагаются по линіи перпендикулярной къ направленію движенія грунтовой воды въ землѣ и по обѣ стороны отъ главнаго колодца, такъ что вода проводится въ этотъ колодезь двумя сифонами, дѣйствующими независимо другъ отъ

друга. По описанной системѣ вполне или съ нѣкоторыми видоизмѣненіями сборъ воды устроенъ въ Самарѣ, Крефельдѣ, Кольмарѣ и др. городахъ (см. § 43).

б) Ко второй группѣ относятся водопроводы, въ которыхъ грунтовая вода собирается металлическими колодцами малаго діаметра (нѣсколько дюймовъ) или трубчатыми (§ 39, классификація, IV категория, № 1, п. В, д, а). Такъ какъ одинъ такой колодезь можетъ дать въ сутки лишь отъ нѣсколькихъ тысячъ до нѣсколькихъ десятковъ тысячъ ведеръ, смотря по обилію грунтовой воды, что для города, даже небольшого, недостаточно, то устраиваютъ ихъ нѣсколько, соединяя ихъ въ одну систему. Эти колодцы, называемые также бруклинскими, по имени города Бруклина, для водоснабженія котораго система такихъ колодцевъ была впервые примѣнена, имѣютъ разнообразное устройство. Здѣсь въ видѣ примѣра приведемъ наиболѣе простое изъ нихъ, изображенное на черт. 375 и 376 въ вертикальномъ разрѣзѣ и планѣ. Каждый колодезь *a, b, c, d, e, f, g*, представляетъ собою желѣзную трубу діаметромъ отъ 2 до 5 дюймовъ, которая на протяженіи *aa', bb', cc' . . .*, имѣетъ на боковой поверхности небольшія отверстія. На этой длинѣ труба обернута очень мелкой мѣдной сѣткой, поверхъ которой надѣтъ тонкій металлическій листъ съ мелкими отверстіями. Сѣтка съ листомъ образуютъ такъ называемый фильтр колодца и назначаются для того, чтобы воспрепятствовать проходу мелкихъ песчинокъ изъ грунта въ колодезь.

Верхняя часть cadaго колодца входитъ въ кирпичную или чугунную шахту *A, B, C . . .* на днѣ этой шахты колодезь имѣетъ короткій боковой отростокъ, которымъ онъ соединяется съ горизонтальной всасывающей трубой *lm*, идущей вдоль всѣхъ колодцевъ въ водоемное зданіе *k*. Расположенные здѣсь насосы всасываютъ помощью трубы *lm* воду изъ колодцевъ, а слѣдовательно и изъ грунта, и накачиваютъ ее въ городъ по трубѣ *p*. Горизонтъ грунтовыхъ водъ *MN* при откачкѣ насосами понижается такимъ образомъ, что около cadaго колодца поверхность грунтовыхъ водъ принимаетъ видъ воронки; пониженіе уровня водъ у колодца (т. е. на днѣ воронки) равно *H*, а на серединѣ разстоянія между колодцами (т. е. у краевъ воронки) равно *h*. Чѣмъ больше разность $H-h$, тѣмъ больше притекаетъ воды къ колодцу. Колодцы рас-

полагаются въ планѣ по линіи, перпендикулярной къ направленію движенія грунтовыхъ водъ на тѣхъ же основаніяхъ, какъ и въ предыдущемъ случаѣ.

в) Третью группу составляютъ буровые колодцы большой глубины или телескопическіе колодцы, названные такъ вслѣдствіе сходства (на чертежѣ) съ телескопомъ (§ 39, классификація, IV категория, № 1. п. В, б, β). Водосборы вышеописанныхъ группъ устраиваются въ тѣхъ случаяхъ, когда грунтовая вода хорошаго качества и въ требуемомъ количествѣ находится довольно близко отъ поверхности земли, приблизительно отъ 2 до 5 саж. Но когда вода надлежащихъ качествъ находится въ пластахъ, залегающихъ очень глубоко, напр. въ нѣсколькихъ десяткахъ саженъ отъ поверхности, и при этомъ на меньшей глубинѣ хотя и имѣется вода, но или въ маломъ количествѣ или неудовлетворительныхъ качествъ, то въ подобныхъ случаяхъ колодезь устраивается по длинѣ изъ нѣсколькихъ колѣнъ *ab*, *cd*, *ef* и *gh* (черт. 377), діаметръ которыхъ постепенно уменьшается; такіе колодцы дѣлаются или металлическими или верхняя часть ихъ *ab* дѣлается кирпичной, а остальная—металлической (чугунной при большихъ діаметрахъ и желѣзной — при малыхъ). Нижнее колѣно *gh* проникаетъ частью въ тотъ водоносный пластъ, въ которомъ предположено остановиться буреніемъ. Вода въ такихъ пластахъ находится подъ давленіемъ, почему въ колодцѣ она поднимается до нѣкотораго горизонта *mn* на глубинѣ *H* отъ поверхности земли. Если эта глубина не велика, составляетъ напр. не болѣе 3 саженъ, то вода изъ колодца можетъ выкачиваться непосредственно насосами, поставленными въ водоподъемномъ зданіи, и нагнетаться въ городъ совершенно такъ же, какъ и въ другихъ вышеприведенныхъ случаяхъ. Когда же *H* больше, то насосъ опускается въ верхнюю часть колодца; паровая машина приводитъ въ дѣйствіе штангу *kl*, на концѣ которой помѣщенъ поршень: всасываемая трубой *q* вода будетъ нагнетаться по трубамъ *r* и *s* въ городъ. Колодцы подобнаго или сходнаго типа устроены для водоснабженія многихъ англійскихъ городовъ и достигаютъ значительной глубины, напр. въ Kensington Gardens—глубины въ 36 саж.; въ Екатеринославской и Таврической губерніяхъ устроено много колодцевъ для желѣзнодорожныхъ станцій и для небольшихъ городовъ; здѣсь глубина ихъ еще значительнѣе и достигаетъ напр. на

станціи Мелитополь 127 сажень. (См. подробную классификацію буровых колодцевъ въ § 45).

Колодцы располагають или по прямой линіи, перпендикулярной къ теченію грунтовой воды, или по окружности круга, или соединяють вмѣстѣ и то и другое расположеніе.

Примѣромъ перваго расположенія можетъ служить грунтовое Мытищенское водоснабженіе г. Москвы (см. «Краткое описаніе Московскихъ Городскихъ Водопроводовъ». Изд. Моск. Гор. Общ. Упр. 1913), которое, развиваясь, получило въ послѣднее время нѣкоторыя существенныя измѣненія противъ своего первоначальнаго вида (см. на черт. 382 «Общій планъ г. Москвы съ показаніемъ ея водопроводовъ—грунтового, Мытищенскаго и рѣчного—Москворѣцкаго»). Въ своемъ первоначальномъ видѣ линія водосборовъ, расположенная на правомъ берегу р. Яузы въ 150 саж. отъ нея, состояла изъ ряда въ 50 четырехъ-дюймовыхъ желѣзныхъ трубчатыхъ колодцевъ съ фильтрами, опущенныхъ до поверхности юрской глины на глубину до 14 сажень (при большой глубинѣ не рекомендуется дѣлать колодцы діаметромъ менѣе 5—6 дюймовъ) и соединенныхъ въ верхней ихъ части, на глубинѣ 1,2 саж. отъ поверхности земли общею всасывающею чугунною трубою діаметромъ отъ 14" до 18". Вся длина линіи водосборовъ составляетъ 300 сажень, разстояніе же между отдѣльными колодцами колеблется отъ 4 до 10 сажень. Посрединѣ водосбора поставлена насосная станція А (черт. 383), высасывающая воду изъ земли и нагнетающая ее по 24-дюймовому водоводу, длиной 12 верстъ 463 саж. въ подземный резервуаръ, въ 300.000 ведеръ, на такъ назыв. Алексѣевской водоподъемной станціи. Ближайшіе къ А колодцы находятся на разстояніи 10 сажень другъ отъ друга, слѣдующіе—въ 6 саж. и отдаленнѣйшіе—въ 4 саженьяхъ. Подобное расположеніе сдѣлано для того, чтобы въ нѣкоторой степени уравнивать дѣйствіе всѣхъ колодцевъ. Очевидно, что дѣйствіе насосовъ на ближайшіе колодцы будетъ наибольшее и наименьшее—на отдаленные, между тѣмъ послѣдніе могутъ давать наибольшее количество воды. Поперечный разрѣзъ линіи водосбора (по одному изъ новыхъ колодцевъ) изображенъ на черт. 386. Напластованіе слоевъ грунта у водосбора слѣдующее: сверху небольшой слой торфа (отъ $\frac{1}{2}$ до $2\frac{1}{2}$ саж.), затѣмъ мощный слой песка до глубины 14 саж., а ниже—Юрская глина. Грунтовая вода стоитъ на глубинѣ около

1¹/₂ аршинъ отъ поверхности земли, при откачиваніи же воды изъ водосбора—ея уровень въ колодцахъ понижается на 3 саж. Вертикальные трубчатые колодцы сдѣланы изъ желѣзныхъ трубъ непроницаемыми на глубину 4,5 саж. отъ поверхности земли, затѣмъ далѣе внизъ идутъ продыравленные трубы, обтянутыя тонкой мѣдной тканью—фильтры; не доходя 1 саж. до глубины трубы снова сплошныя. Въ мѣстахъ соединенія всасывающей трубы съ водосборными колодцами помѣщены краны (черт. 384 и 386) для возможности выключенія отдѣльныхъ колодцевъ изъ общей системы въ случаѣ ихъ ремонта. Для свободнаго доступа къ кранамъ у каждого колодца устроены деревянные или кирпичныя шахты.

Водоподъемныя машины были установлены такимъ образомъ, что оси ихъ насосныхъ цилиндровъ (горизонтальныхъ) совпадали съ уровнемъ стоянія грунтовыхъ водъ. Пробная откачка при изысканіяхъ и выведенный при этихъ откачкахъ коэффициентъ водопроницаемости грунта далъ основаніе предположить, что, при извлеченіи 1.500.000 ведеръ воды въ сутки и при длинѣ линіи водосборовъ въ 300 саж., пониженіе грунтовыхъ водъ въ водосборахъ будетъ около 3 саженой. Въ первые годы дѣйствія водосборовъ, когда расходъ воды не превышалъ 1.500.000 ведеръ въ сутки, пониженіе уровня грунтовыхъ водъ было 17,5 футъ и машины работали вполне исправно.

По мѣрѣ увеличенія потребности въ водѣ въ городѣ приходилось увеличивать количество откачиваемой воды на счетъ пониженія уровня грунтовыхъ водъ. Сначала приходилось пускать въ работу вторую водоподъемную машину на нѣсколько часовъ въ дни наибольшаго разбора (субботы) воды, затѣмъ промежутки совместной работы двухъ машинъ все удлинялись и удлинялись, и наконецъ, пришлось работать двумя машинами уже постоянно. Съ увеличеніемъ количества откачиваемой воды пониженіе уровня грунтовыхъ водъ все увеличивалось, вмѣстѣ съ тѣмъ коэффициентъ наполненія насосовъ уменьшался и сдѣлался вмѣсто 0,995 — 0,9 (см. главу X). Количество попадающаго во всасывающую трубу воздуха настолько увеличилось, что спокойный ходъ машинъ нарушился и потребовалось удаленіе воздуха изъ всасывающихъ трубъ компрессоромъ.

Для уменьшенія количества воздуха во всасывающихъ трубахъ,

онѣ были открыты на всей длинѣ, осмотрѣны и вновь очеканены, а въ буровые колодцы были опущены особыя всасывающія трубы, діаметромъ въ $3\frac{1}{2}$ " , длиною по 22 фута, соединенныя непосредственно съ общей всасывающей трубой.

Для уменьшенія потери напора на пути отъ колодцевъ къ водоподъемнымъ машинамъ была произведена прочистка фильтровъ буровыхъ колодцевъ путемъ нагнетанія воды, затѣмъ для той же цѣли была проложена параллельно старой всасывающей трубѣ другая, діаметромъ въ 24". Эта труба была расположена въ 14 саж. отъ старой, соединялась съ ней четырьмя вѣтвями и была заложена на 7 футъ ниже старой. Вслѣдствіе этихъ мѣръ удалось уменьшить потерю напора или уменьшить разрѣженіе на 1 дюймъ ртутнаго столба при томъ же количествѣ извлекаемой воды (1.800.000 ведеръ), а разность отмітокъ воды въ отдѣльныхъ колодцахъ удалось довести съ 5 футъ до 2 футъ.

Для уменьшенія потери напора при вступленіи воды въ водосборные колодцы, кромѣ промывки и очистки старыхъ были устроены вдоль новой всасывающей линіи 5 новыхъ буровыхъ колодцевъ большого діаметра, а именно два по 8" и два по 10" и одинъ въ 12". Эти колодцы были устроены такимъ же образомъ, какъ и старые, только съ болѣе крупной сѣткой для фильтровъ; 4 средніе колодца были расположены другъ отъ друга на разстояніи 40 саж., а пятый въ 12" былъ устроенъ на южномъ концѣ всасывающей линіи, т. е. въ 150 саженьяхъ отъ центра линіи водосборовъ. Присоединеніемъ этихъ колодцевъ ко всасывающей линіи удалось при томъ же количествѣ откачиваемой воды уменьшить разрѣженіе во всасывающихъ коробкахъ водоподъемныхъ машинъ на $3\frac{1}{2}$ " ртутнаго столба.

Благодаря этимъ мѣрамъ и при доведеніи вакуума до 24", удалось получить до 2.250.000 и даже до 2.300.000 ведеръ въ сутки. Но извлекать воду при такомъ значительномъ разрѣженіи воздуха становилось очень хлопотливымъ: малѣйшая неисправность въ какой либо части всасывающихъ трубъ влекла за собою уменьшеніе количества воды, а иногда и полное прекращеніе подачи ея. Между тѣмъ потребность въ водѣ росла, дальнѣйшее же увеличеніе количества откачиваемой воды при наличности имѣющихся средствъ не представлялось возможнымъ, а потому при дальнѣйшемъ расширеніи водоснабженія было рѣшено всасывающую трубу обратить въ напорную.

Общая схема Мытищинскаго водоснабженія представляется въ настоящее время въ слѣдующемъ видѣ (черт. 385 и 386). Вдоль новой всасывающей трубы діаметромъ въ 24" и длиною въ 300 саж. устроено 20 буровыхъ колодцевъ. Въ каждый изъ этихъ колодцевъ, имѣющій внутренній діаметръ въ 16", опущенъ центробѣжный насосъ съ вертикальнымъ валомъ, на нижнемъ концѣ котораго находится колесо насоса, а на верхнемъ якорь электромотора 3-хъ-фазнаго тока, дѣлающій 1.445 оборотовъ въ 1 минуту и приводящій въ движеніе колесо насоса, подающее воду во всасывающую трубу. Каждый насосъ подаетъ въ сутки около 250.000 ведеръ воды.

Извлеченная помощью центробѣжныхъ насосовъ вода подводится двумя параллельно расположенными трубами (старая и новая всасывающія линіи) къ одному изъ 2-хъ машинныхъ зданій, расположенныхъ по срединѣ водосборовъ, откуда вода перекачивается по 2-мъ водопроводамъ въ Алексѣевскій запасный резервуаръ.

Электрическая энергія для приводящихся въ движеніе центробѣжные насосы электромоторовъ передается отъ центральной электрической станціи по системѣ мѣдныхъ проводовъ, подвѣшенныхъ къ желѣзнымъ столбамъ.

Водосборные колодцы новой линіи представляютъ собой буровыя скважины, съ внутреннимъ діаметромъ въ 16"; боковая поверхность желѣзныхъ трубъ колодцевъ продырявлена отверстиями въ $\frac{1}{2}$ ", расположенными на 2" другъ отъ друга. Снаружи трубы покрыты оцинкованнымъ желѣзнымъ полотномъ. Глубина каждого колодца обусловливается положеніемъ въ этомъ мѣстѣ юрской глины, въ которую трубы колодцевъ врѣзаются на глубину въ 2 фута своимъ нижнимъ концомъ; глубина колодцевъ колеблется отъ 90 до 100 футовъ. Буровыя скважины срѣзаны на глубинѣ 3 саженой отъ поверхности земли, на днѣ кирпичной шахты.

Десятилѣтняя эксплуатація системы извлеченія воды изъ грунта посредствомъ центробѣжныхъ насосовъ съ вертикальными осями, показала, что этотъ способъ со стороны ухода весьма удобенъ. За всѣми рабочими насосами, число которыхъ доходило до 16, ухаживаетъ только одинъ рабочій въ смѣну, да и тотъ заботится, главнымъ образомъ о чистотѣ въ шахтахъ, павильонахъ и вокругъ нихъ; уходъ же за насосами ограничивается лишь наблюденіемъ за тѣмъ, чтобы въ масленкахъ, служащихъ для смазки подпятниковъ

съ шариками, всегда было масло. Ремонта эти насосы также требуют немного; главный ремонт—это смѣна бакаутовыхъ вкладышей.

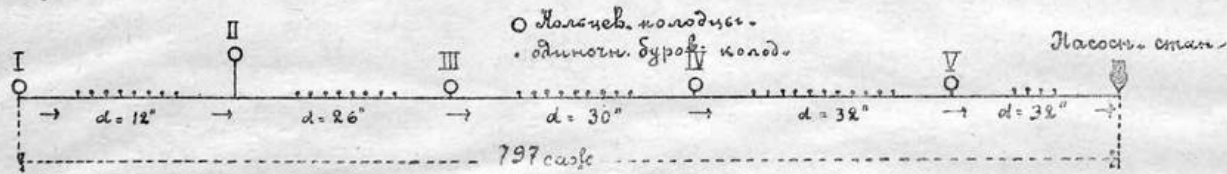
Съ сокращеніемъ количества откачиваемой мытищинскими водосборами воды давленіе грунтовыхъ водъ во всемъ бассейнѣ, а въ особенности близъ самыхъ водосборовъ, постепенно повышалось и къ 1910 г. уровень стоянія грунтовыхъ водъ въ водосборахъ настолько повысился, достигнувъ отмѣтки 10,4, что вновь явилась полная возможность извлекать воду изъ водосборовъ непосредственно водоподъемными машинами; это и было осуществлено съ 15 мая 1910 года. Теперь эти машины качаютъ воду изъ водосборныхъ колодцевъ, просасывая ее черезъ трубы насосовъ Фарко, которые пускаются въ работу лишь въ экстренныхъ случаяхъ.

Въ Московскомъ водоснабженіи отдѣльные колодцы связаны общемо всасывающею трубою, идущею къ насосамъ: вмѣсто этого расположенія къ буровымъ колодцамъ примѣняется также способъ передачи воды въ общій сборный (обыкновенно каменный или чугунный большого діаметра) колодезь помощью сифона, подобнаго описанному выше.

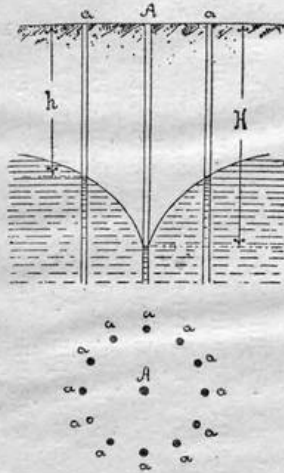
Интересный примѣръ грунтового водоснабженія съ такими сифонами въ Россіи даетъ также г. Рига (см. В. Е. Тимоновъ. Одинадцатый всероссійскій водопроводный и санитарно-техническій съѣздъ, бывшій въ г. Ригѣ въ 1913 году. Спб. 1914).

Количество воды, извлекаемое изъ буроваго колодца, увеличивается вмѣстѣ съ пониженіемъ въ немъ уровня воды (лишь бы скорость притока не стала чрезмѣрной). Такъ какъ и безъ этого грунтовая вода можетъ оказаться низко подъ землею, то часто приходится опускать насосные цилиндры довольно глубоко въ землю, устраивая для этого особенныя каменные шахты или примѣняя особыя конструкціи насосовъ (§ 45), допускающіе помѣщеніе насоснаго цилиндра въ узкіе колодцы. Чтобы уменьшить вытекающія отсюда затрудненія при необходимости значительнаго пониженія уровня воды въ узкихъ трубчатыхъ колодцахъ, инж. Тіеш предложилъ располагать буровые колодцы группами по окружности круга. Если мы имѣемъ только одинъ буровой колодезь *A* (черт. 387--388), то для добыванія извѣстнаго количества воды намъ приходится понизить уровень грунтовыхъ водъ на глубину *H*. Если-же мы вмѣсто одного колодца *A* сдѣлаемъ нѣсколько *a*, расположивъ ихъ по окружности

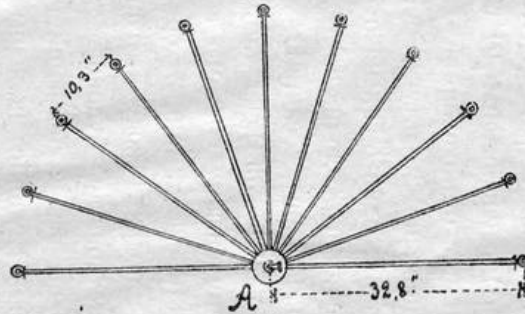
Снабжение города Лейпцига грунтовой водой.



Черт. 389. — Общее расположение водосбора (половина плана); I, II, III, IV и V — круговые группы трубочатых колодезев по 20 въ каждой группѣ; черныя точки — отдѣльные буровыя колодезы.



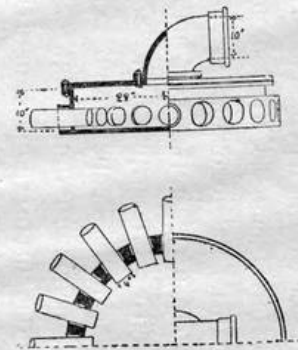
Черт. 387 и 388. — Вертикальный разрѣзъ и планъ круговаго расположения трубочатыхъ колодезевъ по системѣ Тима.



Черт. 390. — Планъ половины круговаго или кольцеваго колодезя въ Лейпцигѣ.

(Деталь къ черт. 389).

(Н. К. Чижевъ. — Курсъ водопроводовъ).



Черт. 391 — 393.

Боковой видъ, разрѣзъ и планъ центральной коробки А кольцеваго колодезя (деталь къ черт. 390).

круга, то для добычи того же количества воды (что характеризуется одинаковой поверхностью депрессии) изъ всѣхъ колодцевъ a намъ достаточно понизить уровень на величину h меньшую, чѣмъ H , причѣмъ эксплуатація группы a , благодаря уменьшенію подъема воды, можетъ стоять дешевле, чѣмъ одного колодца A . Иначе говоря, буровые колодцы, расположенные по окружности круга (т. наз. «кольцевые колодцы»), замѣняютъ намъ одинъ большой колодезь, діаметръ котораго = діаметру круга кольцевого колодца. Выполненіе кольцевыхъ колодцевъ несравненно легче и дешевле колодца большаго діаметра, особенно при значительной глубинѣ.

Кольцевые колодцы были примѣнены впервые Тимомъ въ г. Лейпцигѣ. Общее расположеніе водосбора показано на черт. 389; здѣсь на общей сифонной всасывающей трубѣ (идущей перпендикулярно къ теченію грунтовой воды) расположены 40 отдѣльныхъ буровыхъ колодцевъ (съ фильтрами изъ оцинкованной мѣдной сѣтки) и 5 группъ кольцевыхъ колодцевъ по 20 штукъ буровыхъ колодцевъ въ каждой. Въ планѣ половина одного кольцевого колодца показана на черт. 390; отъ каждаго бурового колодца идетъ діаметрально къ центру колодца 4" трубы и здѣсь всѣ онѣ соединяются помощью чугунной коробки A (деталь см. черт. 391—393), изъ которой выходитъ 10" труба, ведущая воду къ общему сифону системы водосборовъ. У машиннаго зданія (черт. 389) устроенъ каменный сборный колодезь діаметромъ 11,5', откуда насосы подаютъ воду въ городъ.

Усовершенствованіе буровой техники позволяетъ устраивать буровые колодцы весьма большой глубины, но для цѣлей водоснабженія эти очень глубокіе колодцы оказываются практически пригодными лишь, если уровень грунтовой воды поднимается изъ глубокихъ слоевъ настолько близко къ поверхности земли, что откачиваніе воды не слишкомъ затруднительно: иначе говоря, очень глубокіе колодцы хороши тогда, когда они артезианскіе.

г) Четвертую группу составляютъ водопроводы, въ которыхъ грунтовая вода собирается горизонтальными (чугунными или цементными) трубами или каменными галлереями (§ 39, классификація, IV категория, № 2, пп. в. и г.). На черт. 378—379 показано общее расположеніе водосборныхъ сооружений этого рода. Водосборная труба расположена на глубинѣ H_0 отъ поверхности MN грунтовыхъ водъ; вода проникаетъ въ трубу черезъ небольшія

круглыя или продолговатыя отверстія, сдѣланныя въ цилиндрической части трубы, и проводится въ сборный колодець *A*, изъ котораго помощью всасывающей трубы *e* вода насосами *e*, расположенными въ водоподъемномъ зданіи, накачивается въ городъ по трубѣ *f*. На водосборной трубѣ находятся нѣсколько смотровыхъ колодцевъ *C*, *D* и *E*, служащихъ для осмотра трубы. При бездѣйствіи насосовъ уровень грунтовой воды *MN* одинаковъ какъ въ сборномъ, такъ и въ смотровыхъ колодцахъ. При откачкѣ насосами воды изъ сборнаго колодца уровень въ немъ понижается, почему вслѣдствіе разности уровней въ колодцѣ и внѣ его вода притекаетъ къ водосборной трубѣ, а оттуда въ сборный колодезь и чѣмъ больше дѣлается эта разность, тѣмъ въ большемъ количествѣ притекаетъ грунтовая вода въ трубу и въ колодезь. При установившемся дѣйствіи водосборовъ горизонтъ грунтовыхъ водъ понижается надъ водосборной трубой на *h*, а въ колодцѣ на $h + H$; разность уровней *H* и есть тотъ напоръ, вслѣдствіе котораго вода изъ грунта стремится въ трубу, а затѣмъ въ колодезь (на черт. 379 буква *H*—поставлена неправильно). Направленіе водосборной трубы выбирается по возможности перпендикулярнымъ къ направленію движенія грунтовыхъ водъ, чѣмъ достигается болѣе полный сборъ этихъ водъ: воды этой трубой, такъ сказать, перехватываются. Примѣрами водопроводовъ этого рода могутъ служить водопроводы въ Ганноверѣ, Дрезденѣ, Галле и Мюльгаузенѣ, охарактеризованные отчасти въ § 46 и др.

IV. Къ четвертому типу водопроводовъ относятся водопроводы, получающіе воду изъ ключей. Ключи представляютъ источники грунтовой воды, свободно вытекающей на поверхность земли, въ резервуаръ и т. п. Такъ какъ количество воды, даваемой однимъ ключемъ, обыкновенно бываетъ недостаточно для города, то болѣею частью приходится пользоваться водою изъ нѣсколькихъ ключей. Вода каждаго ключа собирается, какъ было объяснено въ § 47, въ ключевыхъ колодцахъ или ключевыхъ бассейнахъ, откуда по керамиковымъ или цементнымъ трубамъ проводится въ общій, такъ называемый сборный бассейнъ. Если городъ лежитъ ниже ключей, то ключевая вода изъ сборнаго бассейна *A* (черт. 380) проводится самотокомъ къ городу, гдѣ вода скопляется въ запасномъ резервуарѣ *B*, откуда паровые насосы *c*, расположенные въ водо-

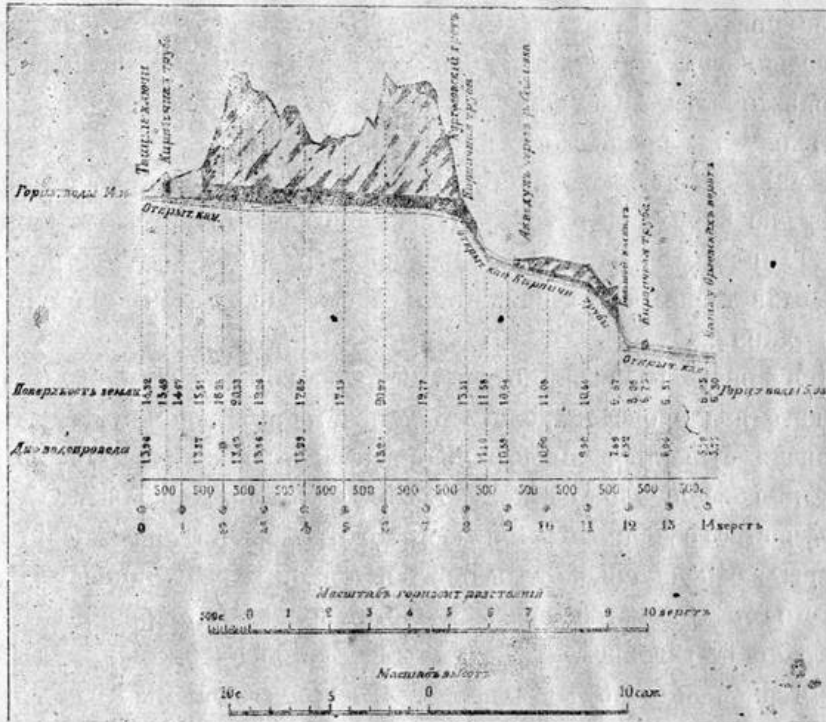
подъемномъ зданіи *C*, перекачиваютъ ее въ городъ, въ водонапорную башню; такъ было сдѣлано, напримѣръ, въ Царскосельскомъ водопроводѣ изъ Таицкихъ ключей, о которомъ уже было упомянуто выше (§§ 17, 24) и который по своему историческому прошлому заслуживаетъ болѣе полной характеристики (см. черт. 394—395).

Водоснабженіе Царскосельскихъ и отчасти Павловскихъ парковъ производится нынѣ, а до 1905 года сверхъ того и водоснабженіе городовъ Царскаго Села, съ предмѣстьемъ Софіей и Павловска, производилось водою группы ключей, расположенныхъ въ 14-ти верстахъ отъ г. Царскаго Села близъ мызы Тайцы, отъ которой эти ключи и получили свое наименованіе. Вода этихъ ключей доставляется въ г. Царское Село особымъ самотечнымъ Таицкимъ водопроводомъ, сооруженнымъ по повелѣнію Императрицы Екитерины II-ой въ 80-ыхъ годахъ восемнадцатаго столѣтія и состоящимъ въ вѣдѣніи Петроградскаго Округа путей сообщенія. Этотъ водопроводъ проходитъ (черт. 394) на протяженіи 4,80 верстъ открытыми каналами, 3,60 верстъ—кирпичными трубами, а въ средней своей части подъ возвышенностью, отдѣляющей Таицкіе ключи отъ г. Царскаго Села,—подземною (минною) галлереею, въ 6,30 верстъ длиною. Галлерей эта, залегающая мѣстами на глубинѣ до 8 сажень отъ поверхности земли, идетъ, частью, въ плотныхъ напластованіяхъ известковой плиты,—и здѣсь она проложена безъ укрѣпленій; частью,—въ такихъ же напластованіяхъ, но меньшей плотности и поэтому уже имѣетъ нѣкоторыя деревянныя укрѣпленія; и, наконецъ, она идетъ частью въ грунтахъ слабыхъ, глинистыхъ, песчаныхъ, хрящеватыхъ и щебенитыхъ, въ коихъ галлерей обдѣлана бревенчатыми рамами съ дощатою, сверху и съ боковъ, заборкою (черт. 395). Подобнымъ же образомъ укрѣплены и устроенныя надъ этой галлереей 63 вертикальныя шахты. Высота самой галлерей около 7 футъ, ширина около 5 футъ; первоначальный уклонъ ея составлялъ 0,000615, при глубинѣ протекающей воды въ 12 вершковъ.

Притекающая къ Царскому Селу по Таицкому водопроводу вода поступаетъ или въ небольшой резервуаръ при Орловской водоподъемной станціи или въ пруды Царскосельскихъ парковъ. Изъ резервуара насосы Орловской станціи подымали воду въ бакъ Орловской водонапорной башни, откуда вода поступала въ сѣтъ верхней части города. Для средней части города вода бралась насосами вто-

Общее расположение сооруже́ний въ водопроводахъ.

Снабженіе гг. Царскаго Села и Павловска водою
Таицкихъ ключей самотечнымъ водопроводомъ.



Черт. 394.

Продольная профиль Таицкаго самотечнаго водопровода отъ Таицкихъ ключей до бассейна (чаша) у Орловскихъ воротъ въ Царскомъ Селѣ съ показаніемъ открытыхъ каналовъ, туннельнаго участка (минной галереи) и кирпичныхъ трубъ.

Вода приходитъ въ Царское Село на уровень прудовъ парка и до устройства новаго Орловскаго водопровода служила въ теченіе свыше столѣтія для питьевыхъ нуждъ этого города; для подачи въ дома значительной части города вода должна была подниматься машинами Орловской и Пѣвческой насосныхъ станцій въ баки этихъ станцій.

рой водоподъемной станціи, Пѣвческой, изъ пруда и поступала въ сѣть городскихъ трубъ чрезъ бакъ Пѣвческой водонапорной башни. Для нижней части города вода шла самотокомъ изъ Кухоннаго пруда.

Павловскъ получалъ воду изъ Таицкаго водопровода также самотокомъ, по особой чугунной трубѣ, отвѣтвляющейся отъ Таицкаго канала предъ г. Царскимъ Селомъ. По пути особой трубой Таицкій водопроводъ давалъ также воду для станціи Александровской Варшавской желѣзной дороги.

Таково въ общихъ чертахъ сохранившееся въ неприкосновенности и по нынѣ, хотя и бездѣйствующее теперь по отношенію къ снабженію самихъ городовъ Царскаго Села и Павловска, устройство Таицкаго водопровода, являвшагося въ теченіе долгаго времени единственнымъ источникомъ водоснабженія всего упомянутаго выше раіона.

Исправное содержаніе открытыхъ каналовъ и кирпичныхъ трубъ Таицкаго водопровода вполнѣ въ удовлетворительномъ состояніи за все время существованія его не представляло какихъ либо затрудненій; но совершенно въ иномъ положеніи было дѣло ремонта туннельнаго участка водопровода или минной галлерей. Поврежденія этой галлерей заключались не только въ обветшаніи деревянной ея обдѣлки, но и, что гораздо важнѣе, въ разстройствѣ послѣдней. Причины этого— фильтрація въ галлерей грунтовыхъ водъ и движеніе земли за стѣнками и надъ потолкомъ галлерей. Въ прилегающемъ грунтѣ образуются иногда весьма значительныя пещерообразныя вымоины, послѣдствіемъ которыхъ являются провалы грунта, разрушающіе обдѣлку галлерей. Эти провалы, распространявшіеся иногда до поверхности земли, могли даже причинять прекращеніе водоснабженія на болѣе или менѣе значительный промежутокъ времени, чему и имѣлись, правда довольно рѣдкіе, примѣры. Но и помимо такихъ проваловъ, деревянная обдѣлка галлерей подвергается мѣстами весьма значительному напору осѣдающихъ, насыщенныхъ водою, грунтовъ, отчего бревенчатыя рамы обдѣлки иногда перекашиваются, а иногда и совсѣмъ разстраиваются, измѣняя поперечное сѣченіе галлерей настолько, что даже проходъ по ней становится затруднительнымъ. Галлерей вслѣдствіе этого постепенно утратила свои первоначальныя, какъ продольный, такъ и поперечный профили; уклонъ ея те

Общее расположение сооружений въ водопроводахъ.

Снабженіе гг. Царскаго Села и Павловска водой Таицкихъ ключей самотечнымъ водопроводомъ.



Черт. 395.

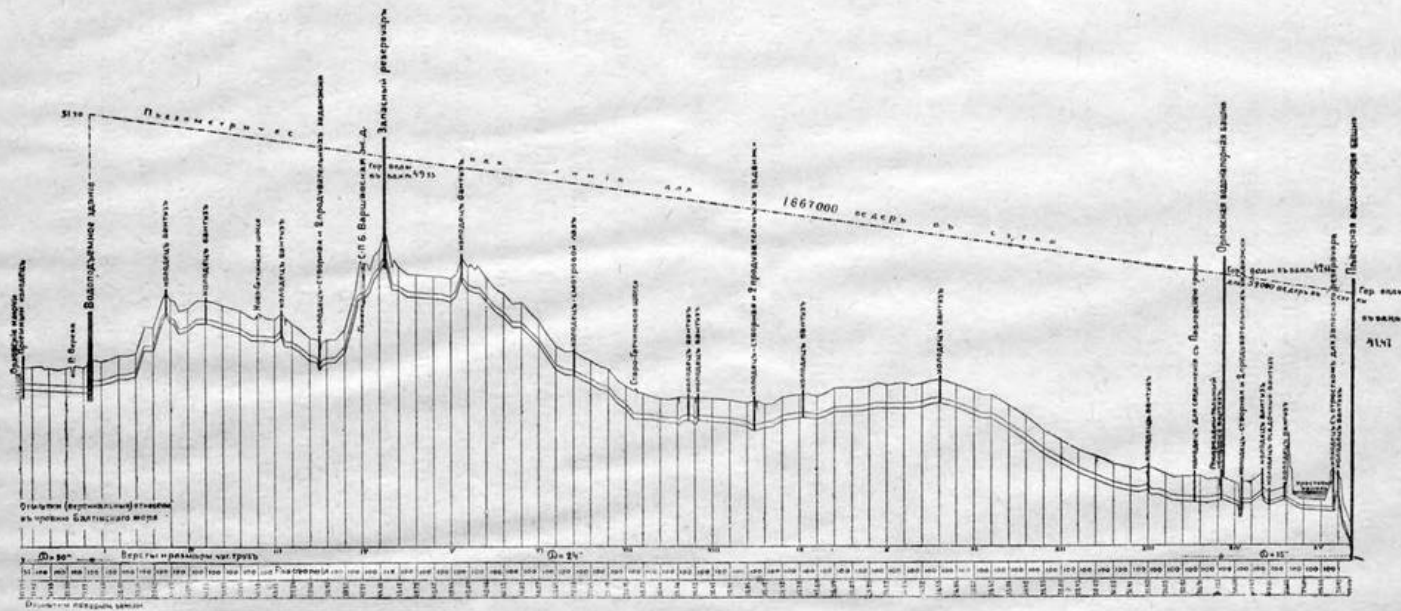
Разрѣзь гота Таицкаго самотечнаго водопровода, устроеннаго въ мѣстѣ соединенія минной галлерей съ кирпичной трубой.

На чертежѣ видно устройство крѣпленія стѣнъ и потолка галлерей изъ бревенчатыхъ рамъ и дощатой заборки.

перь не однообразенъ, такъ что глубина воды достигаетъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ 2 аршинъ; мѣстами галлерей сѣзусилась, а въ высоту увеличилась. Тѣмъ не менѣе, такъ какъ исправное состояніе галлерей обуславливаетъ непрерывное дѣйствіе всего водопровода, то, независимо отъ самаго внимательнаго надзора, требовалось вполне своевременное производство всѣхъ необходимыхъ ремонтныхъ работъ, заключающихся кромѣ исправленія случайныхъ поврежденій, въ сравнительно частомъ возобновленіи подвергающейся гніенію деревянной обдѣлки, въ дополнительномъ укрѣпленіи мѣстъ, подвергающихся наиболѣе сильному напору осѣдающихъ грунтовъ, въ очисткѣ dna галлерей отъ различныхъ осадковъ и наплывовъ и т. п. Всѣ эти работы, при описанномъ состояніи галлерей, отсутствіи въ ней свѣта, при недостаточности мѣста для работъ и необходимости спуска и подъема рабочихъ и матеріаловъ черезъ шахты на воротахъ, затруднительности переноски матеріаловъ и вынутаго грунта по самой галлерей, наконецъ, при условіи принятія особыхъ мѣръ предосторожности противъ угрожающихъ рабочимъ опасностей,—требуютъ не мало времени и опытныхъ надежныхъ рабочихъ. Такими являлись нѣкоторые мѣстные жители, исполнявшіе эти работы съ давнихъ поръ и передававшіе это ремесло изъ поколѣнія въ поколѣніе. Между тѣмъ контингентъ такихъ рабочихъ весьма ограниченъ и постоянно уменьшается; попытки привлеченія въ помощь имъ постороннихъ рабочихъ не приводили къ утѣшнымъ результатамъ. При такомъ положеніи дѣла не представлялось возможнымъ сокращать продолжительность ежегоднаго ремонта минной галлерей путемъ увеличенія количества рабочихъ. Удлиненіе же срока этихъ работъ, производившихся при условіи закрытія водопровода, вызывало затрудненія въ снабженіи водой Царскаго Села.

До устройства въ 1888 году въ городѣ Царскомъ Селѣ сѣти чугунныхъ городскихъ трубъ и проведенія воды въ дома, ремонтъ минной галлерей Таицкаго водопровода производился такимъ образомъ, что впускъ въ водопроводъ воды изъ Таицкихъ ключей прекращался, въ теченіе производства ремонтныхъ работъ, на пять дней еженедѣльно, когда и производились работы въ галлерей. Затѣмъ въ остальные два дня недѣли впускъ воды Таицкихъ ключей возобновлялся—для пополненія убыли воды въ прудахъ парка, служившихъ запасными водоемами существовавшаго въ то время деревяннаго городского водопровода.

Снабженіе гг. Царскаго Села и Павловска изъ Орловскихъ ключей напорнымъ водопроводомъ.



Черт. 396. — Продольная профиль водопровода съ показаніемъ Орловскихъ ключей, водоприемника, самоточной 30 дюймовой трубы, насосной станціи, запаснаго резервуара на самой высокой точкѣ трубопровода, вмѣщающаго болѣе 100.000 ведеръ, напорной 24 дюймовой трубы, водоподъемныхъ башенъ, Орловской и Шѣвческой въ Ц. Сельѣ, на уровень баковъ конхъ вода приходитъ подъ напоромъ запаснаго резервуара, соединительной 16 дюймовой трубы между башнями въ Ц. Сельѣ и пьезометрической линіи для расхода въ 1.667.000 ведеръ въ сутки.

Общее расположеніе сооружений въ водопроводахъ.

Съ устройствомъ въ г. Царскомъ Селѣ и его предмѣстья Софіи чугунно-трубнаго водопровода, суточный расходъ воды значительно увеличился и уже на третій день послѣ прекращенія впуска въ водопроводъ воды изъ Таицкихъ ключей, въ особенности въ лѣтнее время, при сухой погодѣ и при надлежащей поливкѣ улицъ, горизонтъ воды въ Царскосельскихъ прудахъ, преимущественно въ Кухонномъ, Крестовомъ каналѣ и другихъ, служащихъ водоемами городского водопровода, понижался настолько, что сейчасъ же возбуждались настойчивыя ходатайства о возобновленіи впуска воды изъ Таицкихъ ключей.

Положеніе ухудшилось еще болѣе, когда вода Таицкаго водопровода стала примѣняться въ очень значительныхъ количествахъ для охлажденія пара въ электрическихъ станціяхъ, устроенныхъ для освѣщенія Царскаго Села.

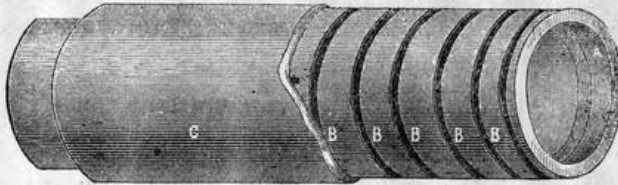
По произведеннымъ измѣреніямъ, Таицкій водопроводъ, при нормальныхъ условіяхъ, доставляетъ Царскому Селу, въ среднемъ, 5,16 куб. фут. воды въ секунду, изъ коихъ 4 куб. фута даютъ Таицкіе ключи, а остальные—грунтовыя воды минной галлерей водопровода. Въ упомянутые выше повторяющіеся каждыя 6—7 лѣтъ, годы маловодья, водопроводъ этотъ доставляетъ зимою всего 1—1,25 куб. фут. воды въ секунду, а иногда и гораздо менѣе (см. § 24).

Періодическій недостатокъ воды и ежегодно возникавшія затрудненія въ водоснабженіи Ц. Села и Павловска во время ремонта минной галлерей Таицкаго водопровода давно уже выяснили необходимость устройства дополнительнаго или новаго водоснабженія этихъ городовъ.

Такое водоснабженіе и создано въ 1901—1903 годахъ постройкой распоряженіемъ Министерства Путей Сообщенія новаго водопровода для городовъ Царскаго Села и Павловска изъ Орловскихъ ключей (см. § 43). Водопроводъ этотъ предполагалось сдѣлать бетоннымъ самоточнымъ съ свободнымъ уровнемъ, но это предположеніе было измѣнено по предложенію составителя настоящаго курса. Водопроводъ сдѣланъ чугунный и напорный. Благодаря этому вода въ Царскомъ Селѣ приходитъ не на уровень прудовъ, какъ вода Таицкаго водопровода, а на уровень баковъ въ водонапорныхъ башняхъ Орловской и Пѣвческой (см. профиль водопровода черт. 396). Этимъ уменьшается стоимость эксплуатаціи водопровода. Стоимость же устройства отъ замѣны бетоннаго самоточнаго водопровода чугуннымъ напорнымъ уменьшилась въ еще много болѣе значительной пропорціи. Для пол-

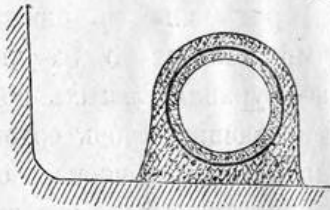
Проведение воды трубами.

Деревянные трубы.

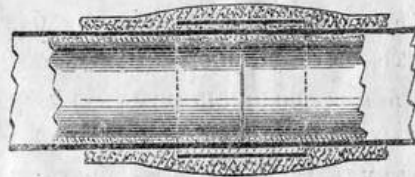


Черт. 397. — Общий вид деревянных труб системы Wusckoff'a. Труба, состоящая из клепок, стянута спиральнымъ желѣзнымъ обручемъ (B) и имѣетъ асфальтовую одежду (C).

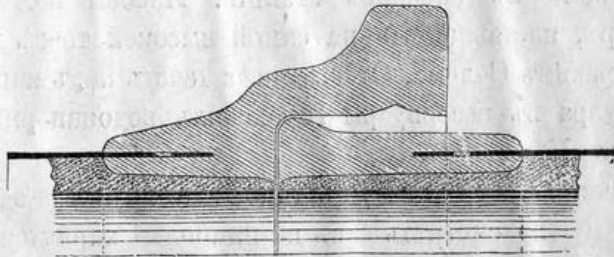
Желѣзные трубы съ цементной одеждой.



Черт. 398. — Разрѣзъ желѣзно-цементной трубы съ показаніемъ внутренней и внешней одежды изъ цементнаго раствора. Внутренняя дѣлается на мѣстѣ изготовленія трубъ. Внешн. на мѣстѣ укладки во рвахъ.



Черт. 399. — Стыкъ желѣзно-цементныхъ трубъ изъ желѣзной муфты съ обмазкой внутри и снаружи цементомъ (Fanning).



Черт. 400. — Стыкъ изъ чугуна системы Фаннинга для листовыхъ желѣзныхъ трубъ съ цементной внутренней одеждой. Концы желѣзной трубы вплавлены въ чугунные наконечники, позволяющіе устроить стыкъ при помощи свинца, какъ въ чугунныхъ трубахъ.

наго обезпеченія Царскаго Села водой необходимо построить въ немъ запасный резервуаръ на суточный расходъ воды.

Въ водопроводѣ г. Вѣны вода изъ резервуара *C* (черт. 380) проводится самотокомъ въ три резервуара, расположенныхъ по окраинамъ города, и затѣмъ изъ всѣхъ 4-хъ резервуаровъ поступаетъ самотокомъ въ сѣть городскихъ трубъ; въ этомъ случаѣ напорные резервуары вслѣдствіе своего возвышеннаго положенія надъ городомъ даютъ въ трубахъ достаточный напоръ и, очевидно, играютъ роль напорной башни.

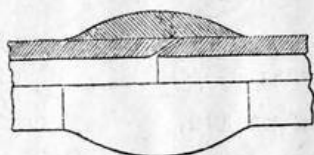
Когда городъ лежитъ выше ключей или когда расположенъ и ниже, но между ключами и городомъ находится значительная возвышенность, мѣшающая проведенію воды въ городъ самотокомъ, то вода изъ сборнаго бассейна *A* (черт. 381) перекачивается насосами *c*, находящимися въ водоподъемномъ зданіи *C*, въ водонапорную башню по трубѣ *bc*. Если въ городѣ или въ ближайшихъ окрестностяхъ его находятся возвышенности, то на нихъ могутъ быть устроены одинъ или нѣсколько уравнивательныхъ водоемовъ или водонапорныхъ резервуаровъ, играющихъ роль водонапорныхъ башень; такой случай имѣется, напр. въ Новочеркасскомъ (см. трудъ Н. А. Бѣлелюбскаго: Описаніе Новочеркаскаго водопровода, построеннаго инж. п. с. А. В. Бѣлелюбскимъ) и Казанскомъ водопроводахъ.

Упомянутый выше новый водопроводъ для г. Царскаго Села и Павловска (см. черт. 396) представляетъ болѣе сложный и интересный случай. Здѣсь вода изъ Орловскихъ ключей подходитъ самотокомъ къ насосной станціи. Насосы поднимаютъ воду въ резервуаръ, поставленный на самой высокой точкѣ между станціей и г. Царскимъ Селомъ. Отсюда вода течетъ подъ напоромъ верхняго резервуара въ резервуары городскихъ водонапорныхъ башень Ц. Села и въ Павловскъ.

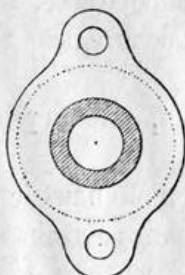
На вышеописанные примѣры типовъ и группъ водопроводовъ, повторяемъ, нужно смотрѣть какъ на наиболѣе характерныя и распространенныя; но существуетъ не мало водопроводовъ, которые по устройству не подойдутъ ни къ одному изъ нихъ. Такъ напр., не рѣдко источники водоснабженія бываютъ самые различные у одного и того же водопровода. Есть такіе, гдѣ вода одновременно берется изъ колодцевъ и горизонтальныхъ трубъ, ключей и рѣки и т. д.

Проведение воды трубами.

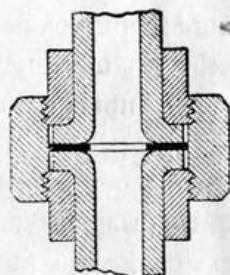
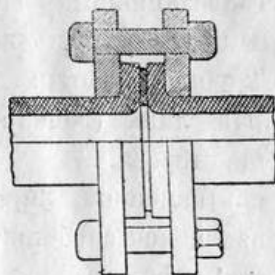
Свинцовые трубы.



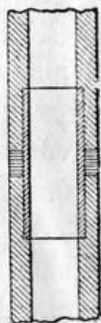
Черт. 401. — Стыкъ свинцовыхъ трубъ. Края срѣзываются наискось и спаиваются. Вокругъ наплывъ изъ смѣси олова и свинца.



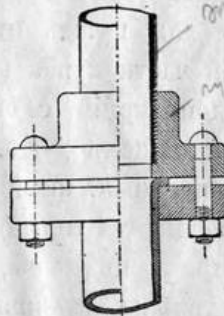
Черт. 402 и 403. — Стыкъ свинцовыхъ трубъ. Концы отгибаются въ видѣ фланцевъ; между ними кожаный кружокъ. Сверху надѣты шайбы, которыя стягиваются болтами. (Veschmann).



Черт. 404. — Стыкъ свинцовыхъ трубъ. Концы трубъ отогнуты въ видѣ фланцевъ; между ними кожаный кружокъ. Сверху все стягивается двойной гайкой.



Черт. 405. — Стыкъ свинцовыхъ трубъ. Концы трубъ расширяются и внутрь вставляется кусокъ мѣдной трубки. Затѣмъ шовъ запаивается и заглаживается. Этотъ стыкъ очень чистъ, но не гибокъ. (Tudsberry & Brightmore).



Черт. 406. — Стыкъ свинцовой трубы съ желѣзной. Края свинцовой трубы отогнуты въ видѣ фланца. Желѣзная труба ввинчена въ чугунный фланецъ. На свинцовой трубѣ круговая чугунная шайба, которая притянута къ фланцу чугунной трубы. (F. Lincke—H-buch der Ing. Wis.).

168ил.

§ 51. Трубопроводы.

Трубы представляют собой наиболее распространенное и удобное средство для проведения воды. Они играют большую роль и в гравитационных водопроводах, но водопроводы с искусственным напором суть исключительно трубопроводы.

Трубы дѣлаются:

- изъ глины (гончарныя, штейнгутовыя или керамиковыя трубы),
- изъ дерева,
- изъ каменной, кирпичной или бетонной кладки,
- изъ цемента (бетона) съ желѣзнымъ каркасомъ,
- изъ асфальта,
- изъ свинца,
- изъ желѣза,
- изъ стали,
- изъ чугуна и др. матеріаловъ.

Гончарныя, керамиковыя, асфальтовыя, цементныя, желѣзоцементныя, металлическія и деревянныя трубы въ ихъ примѣненіяхъ для нуждъ отведенія сточныхъ водъ охарактеризованы во второй части курса (глава XVIII), къ которой слѣдуетъ обращаться для дополненія свѣдѣній о трубопроводахъ вообще, приводимыхъ въ настоящемъ §-ѣ.

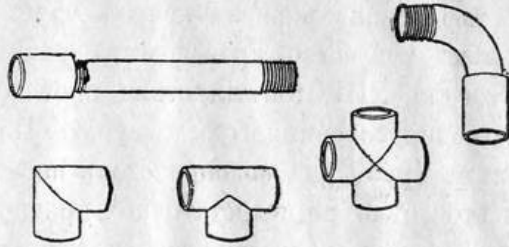
Гончарныя, штейнгутовыя или керамиковыя трубы обыкновенно употребляются только въ случаяхъ, когда требуются трубы небольшого діаметра и подъ небольшимъ напоромъ; какъ только давленіе въ такихъ трубахъ становится нѣсколько значительнымъ — они обыкновенно болѣе или менѣе легко разрываются (см. главу XVIII).

Керамиковыя трубы дешевле чугунныхъ; однако, примѣненіе ихъ вообще мало пока рекомендуется для значительныхъ городскихъ водопроводовъ, въ виду хрупкости, опасной при ударахъ и сотрясеніяхъ, тѣмъ болѣе что они выдѣлываются лишь небольшой длины, почему увеличивается число стыковъ.

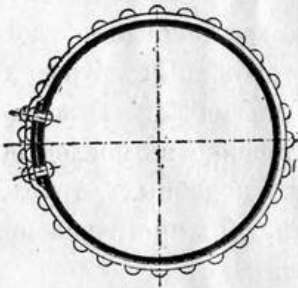
Водопроводы и притомъ значительныхъ размѣровъ, изъ керамиковыхъ трубъ, работающіе при малыхъ напорахъ, извѣстны, однако, съ самыхъ древнихъ временъ, когда процвѣтало и керамиковое искусство вообще.

Проведение воды трубами.

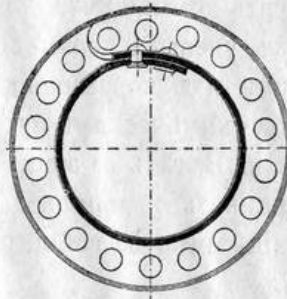
Желѣзные трубы.



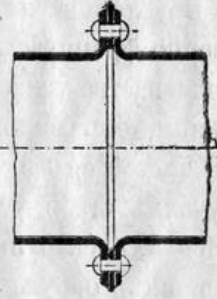
Черт. 407 — 411. — Желѣзные трубы малыхъ диаметровъ (цѣлнотянутыя) для домовыхъ водопроводовъ и ихъ винтовыя соединенія.



Черт. 412.



Черт. 413.

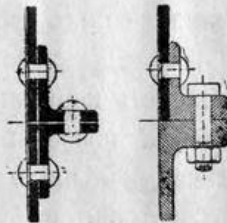


Черт. 414.

Черт. 412. — Труба изъ листового желѣза. Шовъ въ притыкъ съ накладкой и двумя рядами заклепокъ. Въ продольномъ направленіи отдѣльныя звенья также соединены накладками, но съ однимъ рядомъ заклепокъ.

Черт. 413—414. — Труба изъ листового желѣза. Поперечный шовъ въ нахлестку съ двумя рядами заклепокъ. Въ продольномъ направленіи отдѣльныя звенья соединены флянцами (возможно лишь при отличномъ матеріалѣ) съ прокладкою кольца изъ мягкаго желѣза. Все швы должны быть зачеканены. Флянцы придаютъ этому типу жесткость, особенно нужную для всасывающихъ трубъ.

Черт. 415. — Стыкъ желѣзныхъ трубъ при помощи флянецъ изъ уголковъ.



Черт. 416. — Стыкъ желѣзной трубы съ чугуной.

Ниневія, Древняя Греція и Римъ, а въ Америкѣ царство Ацтековъ, имѣли обильные водопроводы въ то время, когда о производствѣ чугунныхъ трубъ никто и не думалъ. Частью этихъ водопроводовъ пользуются еще и понынѣ. Такая долговѣчность этихъ водопроводовъ, не поддерживаемыхъ ремонтомъ цѣлыя столѣтія, объясняется прочностью древнихъ керамиковыхъ трубъ.

Въ средніе вѣка искусство производства такихъ трубъ было утеряно; вмѣсто того съ XIII столѣтія стали производить поливныя трубы преимущественно со свинцовой глазурью. Первые же опыты употребленія такихъ трубъ для водопроводовъ показали ихъ малую пригодность для этой цѣли по недостаточной прочности самаго тѣла трубы и его поливы и въ виду значительной пористости стѣнокъ трубъ; за это время не встрѣчается ни одного значительнаго водопровода изъ глиняныхъ трубъ.

Во второй четверти нынѣшняго столѣтія, трудами преимущественно французскихъ ученыхъ керамистовъ, возстановленъ способъ производства древними ихъ керамиковыхъ трубъ, съ глазурью безъ поливы, образованною химическимъ путемъ при обжогѣ тѣла трубы, изъ частей ея же тѣла. Вслѣдъ за этимъ постепенно въ подходящихъ случаяхъ стали устраивать водопроводы изъ подобныхъ трубъ, не боясь ихъ разрушенія, имѣя за собой примѣръ въ многочисленныхъ древнихъ сооруженіяхъ.

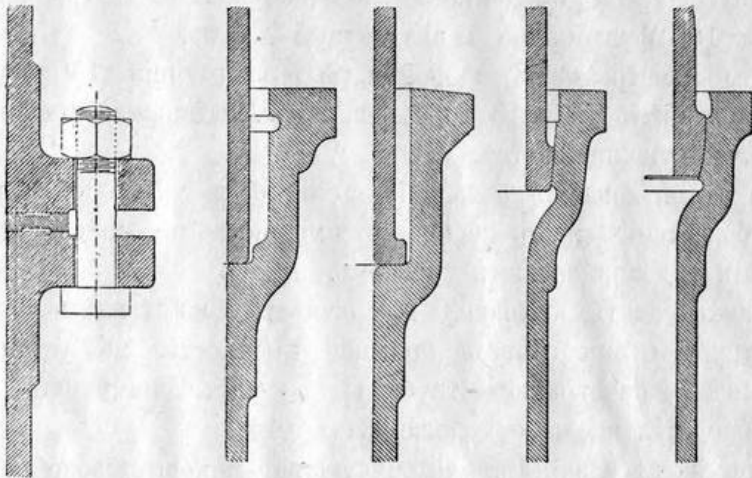
Хотя керамиковыя трубы и не могутъ замѣнить чугунныхъ трубъ въ случаяхъ сильнаго напора, но при малыхъ напорахъ и для самотока онѣ могутъ примѣняться съ успѣхомъ. Ихъ преимущества для потребности водоснабженія по сравненію съ металлическими трубами заключаются въ слѣдующемъ:

1) онѣ не измѣняются не только отъ дѣйствія воды, но и сильныхъ кислотъ и щелочей, а потому какъ каналъ водопровода, такъ и сама вода въ керамиковыхъ водопроводахъ болѣе чисты и здѣсь не можетъ образоваться тѣхъ внутреннихъ наростовъ, которые нерѣдко образуются въ металлическихъ трубахъ изъ матеріала ихъ стѣнокъ (см. § 57);

2) болѣе гладкая поверхность керамиковыхъ трубъ, чѣмъ въ чугунныхъ и желѣзныхъ трубахъ, позволяетъ при прочихъ одинаковыхъ условіяхъ относительно уменьшить діаметръ керамикового водопровода, т. е. удешевить устройство его;

Проведение воды трубами.

Чугунныя трубы.



Черт. 417. Черт. 418. Черт. 419. Черт. 420. Черт. 421.

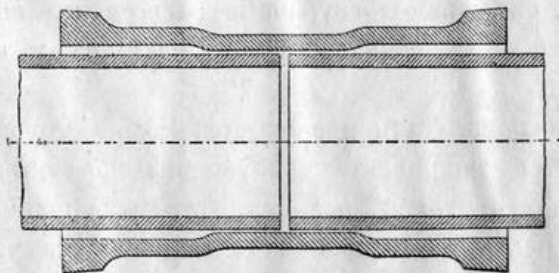
Черт. 417. — Фланцевый стыкъ чугунныхъ трубъ съ фасонной кожанной прокладкою для высокихъ давленій.

Черт. 418. — Раструбный стыкъ чугунныхъ трубъ въ Брауншвейгѣ (углубленіе для задержки свинца).

Черт. 419. — Раструбный стыкъ чугунныхъ трубъ въ Франкфуртѣ на Майнѣ (отличительная черта—утолщеніе тонкаго конца, увеличивающее его прочность и препятствующее забивкѣ проникать въ трубу).

Черт. 420. — Раструбный стыкъ чугунныхъ трубъ въ Ливерпулѣ (плотное соприкосновеніе трубъ по обточенной конической поверхности; стыкъ плотень, но трубопроводъ слишкомъ жестокъ).

Черт. 421. — Раструбный стыкъ чугунныхъ трубъ въ Ливерпулѣ (соприкосновеніе по шаровой поверхности, что сохраняя плотность стыка придаетъ гибкость трубопроводу).



Черт. 422. — Соединеніе муфтой или двойнымъ раструбомъ.

3) при одномъ и томъ же размѣрѣ керамиковыя трубы дешевле металлическихъ (для малыхъ напоровъ).

Керамиковыя трубы валового производства, и при томъ по дешевымъ цѣнамъ, изготовляются слѣдующей прочности:

трубы діаметра 6 дюймовъ, выдерживающія внутреннее давленіе въ 100 фунтовъ на 1 квадратный дюймъ;

трубы діаметровъ въ 3 дюйма, выдерживающія 150 фунтовъ. Съ уменьшеніемъ діаметра трубъ, давленіе, выдерживаемое трубами, значительно увеличивается.

При этихъ давленіяхъ явленія пористости трубъ обыкновенно не наблюдается и на поверхности ихъ роса не появляется при испытаніи гидравлическимъ прессомъ.

Техника даетъ, однако, возможность изготовлять керамиковыя трубы и еще гораздо большей прочности, не уступающей чугуннымъ водопроводнымъ трубамъ; но такія керамиковыя трубы нынѣ обходятся все еще дороже чугунныхъ.

Главные затрудненія въ устройствѣ керамиковыхъ водопроводовъ подъ значительнымъ напоромъ заключается въ происходящей отъ хрупкости, возможности поврежденій ихъ при укладкѣ, и въ необходимости ослабленія вліянія ударовъ при дѣйствіи задвижекъ крановъ.

Керамиковыя трубы, сообразно свойству сырого матеріала, изъ коего онѣ сдѣланы, и самому способу ихъ изготовленія производятся длиною, обыкновенно, не болѣе 4-хъ футъ, т. е. гораздо короче, чѣмъ металлическія, а потому понятно, громадное значеніе хорошаго стыка въ сѣти керамикового водопровода.

Отдѣльныя звенья или трубы въ такой сѣти соединяются между собою преимущественно двумя способами: или раструбами или помощью накладныхъ муфтъ (см. далѣ курсъ Канализаціи гл. XVIII).

Въ обоихъ случаяхъ концы трубъ снаружи, а раструбы или муфты внутри, снабжаются глубокими рифами въ видѣ нарѣзокъ, предназначенныхъ для лучшаго задержанія въ швахъ заполняющаго вещества.

Въ водопроводной сѣти промежутки между трубами и раструбомъ или муфтою заполняется слѣдующимъ образомъ:

считая по длинѣ трубы, половина стыка заполняется жгутомъ изъ смоленой пеньки съ сильною его забивкою на мѣстѣ, а остальная часть заливается или цементнымъ растворомъ, или асфаль-

томъ въ смѣси съ гудрономъ, или свинцомъ, или, наконецъ, заполняется чугуною замазкой, то есть смѣсью изъ чугунныхъ опилокъ, сѣры и нашатыря.

Цементный шовъ дѣлается легко и скоро, но требуетъ откачиванія грунтовыхъ водъ не только во время работы шва, но и значительное время послѣ, до нѣкотораго отвердѣнія раствора; шовъ этотъ не обладаетъ эластичностью, и потому часто даетъ трещины при малѣйшихъ движеніяхъ трубъ.

Асфальтовый шовъ болѣе всего боится замочки спаиваемыхъ трубъ во время работы шва, и въ этомъ отношеніи онъ капризнѣе другихъ, требуя крайней бдительности въ работѣ, почему часто и не удается. Зато, хорошо сдѣланный асфальтовый шовъ значительно прочнѣе цементнаго. Шовъ этотъ обладаетъ большою эластичностью, совершенно непроницаемъ для воды, не боится дѣйствія кислотъ и щелочей, и вообще онъ наиболѣе подходящій для соединенія между собою керамиковыхъ трубъ. Водопроводъ, найденный при раскопкахъ древней Ниневіи, имѣлъ швы, заполненные асфальтомъ или битумомъ.

Шовъ, заполненный свинцомъ, совершенно тѣмъ же способомъ, какъ и у чугунаго водопровода, оказывается неудачнымъ, вслѣдствіе значительной разницы коэффициентовъ расширенія свинца и тѣла керамиковыхъ трубъ. Опытъ показалъ, что сѣтъ керамиковаго водопровода, уложенная при температурѣ около 15 Ц., дѣйствовала хорошо пока температура воды въ трубахъ была не ниже 10 Ц., а затѣмъ свинецъ сжимался значительно сильнѣе, чѣмъ керамиковая труба, и швы давали течь.

Заполненіе швовъ чугуною замазкою часто представляетъ затрудненіе въ приготовленіи замазки должной крѣпости, за отсутствіемъ подготовленныхъ къ этому дѣлу мастеровъ; а потому нерѣдко случается, что такая замазка или рветъ раструбы, или слишкомъ слаба и даетъ течь. Кромѣ того она долго крѣпнетъ и за все это время боится воды, а послѣдняя часто встрѣчается при укладкѣ трубъ въ рвахъ.

Вопросъ о выборѣ того или другаго заполненія шва въ керамиковомъ водопроводѣ зависитъ, такимъ образомъ, отъ многихъ мѣстныхъ условій прокладки сѣти, и въ общемъ еще не вполне изслѣдованъ и разработанъ; это составляетъ по мнѣнію многихъ специалистовъ, главный тормазъ въ дѣлѣ устройства водопроводовъ

изъ керамиковыхъ трубъ, особенно при нѣкоторомъ напорѣ въ сѣти.

Въ самой тѣсной связи съ этимъ обстоятельствомъ находится и вопросъ объ уменьшеніи вреднаго вліянія на сѣть керамиковыхъ трубъ ударовъ, происходящихъ при закрываніи и открываніи разныхъ крановъ и задвижекъ. Этотъ вопросъ имѣетъ большую важность въ примѣненіи къ водопроводамъ изъ чугунныхъ трубъ; тѣмъ важнѣе онъ для керамиковыхъ водопроводовъ, гдѣ трубы менѣе прочны, а швы не только слабѣе, но ихъ вдвое и часто втрое больше, чѣмъ въ чугунномъ водопроводѣ. А потому, въ видахъ удешевленія устройства водопроводовъ, укладкою вмѣсто металлическихъ трубъ, въ подходящихъ случаяхъ, керамиковыхъ, болѣе всего должно заботиться изысканіемъ такого способа соединенія керамиковыхъ трубъ, который легко и удобно примѣнялся бы при всѣхъ неблагоприятныхъ условіяхъ работы, и при разныхъ климатическихъ и почвенныхъ условіяхъ прокладки сѣти.

Деревянные трубы даютъ прекрасные результаты въ Англіи и Америкѣ и, надо думать, могутъ найти себѣ примѣненіе и у насъ, въ особенности въ мѣстностяхъ богатыхъ лѣсомъ. Онѣ могутъ быть очень значительныхъ діаметровъ (Торонто—1,20 м.) и дѣлаются на манеръ бочекъ изъ клепокъ (черт. 397). Недостатокъ ихъ—онѣ гниютъ отъ переменнаго дѣйствія сырости и воздуха (см. гл. XVIII).

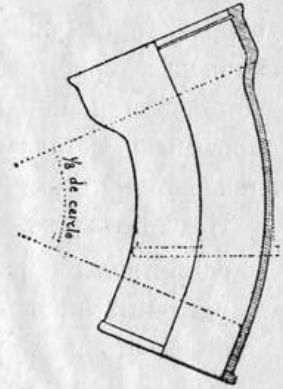
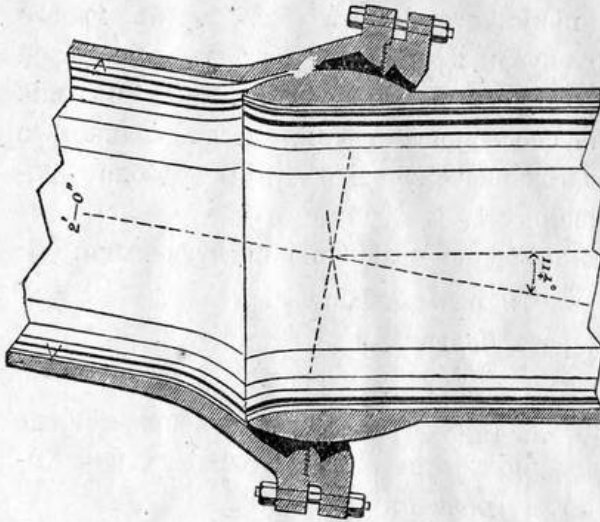
Трубы изъ каменной кирпичной или бетонной кладки могутъ легко быть значительныхъ діаметровъ (болѣе сажени), но эти трубы плохо сопротивляются внутреннему давленію, такъ какъ оно вызываетъ въ нихъ растяженіе и легко даютъ течь. Трубы изъ цементнаго бетона приготавливаются обыкновенно набивнымъ способомъ (см. гл. XVIII).

Бетонные трубы съ желѣзнымъ остовомъ или каркасомъ могутъ быть всякихъ діаметровъ и отлично сопротивляются какъ сжатію, такъ и растяженію. Это несомнѣнно трубы, которымъ въ водопроводномъ дѣлѣ предстоитъ широкое распространеніе (см. гл. XVIII).

Асфальтовые трубы, рекомендуемыя отъ времени до времени, не годятся, по мнѣнію многихъ инженеровъ, для большихъ напорныхъ трубопроводовъ, какъ вслѣдствіе способа ихъ соединенія, такъ и благодаря самому матеріалу ихъ, недающему достаточной гарантіи прочности.

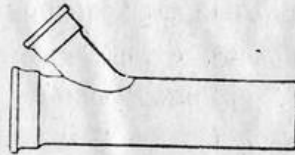
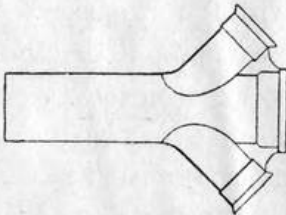
Проведение воды трубами.

Чугунные трубы.

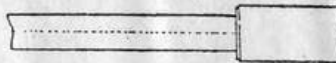
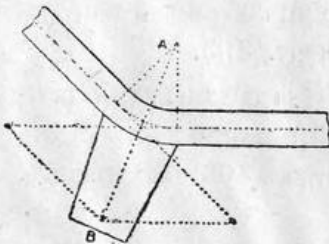


Черт. 424. — Кривая колѣна для сопряженія чугунныхъ трубъ.

Черт. 423. — Гибкій стыкъ чугунныхъ трубъ, системы Фаннинга.



Черт. 425. — Чугунный тройникъ. Черт. 426. — Чугунный двойникъ.



Черт. 427 — 428. — Планъ колѣна съ показаніемъ устройства боковой опоры, противо-дѣйствующей центрѣбжной силѣ воды, и разръзъ черезъ трубу и опору.

VI Свинцовыя трубы были во времена Римлянъ и много времени спустя единственныя, которыя умѣли дѣлать. (Еще въ прошломъ столѣтїи фабриковали свинцовыя трубы діаметромъ въ 0,216 метра и длиною въ 4 метра; въ Версалѣ были употребляемы свинцовыя трубы даже большихъ размѣровъ). Но со времени распространенія чугунныхъ трубъ свинецъ примѣняется только для трубъ малаго діаметра, преимущественно внутри зданій, гдѣ легкость, съ которой свинцовыя трубы могутъ быть изгибаемы представляютъ большія достоинства, равно какъ и способность свинца легко спаиваться съ разными металлами, благодаря чему такія трубы удобно прикрѣпляются къ разнымъ приборамъ.

Недостатки свинцовыхъ трубъ по сравненію съ чугунными:

сопротивленіе разрыву въ 19 разъ меньше,
удѣльный вѣсъ въ $1\frac{1}{2}$ раза большій и
стоимость въ 3 раза большая, чѣмъ у чугуна.

Въ продажѣ свинцовыя трубы имѣются въ видѣ непрерывныхъ трубъ, до 10 метровъ длины, полученныхъ вытягиваніемъ или выдавливаніемъ въ холодномъ или горячемъ состояніи.

Діаметры ихъ измѣняются обыкновенно въ предѣлахъ 0,01 и 0,108 и соотвѣтствующія толщины стѣнокъ въ предѣлахъ 0,003 и 0,007 метра. Соединяются свинцовыя трубы въ горячемъ состояніи спаиваніемъ или въ холодномъ стяжками (черт. 401—406).

Въ первомъ случаѣ края срѣзываются наискось, смазываются составомъ, препятствующимъ окисленію и запаиваются сплавомъ изъ 3 частей свинца и 5 олова на огнѣ спиртовой лампы, причѣмъ вокругъ шва дѣлается наплывъ изъ этой смѣси (черт. 401).

Во второмъ случаѣ края трубъ отворачиваются въ видѣ флянцевъ, между ними прокладывается кольцо изъ пропитанной жиромъ кожи и онѣ стягиваются, какъ показываетъ черт. 403.

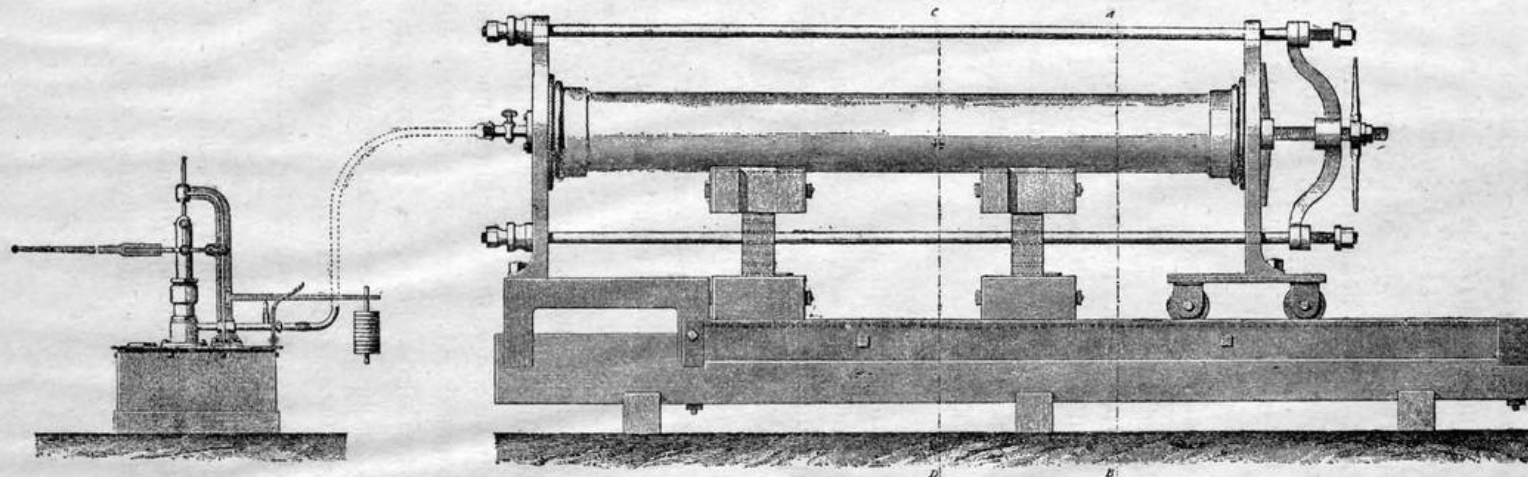
Подобный же стыкъ показанъ на черт. 404, гдѣ стягиваніе производится не болтами, а гайкой. Чертежъ 405 представляетъ стыкъ свинцовыхъ трубъ съ мѣдной подкладкой. Чертежъ 406 показываетъ, какъ свинцовую трубу сопречь съ желѣзной.

Въ виду ядовитости самаго свинца, не слѣдуетъ пить воду, которая долго оставалась безъ движенія въ свинцовыхъ трубахъ. При частомъ обмѣнѣ воды нѣтъ никакой опасности, такъ какъ свинецъ

Испытаніе чугуныхъ трубъ давленіемъ воды.

Гидравлическій прессъ.

Станокъ для закрѣпленія трубы и герметическаго закрыванія ея устьевъ.



Черт. 429.

Черт. 430.

Приспособленіе для испытанія трубъ давленіемъ воды.

почти не растворяется подъ дѣйствиємъ воды обыкновенной, не заключающей въ себѣ азотистыхъ или хлористыхъ солей.

Желѣзныя трубы могутъ быть самыхъ большихъ и самыхъ малыхъ діаметровъ (черт. 411—416). Большія дѣлаются изъ склепанныхъ листовъ и примѣняются для дюкеровъ или сифоновъ, для водопроводныхъ мостовъ и т. п. исключительныхъ сооружений, гдѣ вода находится подъ особенно большимъ давлениємъ. Малыя приготовляются вытягиваниємъ и служатъ для домовой канализаціи чистой воды.

Достоинство желѣзныхъ трубъ:

большое сопротивленіе давленію, отсюда
небольшой вѣсъ трубъ по сравненію съ чугунными;
относительная дешевизна (по исчисленію Ричардса, если принять стоимость свинцовыхъ трубъ за единицу, то желѣзныя стоятъ— 0,46, оцинкованныя желѣзныя — 0,50, цементированныя — 0,58 и эмальированныя—0,65).

Недостатки ихъ:

легкость, съ которой онѣ ржавѣютъ,
откуда необходимость покрытія ихъ снаружи и изнутри цинкомъ, асфальтомъ и т. п. веществами, трудность устройства кривыхъ рукавовъ и боковыхъ соединеній, которыя для большихъ трубъ обыкновенно дѣлаются изъ чугуна,

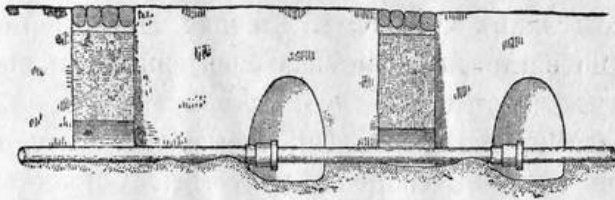
непригодность матеріала старыхъ трубъ ни къ чему, тогда какъ старыя чугуныя трубы имѣютъ еще $\frac{1}{3}$ цѣны, а старыя свинцовыя еще больше.

Соединенія трубъ желѣзныхъ часто дѣлаются винтовыми — при малыхъ діаметрахъ, а при большихъ—заклепочныя (черт. 411—416). Предложены многіе способы предохранить прочной одеждой желѣзныя трубы отъ ржавленія. Существуютъ трубы, покрытыя толстымъ слоемъ асфальта (желѣзно-асфальтовыя), трубы цинкованныя гальванопластическимъ способомъ, трубы луженыя оловомъ, трубы эмальированныя, трубы, покрытыя цементомъ (черт. 398 — 400), наконецъ, трубы, поверхность коихъ обращена въ магнитную окись желѣза.

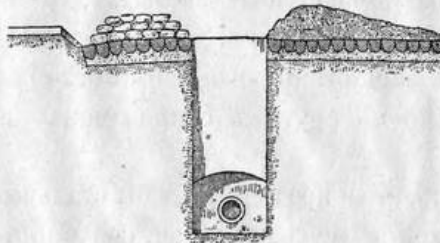
Ни одна изъ этихъ категорій трубъ не имѣетъ пока права считаться безупречнымъ рѣшеніємъ вопроса о предохраненіи желѣза отъ болѣе или менѣе скорого разрушенія, хотя въ нѣкоторыхъ слу-

Проведеніе воды трубами.

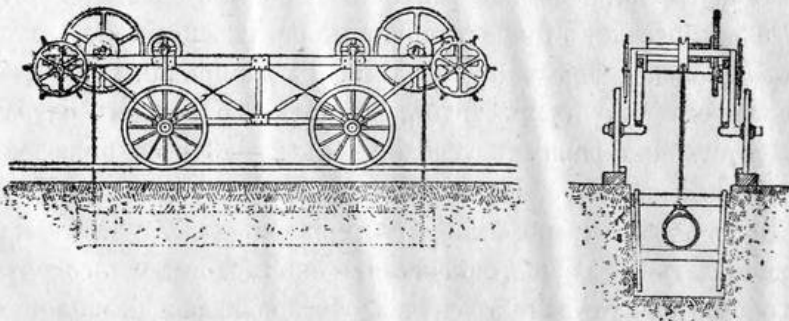
Укладка трубъ.



Черт. 431.— Продольный разръзъ рва для укладки трубъ.



Черт. 432.— Поперечный разръзъ рва для укладки трубъ.



Черт. 433 и 434.— Катучій кранъ (боковой видъ и видъ спереди) для переноски и опусканія чугунныхъ трубъ (Veshmann).

Примъчаніе къ черт. 431. Ровъ вынимается не сплошь, а для поддержанія стѣнокъ оставляются столбы, черезъ которые дѣлаются прорѣзы для трубъ. У стыковъ выемка уширяется для удобства работы.

VIII
чаяхъ тѣ или другія изъ перечисленкыхъ изобрѣтеній нашли себѣ относительно удачное примѣненіе (см. также главу XVIII).

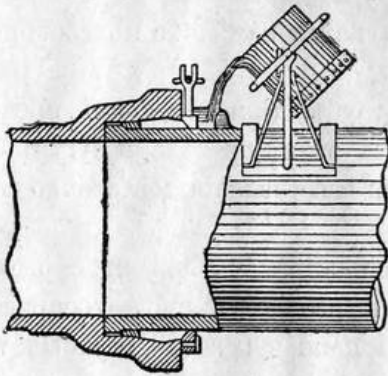
Стальные трубы открываютъ въ водопроводномъ дѣлѣ новую эру. Употребленіе ихъ все болѣе и болѣе распространяется, въ особенности со времени изобрѣтенія Маннесмана. Маннесманъ нашелъ способъ изготовленія листовыхъ трубъ безъ продольнаго шва, примѣняющійся ко всякимъ металламъ. Длинная лента листового металла навивается по винтовой линіи спаиваясь винтовымъ швомъ. Такимъ путемъ получаютъ стальные трубы чрезвычайно легкія, эластичныя, прочныя—разныхъ діаметровъ. Онѣ слегка окисляются и затѣмъ погружаются въ горячемъ состояніи въ деготь. Сопротивленіе приготовленныхъ такимъ образомъ трубъ ржавчинѣ значительно больше, чѣмъ трубъ желѣзныхъ. Онѣ получаютъ все большее распространеніе для водопроводовъ не только домовыхъ, но и уличныхъ, въ особенности для странъ заморскихъ, куда доставка тяжелыхъ чугунныхъ трубъ обходилась бы дорого. Онѣ легко укладываются по пологимъ кривымъ, но въ крутыхъ сопряженіяхъ необходимы чугунныя вставки.

Опытъ показалъ, что предѣлъ службы стальныхъ трубъ, уложенныхъ въ почвѣ сухой и не содержащей солей опредѣляется въ среднемъ въ 20 лѣтъ, причемъ, конечно, стоимость ремонта возрастаетъ все болѣе и болѣе къ концу этого срока. При болотистой почвѣ, содержащей соли, а въ особенности въ случаѣ наличія блуждающихъ электрическихъ токовъ, серьезныя разрушенія могутъ наступить и много раньше, черезъ 5—10 лѣтъ. Тѣ-же причины вліяютъ и на долговѣчность чугунныхъ трубъ, которую во всякомъ случаѣ слѣдуетъ считать при равныхъ условіяхъ въ 2—3 раза болѣе, чѣмъ трубъ стальныхъ.

Такимъ образомъ, при выборѣ матеріаловъ для трубъ стали или чугуна не можетъ быть общаго рѣшенія, а оно зависитъ отъ совокупности всѣхъ обстоятельствъ даннаго случая, обусловливающей экономическую выгодность того или другого рѣшенія вопроса. Въ мѣстностяхъ, отстоящихъ слишкомъ далеко отъ центровъ производства чугунныхъ трубъ и куда доставка послѣднихъ затруднительна, вслѣдствіе высокаго тарифа, въ мѣстностяхъ гористыхъ, гдѣ перевозка тяжелыхъ и хрупкихъ чугунныхъ трубъ сопряжена съ большими неудобствами,—цѣлесообразность стальныхъ очевидна. Въ большихъ городахъ, ле-

Проведение воды трубами.

Чугунные трубы.



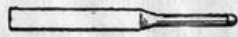
Черт. 435.



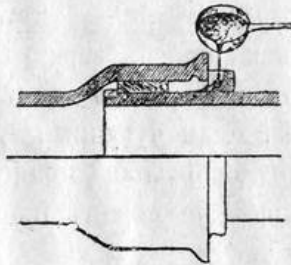
Черт. 436.



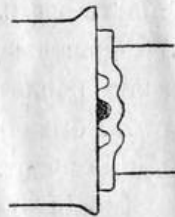
Черт. 437.



Черт. 438.



Черт. 439.



Черт. 440.

Черт. 435 — 440. — Заливка свинцом чугунных труб. Сначала половина стыка (около 0,04 — 0,05 м.) заполняется смоленной веревкой; она наматывается на трубу и уплотняется особым инструментом (черт. 437 — 438). Затем вокруг стыка делается обкладка из глины (черт. 440), в которой оставляются отверстия для вливания свинца и выхода воздуха. Свинец льется из ручной чашки (черт. 439) или из стоящего на особой подставке ведра (черт. 435). Когда стык заполнен, свинец зачеканивается особыми зубилами (черт. 436). При больших трубах для заливки свинцом стык прикрывается стальным или железным кольцом с глиняной обложкой (черт. 435).

жащихъ у центровъ фабрикаціи чугунныхъ трубъ и нуждающихся прежде сего въ возможно долговѣчныхъ трубопроводахъ, предпочтеніе должно быть безъ колебаній дано чугуну. Въ промежуткѣ между этими крайними случаями стоятъ множество другихъ, гдѣ надо сопоставить первоначальные и эксплуатационные расходы въ связи съ прочими условіями для того, чтобы найти наиболѣе цѣлесообразное рѣшеніе.

Обстоятельства мѣняются для трубъ, діаметръ коихъ превосходитъ 1500 миллиметровъ, такъ какъ за этими предѣлами чугунъ представляетъ техническія трудности для изготовленія достаточно долговѣчныхъ трубъ.

Чугунныя трубы—наиболѣе распространены въ водопроводномъ дѣлѣ. Матеріаль, по преимуществу употребляемый при трубопроводахъ сколько-нибудь значительной длины пока чугунъ. Чугунныя трубы дешевле прочихъ металлическихъ трубъ, могутъ быть самыхъ различныхъ размѣровъ (діам.—0,03 м. до 1,50 метра); стыки ихъ также прочны. Ихъ дѣлаютъ длиной 2,50—4 метровъ. Необходимо заботиться, чтобы онѣ отливались въ вертикальныхъ формахъ, чтобы избѣжать неоднородности металла въ одномъ сѣченіи, могущей привести къ разрыву трубы. Если чугуныя трубы отлиты стоймя, то: этимъ достигается однообразная толщина стѣнокъ, такъ какъ при вертикальной отливкѣ не можетъ произойти прогиба сердечника (шишки);

устраняется вредное вліяніе неправильнаго положенія сердечника, которое сильно вліяетъ на плотность трубы, и при недостаточной связи чугуна со стерженьками, поддерживающими сердечникъ, легко можетъ вызвать неплотности.

Стыки чугунныхъ трубъ бываютъ весьма разнообразны. Нѣкоторые изъ нихъ показаны на черт. 417 — 423. Среди нихъ на черт 423 представленъ гибкій стыкъ чугунныхъ трубъ, рекомендуемый при укладкѣ магистральной 1-го или 2-го порядка чрезъ широкую и глубокую рѣку и т. п., гдѣ было бы трудно и дорого производить работу за перемычками. Стыкъ образуется раструбомъ лѣвой трубы, сферическимъ утолщеніемъ правой, флянцемъ лѣвой, свободными фланцевыми кольцами правой и свинцовымъ заполненіемъ (черная сплошная краска чертежа). Правую трубу вставляютъ въ лѣвую, отодвинувъ предварительно свободное кольцо, и запол-

няютъ промежутокъ свинцомъ; потомъ надвигаютъ кольцо и притягиваютъ его болтами, а затѣмъ заполняютъ свинцомъ пространство между кольцами и трубой. Стыкъ предназначенъ для трубъ большого діаметра. Соединивъ такимъ образомъ всѣ звенья отвѣчающіе рѣчному пролету, ихъ опускаютъ въ воду (Fanning — стр. 464). Основные типы суть соединенія флянцами, раструбами и муфтами. Флянцевыя соединенія (черт. 417 и 462—463) позволяютъ легко вынимать каждое звено и замѣнять новымъ, не трогая сосѣднихъ и даютъ болѣе прочный трубопроводъ, что важно для трубъ уложенныхъ съ большими уклонами или отвѣсно. Но флянцевый стыкъ дороже раструбнаго и скорѣе даетъ течь, а потому онъ почти вездѣ вытѣсняется раструбнымъ (черт. 418 — 423 и 459 — 461).

Преимущества раструбнаго соединенія главнымъ образомъ слѣдующія:

при тщательной работѣ достигается непроницаемость при любомъ давленіи;

трубопроводъ получаетъ нѣкоторую гибкость благодаря заполненію стыка свинцомъ;

неизбѣжныя исправленія производятся легко.

Различаютъ соединенія помощью простыхъ раструбовъ и помощью двойныхъ раструбовъ или муфтъ. Первый способъ самый употребительный. Его недостатокъ въ трудности вынуть или вставить отдѣльное звено. Для этого приходится отрыть трубу на значительное протяженіе и, предварительно расплавивъ свинецъ въ раструбахъ, такъ приподнять ее, чтобы звено вынулось.

При этомъ растраиваются сосѣдніе стыки и работа вообще сложна и дорога. Чтобы избѣжать ея часто предпочитаютъ разбить звено.

Двойные раструбы или муфты устраняютъ эти неудобства (чертежъ 422). Когда нужна муфта сдвигается въ сторону и звено вынимается. Такой стыкъ дороже простого раструба и примѣняется обыкновенно въ мѣстахъ, гдѣ предвидится возможность частыхъ измѣненій въ трубопроводѣ.

Заполненіе въ раструбныхъ стыкахъ дѣлается изъ двухъ матеріаловъ—мягкаго и твердаго. Первымъ служитъ накля или смоляная веревка; вторымъ — свинецъ или железная замазка. При употребленіи свинца половина пространства заполняется паклей или

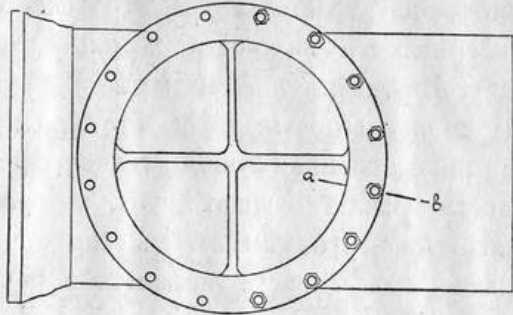
79
веревкой, а остальная половина свинцомъ. При употребленіи желѣзной замазки пакля занимаетъ лишь небольшое пространство, чтобы замазка могла пройти на большую глубину. Свинецъ обыкновенно примѣняется въ расплавленномъ видѣ, какъ указано на черт. 435 — 440. Можно, однако, заполнять пустоты флянцевъ и холоднымъ свинцомъ въ видѣ тонкихъ стружекъ, забивая ихъ на подобіе пакли. Результаты въ отношеніи плотности получаются вполне удовлетворительные, а для большихъ трубъ, гдѣ не всегда удается заливка, даже лучше, чѣмъ при расплавленномъ свинцѣ. Холодный способъ вообще, однако, дороже горячаго. Желѣзная замазка обыкновенно состоитъ изъ 900 вѣсовыхъ частей чугунныхъ опилокъ, 2 вѣсовыхъ частей сѣрнаго цвѣта и 1 части порошкообразнаго нашатыря. Этотъ способъ приготовленія замазки даетъ удовлетворительные результаты. Тѣмъ не менѣе для городскихъ водоснабженій предпочитается свинцовая заливка.

75
При приѣмкѣ трубъ необходимо подвергнуть ихъ испытанію, которое заключается въ томъ, что трубу закрываютъ съ обоихъ концовъ герметическими крышками, наполняютъ водою и сжимаютъ эту воду до максимальнаго давленія, которое должна выдерживать труба. Для испытанія трубъ служитъ особая специальная нагнетательная помпа, которая показана на черт. 429—430. Такое испытаніе однако не достаточно гарантируетъ качество трубъ. Необходимо, чтобы производство ихъ велось подъ надзоромъ специальныхъ агентовъ водопроводной администраціи. Они слѣдятъ за всѣмъ ходомъ работы, провѣряютъ качество чугуна, испытываютъ его прочность; когда трубы отлиты, они выслушиваютъ ихъ, ударяя ихъ молоткомъ, причемъ опытное ухо можетъ открыть много невидимыхъ для глаза недостатковъ, провѣряютъ диаметры и др. размѣры и пр., въ особенности же толщину стѣнокъ, для чего служитъ особый циркуль. Обыкновенно же эти специалисты производятъ и испытанія водою. При такомъ испытаніи труба не только не должна обнаружить трещинъ и щелей, но совсѣмъ не должна пропускать воды сквозь стѣнки, т. е. не должна быть пориста.

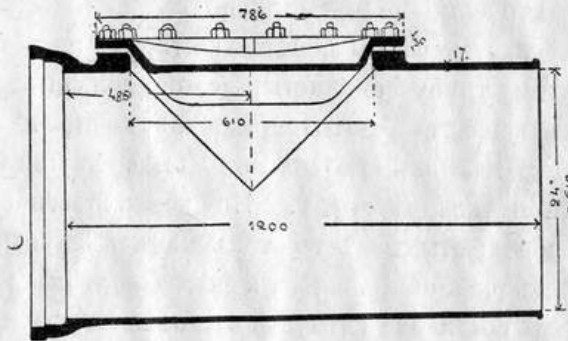
Испытаніе трубъ иногда рекомендуется производить слѣдующимъ образомъ: трубу погружаютъ горизонтально въ воду и подвергаютъ изнутри воздушному давленію въ определенное число атмосферъ. Существованіе неплотностей и трещинъ проявляется въ видѣ воздушныхъ пузырьковъ, поднимающихся въ водѣ.

Проведение воды трубами.

Приспособление для очистки чугунныхъ трубъ.

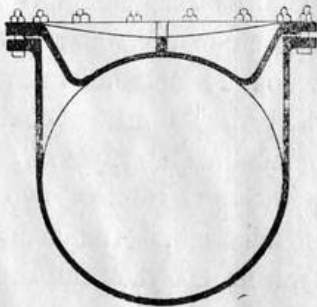


Черт. 441.



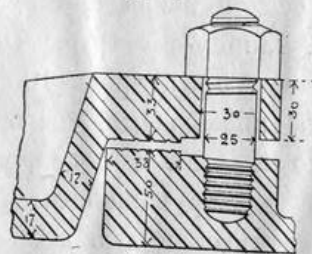
Черт. 442.

Черт. 441 и 442. — Видъ сверху и вертикальный продольный разръзъ чугунной 24 дюймовой трубы новаго Царско-Сельскаго водопровода съ лазомъ для осмотра и очистки трубопровода.



Черт. 443. — Поперечный разръзъ черезъ ось лаза (къ черт. 441).

Ваурытъ по а в.



Черт. 444. — Деталь болтоваго соединенія крышки лаза (къ черт. 441).

Послѣ испытанія трубы, обыкновенно, покрываются смѣсью дегтя съ каменно-угольной смолы или, какъ говорятъ, асфальтируются. Асфальтировка чугунныхъ трубъ дѣлается двумя способами: или холодная труба погружается въ горячую ванну смолистой смѣси, или же, наоборотъ, нагрѣвается труба и опускается въ холодную ванну. Трубы нагрѣваются на кострахъ или въ особыхъ печахъ, что гораздо лучше. Изъ двухъ упомянутыхъ приѣмовъ асфальтировки предпочтительнѣе второй (горячія трубы въ холодной ваннѣ), какъ болѣе экономичный и дающій лучшіе техническіе результаты въ отношеніи прочности асфальтирующаго слоя, который сильнѣе прикрѣпляется къ нагрѣтымъ трубамъ и затѣмъ скорѣе высыхаетъ. Ванна составляется удачно изъ 1 части асфальта и 6 частей каменно-угольной смолы (Engineering Record, Vol. 70, № 8, 1914). Асфальтировка трубы предохраняетъ её въ значительной степени отъ ржавчины. Она обыкновенно не дѣлается до гидравлическаго испытанія, потому, что окраска могла бы помѣшать открыть недостатки отливки.

Покрывающій трубу смолистый слой долженъ противустоять дѣйствию всѣхъ веществъ, находящихся въ почвѣ и противустоять дѣйствию мороза; составъ не долженъ быть хрупкимъ, чтобы не отваливаться при укладкѣ трубъ. На поверхности совершенно не должно быть непокрытыхъ мѣстъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ ржавчина можетъ распространиться и подъ составомъ, покрывающимъ трубу. Покрывать составомъ слѣдуетъ возможно чистую металлическую поверхность. Покрытіе трубъ внутри имѣетъ еще и ту выгоду, что при этомъ значительно уменьшается сопротивленіе движенію воды и притомъ не только въ первое время, но и много времени спустя, такъ какъ хорошо асфальтированныя трубы не покрываются наростами отъ разложенія металла и наносами, выпадающими изъ воды, или, если и покрываются, то очень медленно и въ малой степени. Такъ, на примѣръ, трубы Царско-Сельской 24 дюймовой магистрали (см. черт. 396) чрезъ 10 лѣтъ послѣ укладки имѣли совершенно чистую поверхность, благодаря образцовой асфальтировкѣ ихъ.

Послѣ укладки водопроводныхъ трубъ, прежде чѣмъ пустить ихъ въ работу, трубопроводы подвергають испытанію гидравлическимъ давленіемъ съ цѣлью провѣрить, нѣтъ ли между уложенными въ его составѣ трубъ — разбитыхъ и лопнувшихъ и всѣ ли стыки хорошо сдѣланы. Въ основаніе этого испытанія кладутся въ разныхъ учрежденіяхъ неодинаковыя требованія:

Проведение воды трубами.

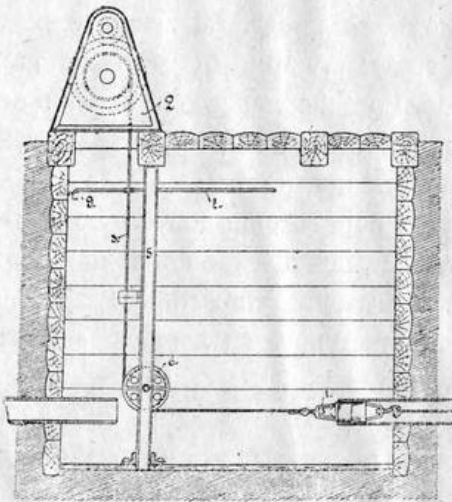
Приспособления для очистки чугунныхъ трубъ.



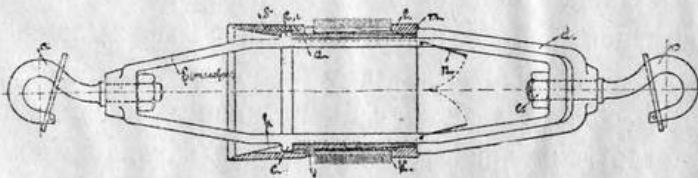
Черт. 445. — Видъ чугунной трубы, на внутреннихъ стѣнкахъ которой образовался наростъ изъ ржавчины и осадковъ солей.



Черт. 446. — Приборъ для очистки трубъ отъ наростовъ. Приборъ вводится въ трубу и, образуя поршень, движется подъ давленіемъ воды, которая сообщаетъ ему еще вращательное движеніе. Скребки, расположенныя по винтовымъ линиямъ снимаютъ наросты и щетка очищаетъ стѣнки трубы.



Черт. 447. — Общее расположе-
ніе приспособленій для очистки
трубъ изъ колодца при посред-
ствѣ скребок, приводимаго въ
движеніе тросомъ и лебедкой.



Черт. 448. — Очистной аппаратъ сист. Альбицкаго.

1) или только опрессовать данную линію на опредѣленное число атмосферъ, обыкновенно двойное и не менѣе 10 атмосферъ, не принимая во вниманіе продолжительности держанія давленія;

2) или опрессовать, какъ указано выше, съ непремѣннымъ условіемъ, чтобы время пониженія предѣльнаго давленія на одну атмосферу было не менѣе опредѣленнаго числа минутъ (Москва—3 минуты);

3) или опрессовать съ опредѣленіемъ утечки воды изъ трубопровода при давленіи, превышающемъ возможное статическое на 5 атмосферъ и условіи, чтобы эта утечка не превосходила нѣкоторой величины, допускаемой для даннаго діаметра и длины трубъ.

Каждый изъ этихъ приѣмовъ имѣетъ свои недостатки. Первый зависитъ отъ силы насоса и совсѣмъ не характеризуетъ утечки, вслѣдствіе чего при сильномъ насосѣ можетъ быть принята линія, которая была бы забракована при слабомъ.

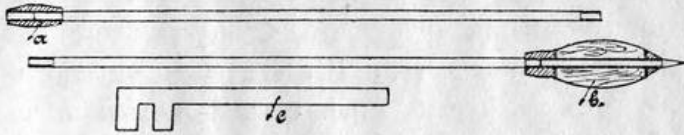
Второй приѣмъ находится подъ влияніемъ большаго или меньшаго присутствія въ трубахъ воздуха, который умѣряетъ паденіе давленія, что при затруднительности удаленія всего воздуха и невозможности убѣдиться въ его полномъ отсутствіи, можетъ уменьшать въ неопредѣленной степени цѣнность испытанія.

Наконецъ, третій приѣмъ требуетъ опредѣленія допускаемой утечки, что пока не можетъ быть сдѣлано съ непререкаемой точностью (см. докладъ С. С. Пономорева—объ испытаніи уложенныхъ трубъ—IX водопр. съѣзду 1909 года). Въ общемъ пока слѣдуетъ предпочитать второй изъ приведенныхъ выше приѣмовъ.

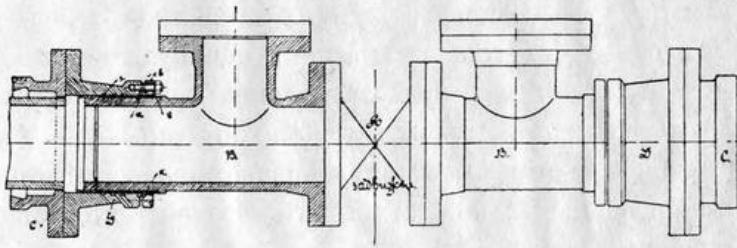
Ислѣдованіе состоянія трубопроводовъ должно повторяться періодически, такъ какъ въ нихъ подъ дѣйствіемъ разныхъ причинъ могутъ происходить поврежденія, сопровождающіяся значительными потерями воды. Когда эти поврежденія очень велики, они сопровождаются образованіемъ на поверхности земли ключей и даже фонтановъ, но даже и при очень большихъ поврежденіяхъ иногда, напр. если вода выливается въ близъ лежащій водостокъ, они долго не обнаруживаютъ себя внѣшними проявленіями. Ихъ надо искать другими приѣмами (§ 29), среди коихъ очень интересенъ способъ, предложенный профессоромъ Н. Е. Жуковскимъ и основанный на явленіи отраженія ударной волны отъ всякаго препятствія ея правильному распространенію (см. Н. Е. Жуковский — «О гидравлическомъ ударѣ въ водопроводныхъ трубахъ»).

Проведеніе воды трубами.

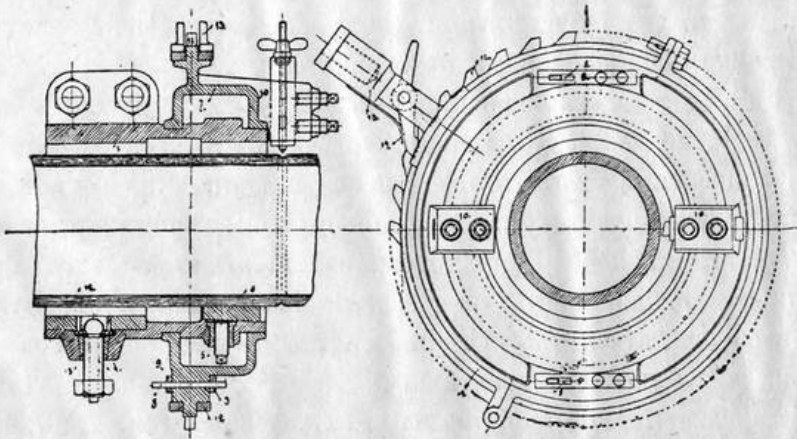
Приспособленія для очистки чугунныхъ трубъ.



Черт. 449—451. Стержни для протягиванія троса и захватный ключ (с).



Черт. 452 — 453. — Изоляционная труба, вводимая въ составъ трубопровода для выдѣленія очистныхъ участковъ (разрѣзъ и боковой видъ).



Черт. 454 — 455. Приборъ для перепиливанія на мѣстѣ чугунныхъ трубъ (разрѣзъ и боковой видъ).

§ 52. О расчетъ размѣровъ чугунныхъ трубъ.

Чугунныя трубы изготовляются каждымъ заводомъ въ видѣ известной серіи съ возрастающими діаметрами. Въ настоящее время почти всѣ заводы западной Европы остановились приблизительно на одинаковыхъ типахъ. Такъ какъ большинство заводовъ имѣютъ опредѣленный сортаментъ трубъ, то важно знать его, чтобы избѣжать расходовъ на новыя модели. Расчетъ размѣровъ трубы дѣлается по обыкновеннымъ формуламъ строительной механики или же по нѣкоторымъ эмпирическимъ формуламъ, отчасти указаннымъ далѣе.

Толщина стѣнокъ возрастаетъ пропорціонально діаметру, но въсь трубъ растетъ быстрѣе, и слѣдовательно и стоимость ихъ возрастаетъ быстрѣе, чѣмъ діаметръ; съ другой стороны стоимость укладки растетъ медленнѣе діаметровъ, такъ какъ манипуляціи укладки мало измѣняются въ известныхъ предѣлахъ діаметра трубъ. Опытъ показываетъ, что если разсматривать трубы, уложенныя на мѣсто, то цѣна погонной единицы разныхъ трубопроводовъ оказывается болѣе или менѣе пропорціональной діаметрамъ. Это обстоятельство обнаружилъ впервые Дюпюи.

При проектированіи водоснабженій величины напора въ сѣти могутъ быть весьма различны въ зависимости отъ конфигураціи мѣстности, разности высотъ источника и снабжаемыхъ водой частей города, а также и требованій, предъявляемыхъ водопроводу въ хозяйственномъ и пожарномъ отношеніяхъ.

Поэтому составитель проекта бываетъ часто вынужденъ изслѣдовать детально вопросъ о толщинѣ стѣнокъ трубъ своей сѣти. При всей кажущейся простотѣ этого вопроса онъ представляетъ нѣкоторыя затрудненія, такъ какъ съ одной стороны, кромѣ статическаго усилія, которымъ подвержены трубы, нужно имѣть въ виду удары и медленное разрушеніе ихъ химическими процессами, а съ другой— приходится считаться съ крайнимъ разнообразіемъ и несходствомъ эмпирическихъ указаній практики.

Для поясненія этого обстоятельства назовемъ (см. Алтуховъ.— Нов. усоверш. въ Америк. водопроводахъ, стр. 82):

t — толщину стѣнки трубы въ дюймахъ.

p — внутреннее разрывающее давленіе въ англійскихъ футахъ на квадратный дюймъ (1 англ. фунтъ = 1,10763 рус. ф.);

r — радиус трубы въ дюймахъ; и
 f — предѣльное сопротивленіе чугуна разрыву въ фунтахъ на квадратный дюймъ.

Разсматривая единицу длины трубы, мы получаемъ, что для равновѣсія (въ моментъ разрыва трубы) давленій на два полукольца, должна существовать слѣдующее равенство:

$$2 \cdot t \cdot f \cdot = 2r \cdot p,$$

откуда

$$t = \frac{p \cdot r}{f}.$$

Возьмемъ теперь, для примѣра, трубу діаметромъ въ 12 дюймовъ, и опредѣлимъ, какова должна быть толщина ея стѣнки для того только, чтобы уравнивать внутреннее давленіе въ 250 фунтовъ на 1 кв. дюймъ, принимая предѣльное сопротивленіе чугуна разрыву въ 18.000 англійскихъ фунтовъ на 1 кв. дюймъ?

По вышеуказанной формулѣ мы будемъ имѣть:

$$t = 0,083 \text{ дюйм.}$$

Какъ видимъ, теоретическое выраженіе для толщины стѣнки трубы, подвергнутой довольно большому внутреннему давленію, получается очень незначительное. Этотъ теоретическій результатъ увеличивается прежде всего, обыкновенно, въ 3 раза, чтобы придать стѣнкамъ трубы извѣстный запасъ прочности, для чего предѣльное сопротивленіе чугуна разрыву принимается равнымъ 6.000 англ. фунтовъ, вмѣсто 18.000 англійскихъ фунтовъ.

Получаемыя при этомъ величины увеличиваются еще различнымъ образомъ разными авторитетами, чтобы найти такую практическую толщину стѣнокъ трубъ, которая обуславливала бы существованіе запаса прочности, для противодѣйствія увеличенному давленію отъ ударовъ воды о стѣнки трубъ, при быстромъ закрываніи и открываніи пожарныхъ или створныхъ крановъ. Съ этою цѣлью, Киркудъ на примѣръ, ведетъ расчетъ на пятерное давленіе, сравнительно съ нормальнымъ, т. е. въ нашемъ примѣрѣ, для p не въ 250, а 1.250 фунтовъ, другіе авторитеты нѣсколько уменьшаютъ этотъ коэффициентъ прочности, но въ большинствѣ случаевъ онъ все таки колеблется около 2 или 3.

Полученное такимъ образомъ выраженіе для толщины стѣнокъ трубъ увеличивается, обыкновенно, еще нѣкоторою величиною X , въ виду неправильностей при отливкѣ трубъ, ржавленія ихъ, и тѣхъ случайныхъ силъ и вліяній, которыя обнаруживаются при различныхъ фазисахъ приготовленія, транспортировки, укладки и службы трубъ. Эта величина X въ однѣхъ формулахъ, измѣняется въ предѣлахъ отъ 0,24 дюйма до 0,40", а въ другихъ отъ 0,37 до 1,04".

Такимъ путемъ созданъ для расчета размѣровъ чугунныхъ трубъ цѣлый рядъ эмпирическихъ формулъ, изъ коихъ мы сравнимъ между собою нѣсколько, а именно предложенныя слѣдующими авторитетами:

1) *James P. Kirkwood*:

$$t = \frac{5pr}{f - p} + X.$$

2) *John Neville*:

$$t = 0,0016 (n + 10) d + 0,32.$$

3) *M. Dupuis*:

$$t = 0,0016 nd + 0,32 + 0,013 d.$$

4) *J. Weisbach*:

$$t = \frac{5 pd}{2f}.$$

5) *T. J. Whitman*:

$$t = 0,0045 nd + 0,4 - 0,0011 d$$

6) Формула *Dupuis*, измѣненная *Kirkwood*'омъ согласно американской практикѣ:

$$t = 3,4 n (0,0016 d) + X.$$

7) *Molesworth*:

$$t = 0,000054 Hd + X.$$

8) *Thomas Box*:

$$t = \frac{\sqrt{d}}{10} + 0,15 + \frac{Hd}{25.000}.$$

9) *James B. Francis*:

$$t = 0,000058 Hd + 0,0152 d + 0,312.$$

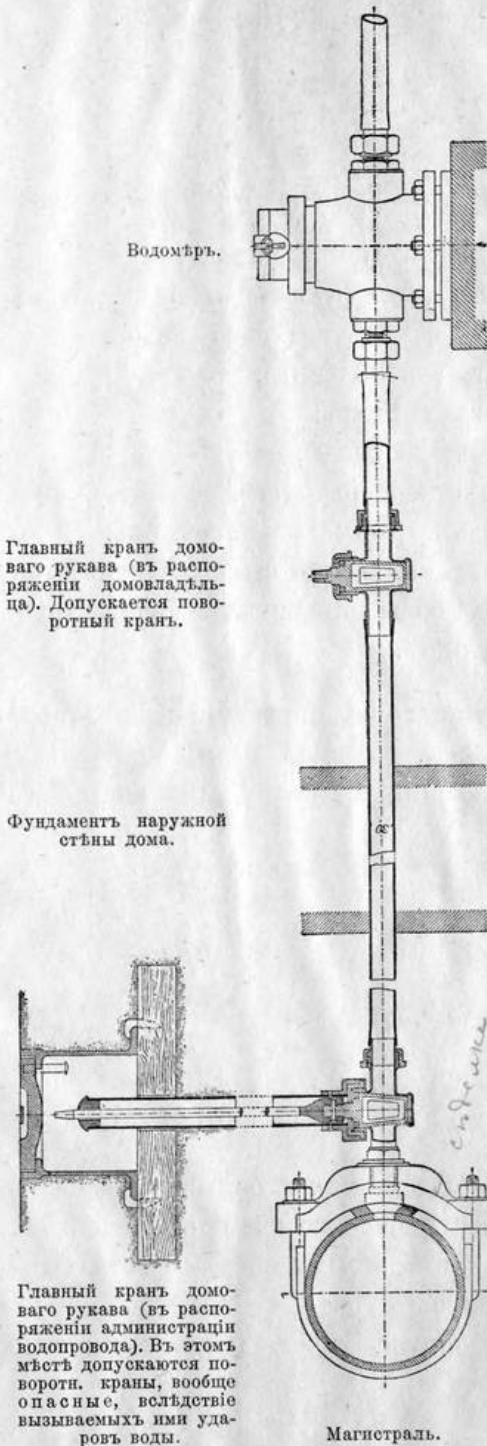
10) *Wm. J. Rankine*:

$$t = \frac{Hd}{12.000}.$$

Проведение воды трубами.

Устройство домового рукава.

Черт. 457 и 458. — Продольный разрезъ по домовому рукаву съ показаніемъ магистралей, главныхъ крановъ и водомѣра ($\frac{1}{8}$ и в.).

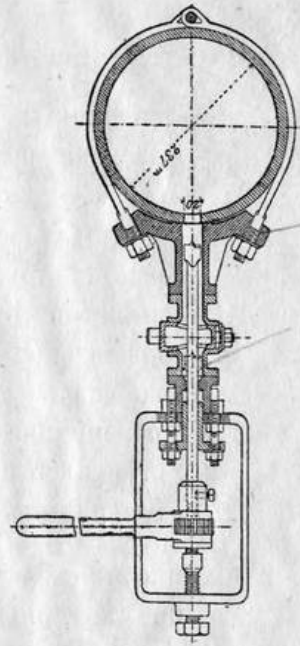


Главный кранъ домового рукава (въ распоряженіи домовладѣльца). Допускается поворотный кранъ.

Фундаментъ наружной стѣны дома.

Главный кранъ домового рукава (въ распоряженіи администраціи водопровода). Въ этомъ мѣстѣ допускаются поворотн. краны, вообще опасныя, вслѣдствіе вызываемыхъ ими ударовъ воды.

Магистраль.



Черт. 456. — Приборъ для проверлива-
нія магистралей и устройства отводовъ.

11) *J. Herbert Shedd:*

$$t = 0,00008 Hd + 0,01 d + 0,36.$$

12) *Barlow:*

$$t = \frac{pr}{p - f} = X.$$

Во всѣхъ этихъ формулахъ значеніе буквъ слѣдующее:

- t — толщина стѣнокъ трубы въ дюймахъ;
 p — давленіе воды въ англ. фунтахъ на 1 кв. дюймъ;
 H — » » » футахъ водяного столба;
 n — число атмосферъ (въ 33 фута);
 r — радіусъ трубы въ дюймахъ;
 d — діаметръ трубы въ дюймахъ;
 f — предѣльное сопротивленіе чугуна разрыву, принимаемое во всѣхъ случаяхъ = 6.000 англ. фунтовъ;
 X — переменная величина, на которую увеличивается толщина стѣнокъ въ цѣляхъ большей сопротивляемости трубъ всякимъ случайнымъ усиліямъ.

Значеніе этой величины видно изъ приводимой далѣе таблицы № 16.

Для примѣра, опредѣлимъ, по всѣмъ этимъ формуламъ, величину t для 12'' трубы, при давленіи = 250 фунтамъ или 577,5 футь:

№№ формуль.	№№ формуль.
1) $t = 1,62''$	7) $t = 0,90''$
6) $t = 1,53''$	2) $t = 0,85''$
5) $t = 1,36''$	3) $t = 0,81''$
4) $t = 1,25''$	8) $t = 0,77''$
11) $t = 1,03''$	12) $t = 0,63''$
9) $t = 0,90''$	10) $t = 0,58''$

Въ полученныхъ результатахъ такое большое разнообразіе, что невольно возникаетъ вопросъ: какое же изъ опредѣленной величины t наиболѣе практично и, при данныхъ обстоятельствахъ, могло бы быть принято къ исполненію?

Формула Рэнкина и формула Барлоу даютъ самыя меньшіе размѣры толщины стѣнокъ.

Таблица № 16. Значения X (явных и скрытых) для различных диаметров труб в формулах толщины стенок.

Диаметръ трубъ.	Бирквудъ № 1.	Бирквудъ по Дюлю № 4.	Вайтманъ № 5.	Ненль № 2.	Дюлю № 3.	Томасъ Боксъ № 8.	Франсисъ № 9.	Молесвортъ № 7.	Шедъ № 11.	Барлоу № 12.	Газовыя трубы.
4"	0,35"	0,40"	0,40"	0,32"	0,37"	0,36"	0,37"	0,38"	0,40"	0,24"	0,37"
6"	0,34"	0,40"	0,39"	0,32"	0,40"	0,40"	0,40"	0,41"	0,42"	0,25"	0,42"
8"	0,33"	0,40"	0,39"	0,32"	0,42"	0,44"	0,43"	0,44"	0,44"	0,28"	0,47"
10"	0,33"	0,39"	0,39"	0,32"	0,45"	0,48"	0,46"	0,47"	0,46"	0,32"	0,50"
12"	0,32"	0,39"	0,39"	0,32"	0,48"	0,51"	0,49"	0,50"	0,48"	0,32"	0,53"
14"	0,31"	0,39"	0,38"	0,32"	0,50"	0,55"	0,49"	0,51"	0,50"	0,33"	0,55"
16"	0,30"	0,38"	0,38"	0,32"	0,53"	0,58"	0,52"	0,52"	0,52"	0,33"	0,59"
20"	0,28"	0,38"	0,38"	0,32"	0,58"	0,63"	0,56"	0,53"	0,56"	0,33"	0,66"
24"	0,26"	0,37"	0,37"	0,32"	0,63"	0,70"	0,62"	0,54"	0,60"	0,33"	0,72"
30"	0,25"	0,37"	0,37"	0,32"	0,71"	0,77"	0,68"	0,56"	0,66"	0,34"	0,81"
36"	0,24"	0,36"	0,36"	0,32"	0,79"	0,83"	0,77"	0,58"	0,72"	0,36"	0,91"
42"	0,23"	0,36"	0,36"	0,32"	0,87"	0,90"	0,85"	0,60"	0,78"	0,38"	1,00"
48"	0,22"	0,35"	0,35"	0,32"	0,94"	0,96"	1,04"	0,62"	0,84"	0,48"	1,10"

Формула Кирквуда даетъ результаты почти въ три раза больше, чѣмъ формула Рэнкина; формула Дюпюи, измѣненная Кирквудомъ, а также формула Ваймана, даютъ результаты слишкомъ большіе, по сравненію со всѣми остальными формулами; первые двѣ изъ этихъ формулъ даютъ размѣры толщины стѣнокъ трубъ въ два раза большіе, чѣмъ если бы они были опредѣлены по формулѣ Дюпюи или по формулѣ Томаса Бокса. При этомъ замѣтимъ, что формулы Молесворта и Фрэнсиса даютъ вполнѣ согласные результаты.

Особенно большіе величины получаютъ изъ первыхъ четырехъ формулъ, потому что, не смотря на общее во всѣхъ формулахъ уменьшеніе въ три раза предѣльнаго сопротивленія чугуна разрыву, въ нихъ все-таки взяты значительный коэффициентъ запаса прочности, именно: въ формулѣ Кирквуда—5, во второй—4,45, у Вейсбаха—5 и у Ваймана—3,8. Этотъ коэффициентъ, какъ уже замѣчено, обусловливаетъ тотъ запасъ прочности въ стѣнкахъ трубъ, который долженъ выдерживать случайные удары отъ быстрого запиранія крановъ. Кирквудъ полагаетъ, что взятый имъ коэффициентъ прочности не великъ, и что удары въ трубахъ должны быть пропорціональны давленію, подъ которымъ въ нихъ движется вода. Но надо замѣтить, что весьма рѣдки случаи, когда остановка движенія воды можетъ произойти мгновенно и вполнѣ, такъ какъ въ новѣйшихъ типахъ створныхъ и пожарныхъ крановъ, производится только весьма медленное и постепенное запираніе и отпирание ихъ. Болѣе или менѣе сильныя толчки и удары воды легко возможны въ домовыхъ трубахъ, снабженныхъ нерѣдко поворотными кранами (§ 57), производящими быстрое отпирание и запираніе воды. Въ уличныхъ линіяхъ ничего подобнаго никогда не происходитъ и небольшія колебанія въ движеніи воды, которыя случаются тамъ, значительно уменьшаются многими отверстіями съ свободнымъ изліяніемъ воды, каковы домовые отростки съ открытыми кранами и пр.

Видъ формулъ Кирквуда и Вейсбаха прямо указываетъ на допущенія, которыя сдѣланы въ нихъ авторами, въ виду обезопасенія трубъ отъ ударовъ воды; въ другихъ формулахъ эти коэффициенты прочности болѣе скрыты; но, принявъ для всѣхъ формулъ величину сопротивленія чугуна разрыву = 6.000 англійскихъ фунтовъ, и обозначивъ черезъ X — увеличеніе толщины стѣнокъ трубъ, которое должно идти прибавками, въ видахъ несовершенствъ отливки,

ржавленія и усилій, коимъ подвергаются трубы при укладкѣ и транспортировкѣ, можно опредѣлить допущенный во всѣхъ этихъ формулахъ коэффициентъ прочности, въ расчетѣ на неправильность движенія воды въ трубахъ.

Величины этого коэффициента оказываются, согласно расчету инженера Алтухова, слѣдующія.

Вейсбахъ	5,00
Кирквудъ	5,00
Дююи (измѣненная Кирквудъ)	4,55
Вайтманъ	3,80
Рэнкинъ	2,31
Гербертъ Шедъ	2,22
Джонъ Невиль	2,12
Фрэнсисъ	1,61
Молесвортъ	1,60
Дююи	1,34
Томасъ Барлоу	1,00

Изъ разсмотрѣнія величинъ этихъ коэффициентовъ оказывается, что первые четыре изъ нихъ соотвѣтствуютъ увеличенію давленія въ трубахъ въ 4—5 разъ противъ расчетнаго. Поэтому нѣкоторые спеціалисты находятъ ихъ преувеличенными. По мнѣнію ихъ, на случай быстрыхъ увеличеній давленія въ сѣти, обыкновенно употребляются спеціальные предохранительные краны, которые ограничиваютъ возможность подобныхъ явленій; наконецъ, еслибы ихъ и не было, то случайное, быстрое возрастаніе давленія воды отразилось бы только на самомъ слабомъ мѣстѣ сѣти, оставивъ неповрежденными всѣ другія трубы, изъ чего выясняется непрактичность, въ виду возможности подобнаго рѣдкаго случая, слишкомъ увеличивать толщину стѣнокъ всѣхъ трубъ, и тѣмъ значительно удорожать стоимость всей сѣти.

Въ виду этихъ соображеній нѣкоторые авторитеты принимаютъ, какъ видно изъ предшествующаго, для коэффициента безопасности гораздо меньшія величины. Къ категоріи такихъ формулъ принадлежит и формула, предложенная въ Россіи инженеромъ Алтуховымъ, который признаетъ, что коэффициентъ u p равный 2—удовлетво-

ряетъ практическимъ требованіямъ. Соотвѣтственно этому предположенію, инженеръ Алтуховъ предложилъ слѣдующую формулу:

$$t = \frac{pr}{3.000} + X$$

или

$$t = 0,000072 Hd + X.$$

Въ этихъ формулахъ значенія величины X — измѣняются въ зависимости отъ давленія, а не только діаметра трубы, какъ въ предшествующихъ формулахъ, и опредѣляются по сравненію съ соотвѣтствующими величинами газовыхъ трубъ (подробности см. Алтуховъ, loco cit., стр. 98).

Кромѣ рассмотрѣнныхъ здѣсь параллельно формулъ, есть еще не мало другихъ.

Толщина стѣнокъ трубъ изъ чугуна по Hagen'у $e = 0,0533 \frac{h \cdot d}{f}$, гдѣ e — искомая толщина въ сантим., h — высота столба воды въ метрахъ (пьезометрическая высота), d — діаметръ трубы въ сантим. и f временное сопротивленіе чугуна при разрывѣ, выраженное въ килогр. на 1 кв. сантим.

По d'Aubuisson'у для трубъ діаметромъ болѣе $4\frac{1}{2}$ дюймовъ $e = 1 + 0,015 d$, гдѣ e и d имѣютъ только что указанные значенія.

Фаннингъ даетъ выраженіе

$$t = \frac{(p + 100)r}{0,2f} + 0,333 \left(1 - \frac{r}{50} \right),$$

въ которомъ при всѣхъ тѣхъ же обозначеніяхъ, какія приведены на стр. 492, цифра 100 есть добавочный запасъ прочности противъ ударовъ воды, для которыхъ Фаннингъ не допускаетъ болѣе 100 фунтовъ на кв. дюймъ.

Burton (The Water Supply of Towns, p. 227) рекомендуетъ такую формулу:

$$t = \frac{(p + 100)r}{f} k + 0,3,$$

гдѣ при всѣхъ уже извѣстныхъ значеніяхъ буквъ k есть коэффициентъ безопасности, измѣняющейся отъ 4 до 6, при $f = 18.000$ англ. ф. на кв. дюймъ.

По этой формулѣ при $k = 4$ вычислены размѣры нѣкоторыхъ трубъ, приведенные въ таблицѣ № 17; практика оправдала, согласно

заявленію Burton'a, его расчеты, но онъ рекомендуетъ легкое измѣненіе своей формулы для будущаго, а именно:

$$t = \frac{(p + 100) 5r}{18.000} + 0,25,$$

гдѣ $k = 5$, а $X = 0,25$, т. е. меньше прежняго, въ виду успѣховъ сдѣланныхъ отливкой.

Таблица № 17. Толщина стѣнокъ чугунныхъ трубъ для давленія отъ 50 до 150 англійскихъ фунтовъ на кв. дюймъ.

(Burton, The Water Supply for Towns, p. 228).

Діаметръ въ дюймахъ.	Толщина стѣнокъ трубы въ дюймахъ.		
	При давленіи въ 50 ф. на кв. дм.	При давленіи въ 100 ф. на кв. дм.	При давленіи въ 150 ф. на кв. дм.
4	$\frac{3}{8}$	$\frac{13}{32}$	$\frac{7}{16}$
5	$\frac{13}{32}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{15}{32}$
6	$\frac{13}{32}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{2}$
7	$\frac{7}{16}$	$\frac{15}{32}$	$\frac{9}{16}$
8	$\frac{7}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{19}{32}$
9	$\frac{15}{32}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$
10	$\frac{15}{32}$	$\frac{17}{32}$	$\frac{11}{16}$
12	$\frac{1}{2}$	$\frac{19}{32}$	$\frac{23}{32}$
15	$\frac{9}{16}$	$\frac{21}{32}$	$\frac{13}{16}$
18	$\frac{5}{8}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{29}{32}$
21	$\frac{21}{32}$	$\frac{25}{32}$	1
24	$\frac{23}{32}$	$\frac{27}{32}$	$1\frac{1}{8}$
27	$\frac{3}{4}$	$\frac{29}{32}$	$1\frac{7}{32}$
30	$\frac{13}{16}$	$\frac{31}{32}$	$1\frac{5}{16}$
33	$\frac{27}{32}$	$1\frac{1}{16}$	$1\frac{13}{32}$
36	$\frac{29}{32}$	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{1}{2}$
42	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{23}{32}$
48	$1\frac{1}{8}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{29}{32}$
54	$1\frac{7}{32}$	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{8}$
60	$1\frac{5}{16}$	$2\frac{5}{8}$	$2\frac{5}{16}$
66	$1\frac{13}{32}$	$1\frac{25}{32}$	$2\frac{1}{2}$
72	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{29}{32}$	$2\frac{23}{32}$

Примѣчаніе. 1 англійскій фунтъ = 1,10763 рус. ф.

Формулы Фаннинга и Бертона представляются, повидимому, наиболее целесообразными в настоящее время для расчета размеров чугунных труб. Найденная расчетом толщина не может быть, однако, применена ко всем частям трубы и к кривым трубам.

Опыт показывает например, что наиболее слабое место у трубы вверху у конца раструба и при переходѣ его в собственно трубу, каковыя места и слѣдуетъ соответственно усиливать. Для опредѣленія другихъ измѣреній трубъ въ раструбахъ и фланцахъ приходится пользоваться прямыми указаніями практики. У трубъ фасонныхъ слѣдуетъ брать толщину стѣнокъ на 25% болѣе.

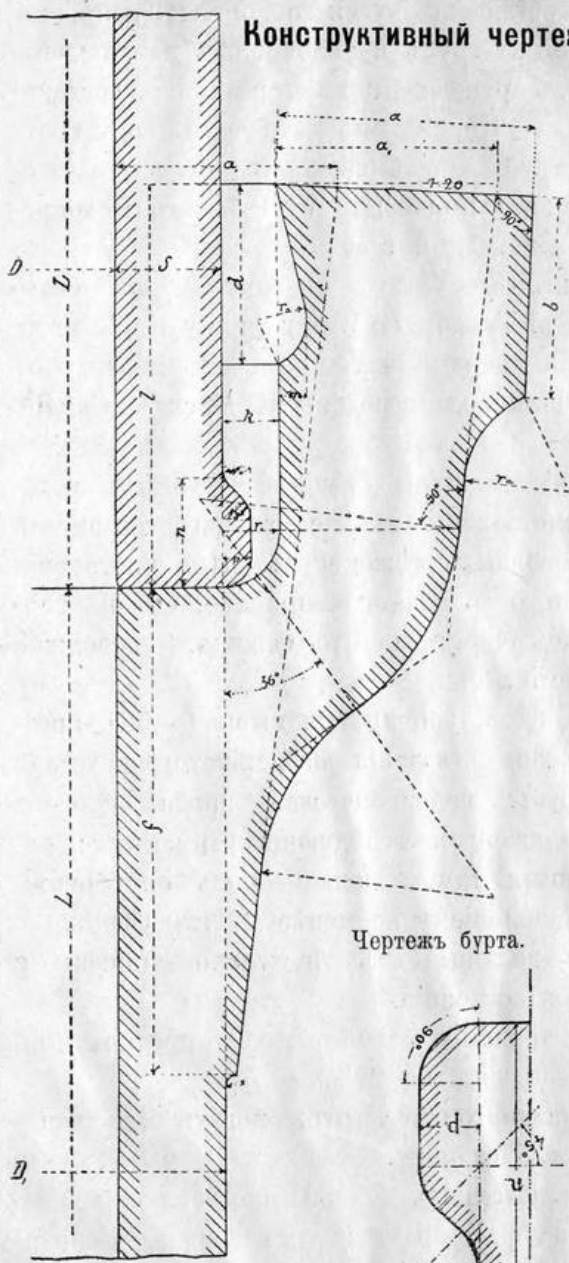
Если такъ или иначе толщина стѣнокъ трубъ установлена, онѣ могутъ быть получены, изъ большого числа заводовъ, причемъ является существенно важнымъ, чтобы трубы различныхъ происхожденій не только удовлетворяли условіямъ прочности, но еще и другому—весьма важному, а именно условію удобнаго и правильнаго соединенія между собою и съ различными приборами трубопроводной сѣти, которые также могутъ быть разныхъ происхожденій. Въ этихъ видахъ представляется существенно важною унификація размѣровъ сопряженій трубъ, т. е. ихъ раструбовъ и фланцевъ. Начало такой унификаціи въ Россіи было положено Русскимъ Водопроводнымъ Съѣздомъ 1893 года, выработавшимъ и предложившимъ для всеобщаго употребленія въ Россіи таблицу или сортаментъ нормальныхъ размѣровъ чугунныхъ трубъ съ раструбными и фланцевыми соединеніями (см. Труды русскихъ водопроводныхъ съѣздовъ. I, 1893, стр. 57) и ниже § 53, и установившимъ при этомъ нѣкоторыя техническія требованія къ этимъ трубамъ (см. § 53).

§ 53. Русскій нормальный метрическій сортаментъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ и техническія условія ихъ изготовленія и пріемки.

Сортаментъ перваго Русскаго Водопроводнаго Съѣзда 1893 года, извѣстный подъ именемъ «Таблицъ I-го съѣзда», состоялъ изъ двухъ нормальныхъ таблицъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ внутренняго діаметра отъ 2" до 36" съ раструбными и фланцевыми соединеніями,

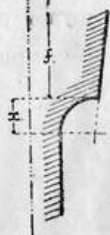
Нормальный метрический сортамент чугуных водопроводных труб, выработанный Комиссией V Русскаго Водопроводнаго Съезда 1901 года.

Конструктивный чертеж раструба.



Чертеж бурта.

Чертеж перехода от трубы къ раструбу.



$$l = 60 \text{ мм.} + 0,04 D.$$

$$f = 60 \text{ мм.} + 0,06 D.$$

$$l + f = 120 \text{ мм.} + 0,010 D.$$

$$\delta = 6,5 \text{ мм.} + 0,02 D \text{ для труб, диаметромъ отъ 40 до 300 м.}$$

$$\delta = 6 \text{ мм.} + 0,02 D \text{ для трубъ, диаметромъ отъ 350 до 1200 мм.}$$

$$k = 6 \text{ мм.} + 0,008 D.$$

$$d = 25 \text{ мм.} + 0,02 D.$$

$$a = 24 \text{ мм.} + 0,04 D.$$

$$a_i = 20 \text{ мм.} + 0,035 D.$$

$$m = 4 \text{ мм.} + 0,003 D.$$

$$b = 30 \text{ мм.} + 0,02 D.$$

$$x = 0,05 \text{ мм.} + 0,002 D \text{ съ округленіемъ до полу-миллиметра.}$$

$$p = 3 \text{ мм.} + 0,004 D = \frac{k}{2}$$

$$n = 12 \text{ мм.} + 0,016 D = 4p = 2k.$$

$$r_i = k.$$

$$r_{ii} = 0,25 b.$$

$$r_{iii} = 6 \text{ мм.} + 0,02 D.$$

Всѣ величины выражаются въ миллиметрахъ.

Черт. №№ 459-461.

атласа чертежей и краткихъ техническихъ условій (см. В. Ф. Ивановъ.—Техническій обзоръ составленія русскаго нормальнаго сорта-мента водопроводныхъ чугунныхъ трубъ и условій ихъ изготовленія и приѣмки въ изданомъ подъ руководствомъ и редакціей состави-теля настоящаго курса трудѣ «Нормальный метрическій сортаментъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ и техническія условія ихъ изгото-вленія и приѣмки, выработанные Комиссіей V Русскаго Водопро-воднаго Съѣзда 1901 года, Спб. 1902 г.»).

Раструбъ I-го съѣзда былъ выработанъ по типу американскаго ученаго Fanning'a (A Practical Treatise on Water-Supply Engineering by I. T. Fanning, page 460) и впервые былъ примѣненъ инженеромъ Н. П. Зиминимъ для постройки водопроводовъ въ Москвѣ, Самарѣ и Царицынѣ.

Типъ фланца и величины толщины стѣнокъ чугунныхъ водо-проводныхъ трубъ были заимствованы изъ нормальнаго сортамента германскихъ газо- и водопроводныхъ инженеровъ. При построеніи очертанія фланца было принято за основное правило, что на вер-тикальной линіи, проходящей черезъ центръ фланца, не должно находиться болтовыхъ отверстій.

Техническія условія I Съѣзда, упомянутыя выше (§ 52), пред-ставляютъ собой лишь краткія указанія на нѣкоторыя детали изготовленія и приѣмки трубъ: гидравлическая проба, способъ асфальтировки и т. п. и выражены въ слѣдующихъ пунктахъ:

1) Водопроводныя чугуныя трубы должны быть опробованы на заводѣ гидравлическимъ давленіемъ не менѣе 20 атмосферъ.

2) Послѣ пробы, трубы должны быть тщательно очищены и асфальтированы въ нагрѣтомъ состояніи.

3) Мѣстныя уменьшенія толщины стѣнокъ трубъ противъ нор-мальной допускается не болѣе, какъ на 20%.

4) Отступленіе отъ нормальнаго вѣса трубъ могутъ быть допу-скаемы на 3% въ ту и другую сторону.

5) Болтовые отверстія на фланцахъ должны просверливаться по нормальнымъ шаблонамъ и на фасонныхъ частяхъ должны распола-гаться такъ, чтобы на вертикальной линіи, проходящей чрезъ центръ фланца, не было отверстій.

6) Всякое измѣненіе толщины стѣнокъ трубъ предлагается дѣлать насчетъ измѣненія ихъ внутренняго діаметра въ видахъ сохраненія наружныхъ размѣровъ трубъ.

Нормальный метрический сортамент чугунных водопроводных труб, выработанный Комиссией V Русскаго водопроводнаго Съезда 1901 года.

Конструктивный чертеж фланца.

$$b = 17 \text{ мм.} + 0,04 D.$$

$$f = 50 \text{ мм.} + 0,05 D.$$

$$b + f = 67 \text{ мм.} + 0,00 D.$$

$\delta = 6,2 \text{ мм.} + 0,02 D$
для труб, диаметр
отъ 40 до
300 мм.

$\delta = 6 \text{ мм.} + 0,02 D$
для труб, диаметр
отъ 350 до
1200 мм.

$h = 6 \text{ мм.} + 0,01 D.$

$h_1 = 5 \text{ мм.} + 0,01 D.$

$D_1 = D + 13 \text{ мм.} + 0,04 D$
для труб, диаметр
отъ 40 до
300 мм.

$D_2 = D + 12 \text{ мм.} + 0,04 D$
для труб, диаметр
отъ 350 до
до 1200 мм.

$D_{11} = D_1 + 2 (h + h_1) +$
 $+ 2 d$ съ округле-
ниемъ до сантиме-
метра, причемъ оно
не должно превы-
шать 0,5 h .

$D_{111} = D_{11} + 3 (d + h_1).$

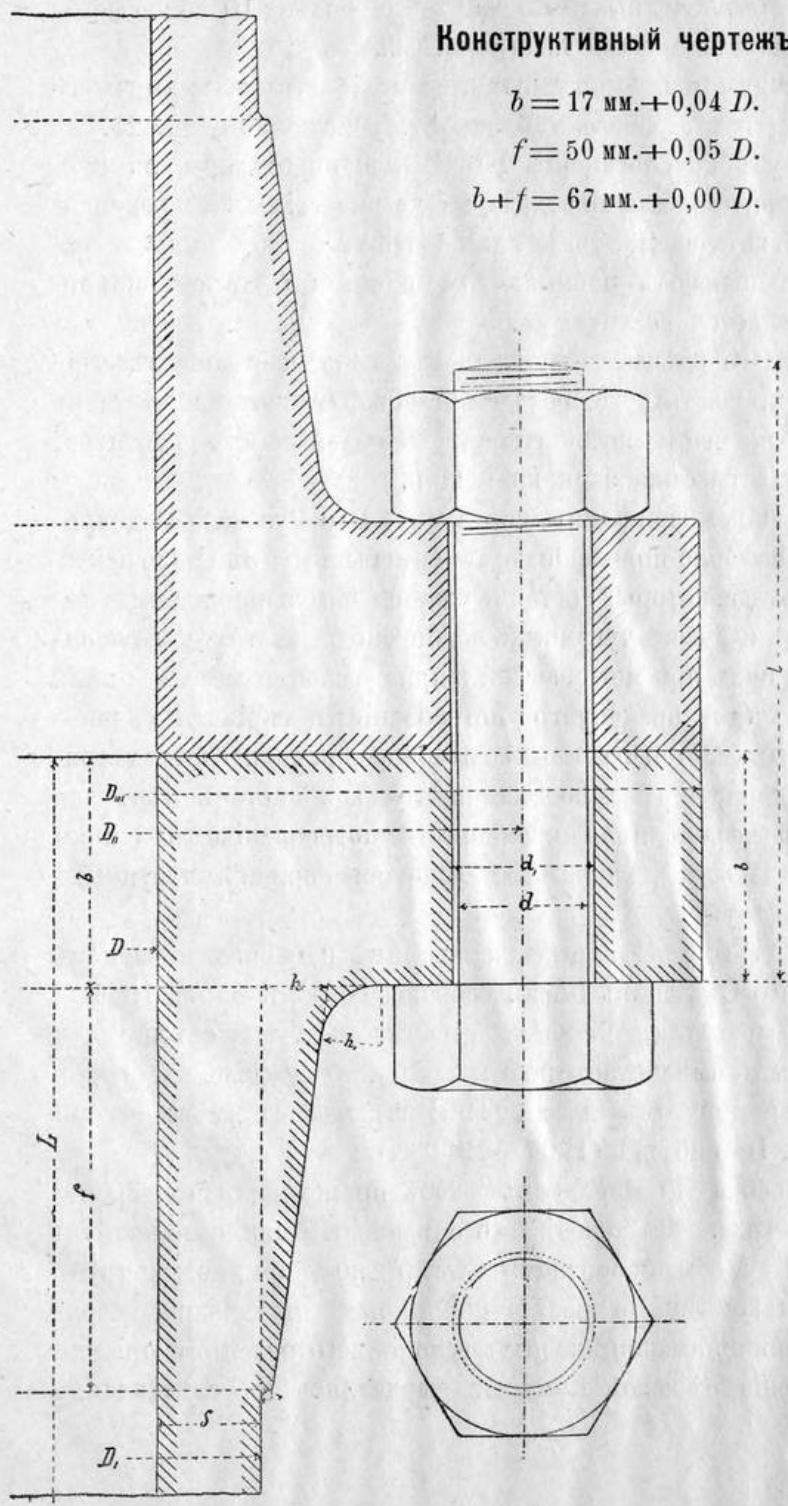
$d_1 = d + (2,5 \text{ мм.} - 3,5$
мм.).

$l = 37 \text{ мм.} + 0,08 D +$
 $+ 1,1 d$ съ окру-
жениемъ до милли-
метра.

$x = 0,05 \text{ мм.} + 0,002 D.$
съ округлениемъ до
полумиллиметра.

Всѣ величины выра-
жаются въ миллиметрахъ.

Черт. №№ 462—463.



7) Коэффициентъ надежности трубъ, соотвѣтствующій рабочему давленію (въ обыкновенныхъ случаяхъ не болѣе 10 атмосферъ) долженъ быть не менѣе какъ шестикратный.

8) Трубы считаются нормальными, если діаметръ ихъ, выраженный въ миллиметрахъ, равенъ табличному, умноженному на 25.

Размѣры трубъ въ сортаментѣ I-го сѣзда опредѣлены въ русскихъ мѣрахъ причемъ для перехода въ метрическія мѣры рекомендуется ихъ умножать на 25, тогда какъ 1 дюймъ = 25,4 миллиметра, вслѣдствіе чего переводъ дюймовъ въ миллиметры путемъ помноженія на 25 является не точнымъ.

Сортаментъ I-го сѣзда не вошелъ въ жизнь, частью вслѣдствіе своей неполноты, частью же вслѣдствіе обнаружившихся въ немъ съ теченіемъ времени недостатковъ: тяжеловѣсность раструба, излишне большая глубина заливки и т. п.

Желаніе улучшить и пополнить сортаментъ I-го Русскаго Водопроводнаго Сѣзда вызвало появленіе сортамента бывшаго въ 1899 году въ Одессѣ IV-го Сѣзда, который состоялъ уже изъ шести нормальныхъ таблицъ размѣровъ и вѣсовъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ и фасонныхъ частей для нихъ при метрической и при русской системѣ мѣръ для всѣхъ размѣровъ (для временнаго употребленія) и варианта къ нормировкѣ фасонныхъ частей чугунныхъ водопроводныхъ трубъ при метрической системѣ для всѣхъ размѣровъ и при русской системѣ мѣръ для главнѣйшихъ размѣровъ (для временнаго употребленія) и сопровождался нормальными техническими условіями приѣмки чугунныхъ водопроводныхъ трубъ.

Сортаментъ IV-го сѣзда былъ напечатанъ и сообщенъ членамъ V Водопроводнаго Сѣзда въ Кіевѣ, собравшагося въ мартѣ 1901 г. Сортаментъ IV-го сѣзда не былъ утвержденъ V-мъ сѣздомъ и замѣнъ него былъ выработанъ новый сортаментъ частью въ особой Комиссіи на упомянутомъ сѣздѣ (1901 г.), частью же въ особой Комиссіи въ С.-Петербургѣ (1901—1903 г.).

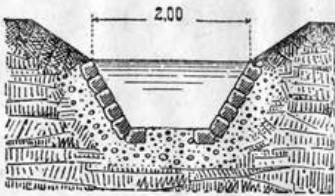
Засѣданія особой Комиссіи въ Кіевѣ происходили съ 20 по 22 марта 1901 года. Въ теченіе этого времени были рассмотрѣны представленныя V водопроводному Сѣзду по нормировкѣ трубъ матеріалы и установлены основанія нормировки, отвѣчающія метрической базѣ и принципы нормальныхъ условій изготовленія и приѣмки трубъ. Заключение Кіевской Комиссіи выразились въ слѣдующихъ

Проведеніе воды каналами.

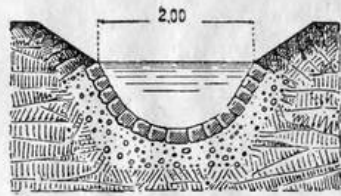
Открытые каналы.



Черт. 464. — Профиль Уркскаго канала въ Парижѣ съ земляными откосами.

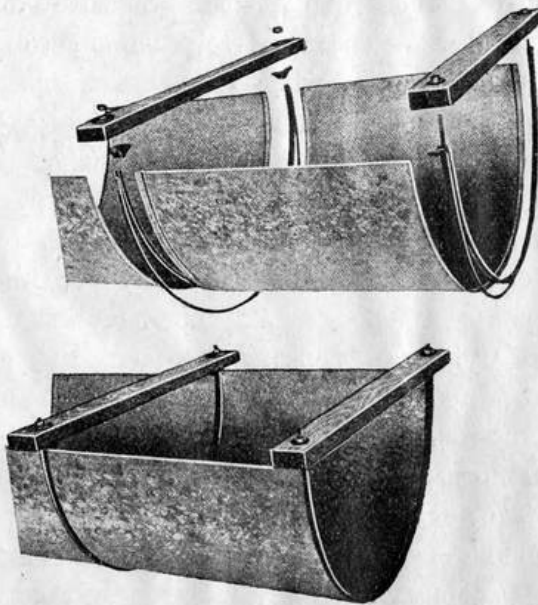


Черт. 465. — Профиль открытаго канала съ мощными откосами.



Черт. 466. — Профиль открытаго канала съ мощными откосами и дномъ.

Металлическіе желоба.



Черт. 467 — 468 — Видъ элементовъ желоба изъ оцинкованнаго желѣза съ показаніемъ соединительныхъ приспособленій, служащихъ также и для образованія плотнаго шва.

предложеніяхъ, сдѣланныхъ отъ ея имени Предсѣдателемъ Комиссіи профессоромъ В. Е. Тимоновымъ въ засѣданіи Съѣзда 24 марта 1901 г.:

«Выразивъ благодарность настоящаго Съѣзда Постоянному Бюро за обширный трудъ, понесенный имъ при составленіи по порученію Одесскаго Водопроводнаго Съѣзда таблицъ нормальныхъ размѣровъ водопроводныхъ трубъ въ метрической системѣ, признать, что окончательное редактированіе этихъ таблицъ и техническихъ условій на поставку трубъ, а равно ихъ опубликованіе должны быть сдѣланы безъ промедленія еще въ нынѣшнемъ году и потому не могутъ быть отлагаемы до будущаго года.

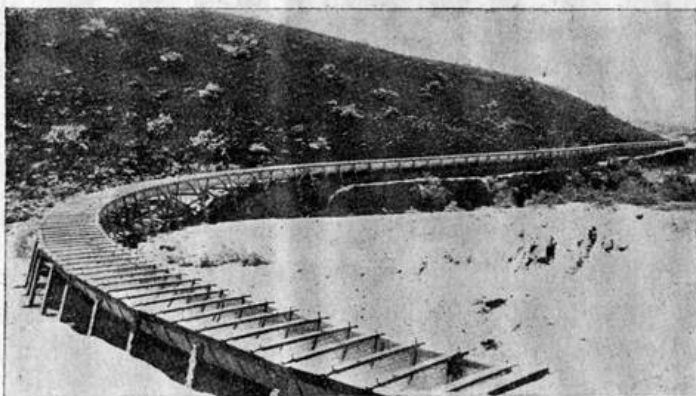
«Признать, что результаты трудовъ Комиссіи, разсмотрѣвшей вопросъ о нормировкѣ трубъ по порученію Кіевскаго Съѣзда, даютъ всѣ необходимыя указанія для быстраго и согласнаго съ указаніемъ водопроводныхъ съѣздовъ завершенія работы по нормировкѣ трубъ, каковая работа должна имѣть преимущественно редакціонный и расчетный характеръ.

«Признать, что исполненіе этихъ работъ надлежитъ поручить особой Комиссіи при Постоянномъ Бюро Съѣздовъ, которой должно предоставить опубликовать нормальныя таблицы и техническія условія для водопроводныхъ трубъ немедленно съ окончательнымъ отредактированіемъ тѣхъ и другихъ и не позднѣе 1-го декабря сего года.

«Въ составъ Комиссіи ввести въ равныхъ числахъ представителей трехъ группъ: заводовъ, производящихъ трубы, потребителей трубъ и научныхъ специалистовъ водопроводнаго дѣла, избравъ всѣхъ членовъ Комиссіи нынѣ же».

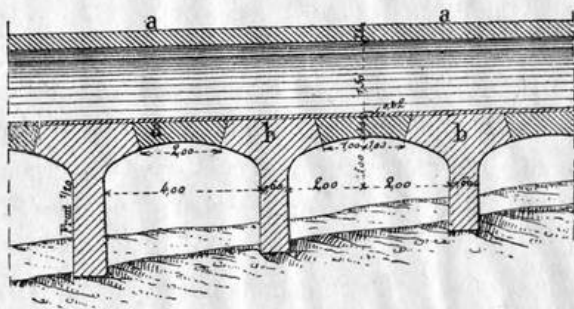
Согласившись съ докладомъ Кіевской Комиссіи V Съѣздъ образовалъ для окончательнаго редактированія нормировки трубъ, фасонныхъ частей и техническихъ условій на ихъ поставку специальную Комиссію изъ членовъ Съѣзда и передалъ ей всѣ имѣющіеся матеріалы по вопросу о нормировкѣ трубъ, предоставивъ Комиссіи право рѣшить вопросы о размѣрахъ диаметровъ окружностей центровъ фланцевыхъ болтовыхъ отверстій, о числѣ фланцевыхъ болтовъ и о толщинѣ стѣнокъ, рѣшеніе по которымъ Съѣздомъ не установлено, — по ея усмотрѣнію и уполномочивъ Комиссію издать новую нормировку трубъ и фасонныхъ частей и техническихъ условій на изготовленіе и выпустить ее для всеобщаго употребленія.

Металлическіе желоба.

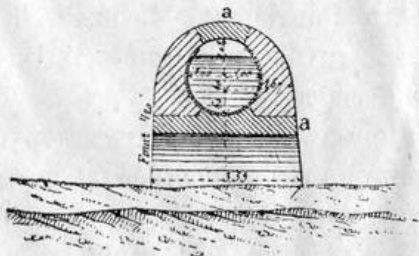


Черт. 469. — Видъ металлическаго желоба, установленнаго на мѣстѣ, при посредствѣ легкихъ деревянныхъ подмостей, съ налегающими уклонами и закругленными въ планѣ.

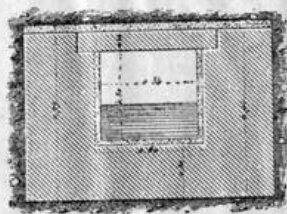
Водоснабженіе города Парижа и Дижона изъ ключей.



Черт. 470. — Продольный разръзъ канала Парижскаго водоснабженія изъ ключей Vanne на аркадахъ. (См. также черт. 339 — 340). 2. 392



Черт. 471. — Поперечный разръзъ канала изъ ключей Vanne (къ черт. 470).



Черт. 472. — Профиль акведука Rosoir Дижонскаго водоснабженія (прямоугольное сѣченіе, акведукъ изъ каменной кладки, покрытіе плитой). См. также черт. 348 — 349). 2. 407

Членами вновь учрежденной Комиссии избраны были: из среды профессоров—В. Е. Тимоновъ, Н. К. Чижевъ, К. П. Карельскихъ, В. Л. Кирпичевъ, из среды потребителей трубъ—Н. П. Зиминъ, В. Г. Линдлей, М. И. Алтуховъ, А. П. Веретенниковъ, из среды производителей трубъ—В. В. Бари, К. Ф. Неймайеръ, Э. С. Бромлей, П. С. Држевецкій.

Засѣданія Петербургской Комиссии состоялись. первое—1-го мая 1901 года, на коемъ былъ избранъ предсѣдателемъ В. Е. Тимоновъ, и остальные пять 16—18 декабря 1901 года, на которыхъ былъ выработанъ окончательный проектъ нормировки чугунныхъ водопроводныхъ трубъ и техническихъ условій ихъ изготовленія и приѣмки. Засѣданія Комиссии происходили въ помѣщеніи Правленія С.-Петербургскаго Округа Путей Сообщенія. Въ засѣданіяхъ Комиссии участіе принимали члены Комиссии—М. И. Алтуховъ, В. В. Бари, А. П. Веретенниковъ, Н. П. Зиминъ, К. П. Карельскихъ, В. Г. Линдлей, К. Ф. Неймайеръ, В. Е. Тимоновъ, Н. К. Чижевъ, и приглашенныя лица—профессоръ Н. А. Бѣлелюбскій и инженеры И. П. Борзовъ, П. Ф. Горбачевъ, А. Ф. Шухъ и В. И. Чарномскій и В. Ф. Ивановъ—дѣлопроизводитель Комиссии (см. В. Е. Тимоновъ—Историческій обзоръ составленія русскаго нормальнаго метрическаго сортамента чугунныхъ водопроводныхъ трубъ и техническихъ условій ихъ изготовленія и приѣмки въ указанномъ выше изданіи).

Окончательная обработка подлежавшаго изданію матеріала по рѣшеніямъ, состоявшимся въ С.-Петербургѣ, потребовала большого труда для согласованія выводовъ, полученныхъ при расчетахъ различными лицами, принявшими участіе въ трудахъ Комиссии.

Выпущенный Комиссіею въ свѣтъ Нормальный Метрической Сор-таментъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ и техническія условія ихъ изготовленія и приѣмки обняли собою:

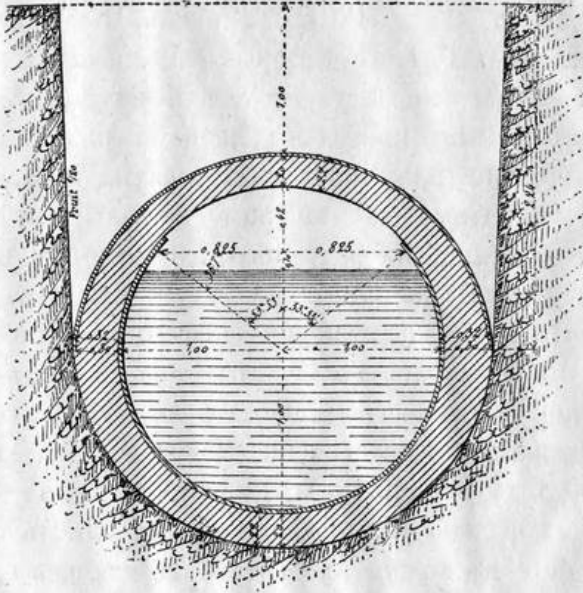
нормальную таблицу (№ I) чугунныхъ водопроводныхъ трубъ съ раструбными соединеніями, съ чертежомъ для построенія раструба;

нормальную таблицу (№ II) чугунныхъ водопроводныхъ трубъ съ фланцевыми соединеніями, съ чертежомъ для построенія фланца;

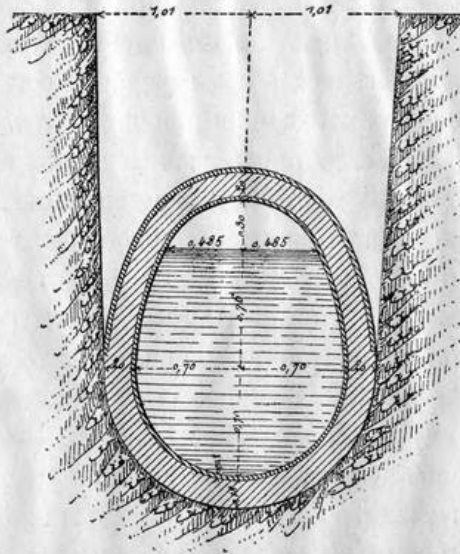
двѣнадцать нормальныхъ таблицъ (№№ III—XIV) фасонныхъ частей для чугунныхъ водопроводныхъ трубъ, съ чертежами для построенія соответственныхъ типовъ фасонныхъ частей;

Проведеніе воды каналами.

Водоснабженіе города Парижа изъ ключей.



Черт. 473.—Разрѣзъ бетоннаго канала водопровода изъ ключей Vanne въ выемгѣ.



Черт. 474.—Разрѣзъ бетоннаго канала водопровода изъ ключей Dhuis въ выемгѣ.

таблицу (№ XV) переводовъ метрическихъ вѣсовъ трубъ съ раструбными и фланцевыми соединеніями въ пуды;

нормальныя техническія условія изготовленія и приѣмки чугуновыхъ водопроводныхъ трубъ.

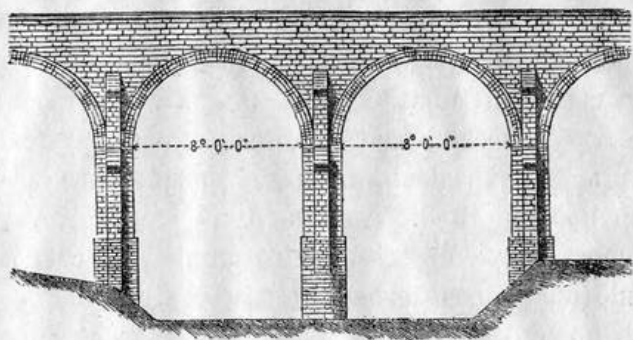
Таблицы Нормальнаго Метрическаго Сортамента см. во второмъ изданіи настоящаго курса (В. Е. Тимоновъ. Водоснабженіе и Водостоки. Спб. 1904. Т. I. Изд. второе, дополненное), подъ порядковыми №№ 21—35 и соответствующіе чертежи подъ №№ 422—453. Въ настоящемъ изданіи приведены лишь таблицы I и II, дающія нормальныя чертежи для построенія фланца и раструбъ (черт. 459 — 463). Остальныя же таблицы опущены, хотя онѣ еще въ полномъ употребленіи, въ виду того что въ 1913 году возникъ вопросъ о нѣкоторыхъ частичныхъ измѣненіяхъ Нормальнаго Сортамента 1901 года, не получившій до сего времени разрѣшенія. Вопросъ этотъ обсуждался на XI-мъ Всероссийскомъ Водопроводномъ и Санитарно-Техническомъ Съѣздѣ въ г. Ригѣ (см. В. Е. Тимоновъ—Одинадцатый Всероссийскій Водопроводный и Санитарно-Техническій Съѣздъ, бывшій въ г. Ригѣ въ 1913 году. Спб. 1914), причемъ было поручено Бюро Съѣздовъ выработать соответственныя дополненія и измѣненія въ Сортаментѣ для внесенія на утвержденіе слѣдующаго Съѣзда. Война 1914 года затормазила эту работу Бюро. Кромѣ того при Московской Городской Управѣ организована комиссія для изслѣдованія причинъ поврежденія крупныхъ магистральныхъ водопроводныхъ трубъ, труды которой могутъ дать указанія для дальнѣйшихъ усовершенствованій Нормальнаго Сортамента и Техническихъ условій приѣмки трубъ. Такимъ образомъ, Сортаментъ 1901 года продолжаетъ полностью служить своимъ цѣлямъ, являясь дѣйствительно нормальнымъ.

Переходя къ непосредственному разсмотрѣнію русскаго Нормальнаго сортамента, нѣкоторые его пункты сопоставимъ съ соответствующими пунктами сортаментовъ IV съѣзда и современнаго ему Германскаго нормальнаго сортамента. Германскія нормальныя таблицы для трубъ съ раструбными и фланцевыми соединеніями напечатаны въ сочиненіи Баха «Детали машинъ», стр. 640 — 641 изд. 1897 г.

Русскій Нормальный Сортаментъ основанъ на строго метрической базѣ, т. е. размѣры діаметровъ трубъ соответствуютъ характеру системы, заключающейся въ ея строгой десятичности, а не получаютъ

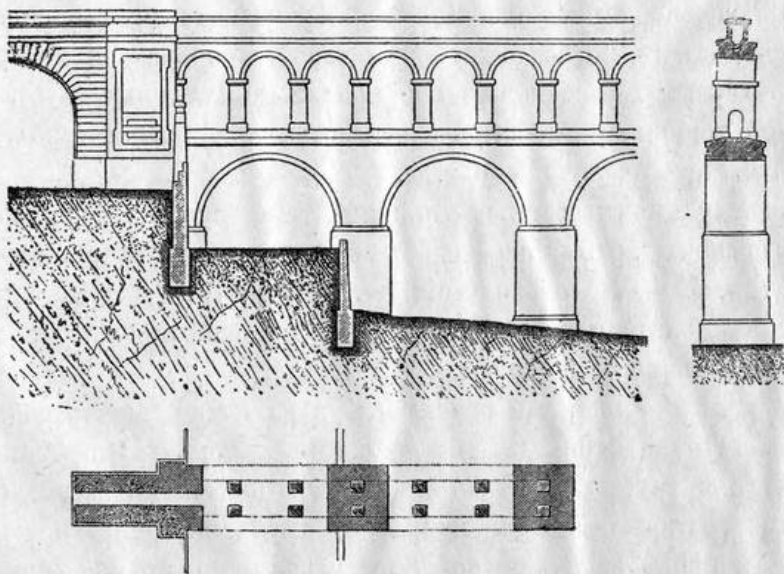
Водопроводные мосты.

Водоснабжение города Вьны изъ ключей.



Черт. 475. — Фасадъ части водопроводнаго моста. См. также чертежи 148, 154, 350 и 351. (Staden-Die Wasserversorgung der Stadt Wein. 1873).

Водоснабжение города Монпелье.



Черт. 476 — 478. — Часть фасада, разръзъ и планъ водопроводнаго моста въ Монпелье (Франція). Оконченъ постройкой въ 1752 году. Строитель Pitot. Водопроводный каналъ сѣченіемъ 32 сант. ширины на 27 сант. высоты находится въ доступной для прохода галлерей. Глубина воды обыкновенно 15 сантимеровъ. Уклонъ 0,000289. Расходъ—11 метровъ въ секунду. (Lueger. p. 712).

путемъ перевода дюймовъ въ миллиметры помноженіемъ на 25, какъ это было принято въ сортаментахъ I и IV сѣздовъ.

Число типовъ трубъ въ Нормальномъ Сортаментѣ меньше, чѣмъ въ сортаментѣ IV сѣзда и значительно меньше чѣмъ въ Германскихъ нормаляхъ, благодаря чему соблюдаются интересы какъ производителей, такъ и потребителей: излишнее число типовъ съ одной стороны обременяетъ склады моделей на заводахъ, а съ другой стороны и склады для запаса фасонныхъ частей потребителей.

Благодаря метрической базѣ сортамента, наблюдается нѣкоторая закономерность въ приращеніи площадей поперечнаго сѣченія трубъ.

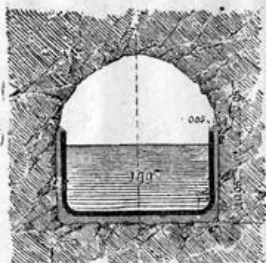
При нормировкѣ трубъ однимъ изъ самыхъ существенныхъ является вопросъ объ опредѣленіи толщины ихъ стѣнокъ: излишнее увеличеніе вѣса значительно удорожаетъ стоимость сооруженія водопровода, но съ другой стороны погоня за экономіей можетъ послужить въ ущербъ прочности водопровода, вызывая частую порчу трубъ и тѣмъ самымъ затрудняя и удорожая эксплуатацію.

При опредѣленіи толщины стѣнокъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ, подверженныхъ давленію не свыше 10 атм., нельзя, какъ было объяснено выше, основываться исключительно на теоретическихъ подсчетахъ, но надлежитъ считаться съ соображеніями практическаго характера—возможностью правильной отливки трубъ опредѣленной толщины, удобствомъ перевозки и укладки трубъ, ударами, вліяніемъ ржавчины и т. д.

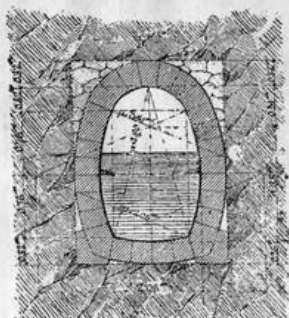
Въ виду вышеуказанныхъ причинъ теоретическая формула толщины стѣнокъ трубы переходитъ въ эмпирическую общаго вида $t = \varphi(f, p, d) + X$ (обозначенія см. на стр. 492), гдѣ X зависитъ отъ техники литейнаго дѣла, удобства транспортировки и др. и весьма неодинаково въ разныхъ формулахъ.

Мы видѣли выше, что сравнивая двѣнадцать общеупотребительныхъ формулъ для опредѣленія толщины стѣнокъ трубъ и примѣняя ихъ для трубъ опредѣленнаго діаметра получаемъ весьма разнообразные результаты. Такъ, напр., для трубъ внутренняго діаметра въ 12 дюймовъ величина толщины стѣнки по этимъ формуламъ колеблется отъ 0,58" до 1,62, вслѣдствіе произвола авторовъ формулъ въ выборѣ величины f и X , что зависитъ отъ многихъ факторовъ, способствующихъ появленію въ трубахъ гидравлическаго удара: отъ характера оборудованія всей водопроводной сѣти (кон-

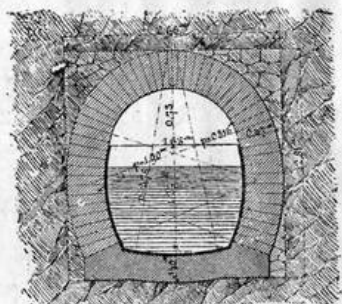
Водоснабжение города Вѣны изъ ключей.



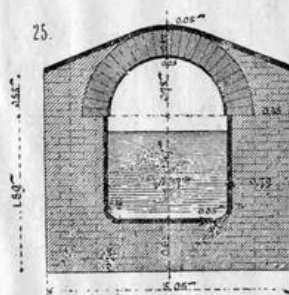
Черт. 479. — Нормальное сѣченіе канала въ плотной скалѣ въ туннелѣхъ (уклонъ $\frac{1}{310}$).



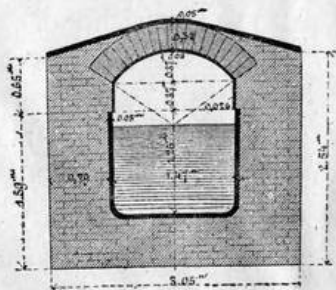
Черт. 480. — Сѣченіе канала въ трещиноватой скалѣ въ туннелѣ на участкѣ Weikersdorf-Steinfeld.



Черт. 481. — Сѣченіе канала въ трещиноватой скалѣ въ туннелѣ на участкѣ Baden-Rosenhügel (уклонъ $\frac{1}{310}$).



Черт. 482. — Поперечное сѣченіе канала въ выемкѣ на участкѣ Mödling-Rosenhügel (уклонъ $\frac{1}{2300}$).



Черт. 483. — Поперечное сѣченіе канала въ выемкѣ на участкѣ Mödling-Rosenhügel (уклонъ $\frac{1}{2300}$).



Черт. 484. — Поперечное сѣченіе канала въ выемкѣ на участкѣ Weikersdorf-Steinfeld (уклонъ $\frac{1}{250}$).

Масштабъ для черт. 479 — 484 = $\frac{1}{100}$ н. в.

Примѣчаніе. Черная одежда внутри и сверху акведука — цементная штукатурка. (Ф. Е. Максименко — Атласъ Водопр. Сооруж.).

№ 18. Сравнительная таблица нормальных размѣровъ диаметровъ чугунныхъ водопроводныхъ трубъ въ миллиметрахъ.

Германскій Нормальный Сортаментъ.	Русскіе сортаменты.		Германскій нормальный сортаментъ.	Русскіе сортаменты.		Германскій нормальный сортаментъ.	Русскіе сортаменты.		Германскій нормальный сортаментъ.	Русскіе сортаменты.		Германскій нормальный сортаментъ.	Русскіе сортаменты.	
	IV-го сѣзда.	Нормальный.		IV-го сѣзда.	Нормальный.		IV-го сѣзда.	Нормальный.		IV-го сѣзда.	Нормальный.		IV-го сѣзда.	Нормальный.
40	40	(40)	125	125	125	275	—	—	450	450	450	750	750	750
50	50	50	150	150	150	300	300	300	475	—	—	800	—	800
60	60	—	175	175	(175)	325	—	—	500	500	500	900	900	900
70	75	(75)	200	200	200	350	350	350	550	550	—	1.000	—	1.000
80			225	225	(225)	375	—	—	600	600	600	1.100	1.050	—
90	—	—	250	250	250	400	400	400	650	650	—	—	—	—
100	100	100	275	—	—	425	—	—	700	700	700	1.200	1.200	1.200

струкція задвижекъ и крановъ различныхъ назначеній, отсутствіе предохранительныхъ клапановъ), отъ начертанія сѣти въ планѣ и профили (обиліе тупиковъ, перемѣны диаметровъ, поворотовъ), отъ величины наибольшей допускаемой въ водопроводѣ скорости и другихъ причинъ.

Считая, что оборудованіемъ водопроводовъ предохранительными клапанами, задвижками съ винтовой передачей, устройствомъ сѣти по круговой системѣ и др. ослабляется вліяніе явленія гидравлическаго удара въ трубахъ, инженеръ Алтуховъ, какъ указано выше, предложилъ коэффициентъ запаса = 2 и далъ для опредѣленія толщины стѣнокъ трубъ формулу, приведенную на стр. 496, гдѣ величины X измѣняются въ зависимости отъ давленія, а не только диаметра трубъ и опредѣляются по сравненію съ соответствующими величинами газовыхъ трубъ.

Въ сортаментѣ IV Водопроводнаго Сѣзда толщина стѣнокъ трубъ, опредѣлялась по формулѣ $t = \delta = 0,0175 D + 7$ мм.

Въ настоящемъ же нормальномъ сортаментѣ еще болѣе уменьшили величину толщины стѣнокъ, установивъ для опредѣленія

ея для трубъ, діаметромъ отъ 40 мм. до 300 мм., формулу $\delta = 0,02D + 6,5$ мм., а для трубъ, діаметромъ 350—1200 мм., $\delta = 0,02 D + 6$ мм.

Сравнивая величины δ , по формуламъ Алтухова, и сортаментовъ IV съѣзда и Нормального для діаметровъ (внутреннихъ) 100, 150 и 200 мы видимъ, что первая формула даетъ большія величины. Это объясняется постепенными успѣхами техники трубо-литейного дѣла, давшими возможность уменьшить величину произвольной прибавки X.

Таблица № 19. Сравненіе толщины стѣнокъ трубъ по русскимъ даннымъ.

Внутренній діаметръ трубы—D.	Толщина стѣнокъ въ миллиметрахъ.		
	Данныя инженера Алтухова.	Данныя IV съѣзда.	Нормальный Сортаментъ.
100	9,40	9	8,5
150	10,67	10	9,5
200	11,94	11	10,5

Уменьшеніе толщины стѣнокъ трубъ обнаруживается и при сравненіи Русскаго Нормального Сортамента съ современнымъ ему германскимъ (см. табл. № 20).

Изъ этой таблицы мы видимъ, что величины толщины стѣнокъ трубъ въ сравниваемыхъ сортаментахъ отличаются другъ отъ друга ничтожными величинами и колеблются въ предѣлахъ отъ $\frac{1}{2}$ мм. до 2 мм.

Основаніемъ для уменьшенія въ Нормальномъ Русскомъ Сортаментѣ толщины стѣнокъ для внутреннихъ діаметровъ 40—250 и 350—400 исчисленіи ея по формуламъ $\delta = 6,5 + 0,02 D$ и $\delta = 6 + 0,02 D$ при послужила совокупность соображеній практическаго характера, имѣющихъ преобладающее значеніе въ виду произвольнаго выбора X.

Слѣдуетъ замѣтить, что только одно увеличеніе точности производства, не говоря уже объ улучшеніяхъ въ выборѣ состава и выработкѣ литейнаго чугуна, само по себѣ оправдываетъ болѣе зна-

№ 20. Сравнительная таблица толщины стѣнокъ трубъ нормальныхъ сортовъ Русскаго и Германскаго, въ миллиметрахъ.

Внутренній диаметръ трубъ <i>D</i> .	Толщина стѣнокъ δ .		Внутренній диаметръ трубъ <i>D</i> .	Толщина стѣнокъ δ .		Внутренній диаметръ трубъ <i>D</i> .	Толщина стѣнокъ δ .	
	Русскій сортам.	Германск. сортам.		Русскій сортам.	Германск. сортам.		Русскій сортам.	Германск. сортам.
50	7,5	8	225	11	11,5	700	20	19
50	7,5	8	250	11,5	12	750	21	20
75	8	8,5	300	12,5	13	800	22	21
100	8,5	9	350	13	14	900	24	22,5
125	9	9,5	400	14	14,5	1.000	26	24
150	9,5	10	450	15	15	1.200	30	28
175	10	10,5	500	16	16	—	—	—
200	10,5	11	600	18	17	—	—	—

чительное уменьшеніе толщины стѣнокъ въ $\%$ -омъ отношеніи, чѣмъ то, которое сдѣлано чрезъ уменьшеніе на $\frac{1}{2}$ мм. величины *X*.

Величину *X* можно разсматривать, какъ сумму трехъ слагаемыхъ: *X*₁—прибавка на несовершенство отливки, результатомъ чего является неоднобразныя толщины стѣнокъ, *X*₂—прибавка на ржавленіе трубъ и *X*₃—прибавка на преодоленіе случайныхъ усилій, которымъ трубы подвергаются при транспортировкѣ и укладкѣ.

*X*₁—можетъ быть уменьшено въ виду увеличенія точности отливки трубъ; наилучшимъ доказательствомъ этого положенія служить отливка какъ русскими, такъ и заграничными заводами, тонкостѣнныхъ чугунныхъ трубъ прекраснаго качества.

*X*₂—можетъ считаться почти равнымъ нулю; водопроводныя трубы, тщательно асфальтированныя, не подвергаются ржавчинѣ и согласно изслѣдованіямъ одного изъ членовъ комиссіи инженера В. Г. Линдлея, обнаруживаютъ вполнѣ гладкую поверхность, какую онѣ имѣли при укладкѣ въ землю лѣтъ 20 тому назадъ.

*X*₃—также можетъ быть уменьшена отчасти вслѣдствіе того, что нормальныя трубы, благодаря принятому сильному утолщенію

трубъ на своихъ концахъ, болѣе гарантированы отъ поврежденій при перевозкѣ.

Упомянемъ кстати, что уже много лѣтъ на германскихъ и швейцарскихъ заводахъ выдѣлывались водопроводныя трубы, которыя были значительно легче нормальныхъ водопроводныхъ трубъ по Германскому сортаменту и удовлетворяли всѣмъ предъявляемымъ къ нимъ требованіямъ; на эти трубы имѣлся большой спросъ, и фабрикантамъ приходилось изготовлять ихъ большими партіями.

Нѣкоторое увеличеніе толщины стѣнокъ большихъ трубъ, для диаметровъ 600—1200 мм. имѣетъ то полезное значеніе, что даетъ запасъ прочности для этихъ трубъ, разрывъ коихъ представляется серіозной аваріей водопровода.

При построеніи очертанія раструба составители Нормального Сортамента стремились къ плавности переходовъ отъ тонкихъ мѣстъ къ толстымъ, достиженію возможно большей гибкости въ стыкѣ трубъ и обезпеченію плотности соединенія трубъ между собой. Послѣднія требованія не удовлетворяются глубокимъ раструбомъ, который всегда уменьшаетъ гибкость трубопроводовъ и сверхъ того требуетъ больше матеріала для стыковъ (свинца и смоленого пеньковаго каната), что при незначительной длинѣ трубъ (2—3,75 метр.) имѣетъ существенное вліяніе на стоимость укладки трубъ. Въ Русскомъ Нормальномъ Сортаментѣ глубина раструба опредѣляется по формулѣ $l = 60 + 0,04 D$, дающей величины меньшія нормъ IV Стѣзда и Германскихъ нормалей.

Длина перехода ствола трубы въ раструбъ—(f) опредѣлена такъ, чтобы весь переходъ отъ толщины стѣнокъ (δ) къ толщинѣ раструба (a) былъ равномеренъ: задаваясь приближеннымъ условіемъ, что половина прибавки толщины стѣнокъ на длину ($l + f$) была бы достигнута у основанія раструба, получаемъ, что длина перехода (f) по крайней мѣрѣ равна глубинѣ раструба (l), но не меньше ея.

Формула Нормального Сортамента $f = 60 + 0,06 D$. Полная длина раструба $(l + f) = 120 + 0,10 D$.

Что же касается до величины толщины раструба въ его концѣ (a), то должно замѣтить, что это утолщеніе въ трубѣ представляетъ наибольшія затрудненія при отливкѣ трубъ.

Преувеличенное значеніе этого размѣра вызываетъ, помимо излиш-

них вѣса и стоимости трубъ, еще и неблагоприятныя условія въ процессѣ остыванія отлитой трубы. Въ Нормальномъ Сортаментѣ величина a уменьшена противъ прежде дававшихся ей размѣровъ, напр. IV Съѣзда, и опредѣляется формулой $a = 24 + 0,04 D$. Въ конструктивномъ чертежѣ раструба на линіи, проведенной черезъ верхнюю точку раструба перпендикулярно къ оси трубы, нанесенъ отрѣзокъ $a_1 = 20 + 0,035 D$; конецъ этого отрѣзка соединенъ съ той точкой, въ которой начинается переходъ отъ трубы къ раструбу, благодаря чему получается линія, дающая на любой высотѣ отрѣзокъ, выражающій соответственную искомую толщину стѣнки раструба.

Толщина свинцовой заливки (k) опредѣляется по формулѣ $k = 6 + 0,008 D$.

Формула для опредѣленія глубины свинцовой заливки $d = 25 + 0,02 D$ даетъ меньшія величины, чѣмъ въ нормахъ IV съѣзда, что конечно, ведетъ къ экономіи въ матеріалѣ.

Размѣръ бурта (p) въ сортаментѣ уменьшенъ для увеличенія пространства между буртомъ и стѣнками раструба, благодаря чему достигается большая гибкость трубопровода; $p = 3 + 0,004 D = \frac{k}{2}$.

Кромѣ вышеуказанныхъ главныхъ размѣровъ для построенія очертанія раструба надлежитъ знать величины:

m (утолщеніе свинцовой заливки) $= 4 + 0,003 D$,

b (ширина обода раструба) $= 30 + 0,02 D$,

x (высота уступа при переходѣ трубы въ раструбъ) $= 0,05 + 0,002 D$

n (ширина бурта) $= 12 + 0,016 D$,

и радіусы закругленій $r' = k$, $r'' = 0,25 b$ и $r''' = 6 + 0,02 D$.

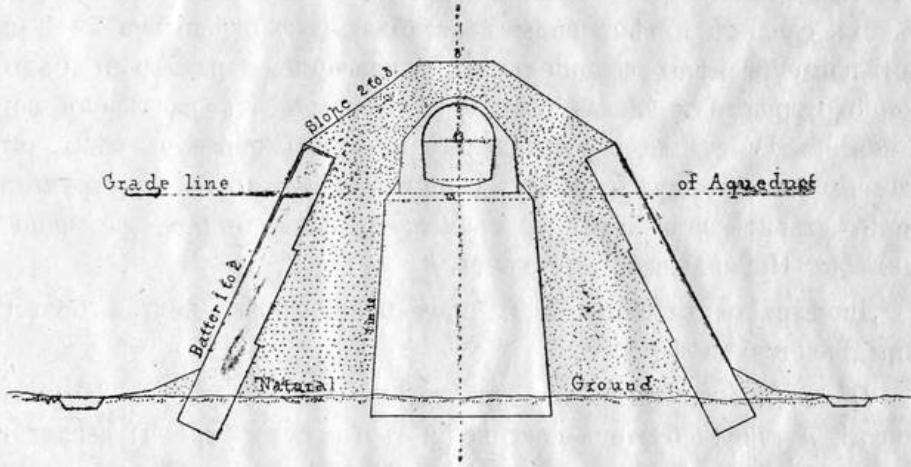
Переходя къ очертанію фланцевъ, должно сказать, что въ Нормальномъ Сортаментѣ для полученія всѣхъ размѣровъ, необходимыхъ для ихъ построенія, установлены формулы вида $a = b + O, OmD$, дающія нѣсколько иное болѣе систематичное распредѣленіе матеріала, чѣмъ это было установлено въ сортаментѣ IV съѣзда и Германскомъ.

Комиссія по составленію Нормальнаго Сортамента не сочла возможнымъ считаться съ прежде существовавшими типами фланцевъ, основываясь на томъ, что различныхъ типовъ фланцевъ, примѣнявшихся до настоящаго времени, очень много, и что созданіе фланца,

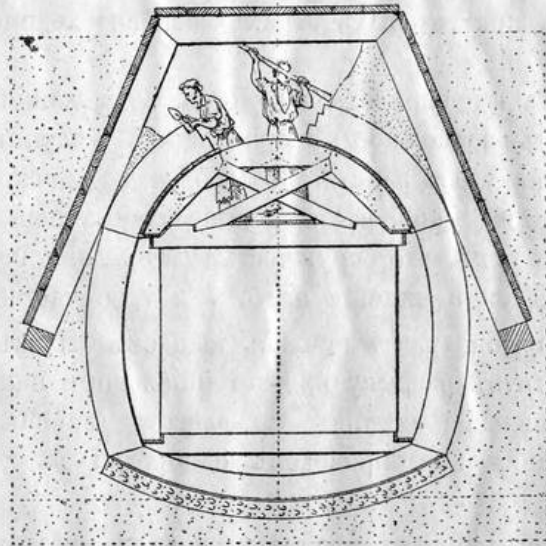
Проведение воды каналами.

Кротонское водоснабжение города Нью-Йорка изъ искусственнаго водохранилища.

(См. также чертежи 145 — 147).



Черт. 485. — Поперечный разръзъ акведука въ насыпи.



Черт. 486. — Постройка акведука въ туннелѣ. (Schramke-Description of the New-York Croton Aqueduct).

который бы могъ быть соединенъ со всякимъ фланцемъ соответствующаго діаметра разнообразныхъ нынѣ существующихъ типовъ, является невозможнымъ. Она выработала свой типъ фланца.

Толщина фланца нормальнаго сортамента опредѣлена по формулѣ $b = 17 + 0,04 D$ и имѣетъ величину большую, чѣмъ въ сортаментахъ IV съѣзда и Германскомъ, такъ какъ для помѣщенія прокладки между фланцами приходится въ нихъ дѣлать углубленія въ ихъ срединѣ и тѣмъ самымъ ослаблять ихъ сѣченіе на 2—3 мм. Детальные размѣры фланцевъ, за исключеніемъ размѣровъ болтовой окружности и числа болтовъ, отличаются отъ размѣровъ сортаментовъ IV съѣзда и Германскаго главнымъ образомъ тѣмъ, что сведены въ стройную систему, дающую возможность конструктору легко строить всѣ размѣры промежуточныхъ типовъ, не вошедшихъ въ Нормальный Сортаментъ.

Діаметръ окружности (D''), проходящей черезъ центры болтовъ опредѣляется по формулѣ:

$D'' = D'$ (наружный діаметръ трубы) $+ 2(h + h') + 2d$ (діам. болта); n (число болтовъ соединенія трубъ между собой) ограничивается для всѣхъ трубъ серіей 4, 8, 12, 16, 24 и 32.

Такимъ образомъ для всѣхъ трубъ число болтовъ кратное 4, что даетъ возможность поворачивать колѣна и отводы вокругъ оси водопровода на 90° при готовыхъ дырахъ безъ необходимости сверленія новыхъ дыръ.

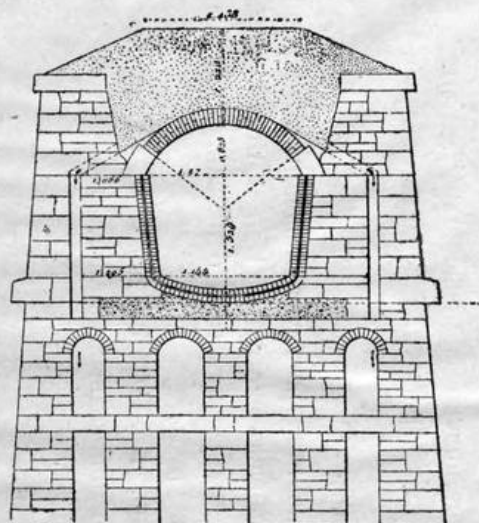
Другія числа вышеприведеннаго ряда, содержащія въ себѣ множитель 3, даютъ возможность поворачивать фасонныя части (колѣна, отводы) на уголъ равный 30° , 15° и т. д. вокругъ оси водопровода. При этомъ самое расчерчиваніе фланца передъ сверленіемъ дыръ облегчено тѣмъ, что окружность дѣлится лишь послѣдовательно на 2 и на 3 части и никогда на 5, 7 и т. д. частей.

Діаметры болтовъ рассчитаны въ каждомъ случаѣ такъ, чтобы сопротивленіе трубъ разрыву въ тангенціальномъ направленіи равнялось сопротивленію болтовъ въ осевомъ направленіи; такимъ образомъ прочность водопроводовъ однородна въ обоихъ направленіяхъ.

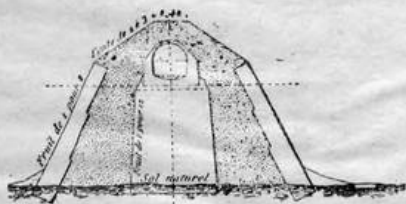
Строительная длина раструбныхъ трубъ L принята въ Нормальномъ Сортаментѣ:

Кротонское водоснабжение города Нью-Йорка изъ искусственнаго водохранилища.

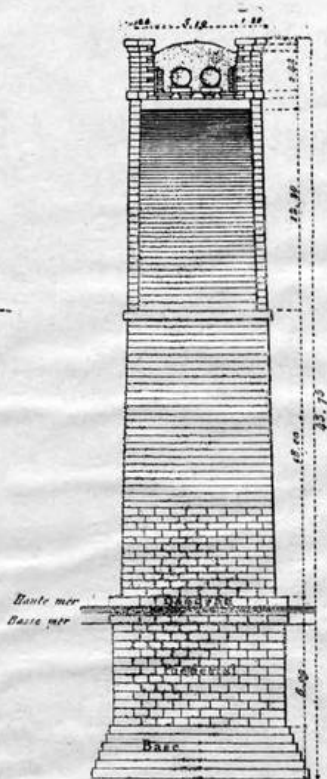
(См. также чертежи 145 — 147).



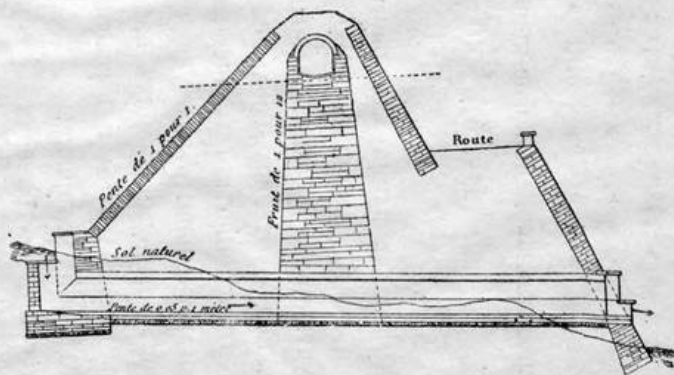
Черт. 487. — Поперечный разрез акведука на водопроводном мосту Sing Sing Hill.



Черт. 489. — Поперечный разрез акведука в насыпи. (Тот же разрез в большем масштабе на чертеже).



Черт. 488. — Разрезъ через арку водопроводнаго моста — сифона на рѣкѣ Harlem (см. черт. 147).



Черт. 490. — Пересѣчение акведука съ ручьемъ (продольный разрезъ по трубѣ, предназначенной для пропуска ручья).

для діам. отъ	40	до	50	мм. въ	2	мет.
»	»	»	75	»	300	»
»	»	»	350	»	1200	»
					3,75	»

Строительная длина фланцевыхъ трубъ L принята:

для діам. отъ	40	до	75	мм. въ	2	мет.
»	»	»	100	»	1200	»
					3	»

Намѣченная длина для раструбныхъ трубъ въ 3,75 мет. установлена по той причинѣ, что большинство литейныхъ мастерскихъ существующихъ русскихъ заводовъ имѣли высоту помѣщеній, не допускающую отливокъ большей длины.

По отношенію къ фланцевымъ трубамъ нормы длинъ уменьшены съ цѣлью уменьшить ихъ усадку, такъ какъ онѣ часто лопаются у фланцовъ, представляющихъ собой двѣ большія площади по сравненію съ тѣломъ трубы и вызывающихъ тѣмъ самымъ неравномерное распредѣленіе матеріала.

Русскимъ метрическимъ сортаментомъ нормированы наиболѣе встрѣчающіяся въ практикѣ фасонныя части, а именно:

патрубокъ-раструбъ (Е) и патрубокъ-фланецъ (F), служащія преимущественно для соединенія фланцевыхъ задвижекъ съ водопроводными трубами;

двойной раструбъ (Д) и длинныя (Мд) и короткіе (Мк) муфты для соединенія гладкихъ концовъ трубъ;

отводъ-раструбъ пологій, т. е. съ большимъ радіусомъ (Опр):

отводъ-раструбъ (Окр) и отводъ-фланецъ (Окф), оба съ малымъ радіусомъ;

кольцо-раструбъ (Кр) и полукольцо-раструбъ ($\frac{1}{2}$ Кр);

кольцо-фланецъ (Кф) и полукольцо-фланецъ ($\frac{1}{2}$ Кф).

переходы (П), коническія трубы для соединенія трубъ различныхъ діаметровъ;

тройникъ-фланецъ (Тфф);

тройникъ-раструбъ и тройникъ-раструбъ съ фланцемъ (Трр и Трф).

Выпускъ-фланецъ и выпускъ-раструбъ (Врр и Врф)—тройники, служащіе, какъ можно видѣть изъ самаго названія, для выпуска воды изъ водопроводныхъ трубъ.

Части Опр, Окр, Окф, Кр, $\frac{1}{2}$ Кр, Кф и $\frac{1}{2}$ Кф служатъ для измѣненія направленія водопроводныхъ линий.

Части Тфф, Трр и Трф служатъ для соединенія между собой водопроводныхъ линій подь угломъ въ 90° и для присоединенія къ магистрали крановъ различныхъ назначеній.

Толщина стѣнокъ фасонныхъ частей увеличивается на 20% сравнительно съ нормальной толщиной стѣнки трубъ, такъ какъ фасонныя части отливаются горизонтально, при какой отливкѣ невозможно достигъ равномерной толщины стѣнокъ.

Буквы, стоящія въ скобкахъ (М, Д, Трр и пр.), обозначаютъ собой сокращенное наименованіе фасонныхъ частей, которыя основаны на начальныхъ буквахъ соотвѣтственныхъ русскихъ терминовъ, такъ напр., для раструба—Р и т. под.

Нормировка фасонныхъ частей также отличается систематичностью; отдѣльные размѣры фасонныхъ частей опредѣляются на основаніи линейныхъ формулъ, подобныхъ предшествующимъ и указаннымъ въ соотвѣтственныхъ нормальныхъ таблицахъ.

Для нормированія отводовъ принята система для угловъ въ 10° , 15° и 30° и радіусовъ въ 1.250—10.000 миллиметровъ, благодаря чему очень просто опредѣляются строительныя длины отводовъ.

Большинство вышеуказанныхъ соотношеній и формулъ предложены инженеромъ В. Г. Линдлеемъ и приняты Коммиссіей послѣ всесторонняго разсмотрѣнія.

Нормальныя техническія условія изготовленія и приѣмки водопроводныхъ трубъ представляютъ собой переработку условій, составленныхъ въ комиссіи подь предсѣдательствомъ профессора Петроградскаго Технологическаго Института Н. Л. Щукина при Совѣщательной Конторѣ Желѣзозаводчиковъ.

Они состоятъ изъ слѣдующихъ десяти положеній:

1. Чугунъ для отливки трубъ и фасонныхъ частей долженъ быть второй плавки, хорошаго качества, мягкой, въ изломѣ однородный, свѣтло-сѣрый, мелкозернистый, безъ признаковъ плень, раковинъ, трещинъ и т. п.

Приѣмщику для сужденія о качествѣ чугуна, назначеннаго заводомъ для отливки трубъ, предоставляется право отливать пробныя бруски. Бруски эти отливаются въ приготовленныя заблаговременно сухія формы, изъ тѣхъ ковшей, которые назначить приѣмщикъ. Эти бруски отливаются горизонтально или вертикально, смотря по тому,

будетъ ли чугуны, испытываемый сими брусками, предназначенъ для вертикальной или горизонтальной отливки трубъ.

Упомянутые пробныя бруски предоставляется пріемщику отливать изъ каждой плавки, назначенной для отливки трубъ.

Эти пробныя бруски должны испытываться на изгибъ.

Испытаніе на изгибъ. Для этого отливаются два бруска прямоугольнаго сѣченія 50 мм. \times 25 мм., длиною 1200 мм. Брусокъ, положенный узкою гранью на двѣ призматическія опоры съ разстояніемъ въ одинъ метръ между ними, долженъ выдержать безъ излома спокойно подвѣшенный въ срединѣ его грузъ въ 1200 килограммовъ при стрѣлкѣ прогиба не менѣе 10 миллиметровъ.

Если пробуемый брусокъ не выдержитъ сего испытанія, то такое повторяется надъ вторымъ запаснымъ брускомъ и если и этотъ брусокъ не выдержитъ испытанія, то трубы, отлитыя изъ испытуемой плавки, бракуются.

2. *Формовка и отливка прямыхъ трубъ* нормальной длины должна быть вертикальная, безъ долевыя швовъ и раструбомъ внизъ.

3. *Формы раструбовъ*, гладкихъ концовъ съ буртиками, фланцевъ и ихъ размѣры, а равно и длина трубъ должны соответствовать нормальнымъ таблицамъ. Уклоненіе въ длинѣ трубъ противъ нормальной допускается на 10 мм. въ ту или другую сторону. Искривленіе трубъ допускается не болѣе какъ въ 13 мм. на всю длину трубы.

Уклоненіе длины фасонныхъ частей допускается не болѣе 2⁰/₀ длины указанной въ соответственныхъ нормальныхъ таблицахъ; причемъ уклоненіе \pm 5 миллиметровъ допустимо.

Нормальной толщиной стѣнокъ нормальныхъ трубъ называется толщина, вычисленная по формулѣ $\delta = 6,5 + 0,02 D$ для трубъ діаметромъ отъ 50 до 300 миллиметровъ включительно и по формулѣ $\delta = 6 + 0,02 D$ для трубъ діаметромъ отъ 350 до 1200 миллиметровъ, гдѣ D —внутренній діаметръ трубы въ миллиметрахъ.

4. *Толщины стѣнокъ трубъ*, провѣряемая ранѣе ихъ асфальтировки, должны быть согласны съ указанными въ нормальныхъ таблицахъ. Въ случаѣ пріемки трубъ асфальтированныхъ толщина слоя асфальтировки принимается во вниманіе. Мѣстныя уменьшенія толщины стѣнокъ не могутъ быть болѣе, какъ на 20⁰/₀ противъ

нормальныхъ, а если въ какомъ либо мѣстѣ трубы толщина стѣнки ея будетъ слишкомъ на 20⁰/₀ менѣе нормальной, то такая труба бракуется даже и въ томъ случаѣ, если вѣсь ея будетъ удовлетворительный. Уменьшеніе толщины стѣнки на одной сторонѣ трубы по всей ея длинѣ должно быть не болѣе 10⁰/₀ толщины стѣнки. Уменьшеніе внутреннихъ діаметровъ трубъ противъ нормальныхъ табличныхъ не должно быть болѣе величинъ полученныхъ по слѣдующей формулѣ: 1 мм. + 0,1 \sqrt{D} . Увеличеніе толщины стѣнокъ трубъ допускается. Діаметры раструбовъ и буртиковъ должны быть согласованы съ нормальной таблицей трубъ, причемъ измѣненіе размѣровъ этихъ діаметровъ не должно выходить изъ предѣловъ, обеспечивающихъ зазоръ между буртикомъ и раструбомъ, не меньшій половины нормальнаго.

Примѣчаніе. Раковины во фланцахъ допускаются по слѣдующей таблицѣ;

для трубъ діаметромъ отъ	50 мм.	до	200 мм.	—	2	мм.				
»	»	»	200	»	»	500	»	—	2 ¹ / ₂	»
»	»	»	500	»	»	900	»	—	3	»
»	»	»	900	»	»	1.200	»	—	4	»

5. *Толщина стѣнокъ фасонныхъ частей*, за исключеніемъ раструбовъ и фланцевъ, въ виду горизонтальной отливки, увеличивается на 20⁰/₀ противъ нормальной толщины стѣнки трубы соотвѣтствующаго діаметра, причемъ это увеличеніе должно быть производимо на счетъ внутренняго діаметра. Предѣлы уменьшенія толщинъ стѣнокъ фасонныхъ частей противъ вышеуказанныхъ, а также предѣлы уменьшенія толщинъ стѣнокъ раструбовъ и фланцевъ и внутреннихъ діаметровъ и условія браковки, въ случаяхъ нарушенія сихъ предѣловъ такіе же, какъ для прямыхъ трубъ (§ 4).

6. *Гидравлическая проба.* Послѣ провѣрки размѣровъ всѣ трубы и фасонныя части испытываются заводомъ гидравлическою пробой, подвергаясь давленію до 5 минутъ.

Для трубъ пробное давленіе должно быть въ 30 атмосферъ по манометру при діаметрахъ 50—150 мм., въ 25 атмосферъ при діаметрахъ 175—300 мм. и въ 20 атмосферъ — при діаметрахъ выше 300 мм., а для фасонныхъ частей 15 атмосферъ по манометру. Во время нахождения подъ давленіемъ какъ трубы, такъ и фасонныя

части подвергаются легкимъ ударамъ стального молотка, вѣсомъ около 2 фунтовъ.

Трубы и фасонныя части должны выдерживать пробное давленіе безъ признаковъ течи. Слабое потѣніе и выступаніе отдѣльныхъ капель, не переходящихъ въ потеки на свѣже-отлитыхъ трубахъ и фасонныхъ частяхъ, не считается недостаткомъ. Въ случаѣ гидравлическаго испытанія асфальтированныхъ трубъ выступленіе капель и потѣніе не допускается. Каждая свѣжеотлитая труба и фасонная часть, во избѣжаніе обожавливанія, послѣ пробы гидравлическимъ давленіемъ должна немедленно подогрѣваться (безъ копоти) и затѣмъ асфальтироваться.

Примѣчаніе. Въ удостовѣреніе того, что труба выдержала гидравлическое испытаніе, на ней ставится клеймо.

7. *Асфальтировка трубъ и фасонныхъ частей* должна производиться вполне тщательно и прочно. Свѣже-асфальтированныя трубы, по охлажденіи ихъ до температуры окружающаго воздуха, должны имѣть гладкій, блестящій видъ и не должны быть липкими.

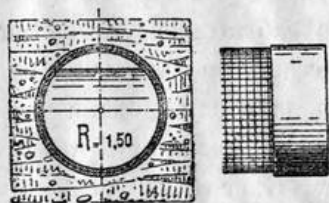
Прочность асфальтировки испытывается легкими ударами стального ручника, при этомъ асфальтировка не должна отпадать. Отпаденіе таковой мѣстами безъ обнаруживанія металлической поверхности не служитъ признакомъ непрочности асфальтировки. Асфальтировка не должна растворяться въ водѣ.

Примѣчаніе къ §§ 6 и 7-му. Вопросъ объ асфальтированіи трубъ до или послѣ гидравлическаго испытанія разрѣшается каждый разъ по соглашенію заказчика съ заводомъ.

8. *Вѣсъ каждой трубы и фасонной части* долженъ опредѣляться заводомъ до или послѣ асфальтировки. Недовѣсъ трубъ противъ вѣсовъ, указанныхъ въ нормальныхъ таблицахъ, не долженъ превышать 5⁰/. При длинѣ трубъ, большей или меньшей нормальной, если таковыя будутъ допущены, дѣлается учетъ вѣса, согласно данныхъ нормальной таблицы. Нормальный вѣсъ фасонныхъ частей опредѣляется при увеличеніи на 20⁰/о толщины стѣнокъ прямой трубы того же діаметра. Вѣсъ отлитыхъ фасонныхъ частей можетъ быть менѣе нормальнаго не болѣе, какъ на 10⁰/о.

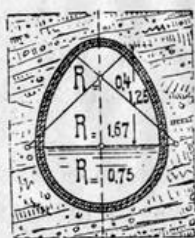
Проведение воды каналами.

Желѣзо-бетонныя сооружеія.



Черт. 491 и 492.

Круглое сѣченіе канала изъ желѣзо-бетона (первоначально т. наз. система Монье).



Черт. 493.—Овоидальное сѣченіе канала изъ желѣзо-бетона. Для водопроводовъ несущихъ мало переменное количество воды (въ отличіе отъ водостоконъ) большой кругъ овоидальнаго сѣченія располагается внизу, чтобы имѣть при той же высотѣ наполненія большее живое сѣченіе. Цѣль овоидальной формы — здѣсь доступность канала для прохода людей.



Черт. 494.—Полуовоидальное сѣченіе канала изъ желѣзо-бетона. съ широкимъ основаніемъ; примѣнено съ успѣхомъ въ водоснабженіи г. Кенигсберга. Lueger считаетъ, однако, опытъ Кенигсберга не достаточно продолжительнымъ чтобы высказаться окончательно относительно долговѣчности сооружеій этого рода.

9. *Порядокъ приѣмки и браковки.* Приѣмка трубъ и фасонныхъ частей на заводѣ и наблюденіе за ихъ изготовленіемъ производится въ слѣдующемъ порядкѣ.

Каждая отлитая труба или фасонная часть подвергается провѣркѣ размѣровъ и пробѣ гидравлическимъ давленіемъ, причѣмъ на выдержавшихъ эту пробу трубахъ накладывается соответствующее клеймо.

Отсутствіе приѣмщика не останавливаетъ пробу трубъ и фасонныхъ частей и асфальтировку ихъ, но о началѣ отливки ихъ ему должно быть сообщено заблаговременно. При приѣмкѣ трубъ асфальтированныхъ или неасфальтированныхъ, но заводомъ опробованныхъ и сложенныхъ въ штабеля, должна пробоваться одна труба изъ каждыхъ десяти принимаемыхъ: обмѣромъ, гидравлическимъ давленіемъ и по вѣсу. Въ случаѣ, если труба не удовлетворитъ хотя бы одному изъ вышеприведенныхъ условій, то этому испытанію подвергается каждая труба этого десятка.

Каждый поставщикъ, изготовляющій чугуныя трубы и фасонныя части, обязанъ исполнѣ ясно отливать на каждой изъ нихъ свое заводское выпуклое клеймо, а также клеймо заказчика, если это будетъ обусловлено договоромъ.

Съ бракованныхъ трубъ, по какой либо изъ вышеуказанныхъ причинъ, срубается клеймо заказчика или же, въ случаѣ, если такового клейма не имѣется, ставится клеймо заказчика на трубахъ и фасонныхъ частяхъ, имъ принятыхъ,

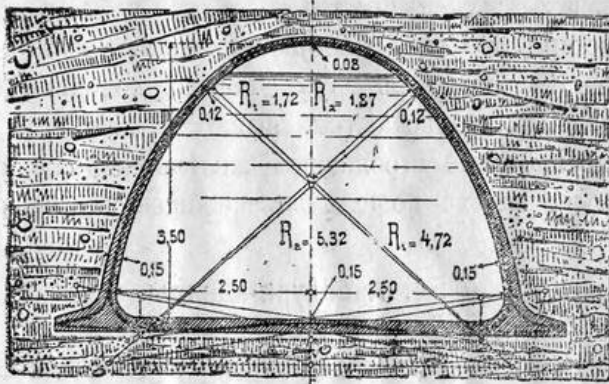
10. Всѣ необходимыя приспособленія для пробы какъ чугуна, такъ и трубъ и фасонныхъ частей, должны быть доставлены за счетъ завода, по соглашенію съ заказикомъ; они должны содержаться всегда въ полной исправности, дабы не было задержки въ приѣмкѣ трубъ. Люди, нужные для пробы и изслѣдованія трубъ и фасонныхъ частей, въ помощь приѣмщику, должны быть также отъ завода».

Нормальный Русскій Метрическій Сортаментъ чугуновыхъ водопроводныхъ трубъ и техническія условія ихъ изготовленія и приѣмки, выпущенные въ свѣтъ Комиссіей подъ предѣдательствомъ составителя настоящаго курса въ 1902 году, были сообщены членамъ VI Русскаго Водопроводнаго Съѣзда, бывшаго въ Нижнемъ Новгородѣ въ Августѣ 1903 года.

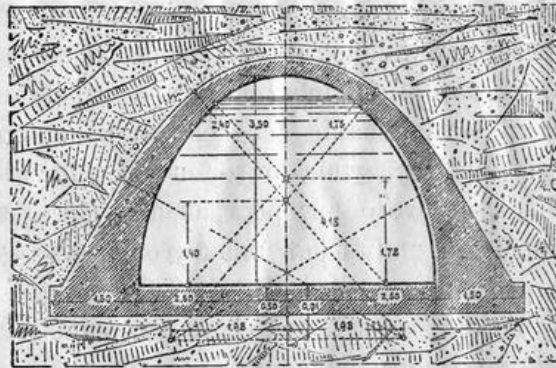
Признавъ сортаментъ и техническія условія исполнѣ отвѣчающими ихъ задачамъ, VI Съѣздъ постановилъ ходатайствовать предъ пра-

Проведение воды каналами.

Желѣзобетонные и бетонные сооружения.



Черт. 495. — Полуовоидальное сѣченіе канала изъ желѣзо-бетона, съ широкимъ основаніемъ; примѣнено въ водоснабженіи Кенигсберга (тѣ же оговорки, что и къ черт. 494). Профиль этого типа считается особенно пригоднымъ для пропуска большихъ массъ воды подъ другими сооружениями, напримѣръ, подъ желѣзными дорогами, шоссе, зданіями и т. п.



Черт. 496. — Полуовоидальный профиль канала изъ бетона съ широкимъ основаніемъ, особенно пригодная для пропуска большихъ массъ воды подъ другими сооружениями, напримѣръ, подъ желѣзными дорогами, шоссе, зданіями и т. п.

вительственными учреждениями о введеніи новаго сортамента въ ввѣренныхъ имъ органахъ.

По представленіямъ составителя настоящаго курса состоялись постановленія Техническаго Строительнаго Комитета Министерства Внутреннихъ Дѣлъ и Инженернаго Комитета Главнаго Инженернаго Управленія Военнаго Министерства—о примѣненіи новаго сортамента въ заказахъ сихъ вѣдомствъ.

Въ Министерствѣ Путей Сообщенія онъ уже въ 1901 году былъ съ успѣхомъ примѣненъ для трубъ новаго водопровода городовъ Царскаго Села и Павловска (см. выше) и для всѣхъ 25 станціонныхъ водоснабженій строящейся желѣзно-дорожной линіи Бологое-Полоцкъ, а затѣмъ вошелъ во всеобщее употребленіе.

Вм. 1/6

§ 54. Акведуки-каналы.

Для провода воды въ гравитаціонныхъ водоснабженіяхъ служатъ преимущественно каналы, которые могутъ быть открытые, подобныя обыкновеннымъ судоходнымъ каналамъ, или закрытые, въ видѣ трубъ, въ коихъ теченіе происходитъ не полнымъ сѣченіемъ; послѣдніе представляютъ полную аналогію съ закрытыми водостоками и ихъ обыкновенно называютъ акведуками или акведуками-каналами. Форма сѣченія тѣхъ и другихъ изслѣдована въ части настоящаго курса, посвященной канализаціи городовъ. Здѣсь слѣдуетъ только замѣтить, что такъ какъ въ данномъ случаѣ при устройствѣ водопроводовъ рѣчь идетъ о передвиженіи чистой воды, безъ значительнаго количества наносовъ то тѣ работы, которыя принимаются при устройствѣ водостоковъ для предупрежденія складыванія осадковъ въ каналахъ, тутъ становятся менѣе нужными. Вслѣдствіе этого, овоидальное сѣченіе въ водоснабженіяхъ не имѣетъ того распространенія, какъ въ водостокахъ, и встрѣчается не мало примѣровъ прямоугольныхъ сѣченій, совсѣмъ не годныхъ для водостоковъ (см. В. Е. Тимоновъ. Канализація).

Въ общемъ, можно сказать, что какъ для открытыхъ каналовъ, такъ и для закрытыхъ акведуковъ нужно принимать такую форму сѣченія, которая давала бы максимумъ расхода при той же площади сѣченія. Вмѣстѣ съ тѣмъ необходимо, по возможности, уменьшать напоръ земли. Эти правила приводятъ для открытыхъ каналовъ въ трапеціи, для закрытыхъ въ кругъ.

Открытые каналы вырываются въ землѣ или устраиваются въ земляныхъ насыпяхъ, представляя полную аналогію съ судоходными (см. черт. 464—466, стр. 503). Иногда, впрочемъ, водопроводные каналы бывають въ то же время и судоходными, напр. каналъ Оугсѳ. Профиль Уркскаго канала (съ земляными откосами) въ Парижѣ, служащаго для водоснабженія и для судоходства, показана на черт. 464. Поверхностный уклонъ его очень малъ = 0,0000625. Въ подобныхъ же каналахъ въ Лондонѣ (New River) — 0,0000474, въ Кенигсбергѣ — 0,00014. Въ питательныхъ каналахъ съ земляными откосами, устраиваемыхъ для снабженія водой судоходныхъ баналовъ, поверхностные уклоны измѣняются въ предѣлахъ 0,0001 и 0,0005. Максимумъ допустимой средней скорости теченія въ каналѣ съ незамощенными откосами — 0,70 метра, а съ замощенными 1,20 метра (Lueger). Во многихъ случаяхъ открытые каналы представляютъ лишь дешевое рѣшеніе вопроса о доставкѣ воды, но вода въ нихъ легко портится, согрѣвается и загрязняется. Поэтому такими способами теперь обыкновенно доставляютъ воду для улицъ, поливки и т. д., но не для питья.

Скорость теченія въ каналахъ не должна быть меньше фута въ секунду, чтобы не образовывалось осадковъ и не развивалось растительности. Максимумъ скорости зависитъ, какъ упомянуто, отъ способа покрытія откосовъ или стѣнъ, но даже и при каменныхъ откосахъ она не должна быть болѣе 6 футовъ. Если уклонъ мѣстности великъ, то водопроводный каналъ дѣлають съ вертикальными паденіями, чередующимися съ пологими уклонами. Въ мѣстахъ такихъ вертикальныхъ паденій дѣлаются особыя сооруженія — перепады, способныя выдержать ударъ падающей воды.

Въ Америкѣ получаютъ распространеніе для проведенія воды съ ирригаціонными, горнопромышленными или гидроэлектрическими цѣлями металлическіе желоба — каналы, составляемые изъ элементовъ, заготовленныхъ фабричнымъ путемъ и установленныхъ на мѣстѣ съ подлежащими уклонами и закругленіями въ планѣ при посредствѣ легкихъ деревянныхъ подмостей (черт. 467—469, стр. 503—505). Эти желоба могутъ достигать очень значительныхъ поперечныхъ сѣченій, давая расходъ воды въ нѣсколько сотъ куб. футовъ въ секунду. Легкость перевозки элементовъ сооруженія и его сборки на мѣстѣ дѣлають устройства этого рода особенно цѣнными въ уда-

ленныхъ мѣстностяхъ и при желательности быстрого приступа къ эксплуатаціи.

Открытые каналы, подобно навигаціоннымъ, должны имѣть водосливы и водоспуски.

Закрытые каналы или акведуки, если они малыхъ размѣровъ, дѣлаются изъ трубъ гончарныхъ или бетонныхъ, уложенныхъ въ землѣ. Большіе акведуки строятся изъ кирпичной или каменной кладки, бетона и т. п.

Подземные каналы круглаго, овоидальнаго и др. сѣченій часто дѣлаются теперь изъ желѣзо-бетона, т. е. изъ желѣзнаго каркаса, заключеннаго въ слоѣ бетона относительно малой толщины. Такіе каналы (или трубы) очень прочны даже при небольшой толщинѣ стѣны и хорошо сопротивляются сжимающимъ и растягивающимъ усиліямъ. Средняя скорость теченія по аналогіи съ бетонными трубами не должна, повидимому, допускаться болѣе 1 метра въ секунду.

Условія гидравлическаго расчета закрытыхъ—въ зависимости отъ предѣльной скорости теченія (1—6 фут.) тѣ же, что и открытыхъ акведуковъ (см. въ части курса, посвященной канализаціи).

Для очистки и осмотра они должны быть снабжены смотровыми колодцами, помѣщенными чрезъ извѣстныя разстоянія: въ малыхъ акведукахъ—50 саж., большихъ, при возможности пройти внутри акведука челобѣку,—100—150 саж.

Сверхъ того нужно имѣть въ акведукахъ—водосливы для спуска воды, когда ея горизонтъ станетъ подниматься выше назначеннаго предѣла, такъ какъ иначе акведукъ можетъ оказаться подъ напоромъ воды и разрушиться, и водоспуски—для опорожненія акведука въ случаѣ ремонта и т. п.

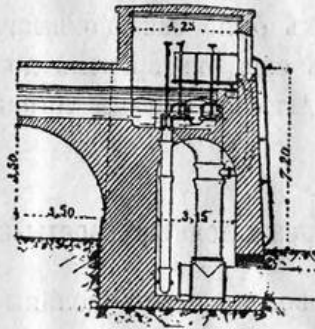
Чтобы уменьшить потерю воды при разрывѣ акведука, полезно имѣть на извѣстныхъ разстояніяхъ запорные щиты или двери, коими было бы возможно отдѣлить вполнѣ часть акведука отъ другой.

Чертежи акведуковъ разныхъ типовъ и ихъ вспомогательныхъ устройствъ показаны на черт. 470 — 496, снабженныхъ соотвѣтственными поясненіями.

Акведуки требуютъ часто очень серьезныхъ сооружений для сохранения того уклона, который необходимъ для передвиженія воды. Такъ нерѣдко приходится строить для нихъ туннели, когда встрѣчаются на пути горы, и мосты, когда приходится пересѣкать до-

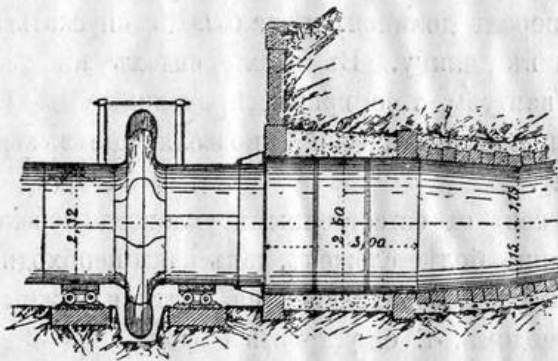
Проведеніе воды.

СИФОНЫ.



Черт. 497.—Голова сифона Ваннского водопровода (см. черт. 335, 340, 470, 471 и 473) въ Парижѣ.

Она представляет собой весьма сложное сооруженіе съ приспособленіями для наполненія сифонной трубы водой, опоражниванія ея, для выпуска избытка воды приходящей по каналу — акведуку, для выпуска воздуха.



Черт. 498. — Приспособленіе сифона изъ желѣзной трубы большаго діаметра къ измѣненіямъ температуры.

Желѣзная труба—сплошная; въ ней нѣтъ стыковъ, подобныхъ стыкамъ чугуновыхъ трубъ, допускающихъ измѣненія длины отдѣльныхъ звеньевъ трубы безъ замѣтнаго измѣненія ея общей длины. Въ желѣзной трубѣ, вліянія температуры могутъ быть очень чувствительны и разрушать прочность соединеній трубы съ кладкой. Для устраненія этого неудобства у головъ сифона устроенъ металлическій мѣхъ или расширительная коробка, которая принимаетъ расширенія и сжатія трубы. Труба движется на каткахъ, подобныхъ мостовымъ.

лины. Въ настоящее время избѣгаютъ, по возможности, и тѣхъ и другихъ, отказываясь въ пересѣченыхъ мѣстностяхъ отъ гравитационныхъ водопроводовъ. Въ прежнія же времена, когда тяжесть была единственнымъ двигателемъ воды, такія дорогія работы были неизбежны и Римляне оставили намъ не мало превосходныхъ примѣровъ ихъ, о которыхъ было сказано выше (см. главу II).

Впрочемъ и теперь еще отъ времени до времени въ извѣстныхъ обстоятельствахъ находятъ выгоднымъ устраивать акведуки въ туннеляхъ и на мостахъ.

§ 55. Переходъ черезъ долины (мосты-акведуки и сифоны).

Переходъ трубопроводовъ черезъ долины не представляетъ особыхъ затрудненій.

Трубы укладываются приблизительно такъ же, какъ и на ровныхъ мѣстностяхъ, и давленіе въ содѣйствіи съ силою тяжести заставляетъ воду переходить съ одной стороны на другую.

Нѣкоторыя предосторожности требуются только для того, чтобы воздухъ, увлекаемый водой не скоплялся въ высокихъ мѣстахъ перегиба трубъ передъ долиной, мѣшая водѣ спускаться затѣмъ по вѣтви, идущей въ долину. Въ этихъ видахъ въ такихъ мѣстахъ устраиваются вантузы, т. е. краны, приводимые въ дѣйствіе людьми или дѣйствующіе автоматически и позволяющіе выходить скопляющемуся воздуху.

Для акведуковъ съ естественнымъ уклономъ переходъ черезъ долины несравненно болѣе сложенъ, такъ какъ необходимо или сохранить уклонъ, продолжая акведукъ на мостъ или же замѣнить акведукъ трубопроводомъ, т. е. устроить сифонъ.

Мосты-акведуки прежде, когда не умѣли дѣлать трубъ, способныхъ выдержать большое давленіе, были часто неизбежны, и Римляне прибѣгали къ нимъ по преимуществу.

Наиболѣе замѣчательные мосты-акведуки древняго и нашего времени показаны на черт. 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60 — 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 143, 144, 147, 148, 475 — 478 и др.

Сифонъ даетъ необыкновенно удобное, простое и дешевое средство для пересѣченія долинъ. Достоинства этого рѣшенія вопроса

тѣмъ больше, чѣмъ больше размѣры долинъ въ ширину и особенно въ глубину. Не рѣдки такіе случаи, гдѣ мосты-акведуки были бы совсѣмъ немыслимы, а сифонъ между тѣмъ устраивается очень легко. Иногда, впрочемъ, при узкихъ и очень глубокихъ ущельяхъ, которыя могутъ быть перекрыты одной аркой или желѣзной фермой, мосты-акведуки гораздо дешевле и удобнѣе сифона. Для правильнаго рѣшенія вопроса слѣдуетъ въ случаяхъ сомнительныхъ дѣлать два параллельныхъ проекта моста и сифона.

Сифоны дѣлаются изъ тѣхъ же матеріаловъ, какъ и водопроводныя трубы вообще. Наболѣе пригодными являются чугунъ, а для большихъ діаметровъ—желѣзо. При желѣзныхъ трубахъ, не имѣющихъ, какъ чугунныя, большаго числа стыковъ, необходимо для возможности растягиванія трубы при повышеніи температуръ, устраивать особыя растительныя коробки. Онѣ дѣлаются у верхнихъ концовъ сифона; труба здѣсь помѣщается на подушкѣ. Детали видны на чертежѣ 498.

Наибольшее затрудненіе представляетъ устройство головъ сифона, т. е. тѣхъ сооружений, при посредствѣ коихъ акведукъ соединяется съ трубопроводомъ.

Эти головы должны быть проектированы и выполнены такъ, чтобы:

- а) потери напора при переходѣ воды изъ колодца въ трубу были возможно менѣе,
- б) не было водоворотовъ,
- в) не было остановокъ въ движеніи воды и особенно ударовъ воды, вслѣдствіе быстраго выдѣленія воздуха,
- г) имѣлась возможность наполнять сифонъ водою или опораживать его по усмотрѣнію (затворы),
- д) былъ обезпеченъ выходъ воды, являющейся въ избыткѣ и не входящей въ сифонъ (водосливы),
- е) было возможно осушать голову для осмотра и ремонта (водоспуски).

Примѣръ устройства головы показанъ на чертежѣ 497.

Сифоны особенно часто приходится устраивать при пересѣченіи водныхъ потоковъ, причѣмъ для укладки трубъ подъ водой прибѣгаютъ къ разнообразнымъ приемамъ въ зависимости отъ мѣстныхъ условій, каковы укладка со льда, съ постоянныхъ или плавучихъ подмостей и пр., а также укладка водопроводныхъ трубъ въ спеціальныхъ туннеляхъ.

Черт. 499 представляет собой устройство, примененное для укладки труб на днѣ р. Вилламетъ въ г. Портландѣ (штатъ Орегонъ, С. А. С. Ш.) при посредствѣ судна особой конструкціи. Соединенія трубъ между собой въ такихъ случаяхъ должны быть гибкія, напр. при посредствѣ шаровыхъ головокъ, подобныхъ показаннымъ на черт. 423 (стр. 473) (см. D. D. Clarke. Submerged Pipe Work at Portland. Proceedings Am. S. C. E. Vol XL. № 9, 1914).

Объ устройствѣ водопроводнаго туннеля-сифона даетъ понятіе черт. 152 на стр. 161, гдѣ приведены и соответственные поясненія.

165

§ 56. Производство работъ по устройству акведуковъ и укладкѣ трубъ.

Производство работъ по устройству открытаго или закрытаго акведука и укладкѣ трубъ въ общихъ чертахъ извѣстно изъ курса Общихъ Началъ Строительнаго Искусства и излагается въ специальной главѣ посвященной этому предмету въ курсѣ Водостоковъ.

Поэтому здѣсь мы остановимся лишь на нѣкоторыхъ вопросахъ, относящихся къ укладкѣ водопроводныхъ трубъ.

Трубы эти укладываются обыкновенно прямо въ землю. Недостатки такого способа укладки:

а) течь долго не обнаруживается, если грунтъ мало водопроницаемъ,

б) прежде чѣмъ обнаружится, течь вызываетъ разстройство насыпаннаго надъ трубой земляного слоя и мостовой,

в) исправленіе требуетъ раскрытія рва и сопровождается затрудненіями для уличнаго движенія,

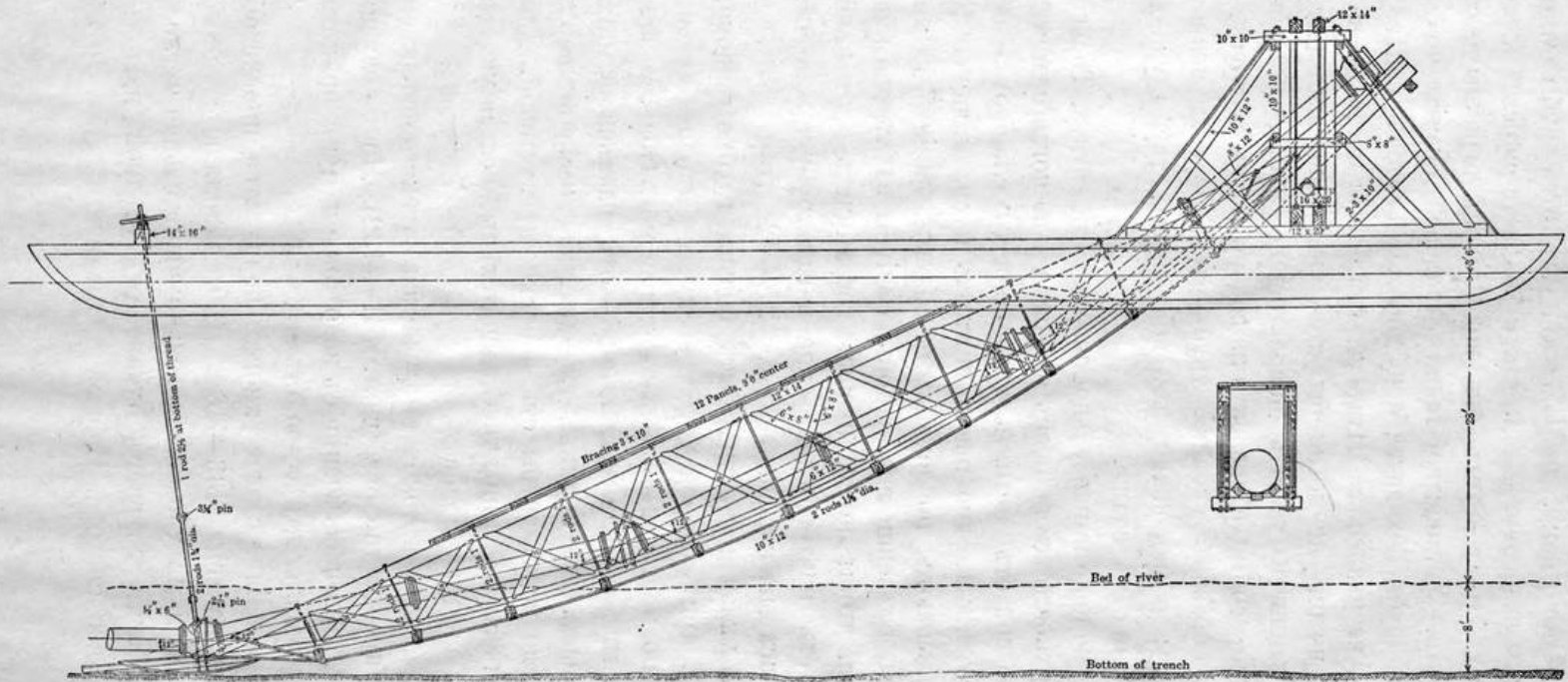
г) поверхность трубы, соприкасающаяся съ грунтомъ, легко разрушается,

д) если въ трубѣ можетъ образоваться пространство съ разреженнымъ воздухомъ, то чрезъ швы трубы въ нее могутъ проникать заразные или загрязняющіе элементы изъ окружающей почвы,

е) если вблизи трубы находятся земные провода сильныхъ электрическихъ установокъ, то разрядъ совершается по трубѣ, причемъ быстро разрушается ея тѣло.

По этимъ причинамъ цѣлесообразно, если къ тому есть возможность, помѣщать водопроводныя трубы въ подземныхъ галлереяхъ

Водоснабженіе города Портланда (С. Ш. С. А.).



Проведеніе воды.

Черт. 499. и 500. - Схема укладки водопроводнаго сифона на днѣ р. Виляметъ съ подвижныхъ подмостей при посредствѣ судна особой конструкции и разрывъ подвижныхъ подмостей.

какъ это сдѣлано напр. въ Парижѣ, гдѣ эти трубы уложены въ водосточныхъ галлерейхъ (см. далѣе въ части курса, посвященной канализации). Это требуетъ отъ водостоковъ огромныхъ сѣченій и стоитъ дорого. Устройство такихъ галлерей специально для водопроводныхъ трубъ обходится еще дороже. Тѣмъ не менѣе, въ Лондонѣ и С.-Американскихъ Штатахъ, гдѣ многія мостовыя водонепроницаемы и потому не могли бы допустить течи выступить на поверхность земли и указать поврежденное мѣсто, устраивались и устраиваются особыя галлерей для водопроводныхъ трубъ.

Такимъ образомъ укладка трубъ въ галлерейхъ является пока исключеніемъ; обыкновенно же, повторяемъ, трубы укладываются непосредственно въ землю.

Дно рва вообще параллельно поверхности грунта. Только иногда, когда поверхность земли очень не ровна или когда недостатокъ напора не позволяетъ поднять трубопроводъ слишкомъ высоко въ какомъ-либо мѣстѣ, дно рва понижаютъ и спрямляютъ. Въ планѣ трубы укладываются по ломаннымъ прямымъ линіямъ съ круговыми соединеніями въ вершинахъ угловъ. Радиусы закругленій не должны быть велики, чтобы по возможности ограничить протяженіе трубы, гдѣ дѣйствуетъ центробѣжная сила и гдѣ трубу нужно подпирать, чтобы не раскрывались швы черт. 427—428 (стр. 473).

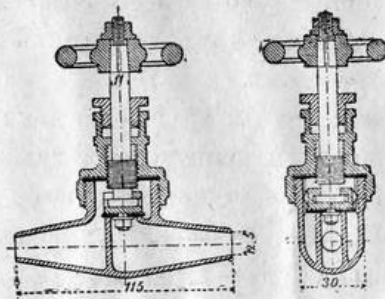
Глубина укладки должна быть больше глубины промерзанія и больше той, при которой труба рискуетъ быть раздавленной движущимися по мостовой тяжелыми экипажами. Оба эти предѣла зависятъ первый отъ климата, второй—отъ размѣра экипажа и качества мостовой. Для Германіи глубина укладки принимается 1,50—2,00 метра до верха трубы отъ поверхности мостовой. Для Россіи, гдѣ климатическія разницы такъ значительны, нельзя указать общей нормы. Для средней полосы—это будетъ 6—7 футовъ.

Обыкновенно для трубъ не дѣлается никакого фундамента—онѣ кладутся прямо на дно рва (черт. 431—432). Но въ случаяхъ плохого грунта, при пересѣченіи съ водостоками и пр. приходится прибѣгать къ специальнымъ устройствамъ.

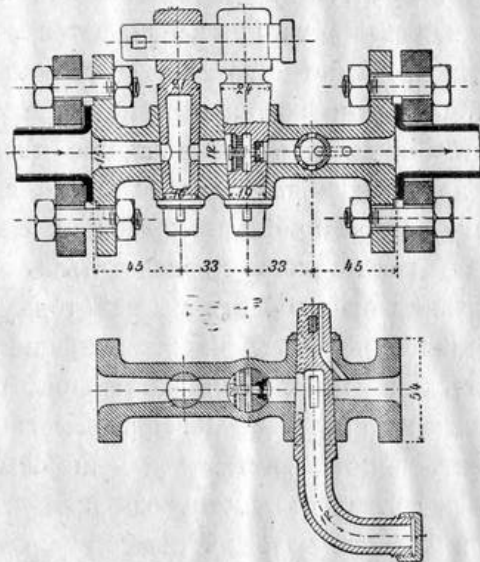
Для ускоренія укладки иногда пользуются приспособленіями, показанными на черт. 433—434. Швы заполняются обыкновенно тогда только, когда уложено довольно значительное число звеньевъ.

Для отдѣленія домового рукава отъ уличной магистрали существуютъ два способа. Первый примитивный, но и до нынѣ упо-

Приборы водопроводовъ.



501 502
Черт. 499 и 500. — Завинчивающійся кранъ для внутреннихъ трубъ домовой канализаціи (водоразборные домовые краны). Такие краны внутри домовъ также предпочтительнѣе поворотныхъ коническихъ, т. к. уменьшаютъ удары воды, особенно опасные для свинцовыхъ трубъ ($\frac{1}{4}$ н. в.).



Черт. 503 и 504. — Калиброванный кранъ для постоянного расхода воды примѣняемый въ г. Цюрихъ. Калиброванный кранъ находится между двумя другими простыми. Правый — служитъ для прекращенія домовладельцемъ доступа воды въ свой отводъ и имѣетъ особое отверстие для опорожненія домоотвода. При калиброваніи правый кранъ поворачивается на 90° и къ нему привинчивается вмѣсто шапочки рукавъ, который отводитъ воду въ измѣрительный сосудъ. Лѣвый кранъ — предохранительный; онъ пускается въ дѣло, когда калиброванный кранъ вынимается для исправленій. Калиброванный кранъ (средній) имѣетъ тонкое отверстіе въ твердой пластинкѣ, дающее въ часъ измѣренное количество воды; чтобы это отверстіе не засорялось, предъ нимъ устроено сито. Пластика съ калиброваннымъ отверстіемъ держится гайкой и можетъ перемѣняться, если отверстіе разработается или засорится ($\frac{1}{4}$ н. в.).

требляемый, состоитъ въ томъ, что для отвода рукава уличная магистраль просверливается; а второй способъ, нынѣ обыкновенно вводимый въ практику, состоитъ во вставкѣ во время укладки уличной магистрали, противъ каждаго дома, въ составѣ уличной магистрали особаго колѣна съ отросткомъ.

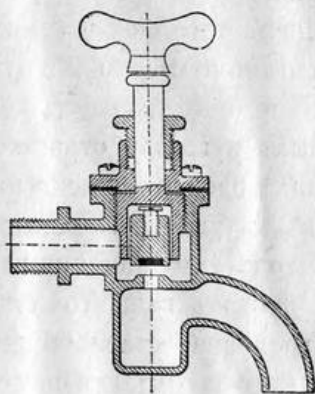
При просверливаніи трубъ въ просверленной дырѣ на магистрали нарѣзывается винтъ и ввинчивается туда особая труба, называемая отводомъ, къ которой и прикрѣпляется труба домового рукава (черт. 457—458). Для большаго укрѣпленія этого отвода на магистрали на послѣднюю надѣвается также сѣделка, состоящая изъ полутрубы, стянутой болтами съ магистралью; тогда винтъ для отвода нарѣзывается не только на просверленной стѣнкѣ трубы, но и на просверленной стѣнкѣ сѣделки, отчего нарѣзъ на отводѣ можетъ быть сдѣланъ длиннѣе, и потому отводъ крѣпче сидитъ въ магистрали. Иногда эти дыры противъ каждаго дома просверливаются во время первоначальной укладки уличныхъ магистралей и затыкаются винтовой пробкой, которую потомъ можно всегда вынуть, когда это понадобится.

Для просверливанія дыръ и прикрѣпленія отводовъ по описаннымъ способамъ приходится останавливать водоснабженіе по той уличной магистрали, на которой производится эта работа, что не всегда удобно, такъ какъ должно производиться ночью, и во всякомъ случаѣ эта работа прекращаетъ на нѣкоторое время пользованіе водою потребителей. Для устраненія запиранія для этой работы магистрали и выпуска воды, придуманы приборы, посредствомъ которыхъ при полномъ напорѣ можно сверлить магистраль, нарѣзать на ея стѣнахъ винтъ и прикрѣпить къ ней домовый рукавъ.

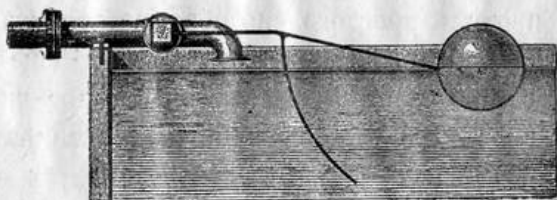
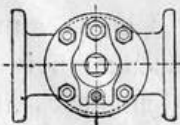
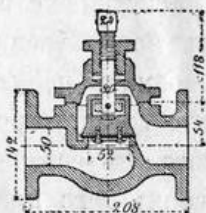
На черт. 456 представленъ такого рода приборъ—Рейсера. Онъ состоитъ изъ крана, ввинченнаго въ сѣделку и имѣющаго на другомъ своемъ концѣ овальный фланецъ; сквозь кранъ плотно проходитъ цилиндрически обточенное сверло и препятствуетъ этимъ выходу воды изъ магистраль сквозь просверленное сверломъ отверстіе; къ овальному фланцу крана прикрѣплена своимъ фланцемъ желѣзная рама для направленія и нажима сверла.

Работа производится такимъ образомъ, что прежде всего противъ того мѣста, на которомъ предполагается просверлить магистраль, плотно прикрѣпляется къ послѣдней сѣделка съ ввинченнымъ въ нее краномъ, причѣмъ подъ сѣделку необходимо подложить на магистраль кусокъ кожи, намазанный сурикомъ. Сверло просовывается

Приборы водопроводовъ.



Черт. 505. — Самозапирающийся кранъ Тейлора для предупрежденія без-
полезныхъ потерь воды. Стержень крана имѣетъ внизу широкую коробку въ
которую плотно входитъ тяжелый цилиндръ съ кожаной подкладкой. Это и
есть затворъ. При вращеніи стержня онъ движется съ коробкой вверхъ и
внизъ, отпирая и запирая отверстіе. Если же кранъ забудутъ закрыть, то
всда, проникая въ пространство надъ цилиндромъ, заставляя послѣдній, вслѣд-
ствіе тяжести, опуститься и закрыть отверстіе. Чтобы затѣмъ открыть кранъ,
нужно сначала опустить надцилиндровую коробку.



Черт. 508. — Автоматическій кранъ съ шаро-
вымъ поплавкомъ. Кранъ открывается при пони-
женіи горизонтовъ резервуара и запирается, когда
вода достигнетъ назначеннаго уровня. Примѣ-
няется преимущественно для внутреннихъ домо-
выхъ резервуаровъ.

Черт. 506 — 507: — Опусной кранъ для запиранія болѣе значительныхъ
домовыхъ отводовъ (сравни. черт.). Онъ дѣйствуетъ правильнѣе поворотнаго,
запираетъ лучше и плотнѣе благодаря кожаной подкладкѣ $\frac{1}{10}$ н. в.).

Примѣчаніе. Размѣры на черт. 501—507 въ миллиметрахъ.

сквозь кранъ и зажимается сальникомъ или другимъ способомъ, такъ, чтобы вода не могла просачиваться. Затѣмъ сверлится дыра, подвижное плечо колѣна отводится въ сторону, сверло вытягивается на столько, чтобы кранъ можно было завернуть и остановить выходъ воды изъ магистрали. Послѣ того сверло вынимается совсѣмъ, сверлильный приборъ отвертывается и домовый рукавъ прикрѣпляется къ фланцу крана, отворивъ который пускаютъ воду по рукаву въ домъ.

Прикрѣпленіе домовыхъ рукавовъ отрезками стало въ послѣднее время во многихъ городахъ распространеннымъ способомъ прикрѣпленія домовыхъ рукавовъ къ уличнымъ магистралямъ. Онъ состоитъ, какъ было указано, въ томъ, что еще при первоначальной укладкѣ уличныхъ магистралей, противъ каждаго дома или предполагаемаго мѣста для общественнаго крана, вставляется въ составъ магистрали особое колѣно трубы съ прилитымъ къ нему отрезкомъ съ фланцемъ или раструбомъ, закрытымъ до времени употребленія крышкой. Когда надобно отвести домовый рукавъ, эта крышка снимается и вмѣсто нея къ отрезку прикрѣпляется фланцемъ труба жилого рукава. Мѣсто расположенія отрезковъ должно быть отмѣчено на домахъ, чтобы впослѣдствіи отрезокъ можно было скорѣе найти.

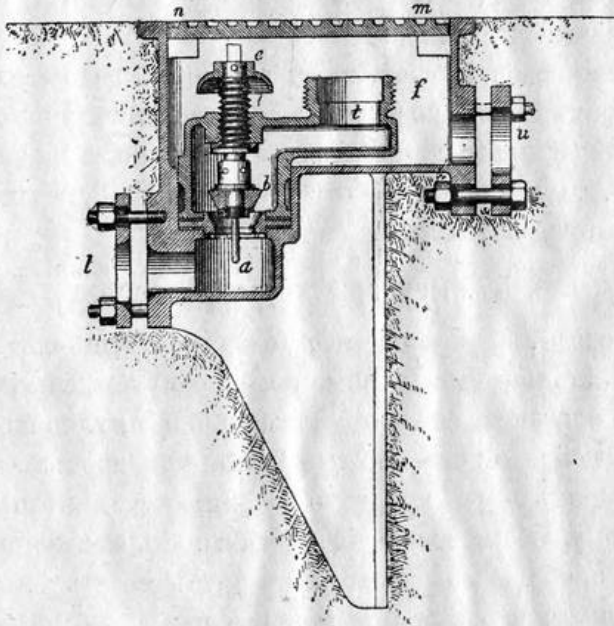
Употребленіе этого способа влечетъ за собою увеличеніе первоначальныхъ затратъ, а равно и увеличеніе эксплуатационныхъ издержекъ, противъ простаго способа просверливанія магистралей подъ давленіемъ. Первоначальныя издержки еще тѣмъ болѣе увеличиваются, что при этомъ требуется большое число крановъ на уличныхъ трубахъ, которые, когда придется запираеть ихъ, чтобы устроить тотъ или другой домовый отводъ, будутъ производить остановку въ доставленіи воды множеству потребителей; сверхъ того придется заказывать много специальныхъ трубъ съ отрезками, которые оплатятся потребителями только впослѣдствіи, когда ими будетъ браться вода изъ водопровода. Расходы по эксплуатациіи увеличиваются по той причинѣ, что надобно имѣть лишнихъ людей для запиранія многихъ крановъ при прекращеніи водоснабженія въ какой-либо части сѣти при устройствѣ домовыхъ отводовъ.

Для домовладѣльцевъ эта система представляетъ также своего рода невыгоды, такъ какъ домовый рукавъ въ этомъ случаѣ необходимо вести отъ прежде уложеннаго отрезка; онъ же часто не будетъ приходиться прямо противъ того мѣста дома, въ которое выгоднѣе провести рукавъ, такъ что совершенно излишне рукавъ будетъ

Приборы водопроводовъ.

Гидранты.

Гидранты для получения воды для тушения пожаровъ, мытья и поливки улицъ и пр. ставятся въ разстояніи 25 — 50 саж.; возлѣ важныхъ зданій, складовъ и т. п. въ виду пожарныхъ цѣлей ихъ сближаютъ. Часто въ общественныхъ зданіяхъ они ставятся внутри ихъ, въ корридорѣ на лѣстницахъ и т. п.



Черт. 509.

Гидрантъ съ коническимъ подъемнымъ краномъ Парижскаго водоснабженія.

(Для пожарныхъ и поливныхъ шланговъ).

длиннѣе необходимаго. Какъ для водопроводной администраціи, такъ и для частныхъ лицъ, этотъ способъ связанъ поэтому съ большими издержками, чѣмъ способъ просверливанія магистралей. Но зато онъ болѣе обезпечиваетъ сохраненіе прочности магистралей и, слѣдовательно, плотность сѣти.

Домовый рукавъ подлѣ стѣны дома оканчивается краномъ, которымъ дѣйствовать можетъ только водопроводная администрація, на случай прекращенія доставки воды потребителю, а иногда и еще вторымъ такимъ же, которымъ распоряжается самъ домовладѣлецъ (черт. 457 — 458). Обыкновенно рукавъ отъ магистрали до стѣны дома укладывается самой водопроводной администраціей, хотя на счетъ потребителя; ремонтъ его лежитъ на администраціи, однако, какъ принадлежности городской сѣти.

Устройство водопроводовъ внутри домовъ предоставляется частнымъ мастерамъ, но обыкновенно водопроводная администрація оставляетъ за собой право провѣрять какъ надежность самаго домового водопровода, такъ и того, не отведена ли вода куда либо противно условію съ домовладѣльцемъ.

§ 57. Приборы трубопроводовъ.

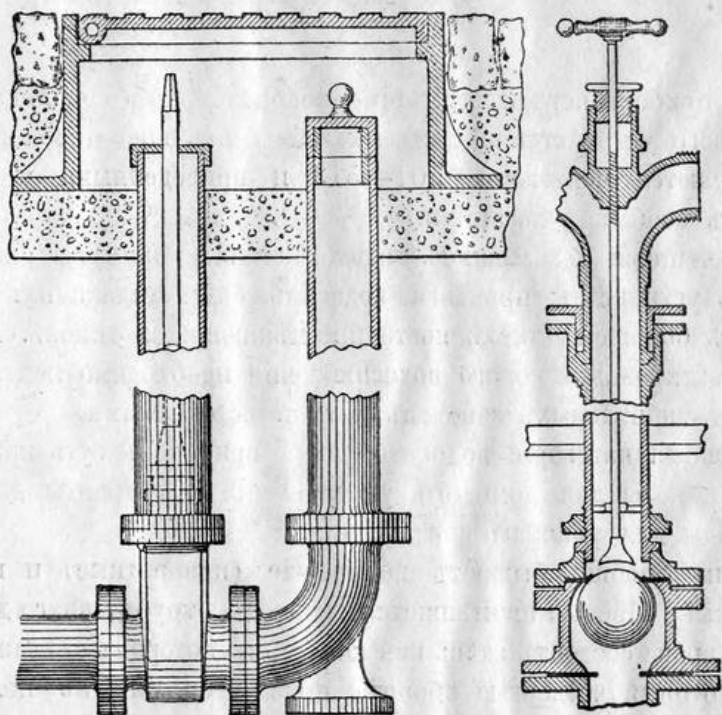
Трубопроводы, образующіе переходяція въ все болѣе и болѣе развѣтвленную сѣть магистрали, по самому своему назначенію доставляютъ воду въ различныя части города для домашняго, уличнаго и фабричнаго потребленія, имѣютъ цѣлый рядъ приборововъ, отвѣчающихъ этой цѣли; кромѣ того при трубахъ имѣются и нѣкоторыя другія приспособленія, обезпечивающія правильность движенія воды.

Вообще приборы водопроводныхъ трубъ могутъ быть классифицированы примѣрно слѣдующимъ образомъ:

- | | | | |
|--|--|--|--------------------------------|
| I. Водоразборные приборы. | а) Приборы для полученія воды для разныхъ надобностей. | { | 1) воды для мытья и пр. |
| | | | 2) питьевой воды специально. |
| | б) Приборы для полученія воды для мытья улицъ и пр. | { | 1) для мытья собственно улицъ. |
| | | | 2) общественныхъ клозетовъ. |
| в) Приборы для полученія воды для поливки улицъ и плантацій. | { | 3) водостоконъ. | |
| г) Пожарные приборы. | | 1) дѣйствующіе посредствомъ бочекъ. | |
| д) Декоративные фонтаны. | | 2) дѣйствующіе посредствомъ <u>брантспойтовъ</u> . | |

Приборы водопроводовъ.

Гидранты.



Черт. 510.

Черт. 511.

Черт. 510. — Гидрантъ съ щитовымъ краномъ ($\frac{1}{12}$ н. в.). Кранъ открывается ключемъ. Пожарный рукавъ или рукавъ для поливки надѣвается на особый наконечникъ, въ обыкновенное время закрытый крышкой.

Черт. 511. — Гидрантъ съ шаровымъ затворомъ ($\frac{1}{12}$ н. в.). Каучуковый или вулканизованный шаръ закрываетъ трубу гидранта, прижимаясь къ сѣдлу изъ кожи. Надъ отверстиемъ прикрѣпляется штыковымъ замкомъ вертикальная труба, на верхнемъ концѣ которой имѣется приспособленіе для прикрѣпленія шланговъ. Сквозъ трубу проходитъ стержень, ввинчивая который, можно нажимать шаръ и открывать отверстие. Достоинство этой системы — простота и дешевизна. Недостатокъ — легкая порча шаровъ и послѣдствіе порчи — течь, а также возможность при опоражниваніи трубъ, когда шары падаютъ и не запираютъ, за отсутствіемъ внутренняго давленія, отверстие, — попадания грязной атмосферной воды изъ шахты.

II. Охранительные приборы.

- а) приборы для остановки движения воды или для удаления воды (краны).
- б) приборы для удаления воздуха (вантузы).
- в) приборы для понижения давления (предохранительные клапаны).
- г) регуляторы напора.
- д) приборы для задержки воды от обратного движения (обратные клапаны).
- е) приспособления для очистки труб от наносов и наростов.

Всѣ приборы первой категоріи—водоразборные—въ общихъ чертахъ своего устройства извѣстны каждому изъ повседневной жизни и поясняются чертежами 501—513 и приведенными у каждаго изъ нихъ особыми указаніями.

Эти чертежи показываютъ только немногіе примѣры разсматриваемыхъ устройствъ; практика водоснабженія создала ихъ чрезвычайно въ большомъ числѣ постоянно мѣняющихся типовъ. Поэтому при проектированіи новаго водоснабженія необходимо пользоваться данными специальныхъ заводовъ и т. п. источниками.

Основные категоріи водоразборныхъ приборовъ суть краны для полученія воды для домашнего употребленія и гидранты для полученія воды для уличнаго потребленія.

Краны вообще бываютъ коническіе (поворотные) и щитовые (подъемные). Первые примѣняются только для трубъ малаго діаметра. Затворъ крана состоитъ здѣсь изъ конуса, въ которомъ сдѣлано отверстие и который четвертью оборота приводится или въ положеніе, при коемъ вода течетъ, или въ положеніе, при коемъ она задерживается.

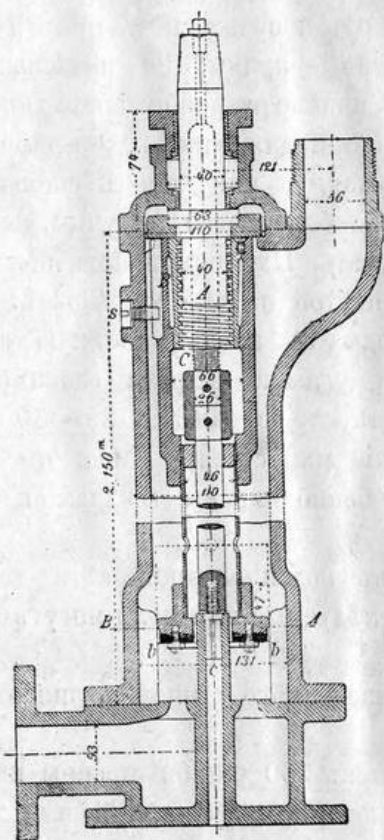
Щитовые краны, часто называемые задвижками, годятся для трубъ всякихъ діаметровъ и могутъ быть самаго разнообразнаго устройства.

Среди домашнихъ крановъ всякаго рода — особеннаго вниманія заслуживаютъ устройства, имѣющія цѣлью уменьшеніе бесполезныхъ тратъ воды. Съ этой цѣлью употребляются самозапирающіеся краны (черт. 505 и 508), калиброванные краны (черт. 503 и 504) и др.

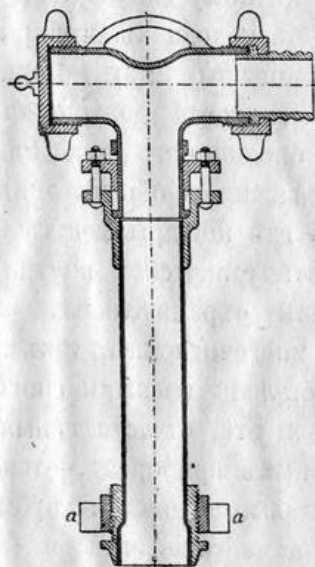
Другимъ важнымъ обстоятельствомъ въ устройствѣ крановъ является постепенность въ ихъ запираніи, чтобы избѣжать ударовъ воды, которые могутъ разрывать трубы. Поворотные краны этому условію не удовлетворяютъ и потому могутъ примѣняться или на

Приборы водопроводовъ.

Гидранты.



Черт. 512.



Черт. 513.

Черт. 512.—Гидрантъ водоснабженія города Вѣны. *A*—главный винтовой стержень, поднимающій главный затворъ *b—b*. *C*—второстепенный винтовой стержень, поднимающій затворъ *c*. Особенность Вѣнскаго гидранта — тщательно — конструированное приспособленіе для опоражниванія его тѣла отъ воды (замерзаніе!). При опусканіи главнаго стержня *A*, когда затворъ *bb* стаетъ на мѣсто, дальнѣйшее вращеніе стержня *A* заставляетъ подыматься стержень *C* и затворъ *c*, чѣмъ открывается выходъ оставшейся въ гидрантѣ воды.

Черт. 513.—Насадка гидранта служащая для прикрѣпленія одного или двухъ шланговъ (не нужная сторона закрывается крышкой). Верхняя часть насадки поворотная въ особой буксѣ, для предохраненія шланговъ отъ порчи, вслѣдствіе излишнихъ перегибовъ.

небольшихъ трубахъ, достаточно прочныхъ (черт. 503—504), или при переходѣ отъ большой трубы къ малой (черт. 457—458) гдѣ въ запираемомъ проводѣ масса воды еще не велика.

Подъемные краны пробочнаго (черт. 501, 502 и 505) и, въ особенности, щитового типа, запираются и отпираются постепенно и гораздо болѣе обезпечиваютъ трубы отъ поврежденій ударами воды.

Гидранты суть тѣ же водоразборные краны, но помѣщенные на уличныхъ трубахъ. Они бываютъ крайне разнообразныхъ типовъ, смотря по тому, предназначаются ли они для одной какой-либо надобности (мытье улицъ, поливки, пожары), или для нѣсколькихъ вмѣстѣ (черт. 509—513). Они должны быть легко доступны, не мѣшать уличному движенію и не замерзать. Ихъ помѣщаютъ обыкновенно въ колодцахъ, прикрытыхъ запертой на ключъ крышкой. Колодцы должны имѣть стоки для воды въ канализаціонную сѣть. Мѣсто гидранта должно быть точно указано ясными знаками на стѣнѣ ближайшаго дома. Разстояніе между гидрантами 25—50 саж. Возлѣ важныхъ общественныхъ зданій ихъ ставятъ чаще; въ зданіяхъ, гдѣ пожары могутъ быть особенно опасны (склады и пр.) гидранты ставятся и внутри зданій.

Типы охранительныхъ приборовъ водопроводной сѣти также очень многочисленны, такъ какъ преслѣдуемая ими цѣли могутъ быть осуществлены разными способами.

Цѣли эти, отчасти ясныя изъ приведеннаго выше перечня охранительныхъ приборовъ, — таковы.

Отдѣльные участки трубы метровъ въ 500 длиной должны имѣть по концамъ такіе затворы (краны), которые позволили бы выдѣлить изъ сѣтки произвольный участокъ.

Каждый участокъ долженъ имѣть въ самомъ низкомъ мѣстѣ затворъ, при помощи коего онъ могъ бы быть опорожненъ отъ воды.

Каждый участокъ долженъ имѣть въ самомъ высокомъ мѣстѣ вантузъ для выпуска приносимаго водою воздуха, который иначе, скопляясь въ трубѣ могъ бы образовать пробку и задержать движеніе воды.

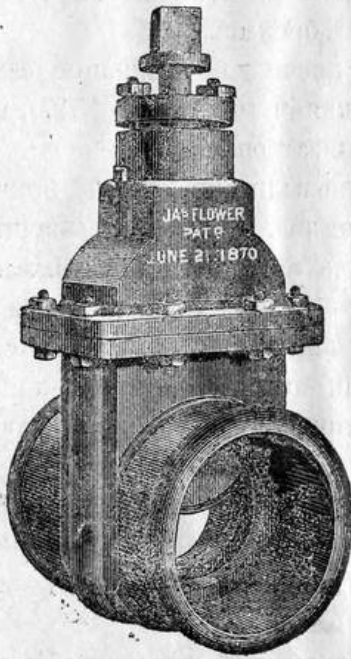
Въ трубахъ значительнаго діаметра должны быть лазы для ихъ осмотра людьми и для ихъ очистки.

Трубы, подверженныя ударамъ воды, должны быть предохранены отъ такого повышенія давленія, которое могло бы разорвать трубу.

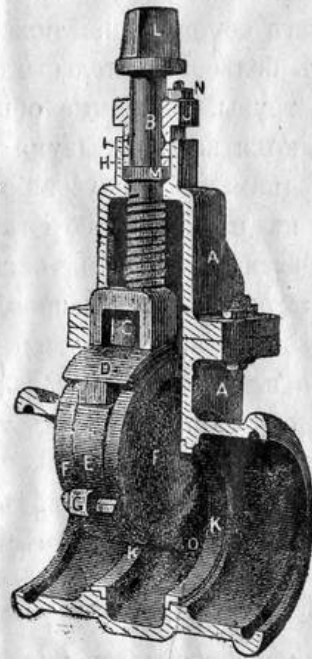
Трубы, въ которыхъ движеніе воды должно происходить только

Приборы водопроводовъ.

Краны или задвижки.



Черт. 514.



Черт. 515.

Общій видъ и разръзъ уличнаго запорнаго крана или задвижки.

Запорные краны на уличныхъ трубахъ должны быть распределены въ видѣ правильной системы затворовъ, которыми во всякое время можетъ быть уединена часть той или другой трубы для ремонта и пр.,— безъ прекращенія дѣйствія водопровода въ сосѣднихъ частяхъ сѣти.

въ одномъ направленіи, должны имѣть приборы, мѣшающіе водѣ течь назадъ.

Примѣры приборовъ, отвѣчающихъ главнѣйшимъ изъ этихъ цѣлей, показаны на чертежахъ 441—444 и 514—524.

Затворы на уличныхъ трубахъ суть щитовые краны или затворы. Въ простѣйшемъ случаѣ (черт. 514—517), щитъ имѣетъ видъ чугунаго диска, съ бронзовыми кругами; плоскости дисковъ взаимно наклонены и образуютъ клинъ, который входитъ въ соотвѣтствующую вырѣзку въ коробкѣ крана, края вырѣзки для плотнаго соприкасанія также обдѣланы бронзой.

Въ болѣе значительныхъ трубахъ диски для запиранія каждой части трубы, движимые общими стержнями (черт. 516—517), представляются какъ бы двумя отдѣльными затворами.

Подниманіе и опусканіе крана производится винтомъ, приводимымъ въ движеніе ключемъ или рукояткою. Въ кранахъ значительныхъ размѣровъ усилія одного человѣка и даже нѣсколькихъ людей недостаточны для маневровъ крана. Въ такихъ случаяхъ или дѣлаютъ щитъ изъ двухъ или трехъ частей, которыя поднимаются отдѣльно или устраиваютъ гидравлическій двигатель, получающій движеніе отъ самой воды въ трубѣ; возможно примѣненіе и другихъ видовъ движущей силы.

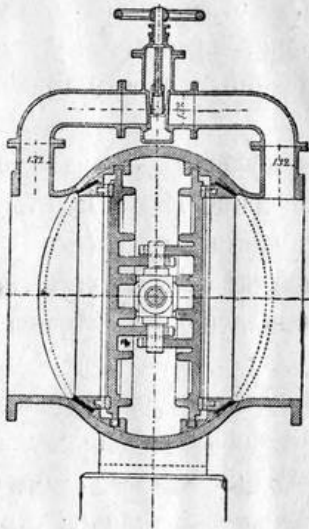
Самый простѣйшій видъ вантуза—открытая труба (черт. 521). Она годится только въ мѣстѣ со слабымъ давленіемъ и гдѣ не бываетъ ударовъ воды, иначе вода будетъ временами бить изъ такой трубки фонтаномъ.

Для предупрежденія этого трубку снабжаютъ краномъ. Но этотъ приборъ, хотя очень удобный, требуетъ ручнаго управленія. Поэтому дѣлаютъ автоматическіе вантузы разныхъ системъ, на примѣръ вантузы съ поплавкомъ системы Бетанкура, гдѣ при опусканіи горизонта воды въ трубѣ шарообразный поплавокъ опускается и открывается выходъ воздуху (черт. 522). Автоматическіе вантузы, не смотря на всѣ усовершенствованія, далеко не всегда дѣйствуютъ и потому многіе инженеры предпочитаютъ неавтоматическіе, требующіе большаго надзора, но за то болѣе вѣрные.

Предохранительные клапаны чаще всего бываютъ пружинные и въ общемъ сходны съ таковыми же на паровыхъ машинахъ; при давленіи, превосходящемъ предѣлъ, пружина сжимается и водѣ открывается выходъ.

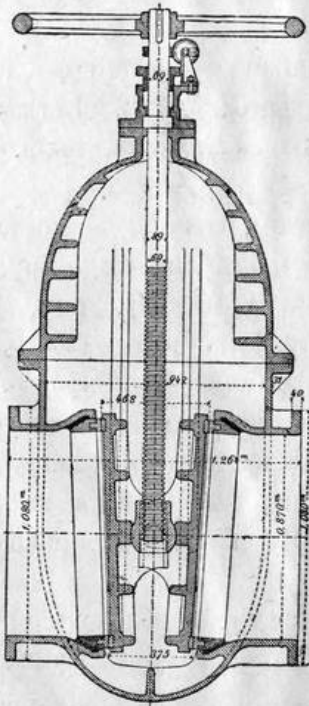
Приборы водопроводовъ.

Горизонтальный щитовый
кранъ для большихъ трубъ
Вѣнскаго водоснабженія.



Черт. 516.—Вертикальный разръзъ.

Для большихъ трубъ предпочитаютъ иногда горизонтально-задвигные краны, позволяющіе избѣжать устройства сложныхъ глубокихъ шахтъ. Затворъ въ случаѣ, представленномъ на черт. 514 и 515, состоитъ изъ двухъ отдѣльныхъ щитовъ, подвѣшенныхъ къ общему винтовому стержню. При завинчиваніи они, ставъ на мѣсто, затѣмъ дальнѣйшимъ движеніемъ стержня задвигаются и прижимаются къ своимъ гнѣздамъ.



Черт. 517.—Горизонтальный разръзъ.

Кромѣ предохранительнаго клапана, служащаго для удаленія изъ напорной трубы излишняго количества, противъ необходимаго, нагнетаемой въ нее воды, устраиваются также на трубѣ, идущей отъ насоснаго цилиндра къ напорной трубѣ, особые самодѣйствующіе клапаны, называемые регуляторами напора, которые съ измѣненіемъ расхода воды измѣняютъ соотвѣтственно скорость хода поршней насосовъ.

Дѣйствіе напорныхъ регуляторовъ заключается въ томъ, что клапанъ, соединенный съ двумя поршнями неодинаковаго діаметра, отъ увеличенія или уменьшенія напора поднимается съ своего гнѣзда или прижимается къ нему; въ первомъ случаѣ онъ своимъ поднятіемъ уменьшаетъ производимое насосами давленіе, во второмъ случаѣ увеличиваетъ это давленіе.

На чертежѣ 524—*A* есть шайбовый клапанъ, прилегающій къ гнѣзду *C*. На клапанномъ штокѣ *B* насажены разной величины поршни *D* и *E*, движущіеся въ короткихъ цилиндрахъ, прикрѣпленныхъ къ клапанной коробкѣ. Отношеніе между площадями поперечныхъ сѣченій обоихъ поршней сообразуется съ тѣмъ усиліемъ, которое требуется, чтобы приподнять клапанъ на нѣкоторую опредѣленную высоту.

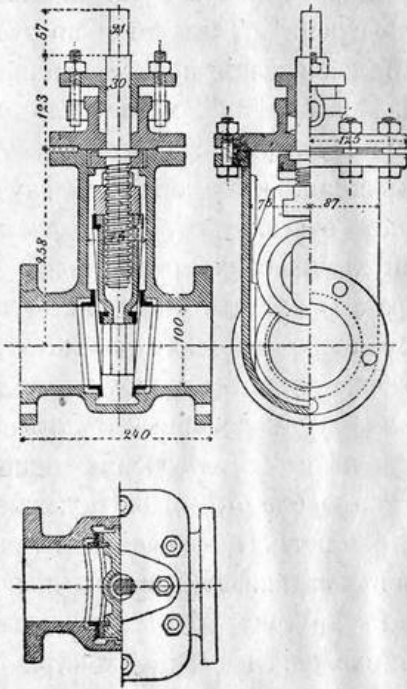
Существуетъ еще много другихъ устройствъ для той же цѣли.

Обратный клапанъ представленъ на чертежѣ 523. Для трубъ большаго діаметра употребляется нѣсколько клапановъ такого же устройства.

Эти клапаны могутъ быть очень полезны, если ихъ поставить на магистрали идущей отъ резервуара. Но они имѣютъ и крупный недостатокъ, такъ какъ закрывая обратный ходъ водѣ, они вызываютъ удары воды въ трубахъ, что можетъ быть поводомъ къ разрыву трубъ. Поэтому употреблять клапаны слѣдуетъ съ осторожностью, тщательно изучая въ каждомъ частномъ случаѣ послѣдствія удара для той или другой части сѣти. (Относительно удара воды въ водопроводныхъ трубахъ см. чрезвычайно выдающееся изслѣдованіе проф. Жуковскаго въ трудахъ V Русскаго Водопроводнаго Съѣзда).

Въ связи съ вопросомъ объ устройствѣ трубопроводовъ можетъ быть поставленъ и вопросъ объ ихъ очисткѣ отъ образующихся на внутренней сторонѣ трубъ наростовъ изъ продуктовъ жизнедѣятельности

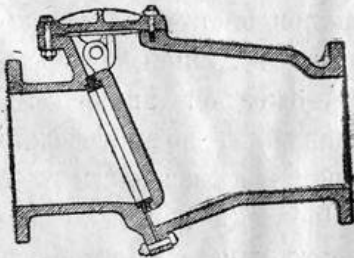
Приборы водопроводовъ.



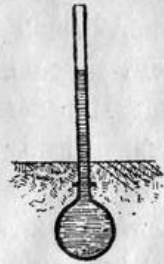
Черт. 518 — 520.

Задвижной кранъ Цюрихскаго водоснабженія ($\frac{2}{10}$ н. в.).

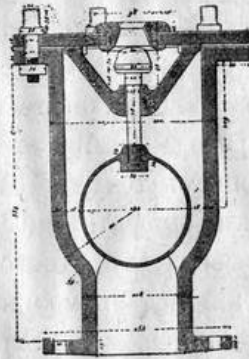
Запорныя грани крана прижимаются къ двумъ металлическимъ кольцамъ, вставленнымъ въ трубу.



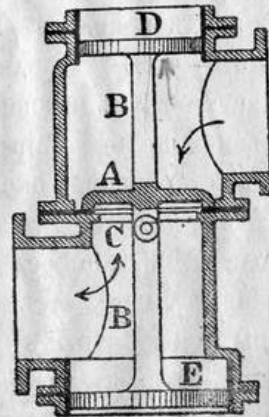
Черт. 523.— Обратный клапанъ, препятствующій водѣ двигаться въ обратномъ направленіи.



Черт. 521.— Простѣйшій видъ вантуза — открытая труба.



Черт. 522.— Вантузъ съ поплавкомъ системы Бетанкура.



Черт. 524.— Регуляторъ напора.

особыхъ бактерій, разрушающихъ металлическія стѣнки трубъ, и осадковъ, содержащихся въ водѣ солей (см. черт. 445). Хотя операція очистки относится собственно къ эксплуатаціи водопроводовъ (глава XII), но правильная ея постановка требуетъ устройства особыхъ приспособленій при самой постройкѣ. Такъ было поступлено составителемъ настоящаго курса при сооруженіи новаго водопровода для городовъ Царскаго Села и Павловска, 24" магистраль коего снабжена чрезъ извѣстные промежутки люками, закрытыми особыми специально конструированными крышками, что даетъ въ случаяхъ необходимости возможность удобной очистки трубъ посредствомъ скребковъ (чертежи 441—444) или химическихъ реактивовъ.

Въ томъ же направленіи гораздо позднѣе выступилъ проф. Альбицкій, разработавшій и особые аппараты для очистки трубъ. Чистка трубопроводовъ по предложенному имъ способу, въ полномъ объемѣ еще нигдѣ не осуществленному и вообще не имѣющему должной санкціи опыта, заключаетъ въ себѣ слѣдующія операціи. Трубопроводъ разбивается на участки около 50—100 саженъ длинной, причемъ точками раздѣла принимаются положенія существующихъ или проектируемыхъ центровъ задвижекъ, мѣста перехода трубопровода отъ одного діаметра къ другому, мѣста значительныхъ отклоненій отъ прямолинейнаго направленія и мѣста значительныхъ отвѣтвленій. Около намѣченныхъ мѣстъ раздѣла трубопровода устраиваются колодцы съ деревянными срубамъ или бетонные (см. черт. 447), размѣрами (приблизительно) 3×2 аршина и съ такой глубиной, чтобы дно колодца было ниже трубы вершковъ на 6—8. Внутри этихъ колодцевъ помѣщаются особые звенья трубопровода (черт. 452—453) съ задвижкой, позволяющія изолировать отдѣльные участки трубъ и вводить въ нихъ очистные аппараты. Если же такія звенья не были предусмотрѣны при постройкѣ, то изъ трубы вырѣзываются куски, около двухъ аршинъ длинной, и черезъ полученные вырѣзы вводится въ трубу очистной аппаратъ. Чистка производится при посредствѣ этого аппарата, двухъ лебедокъ, устанавливаемыхъ надъ сосѣдними колодцами, и навернутыхъ на ихъ барабаны проволочныхъ канатовъ. Пропускъ черезъ назначенный къ чисткѣ участокъ трубы проволочнаго каната производится при помощи круглыхъ стальныхъ стержней длиною около 2 аршинъ и діаметромъ отъ 6 до 10 миллиметровъ (черт. 449—450). Эти

стержни черезъ одинъ изъ концовъ подлежащаго чисткѣ участка трубы послѣдовательно, вручную, вводятся въ нее и соединяются гайками (*a*). Въ предупрежденіе упора перваго стержня въ стыки трубы или въ трубный налетъ, на передній конецъ его навинчивается грушеобразная деревянная часть (*b*), снабженная стальнымъ наконечникомъ. Когда грушеобразная часть покажется въ вырѣзѣ трубы сосѣдняго колодца, ее замѣняютъ крюкомъ, на который надѣваютъ петлю тягового проволочнаго каната, наверху на барабанъ лебедки (черт. 447). Затѣмъ вытягиваютъ составной стержень обратно, отвинчивая послѣдовательно его куски, выходящіе въ колодець. Благодаря тому, что стальной пруть, пройдя трубу, обыкновенно оказывается покрытымъ липкой грязью и потому очень скользкимъ, вытягивать его вручную оказывается нерѣдко невозможнымъ, и его тянутъ особыми желѣзными ключами (*c*) (см. черт. 451).

Очистной аппаратъ имѣетъ короткую мѣдную трубку (*a*) (см. черт. 448) съ круглымъ цилиндрическимъ или слабо коническимъ отверстіемъ. На переднюю цилиндрическую часть надѣтъ стальной сильно закаленный ножъ (*g*), имѣющій форму трубки съ двумя продольными пазами (*h*) для надѣванія на тяговое кольцо (*b*) и однимъ поперечнымъ кольцевымъ пазомъ (*i*), въ который плотно могутъ входить наружные выступы тягового кольца. На коническую часть трубки свободно надѣвается кольцо изъ кардовой щетки (*k*) растягиваемое и закрѣпляемое коническими клиньями (*l*). Задній конецъ трубки снабжается двустворными дверцами (*n*) нажимаемыми слабыми пружинками. Оси дверецъ помѣщаются въ тяговомъ кольцѣ. Цѣль этихъ дверецъ дать выходъ на другую сторону подвижнаго канатомъ аппарата сорванному имъ со стѣнъ трубы налету.

Если срѣзанный налетъ не успѣваетъ пройти сквозь аппаратъ, даютъ аппарату обратный ходъ. При этомъ дверцы на заднемъ концѣ аппарата закрываются и аппаратъ передвигаетъ срѣзанный и оставшійся сзади налетъ къ первому колодцу, гдѣ и происходитъ выемка налета и чистка отъ него самого аппарата.

По даннымъ опытной чистки водопроводныхъ трубъ, сообщаемымъ изобрѣтателемъ, въ продолженіе рабочаго дня (10 часовъ) можно вычистить отъ 100 до 200 сажень трубы діам. до 4 дюйм.

Если приостановка водоснабженія между сосѣдними задвижками на такой срокъ допущена быть не можетъ, то въ этомъ случаѣ изобрѣтатель рекомендуетъ примѣнить особый способъ быстрого возстановленія связи частей трубопровода, нарушенной вырѣзомъ его кусковъ въ колодцахъ. Онъ состоитъ въ томъ, что вырѣзанный кусокъ трубы вставляютъ на прежнее мѣсто и на оба стыка вставленнаго куска съ трубопроводомъ надвигаютъ заранѣе приготовленные и на трубопроводъ надѣтыя резиновыя кольца, зажатые каждое между двумя желѣзными кольцами, соединенными болтами.

Для тѣхъ водопроводовъ, чистка которыхъ предвидится частая и для чистки которыхъ не можетъ быть предоставлено большого времени и гдѣ цѣлесообразно ввести въ водопроводную сѣть упомянутыя выше изоляціонныя звѣнья трубъ, таковыя проф. Альбицкій предлагаетъ устраивать слѣдующимъ образомъ (черт. 452—453). Звѣно состоитъ изъ задвижки *A* съ флянцевыми концами, двухъ тройниковъ *BB*, тождественныхъ и симметрично располагаемыхъ относительно задвижки и къ ней привинчиваемыхъ, двухъ короткихъ муфтъ флянцево-раструбъ *CC*, надѣваемыхъ и закрѣпляемыхъ заливкой на концы трубопровода около вырѣза и двухъ однофланцевыхъ подвижныхъ муфтъ *DD*, точеныхъ изнутри и надѣвающихся на концы тройниковъ *BB* и служащихъ для соединенія ихъ съ муфтами *CC*.

Трубо-разрѣзной аппаратъ имѣетъ (черт. 454 455) короткую верхка 4—6 чугунную трубу (1), состоящую изъ двухъ равныхъ частей, соединяемыхъ шарнирно съ одной стороны и двумя болтами на флянцахъ—съ другой. Предназначаясь для трубъ двухъ сосѣднихъ нумеровъ (3" и 4" или 5" и 6"), эта труба имѣетъ внутренніе діаметры немного больше наружнаго діаметра наибольшей трубы, для разрѣзыванія коей аппаратъ предназначается. Съ одного конца въ этой трубѣ имѣется четыре, по два въ каждой половинѣ, паза прямоугольнаго профиля для помѣщенія призматическихъ нажимныхъ желѣзныхъ пластинъ (2), съ цилиндрической поверхностью обращенной къ оси аппарата. Противъ этихъ пазовъ въ соответственныхъ утолщеніяхъ стѣнокъ закрѣплены мѣдныя втулки (3) съ гаечной рѣзбой, заключающія въ себѣ нажимные винты (4), соединенные съ нажимными пластинками шаровымъ шарниромъ. Дѣйствуя на винты, можно скрѣпить трубу аппарата съ разрѣзываемой

трубой (6). Снаружи основной трубы аппарата имѣются двѣ выточки, въ которыя помѣщаются внутреннія ребра другого кольца (7), также состоящаго изъ двухъ равныхъ половинокъ, соединяемыхъ клиньями (8), съ помощью особыхъ вилокъ (9), связанныхъ съ одной половиной кольца, и особыхъ гнѣздъ, сдѣланныхъ въ другой половинѣ. Это кольцо, способное вращаться со слабымъ треніемъ около основной неподвижной трубы аппарата, отлито вмѣстѣ съ двумя суппортами (10) для рѣзцовъ—сбоку и съ храповымъ колесомъ (11) сверху. На точеныя снаружи утолщенія обода храповика надѣваются свободно два разъемныя на шарнирахъ кольца (12), связанные въ одной половинѣ съ трубкой для помѣщенія ломика (13), а въ прорѣзѣ этой трубки помѣщается собачка, нажимаемая пружиной (14). При качательномъ движеніи трубки, съ помощью ломика, собачка сообщаетъ храповику, а черезъ него и суппортамъ, вращеніе въ одну и ту же сторону, причемъ два тонкихъ рѣзца, помѣщенныхъ въ особыхъ призмахъ суппортовъ, производятъ правильный прорѣзъ стѣнки трубы, на которой укрѣпленъ аппаратъ.

§ 58. Способы подъема воды.

Въ самой глубокой древности человекъ изыскивалъ способы для подъема воды. Нѣкоторые изъ этихъ способовъ прожили тысячелѣтія и еще въ ходу, на примѣръ длинные рычаги — коромысла нашихъ степныхъ колодцевъ, употреблявшіеся въ древнемъ Египтѣ. Другіе сохранили лишь историческій интересъ (черт. 22—25) и вытѣснены новыми, явившимися вслѣдъ за успѣхомъ машиностроенія.

Вообще приспособленія для подъема воды могутъ быть раздѣлены на четыре главные группы.

Первую составляютъ приборы, захватывающіе непосредственно воду подлежащую поднятію и поднимающіе ее, какъ вообще тяжелое тѣло. Таковы—черпаки, бадья, ведра, прикрѣпленные къ рычагу или веревкѣ, перекинутой чрезъ блокъ, норіи, архимедовъ винтъ, тимпанное колесо, спиральный насосъ и др.

Вторую категорію образуютъ приборы, всасывающіе воду и нагнетающіе ее, т. е. помпы или насосы всякаго рода.

Третью категорію составляютъ приборы, гдѣ паденіе воды не-

посредственно утилизируется для подъема части ея: это ударные приборы—водяные тараны.

Четвертую категорию, наконецъ составляютъ снаряды, гдѣ вода увлекается паромъ, водой подъ давленіемъ или сжатымъ паромъ—инжекторы.

Двигатели, примѣняемые для водоподъемныхъ приспособленій также чрезвычайно разнообразны. Для этой цѣли пользуются силою людей и животныхъ, вѣтромъ, падающей водой, паромъ, сжатымъ воздухомъ, электричествомъ и т. д.

Выборъ того или другого двигателя зависитъ прежде всего отъ природы силы, которой можно или должно воспользоваться: въ одномъ мѣстѣ есть подъ рукой водопадъ, вполне обеспечивающій непрерывное дѣйствіе системы водоснабженія, въ другомъ необходимо прибѣгать къ дорогимъ паровымъ машинамъ.

Много значить также и размѣръ работы, которую долженъ дѣлать двигатель и мѣстныя обстоятельства этой работы. Въ большомъ городѣ, гдѣ требуется много воды и гдѣ есть хорошія мастерскія для исправленій, гдѣ легко получить для управленія машинами опытныхъ служащихъ,—безъ колебаній можно воспользоваться самыми совершенными машинами. Въ маленькомъ мѣстечкѣ, на отдаленной желѣзнодорожной станціи и т. п., гдѣ исправленія трудны, надзоръ плохъ, количество работы для машинъ мало,—конечно, слѣдуетъ предпочесть простыя, грубыя, хотя можетъ быть абсолютно и менѣ экономичныя машины. Въ первомъ случаѣ заботы будутъ направлены на увеличеніе коэффициента полезнаго дѣйствія и уменьшеніе расходовъ по эксплуатаціи, во второмъ—на дешевизну первоначальнаго устройства съ гарантіей прочности при плохомъ уходѣ.

Наконецъ, самый типъ водоподъемнаго снаряда, который окажется наиболѣе отвѣчающимъ условіямъ даннаго случая, т. е. расходу воды, высотѣ всасыванія, подъема и проч., и предположенный способъ дѣйствія это снаряда могутъ обусловить выборъ того или другого двигателя.

Такимъ образомъ по вопросу о выборѣ двигателя, подобно тому какъ по вопросу и о выборѣ водоподъемнаго снаряда, не можетъ быть дано общихъ рѣшающихъ указаній.

Въ каждомъ частномъ случаѣ необходимо подробное и обстоятельное изслѣдованіе всѣхъ мѣстныхъ условій, и въ случаѣ надоб-

ности составленіе нѣсколькихъ параллельныхъ предположеній о машинахъ для водоснабженія (т. е. водоподъемныхъ приспособленійхъ), отвѣчающихъ наилучшимъ образомъ этому случаю.

При составленіи такихъ предположеній необходимо, однако замѣтить слѣдующее.

Инженеръ, завѣдывающій устройствомъ водопровода въ его цѣломъ, въ рѣдкихъ случаяхъ можетъ быть спеціалистомъ собственно въ машиностроеніи. Поэтому онъ долженъ обыкновенно воздерживаться отъ самостоятельнаго выбора паровой машины для водоснабженія, такъ какъ онъ рисковалъ бы избрать не такую, которая наилучшимъ образомъ соотвѣтствуетъ условіямъ данной задачи, и не въ достаточной мѣрѣ принять въ соображеніе всѣ успѣхи механики, за которыми онъ, какъ не спеціалистъ, не можетъ, говоря вообще, слѣдить непрерывно.

Наилучшій способъ дѣйствія заключается поэтому въ составленіи программы, которая опредѣляла бы работу машины, подлежащую исполненію, и предоставленіи засимъ машиностроителямъ подыскать наиболѣе подходящій типъ механизма для подъема воды. При этомъ машиностроителю должны быть, конечно, указаны всѣ ограничительныя условія даннаго случая, каковы размѣры помѣщенія для машины, продолжительность работы, предѣлъ отвѣтственности въ правильности водоснабженія и т. д.

Число строителей водопроводныхъ машинъ вообще не особенно велико; въ случаяхъ незначительныхъ работъ можно вести дѣло съ однимъ изъ нихъ; если же заказъ великъ, то можетъ быть болѣе цѣлесообразно сдѣлать состязаніе между нѣсколькими. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ нельзя однако допускать обыкновенныхъ торговъ, при которыхъ рѣшающее значеніе имѣетъ наиболѣе низкая цѣна. Представленные разными заводами проекты нужно разсматривать не только съ узкой точки зрѣнія—цѣны заготовленія машины; нужно принять въ расчетъ стоимость ремонта и эксплуатаціи разныхъ машинъ, стоимостьзданій и фундаментовъ нужныхъ для ихъ устройства, количество потребляемой ими воды и пара, степень благонадежности разныхъ поставщиковъ и т. д.

При такихъ условіяхъ можетъ оказаться болѣе выгодной не самая дешевая машина. Это обстоятельство никогда не слѣдуетъ упустать изъ вида.

Работа водопроводной машины обыкновенно выражается въ количествѣ поднятой воды, умноженномъ на высоту подъема.

За высоту подъема принимаютъ при этомъ иногда не дѣйствительную высоту, на которую вода поднимается, а манометрическую, большую дѣйствительной, чтобы принять въ расчетъ треніе, которое вода преодолеваетъ при подъемѣ въ восходящей трубѣ и которая является полезной работой собственно машины.

Манометрическая высота подъема въ практикѣ опредѣляется тѣмъ, что къ показанію манометра на напорной трубѣ прибавляется высота манометра надъ горизонтомъ воды; при этомъ пренебрегаютъ потерями напора въ самыхъ насосахъ.

Работа, измѣряемая поднятой водою, меньше работы, измѣренной нажимомъ Прони на валу машины, или работы индикаторной, получаемой въ цилиндрахъ посредствомъ диаграммы Уатта, такъ какъ между этими работами и полезною работою въ поднятой водѣ—есть потери работы въ насосахъ, на которыя при самыхъ лучшихъ устройствахъ приходится отъ 20—30% отъ работы машинъ.

Вводить въ программы устройства водоподъемныхъ машинъ понятіе о работѣ въ поднятой водѣ представляется очень удобнымъ, такъ какъ во первыхъ это дѣйствительно полезная работа машины такого рода, и во вторыхъ потому, что работа эта очень легко измѣряется. Количество воды, подаваемое насосами, можетъ быть измѣрено непосредственно въ верхнемъ резервуарѣ, или опредѣлено по числу оборотовъ насосовъ и объему ихъ; высота подъема также легко опредѣляется.

Расходъ угля въ паровыхъ водоподъемныхъ машинахъ лучшихъ типовъ составляетъ отъ 1 килограмма до 2 килограммовъ на силу въ 75 килограммометровъ, измѣренную въ поднятой водѣ,—при измѣненіи общей силы машины отъ 150 до 30 силъ и ниже.

Въ гидравлическихъ водоподъемныхъ машинахъ сравниваютъ часто полезную работу въ поднятой водѣ съ полной работою падающей воды. Коэффициентъ полезнаго дѣйствія падающей воды оказывается при этомъ для наилучшихъ машинъ не болѣе 65%, обыкновенно же не болѣе 55%.

Пріемка машинъ для водопровода не должна дѣлаться на основаніи кратковременнаго (въ нѣсколько дней) испытанія, такъ какъ при такомъ испытаніи строители подбираютъ и топливо, и прислугу

машины, и получают результаты, которых нельзя имѣть въ непрерывной текущей эксплуатаціи машины.

Необходимо поэтому выговаривать себѣ непремѣнно довольно длинный гарантийный кранъ, напримѣръ годичный, въ теченіе коего недостатки конструкціи, производительности и проч. могутъ быть спокойно и обстоятельно обнаружены.

§ 59. Противупожарные водопроводы.

Въ прелшествующихъ §§ настоящей главы общее расположеніе водопроводныхъ сооружений и устройство собственно водопроводовъ, т. е. сооружений, служащихъ для проведенія воды—отъ источника водоснабженія къ мѣсту ея потребленія. При этомъ разсмотрѣніи не принималось въ соображеніе назначеніе воды въ томъ или иномъ случаѣ и потому представляется нынѣ цѣлесообразнымъ остановиться на одномъ изъ специальныхъ назначеній воды, имѣющемъ существенное вліяніе на общее расположеніе водопроводныхъ сооружений и устройство трубопроводовъ. Мы говоримъ о тушеніи пожаровъ.

Борьба съ огнемъ—одна изъ важнѣйшихъ задачъ водоснабженій. Для успѣшнаго выполненія этой задачи необходимо:

1) чтобы трубы городской сѣти были способны по своимъ размѣрамъ доставлять къ каждой точкѣ сѣти нужное для тушенія пожара количество воды подъ давленіемъ, которое допускало бы свободный естественный подъемъ воды надъ крышами самыхъ высокихъ зданій,

2) чтобы городская водопроводная сѣть была снабжена приборами (пожарными кранами), допускающими быстрое и безпрепятственное полученіе воды въ указанныхъ въ п. 1 условіяхъ безъ помощи специальныхъ водопроводныхъ рабочихъ, а исключительно распоряженіемъ пожарныхъ;

3) чтобы разстояніе между пожарными кранами не превосходило того, на которомъ вода удобно можетъ подаваться резиновыми пожарными шлангами или рукавами, т. е. примѣрно не болѣе 50 саж.

4) чтобы всѣ пожарные краны имѣли вполнѣ одинаковыя соединительныя съ пожарными шлангами устройства, дабы пожарныя команды могли вездѣ, во всѣхъ частяхъ города, имѣя лишь одинъ типъ шланговаго замка, получать воду;

5) чтобы, кромѣ специальныхъ пожарныхъ крановъ, вода для тушенія пожара могла бы быть получена при помощи тѣхъ же шланговъ изъ всѣхъ уличныхъ приборовъ, доставляющихъ воду для иныхъ цѣлей (каковы мытье улицъ, питьевые и др. краны, фонтаны и пр.).

Въ такомъ объемѣ противопожарныя устройства встрѣчаются, къ сожалѣнію, далеко не вездѣ.

Нарушается то одно, то другое изъ указанныхъ условій, а иногда и нѣсколько вмѣстѣ.

Чаще всего оказывается недостаточнымъ давленіе въ сѣти, вслѣдствіе чего пожарныя команды всегда имѣютъ въ своемъ распоряженіи насосы ручные (дающіе около 200 и 225 литровъ въ минуту), а въ благоустроенныхъ городахъ паровые или бензинные, приспособленные къ быстрому (въ нѣсколько минутъ) парообразованію и подъему давленія пара и дающіе въ минуту 600 — 1600 литровъ. Насосы эти помѣщаются на колесахъ и могутъ быстро передвигаться людьми, лошадьми или инымъ способомъ къ мѣсту, гдѣ въ нихъ есть надобность.

Въ послѣднее время въ наиболѣе совершенныхъ видахъ пожарныхъ помпъ, двигателемъ при проѣздѣ къ мѣсту пожара является та же машина, которая приводитъ въ дѣйствіе насосы. Такія помпы-автомобили примѣнены впервые въ С.-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ въ городѣ *Hartford*'ѣ. Общій вѣсъ снаряда 7.700 кг. При немъ—кучеръ, кочегаръ и машинистъ. (*Der praktische Maschinen Constructor. XXXII Jahrgang, № 1, 1899*). Съ тѣхъ поръ помпы-автомобили очень распространились и ихъ конструкціи стали разнообразными.

Не всегда также и разстоянія между пожарными кранами достаточно малы и притокъ воды обезпеченъ въ достаточномъ количествѣ. Это заставляетъ пожарныя команды имѣть въ своемъ распоряженіи цѣлый обозъ бочекъ для подвозки воды.

Въ городахъ съ періодическимъ снабженіемъ водой, каковы, напр. Лондонъ, гдѣ вода подается въ городскую сѣть лишь въ опредѣленные часы, пожарные не могутъ приступить къ тушенію пожара безъ предварительнаго телеграфнаго или телефоннаго сношенія съ водопроводной администраціей или съ ея агентами. Это вызываетъ необходимость въ особыхъ дежурствахъ водопроводныхъ агентовъ въ разныхъ мѣстахъ города, откуда можетъ быть пущена

вода изъ резервуаровъ для тушенія пожара, возникшаго въ томъ или иномъ кварталѣ.

Эти и многіе другіе пожарные недостатки водоснабженій вызываются дурно понятой экономіей при устройствѣ водоснабженій и во многихъ случаяхъ приводятъ городское населеніе къ значительнымъ убыткамъ отъ пожаровъ и въ особенности отъ высокихъ страховыхъ премій.

Мысль эта нашла себѣ надлежащую оцѣнку во всѣхъ государствахъ среди специалистовъ водопроводнаго и пожарнаго дѣла и у насъ въ Россіи еще въ 1893 году первый русскій водопроводный съѣздъ принялъ резолюцію слѣдующаго содержанія:

«1) Устройство противопожарныхъ водопроводовъ, способныхъ доставлять во всякое время дня и ночи извѣстное опредѣленное количество воды подъ напоромъ, достаточнымъ для тушенія пожаровъ безъ помощи пожарныхъ трубъ, слѣдуетъ считать наилучшимъ средствомъ для сокращенія пожарныхъ убытковъ и для наиболѣе производительнаго расходованія силы и энергіи пожарныхъ командъ.

«2) Въ видахъ наибольшаго распространенія такихъ противопожарныхъ водопроводовъ въ Россіи желательно установленіе страховыми обществами болѣе строгой и болѣе справедливой градаціи размѣровъ скидокъ со страховыхъ премій въ зависимости отъ размѣровъ противопожарной силы водопроводовъ, ея постоянства и степени ея надежности.

«3) Дѣйствующія въ Россіи страховыя общества путемъ рациональной нормировки премій въ зависимости отъ противопожарной силы водопроводовъ и степени ея обезпеченности могутъ вызывать быстрое распространеніе противопожарныхъ водопроводовъ въ Россіи, безусловно выгодное для страхователей и для страховыхъ обществъ». (См. Труды Рус. Водопр. Съѣздовъ. Съѣздъ I-й—1893 г., стр. 179).

При наличности такихъ обстоятельствъ представляется необходимымъ выяснитъ основныя свойства, которыми должны обладать противопожарные водопроводы и указать системы ихъ устройства, а также указать и мѣры, при помощи коихъ существующіе водопроводы могутъ быть приспособлены къ тушенію пожаровъ.

Будетъ ли водопроводъ гравитаціонный или насосный, въ его

трубахъ всегда будетъ нѣкоторое опредѣленное давленіе, обусловливаемое высотой положенія, относительно уровня площади города, источниковъ или резервуара въ башнѣ. Когда водопроводъ устроенъ, это давленіе, въ обыкновенныхъ случаяхъ, уже измѣняемо по желанію быть не можетъ и имъ обусловливается тотъ этажъ, до котораго вода можетъ подняться въ домахъ, и та наибольшая высота, до которой она можетъ бить вверхъ, въ видѣ фонтана, или быть выбрасываема изъ брандспойта пожарнаго рукава, привинченнаго непосредственно къ пожарному крану.

Подобное свойство водопроводовъ, присущее европейскимъ водопроводамъ и громадному большинству американскимъ, не удовлетворяетъ, какъ мы видѣли, требованіямъ, которыя должны предъявляться къ водопроводу въ пожарномъ отношеніи, такъ какъ въ этихъ видахъ желательно имѣть возможность по произволу измѣнять въ большихъ предѣлахъ давленіе въ водопроводной сѣти, смотря по обстоятельствамъ. При нормальныхъ условіяхъ желательно имѣть это давленіе по возможности малое: только бы вода могла доходить до верхнихъ этажей домовъ, и тамъ вытекать изъ крановъ съ незначительною скоростью; это требованіе является результатомъ желанія качать воду, въ видахъ сбереженія топлива, подъ возможно меньшимъ давленіемъ, обусловливающимъ, вмѣстѣ съ тѣмъ, и меньшую потерю воды черезъ неплотности стыковъ трубъ и другія случайныя поврежденія. При обстоятельствахъ исключительныхъ, какъ, на примѣръ, въ случаѣ пожара въ городѣ, напротивъ, желательно, не взирая ни на какія издержки на топливо, располагать самымъ наибольшимъ давленіемъ воды во всей сѣти, или, по крайней мѣрѣ, въ трубахъ прилегающихъ къ мѣсту пожара, чтобы имѣть возможность непосредственно изъ водопроводныхъ трубъ, безъ помощи пожарныхъ насосовъ, прямо бросать на горящія зданія массы воды на самую большую нужную высоту.

Большинство водопроводовъ этому послѣднему требованію, обыкновенно, не удовлетворяютъ, такъ какъ при устройствѣ ихъ, въ видахъ удешевленія стоимости сооруженій, всегда старались и стараются напоръ воды въ трубахъ ограничить, по возможности, наименьшимъ предѣломъ. Результатомъ этого является невозможность тушить пожары, бросая на горящія зданія воду непосредственно изъ трубъ водопровода, а приходится изъ пожарныхъ крановъ или

бассейновъ переливать воду сперва въ пожарныя бочки, подвозить ихъ къ пожарнымъ трубамъ, и только помощью насосовъ послѣднихъ при работѣ на нихъ пожарныхъ служителей бросать воду на горящія зданія. Обстановка дѣла, очевидно, довольно сложная; и самая работа представляется трудною, какъ только является необходимость бросать воду на сколько-нибудь значительную высоту. Послѣднее обстоятельство и вынуждаетъ городскія общества обзаводиться паровыми пожарными трубами; но извѣстно, какъ часто бываетъ трудна доставка ихъ къ мѣсту пожара и какъ много съ ними бываетъ случайностей, вслѣдствіе которыхъ онѣ, нерѣдко, далеко не оправдываютъ всѣхъ возлагаемыхъ на нихъ надеждъ.

Желаніе обезпечить городъ на случай пожара водой подъ значительнымъ давленіемъ, дѣлающимъ излишними бочки и насосы и достаточными лишь длинныя пожарныя рукава, одинъ конецъ котораго привинчивался бы къ ближайшему пожарному крану, а черезъ другой, снабженный брандспойтомъ, вода въ изобиліи и на всякую требуемую высоту бросалась бы, непосредственно, на горящее зданіе, привело къ созданію, въ С.-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ, цѣлаго ряда водопроводовъ съ перемѣннымъ давленіемъ. Въ послѣднее время къ постройкѣ такихъ водопроводовъ приступили и въ Россіи. Примѣромъ подобнаго водоснабженія представляетъ собой г. Самара, гдѣ сравнительно давно водопроводъ устроенъ по особой хозяйственно-пожарной системѣ, изобрѣтенной русскимъ инженеромъ Н. П. Зиминимъ.

Количества воды, нужныя для тушенія пожаровъ не одинаковы для разныхъ городовъ (см. главу XII).

Въ малыхъ городахъ количество воды, потребное въ единицу времени для тушенія пожаровъ, значительно больше, чѣмъ максимальный дневной хозяйственный расходъ воды. Пожарный расходъ становится равнымъ хозяйственному, при числѣ жителей въ городѣ около 80.000,—и лишь въ самыхъ большихъ городахъ количество воды требуемое въ единицу времени для тушенія пожаровъ значительно меньше, чѣмъ максимальный хозяйственный расходъ.

Въ отношеніи давленія, подъ которымъ нужно получать воду для хозяйственнаго водоснабженія города и для пожарныхъ цѣлей, какъ упомянуто требованія тоже сильно различаются.

При хозяйственномъ водоснабженіи величина давленія обусло-

вливается высотой зданий. Въ Россіи обычно ограничиваются въ возвышенных частяхъ города высотой 10 сажень, т.-е. свободный напоръ для хозяйственного водоснабженія требуется не меньше двухъ атмосферъ. Въ американскихъ большихъ городахъ съ высокими зданиями хозяйственный напоръ обычно держится отъ 2 до 4 атмосферъ. Приэтомъ самые высокіе дома имѣютъ собственные насосы или иныя устройства для подачи воды въ верхніе этажи (см. главу XI).

Давленіе, необходимое для полученія пожарныхъ струй, тоже обуславливается высотой зданий: при тушенія пожара надо имѣть возможность забрасывать воду на крышу.

Въ Россіи, при высотѣ домовъ обычно ограниченной 3—4 этажами, высота боя нормальныхъ пожарныхъ струй принимается 12 сажень надъ тѣмъ гидрантомъ, изъ котораго онѣ получаютъ; такая выбрасывающая 50 ведеръ въ минуту струя получается изъ брандспойта съ цилиндрическимъ наконечникомъ, діаметромъ въ $7/8''$ дюйма, при рукавѣ длиною 100 сажень, если давленіе у начала рукава при пользованіи струею равно приблизительно 4-мъ атмосферамъ.

Въ Америкѣ въ большихъ городахъ съ высокими зданиями пожарное давленіе принимается до 20 атмосферъ у насосной станціи, а у гидрантовъ до 12—17 атмосферъ. Нормальной струей въ Америкѣ считается выбрасывающая 250 галлоновъ=77 ведеръ въ минуту изъ брандспойта съ наконечникомъ $1\frac{1}{8}''$. Однако при большихъ пожарахъ предпочитаютъ пользоваться, хотя бы и за счетъ уменьшенія числа еще болѣе мощными струями, употребляя брандспойты—стендеры съ наконечниками діаметромъ до $2''$ и получая струи высотой до 20 сажень (Нью-Йоркъ) и даже до 33 сажень (Филадельфія).

Означенныя хозяйственные и пожарныя требованія въ практикѣ водоснабженія малыхъ, среднихъ и большихъ городовъ могутъ быть достигнуты различными средствами.

Правила устройства городскихъ противопожарныхъ водопроводовъ, выработанныя Собраніемъ Представителей Русскихъ Акціонерныхъ Страховыхъ Обществъ (см. «Нептунъ», №№ 1 — 2, 1914), устанавливають слѣдующую классификацію системъ водопроводовъ по степени ихъ приспособленности для тушенія пожаровъ.

Къ 1-му классу относятся:

а) водопроводы хозяйственно-противопожарные съ возвышен-

нымъ естественнымъ источникомъ или съ резервуаромъ, имѣющими неограниченное количество воды и расположенными на такой высотѣ, что въ самомъ отдаленномъ пунктѣ водопроводной системы, въ часы наибольшаго разбора воды для хозяйственныхъ надобностей, можетъ существовать вполне достаточный пожарный напоръ для подачи на пожаръ указаннаго выше числа водяныхъ струй;

б) водопроводы специально противопожарные съ самостоятельной, отдѣльной отъ хозяйственной, сѣтью трубъ.

Въ отношеніи питанія специально противопожарнаго водопровода допускаются два случая:

1) водопроводъ питается изъ самостоятельнаго источника—рѣки, озера, моря и т. п. независимо отъ хозяйственнаго водопровода, и

2) водопроводъ питается изъ существующей сѣти хозяйственнаго водопровода.

Въ томъ и другомъ случаѣ противопожарный водопроводъ долженъ снабжаться водою при посредствѣ самостоятельной насосной станціи съ паровою, водяною, электрическою, газовою и т. п. силою. Въ обыкновенное время, т. е. когда нѣтъ пожара, вода изъ такого специально противопожарнаго водопровода можетъ расходоваться непосредственно для хозяйственныхъ цѣлей или пускаться въ сѣть трубъ хозяйственнаго водопровода, но при условіи автоматическаго прекращенія сказаннаго расхода при возникновеніи пожара.

Въ случаѣ пользованія хозяйственнымъ водопроводомъ, какъ источникомъ воды для противопожарнаго водопровода, хозяйственный водопроводъ долженъ постоянно обладать соотвѣтственнымъ избыткомъ воды для минимальныхъ пожарныхъ нуждъ противъ хозяйственнаго расхода ея въ часы наибольшаго разбора.

Ко 2-му классу относятся водопроводы хозяйственно-противопожарной системы, при которой притокъ воды къ пожарнымъ кранамъ подъ пожарнымъ напоромъ обеспечивается автоматическимъ прекращеніемъ отпуска ея во время пожаровъ для хозяйственныхъ надобностей. Система эта обуславливается такимъ устройствомъ водопровода, при которомъ, въ случаѣ пожара, вся вода, доставляемая имъ, можетъ быть обращена для тушенія пожаровъ подъ усиленнымъ напоромъ. Автоматическое прекращеніе отпуска воды для хозяйственныхъ надобностей достигается постановкою автомати-

чески дѣйствующихъ запорныхъ клапановъ на всѣхъ домовыхъ и т. п. отвѣтвленіяхъ, ведущихъ ее для сихъ надобностей, при чемъ эти клапаны закрываются, какъ только давленіе въ сѣти поднимается выше обычной нормы. Количество воды, притекающей подъ усиленнымъ напоромъ на пожаръ, должно оставаться постояннымъ, какъ долго ни продолжалось бы дѣйствіе пожарныхъ крановъ.

Къ 3-му классу относятся водопроводы хозяйственные, приспособленные и рассчитанные такъ, что сѣть ихъ можетъ проводить въ часы наибольшаго разбора воды, кромѣ хозяйственного количества, въ любой пожарный кранъ еще нѣкоторое добавочное количество, назначенное для пожарныхъ цѣлей, подъ усиленнымъ напоромъ, безъ прекращенія отпуска воды для хозяйственныхъ нуждъ. Запасъ проводоспособности, назначенной для тушенія пожаровъ долженъ быть въ обычное время сохраняемъ въ полной неприкосновенности, механическія же средства водопровода должны быть съ надлежащимъ запасомъ для доведенія напора въ сѣти до пожарной нормы во всякій моментъ.

Соотвѣтственно приведенной классификаціи противопожарныхъ водопроводовъ Объединенными Русскими Страховыми Обществами допущены слѣдующія скидки съ тарифа премій:

За устройство городского противопожарнаго водопровода 1-го класса допускается скидка съ тарифа премій въ 20⁰/₀, 2-го класса— въ 15⁰/₀ и съ 3-го класса—10⁰/₀ для кварталовъ, обслуживаемыхъ такимъ водопроводомъ. Эти скидки въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ производятся послѣ осмотра устройства водопровода и не иначе, какъ на основаніи особаго о томъ постановленія Собранія Представителей Акціонерныхъ Страховыхъ Обществъ.

Водопроводы, отнесенные къ первому отдѣлу перваго класса (1а) и способные во всякое время удовлетворять всѣмъ хозяйственнымъ и всѣмъ пожарнымъ потребностямъ, возможны только въ исключительныхъ и мѣстныхъ или финансовыхъ условіяхъ.

Спеціально противопожарные водопроводы, или по приведенной выше классификаціи, противопожарные водопроводы перваго класса п. б., въ наиболѣе современномъ ихъ видѣ, въ какомъ они создаются въ С.-Американскихъ Соединенныхъ Штатахъ, имѣютъ чугунные или стальные трубопроводы со спеціальными соединеніями, опресованные на заводѣ на 60 атмосферъ и на мѣстѣ на 40 атмо-

сферъ. Трубопроводы проложены по улицамъ города, такимъ образомъ, что образуютъ не одну сѣть, а двѣ самостоятельныхъ, какъ бы наложенныхъ одна на другую со сдвигомъ на одинъ кварталъ. Этимъ достигается большее обезпеченіе — каждый изъ кварталовъ окруженъ съ двухъ сторонъ трубами одной сѣти и съ двухъ другихъ сторонъ — трубами другой сѣти. Гидранты поставлены черезъ каждыя 25—50 саженъ и на всѣхъ перекресткахъ улицъ. Типъ гидрантовъ надземный, въ видѣ тумбъ у тротуаровъ. Передъ каждымъ гидрантомъ, въ колодцѣ, поставлена 10-ти дюймовая задвижка для отдѣленія его отъ сѣти въ случаѣ ремонта (Бостонъ).

Трубы постоянно заполнены водой изъ городского водопровода и служатъ исключительно для противопожарныхъ цѣлей. Питаніе пожарной сѣти производится не менѣе чѣмъ изъ двухъ независимыхъ, и расположенныхъ въ противоположныхъ частяхъ города, насосныхъ станцій, прямымъ нагнетаніемъ. Вода берется изъ городского водопровода низкаго давленія или непосредственно изъ его резервуаровъ. Каждый насосъ, съ двигателемъ мощностью до тысячи лошадиныхъ силъ, подаетъ подъ давленіемъ 20-ти атмосферъ около 1.000 ведеръ въ минуту. И такихъ насосовъ на каждой станціи ставится отъ 5 до 10 штукъ (Нью-Йоркъ).

Насосы наиболѣе удобны центробѣжные турбинные, могущіе по желанію давать меньшее количество воды подъ болѣе высокимъ давленіемъ или большее количество воды при меньшемъ давленіи, что при различныхъ условіяхъ пользованія противопожарнымъ водопроводомъ весьма важно. Къ тому же турбинные насосы наиболѣе компактны и дешевы, и коэффициентъ полезнаго дѣйствія ихъ достигаетъ 70—80⁰/₀⁰/₀ (см. главу X).

Двигатели всего удобнѣе электрическіе, съ подведеніемъ тока не менѣе, чѣмъ отъ двухъ-трехъ самостоятельныхъ большихъ электрическихъ станцій (Нью-Йоркъ, Бостонъ); при отсутствіи электрической энергіи, насосныя станціи устраиваются съ двигателями внутренняго сгорания, пускаемыми сжатымъ воздухомъ (Филадельфія, Виннипегъ). Въ случаѣ близости большой котельной, примѣняются паровыя машины (поршневыя въ Балтиморѣ, паро-турбины въ Торонто).

Оперированіе всѣми задвижками насосной станціи — электрическое, и производится съ одного центральнаго щита. На нагнета-

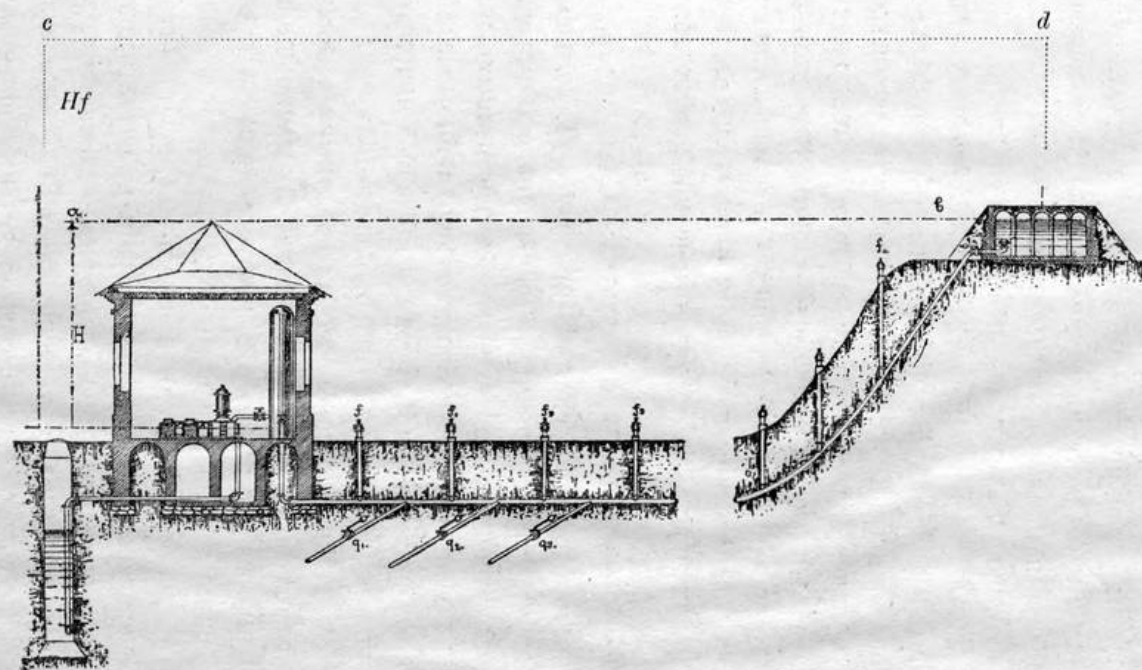
тельной трубѣ у насосной станціи—автоматическій регуляторъ давленія, устанавливаемый по телефонному требованію пожарныхъ. При каждомъ гидрантѣ имѣется штепсель для присоединенія переноснаго телефона. На пожарныхъ головкахъ для каждого рукава сдѣланъ отдѣльный клапанъ, устанавливаемый на любое давленіе (Балтимора). Рукава прорезиненные 3" и 2¹/₂"; у брандспойтовъ наконечники діаметромъ отъ 1¹/₈ до 2¹/₄ дюйма. Струи, по желанію, получаютъ высоту въ 10—20 и даже 30 и болѣе саженъ;—ходовыя струи выбрасываютъ не меньше 75 ведеръ въ минуту.

Гидранты расположены такъ, что къ каждому кварталу можно подвести изъ сосѣднихъ гидрантовъ не меньше 6.000 ведеръ въ минуту,—то-есть 80 струй по 75 ведеръ въ минуту,—а къ каждому отдѣльному зданію не меньше, чѣмъ 3.000 ведеръ въ минуту, т. е. 40 такихъ струй (Бостонъ). Предполагается три одновременныхъ пожара, на каждый до 6.000 ведеръ въ минуту, всего 18.000 ведеръ въ минуту (Нью-Йоркъ). Это количество воды могутъ дать двѣ насосныхъ станціи, каждая съ 10 электро-насосами, по 1.000 ведеръ въ минуту.

Устройство такихъ спеціальныхъ противопожарныхъ водопроводныхъ высокаго давленія оправдывается лишь въ самыхъ богатыхъ городахъ, тѣсно застроенныхъ высокими домами. Уже около десяти городовъ въ Сѣв. Америкѣ построили себѣ такіе вторые водопроводы высокаго давленія, и цѣлый рядъ другихъ большихъ городовъ (Чикаго, Хартфордъ, Детройтъ) проводятъ въ жизнь такія или подобныя устройства (см. «Нептунъ» №№ 3—5, 1914).

Примѣромъ противопожарныхъ водопроводовъ второго класса (согласно проведенной выше классификаціи) можетъ быть упоминавшаяся уже система инженера Н. П. Зимины, а третьяго класса системы *Holly* и *Berkinbine*'а.

Пожарная система водопроводовъ инженера Н. П. Зимины имѣетъ задачей сочетать способы къ удовлетворенію пожарныхъ цѣлей и цѣлей хозяйственныхъ съ соблюденіемъ возможно большей экономіи, какъ въ первоначальныхъ, такъ и въ эксплуатаціонныхъ расходахъ. Если не имѣется денежныхъ средствъ, чтобы построить, въ виду пожарныхъ цѣлей, водопроводъ значительно большихъ размѣровъ, чѣмъ требуется для цѣлей хозяйственныхъ (1 класса п. а), и содержать его, то никакая, какъ указывалось, изъ обыкновенныхъ



Черт. 525.

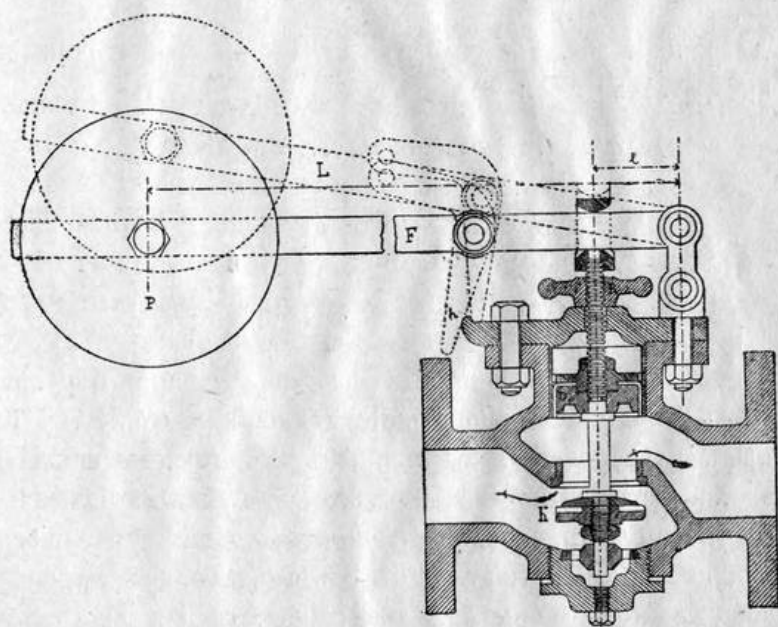
Схема противупожарнаго водопровода
системы инженера Н. П. Зимина.

системъ, не можетъ обезпечить опредѣленное, вполне надежное дѣйствіе пожарныхъ крановъ для тушенія пожаровъ. Когда хозяйственный разборъ воды изъ водопровода слабъ, напримѣръ ночью, воду еще можно получать, хотя и подъ слабымъ напоромъ, изъ пожарныхъ крановъ; но въ случаѣ пожара днемъ, когда вода разбирается изъ водопровода для хозяйственныхъ цѣлей усиленно, поднять давленіе трудно и тушить огонь почти что нечѣмъ; несчастіе при такихъ условіяхъ можетъ принять огромные размѣры; примѣры этого нерѣдки.

Въ системѣ противопожарнаго водоснабженія инженера Н. П. Зимина притокъ воды изъ водопровода для хозяйственныхъ цѣлей въ дома, въ фонтаны, на поливку и т. д. прекращается въ случаѣ пожаровъ, автоматически, подъ дѣйствіемъ увеличеннаго давленія въ трубахъ, и вся вода обращается подъ тѣмъ же увеличеннымъ пожарнымъ давленіемъ на тушеніе пожаровъ. При этомъ количество воды, которымъ могутъ располагать пожарныя команды, становится строго опредѣленнымъ и постояннымъ, и потому не можетъ быть неожиданныхъ въ этомъ отношеніи измѣненій, могущихъ вызвать затрудненія и замѣшательства въ дѣлѣ тушенія пожаровъ.

Устройство водопровода по системѣ инженера Н. П. Зимина заключается главнѣйше въ томъ, что сѣтъ водопроводныхъ трубъ рассчитывается такъ, чтобы назначаемое для хозяйственныхъ цѣлей количество воды, а если средства позволяютъ, то и большее количество воды, могло притекать по трубамъ въ любой пунктъ мѣстности, по которой располагается водопроводъ. На сѣти трубъ располагаются пожарные краны сообразно съ мѣстными условіями. Каждое отвѣтвленіе отъ водопровода снабжается самозапирающимся приборомъ, при обыкновенномъ давленіи пропускающимъ и прекращающимъ этотъ протокъ при увеличенномъ пожарномъ давленіи. Вода въ сѣти трубъ доставляется или прямымъ давленіемъ отъ машинъ или изъ резервуара, а увеличеніе давленія въ случаѣ пожара производится или усиленною работою водоподъемныхъ машинъ, причемъ сѣтъ, если она сообщена съ резервуаромъ, отъ него изолируется, или же посредствомъ сообщенія сѣти съ другимъ болѣе возвышеннымъ резервуаромъ, напоръ отъ котораго былъ бы достаточенъ для закрытія уравновѣшенныхъ при обыкновенномъ давленіи запорныхъ винтилей и для надлежащаго дѣйствія пожарныхъ крановъ.

Противуложарные водопроводы.



Черт. 526.

Автоматическій вентиль

системы инженера Н. П. Зимина, закрывающей при увеличенномъ пожарномъ давленіи доступъ водѣ въ дома и др. мѣста хозяйственнаго потребленія.

с. 569 На черт. 525, изображена схематически такая система водоснабжения H —обозначает обыкновенный хозяйственный напоръ въ водопроводѣ; Hf —напоръ пожарный; $q, q_1, q_2, q_3 \dots q_n$ —суть расходъ воды въ отвѣтвленія; $f, f_1, f_2, f_3 \dots f_n$ —расхода воды въ пожарные краны.

При хозяйственномъ водоснабженіи, когда вода въ количествѣ Q доставляется при линіи гидродинамическаго напора ab , расходъ въ вѣтви будетъ:

$$q + q_1 + q_2 + q_3 \dots + q_n = Q.$$

Когда напоръ будетъ усиленъ до пожарнаго, то притокъ въ вѣтви прекратится, т. е.:

$$q = q_1 = q_2 = q_3 = \dots = q_n = 0.$$

и установится расходъ изъ пожарныхъ крановъ при линіи гидродинамическаго напора cd , причемъ:

$$f + f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n = Q.$$

с. 574 Имѣя въ виду, что случайный разрывъ пожарнаго рукава можетъ имѣть слѣдствіемъ пониженіе давленія въ сѣти трубъ, причемъ можетъ установиться усиленный разборъ воды изъ водопровода для хозяйственныхъ цѣлей, ставятъ въ пунктахъ большаго разбора вмѣсто самозапирающихся клапановъ, самозапирающіеся вентили, изображенные на черт. 526. Эти вентили, закрывшись разъ, не могутъ уже вновь открыться сами собою, удерживаясь въ закрытомъ положеніи особенно рычажною подставкою h , которая удерживаетъ рычагъ F , послѣ того какъ онъ будетъ поднять увеличеннымъ пожарнымъ давленіемъ, какъ это указано на черт. 526 пунктиромъ.

Клапаны могутъ быть замѣняемы въ аппаратахъ поршнями съ прорѣзами, сквозь которые будетъ проходить вода и которые могутъ закрываться поднимающимся поршнемъ; запираніе можетъ также производиться и уравновѣшенной при обыкновенномъ давленіи діафрагмой, перемѣщающейся при увеличенномъ давленіи. Уравновѣшиваніе (при обыкновенномъ давленіи) клапана, поршня, или діафрагмы можетъ производиться какъ грузами, такъ и пружинами. Вліяніе грузовъ и пружинъ остается неизмѣняемымъ и потому оно

уступаетъ увеличенному—пожарному давленію, производящему за-
пираніе клапана.

По объясненію изобрѣтателя, описанная система можетъ быть
примѣняема и не при полномъ прекращеніи отпуска воды въ дома
и водопроводы, если по тѣмъ или инымъ причинамъ автоматическая
пріостановка отпуска воды во время напора не будетъ распростра-
нена на нѣкоторые дома, фонтаны и т. п.

По этой системѣ уже устроены нѣкоторые водопроводы, напр.
въ Самарѣ и Царицинѣ и о дѣйствиі ихъ имѣются благопріятные
отзывы. Тѣмъ не менѣе существуетъ мнѣніе, что автоматическіе за-
творы противопожарныхъ водопроводовъ могутъ не всегда удачно
дѣйствовать и водопроводъ не быть во время пожара въ готовно-
сти къ его тушенію.

Существенная особенность водопроводовъ системы Голли заклю-
чается въ томъ, что въ нихъ не существуетъ резервуаровъ, обусло-
вливающихъ постоянную величину напора воды въ сѣти, а вода
машинами непосредственно накачивается въ сѣть городскихъ трубъ
и, съ помощью спеціальныхъ приспособленій, поддерживается тамъ
подъ тѣмъ давленіемъ, которое является необходимымъ.

При нормальныхъ условіяхъ это давленіе поддерживается на
столько, на сколько необходимо, чтобы вода достигала самыхъ верх-
нихъ этажей домовъ. Въ случаѣ пожара гдѣ-либо въ городѣ—объ
этомъ сообщается тотчасъ же, помощью телефона или телеграфа,
въ водоподъемное зданіе и тамъ немедленно машинамъ дается уси-
ленная работа, вслѣдствіе чего давленіе въ сѣти подымается до того
высшаго предѣла, сообразно которому проектирована прочность
трубъ и всѣхъ другихъ устройствъ. Результатомъ этого увеличенія
напора воды въ сѣти является возможность получать ее въ боль-
шомъ количествѣ изъ пожарныхъ крановъ, и бросать вверхъ на
большую высоту.

Въ нѣкоторыхъ изъ водопроводовъ, устроенныхъ по системѣ
Голли, сдѣланы автоматическія приспособленія, при содѣйствиі ко-
торыхъ, какъ только начинается вода браться изъ пожарныхъ кра-
новъ еще при нормальномъ давленіи, машины увеличиваютъ свою
работу и подымаютъ давленіе въ сѣти.

Устройство водопроводовъ по системѣ Голли обуславливаетъ
необходимость прокладки трубъ съ увеличенною толщиною стѣнокъ,

сообразно тому наибольшему давленію, до котораго предполагается подымать напоръ воды въ сѣти.

Водоподъемныя машины въ водопроводахъ системы Голли устраиваются, обыкновенно, своеобразнаго типа, въ зависимости отъ тѣхъ условій, при которыхъ имъ приходится работать.

Въ этихъ машинахъ число ходовъ въ минуту должно быть въ состояніи мѣняться въ довольно большихъ предѣлахъ, въ зависимости отъ расхода воды, причемъ всѣ эти видоизмѣненія въ работѣ не должны оказывать вліянія на правильность и экономичность дѣйствія машинъ, а также и производить болѣе или менѣе замѣтныя колебанія давленія воды въ трубахъ.

Практическіе опыты въ существующихъ уже водопроводахъ, устроенныхъ по системѣ Голли, показали, что однимъ изъ лучшихъ типовъ машинъ для нихъ должны быть признаны машины системы Вортингтона—прямого дѣйствія, съ двумя цилиндрами и съ нѣкоторыми спеціальными приспособленіями.

Система Бёркинбайна отличается отъ только что описанной системы тѣмъ, что въ то время, какъ, при системѣ Голли, напоръ воды въ трубахъ образовывается постоянно непосредственнымъ нагнетаніемъ воды въ сѣть до опредѣленнаго давленія, при системѣ Бёркинбайна, при нормальныхъ условіяхъ водоснабженія, давленіе воды въ трубахъ обусловливается уровнемъ воды въ резервуарѣ относительно уровня этихъ трубъ.

Такимъ образомъ, при устройствѣ водопроводовъ по системѣ Бёркинбайна, является необходимость въ сооруженіи напорныхъ резервуаровъ, вслѣдствіе чего эти водопроводы представляютъ изъ себя нѣчто среднее между обыкновенными резервуарными водопроводами и водопроводами системы Голли; при нормальныхъ обстоятельствахъ они работаютъ какъ первые, а въ случаѣ пожаровъ—какъ вторые. Подобнымъ сочетаніемъ Бёркинбайнъ имѣлъ въ виду получить въ своей системѣ всѣ хорошія качества обѣихъ предыдущихъ системъ, избѣгая, по возможности, всѣхъ ихъ недостатковъ. Насколько достигнута имъ эта цѣль, мы увидимъ нѣсколько далѣе, а теперь познакомимся съ тѣмъ приспособленіемъ, помощью котораго у Бёркинбайна, смотря по желанію и необходимости, можно весьма быстро и удобно, изъ различныхъ частей города, возстановлять то одинъ, то другой типъ водоснабженія. Съ этою цѣлью,

напорная труба, идущая от машинъ къ резервуару, и главная расхожая труба, идущая изъ резервуара въ городъ, въ наиболѣе удобномъ мѣстѣ соединены между собой особой соединительной трубой. Вблизи угла, образуемаго этою соединительною и напорною трубами, въ нихъ обѣихъ устроены клапаны, приводимые въ движеніе отъ штоковъ поршня спеціального цилиндра, расположеннаго въ этомъ же углу. Соединеніе штока поршня съ осями клапана сдѣлано такого рода, что при перемѣщеніи поршня изъ одного его крайняго положенія въ другое одинъ клапанъ всегда вполне закрывается, а другой вполне открывается. Въ оба конца цилиндра входятъ небольшого діаметра желѣзныя трубы, которыя отъ этого цилиндра проведены въ машинное зданіе, и во всѣ городскія пожарныя депо, гдѣ установлены небольшіе резервуары съ сжатымъ воздухомъ. Соединяя эти резервуары съ одною изъ трубъ распределительнаго цилиндра, возможно производить давленіе на ту или другую сторону поршня и такимъ образомъ, перемѣщать его изъ одного конца въ другой и этимъ или закрывать клапанъ въ напорной трубѣ и открывать въ соединительной, или наоборотъ.

При нормальномъ положеніи дѣла, когда въ городѣ не требуется усиленнаго давленія воды, клапанъ въ напорной трубѣ всегда бываетъ открытъ, а въ соединительной—закрытъ; въ этомъ случаѣ, вода отъ машинъ, по напорной трубѣ, свободно проходитъ въ резервуаръ и изъ него по расхожей трубѣ направляется въ городъ. Въ случаѣ пожара въ городѣ, изъ какого-либо пожарнаго депо, помощью сжатого воздуха, производится перемѣщеніе поршня распределительнаго цилиндра, что влечетъ за собою закрытіе клапана въ напорной трубѣ и открытіе въ соединительной. Тогда вода, накачиваемая машинами, не имѣетъ уже возможности по напорной трубѣ дойти до резервуара, а по соединительной трубѣ прямо переходитъ въ расхожую, закрываетъ въ ней своимъ давленіемъ клапанъ, дающій движеніе водѣ по этой трубѣ только отъ резервуара, а ни въ какомъ случаѣ не въ резервуаръ, и распределяется по городской сѣти уже подъ непосредственнымъ давленіемъ отъ машинъ, которое такимъ образомъ и можетъ быть доведено до желаемой величины.

Полученіе сжатого воздуха въ тѣхъ мѣстахъ, откуда желаютъ

руководить напоромъ воды въ водопроводѣ, производится просто, при содѣйствіи же давленія воды водопровода въ аппаратъ несложнаго устройства, состоящаго изъ двойного чугунаго цилиндра, двѣ части котораго соединены между собою двумя трубками съ тремя кранами. Maximum давленія воды въ сѣти регулируется специальнымъ предохранительнымъ клапаномъ, расположеннымъ на напорной трубѣ, вблизи ея поворотнаго клапана, и устроеннымъ такимъ образомъ, что вся излишняя вода, проходящая черезъ предохранительный клапанъ, обходитъ поворотный клапанъ и такимъ образомъ направляется къ резервуару, не теряясь напрасно, а скопляясь въ резервуарѣ, откуда, по возстановленіи нормальнаго водоснабженія, и расходуется въ городѣ.

Обѣ системы пожарныхъ водопроводовъ Беркинбайна и Голли представляются практичными въ пожарномъ отношеніи; что касается до стоимости первоначальнаго устройства, то, во всякомъ случаѣ, система Беркинбайна, въ виду необходимости устройства напорнаго резервуара, должна быть признана болѣе дорогою, чѣмъ система Голли. По сравненію съ обыкновенными водопроводами съ постояннымъ слабымъ (недостаточнымъ для пожарныхъ цѣлей) давленіемъ стоимость пожарныхъ водопроводовъ на первый взглядъ должна казаться значительно больше, вслѣдствіе потребности въ болѣе прочныхъ и, слѣдовательно, болѣе тяжелыхъ трубахъ, а также въ болѣе сильныхъ машинахъ. Но разница эта, какъ показываетъ практика, не особенно велика.

Системы Голли и Беркинбайна получили примѣненіе въ разныхъ городахъ С.-Американскихъ Соединенныхъ Штатовъ. Уже въ концѣ 70-хъ годовъ по системѣ Голли было устроено до 60 водоснабженій въ городахъ и въ селахъ съ населеніемъ въ 2800 до 130000 человекъ. Система Беркинбайна распространилась позже и между прочимъ, по системѣ Беркинбайна, самимъ изобрѣтателемъ устроено водоснабженіе города Монтэ-Тоу, въ Штатѣ Пенсильваніи. Устройство этого водоснабженія съ приспособленіями, обусловливающими возможность быстрого тушенія пожаровъ, настолько способствовало уменьшенію ихъ разрушительнаго дѣйствія, что страховыя общества сочли для себя выгоднымъ понизить страховую премію съ 15 долларовъ съ тысячи до 5 долларовъ.

§ 60. Приспособленіе существующихъ водопроводовъ къ тушенію пожаровъ.

Описанныя системы въ § 59 пожарныхъ водопроводовъ даютъ возможность устройства новыхъ водоснабженій такого рода, что въ случаѣ пожаровъ изъ ихъ пожарныхъ крановъ можно получать подъ значительнымъ напоромъ большія массы воды, могущей быть непосредственно бросаемою на горящія зданія. Но является вопросъ, какимъ образомъ въ существующихъ уже водопроводахъ можно было бы достигать тѣхъ же самыхъ результатовъ, имѣя въ виду неудовлетворительность бросанія на горящія зданія воды, при помощи ручныхъ или паровыхъ пожарныхъ трубъ.

Производить въ существующихъ уже водопроводахъ нагнетаніе воды прямо въ трубы до того высокаго давленія, которое необходимо для непосредственнаго тушенія пожаровъ изъ пожарныхъ крановъ, должно представиться въ громадномъ большинствѣ случаевъ невозможнымъ, въ виду, обыкновенно, недостаточной для этого прочности трубъ, несоотвѣтственныхъ этому условію типовъ водоподъемныхъ машинъ и отсутствія необходимыхъ приспособленій и устройствъ.

Вопросъ долженъ быть рѣшенъ, очевидно, инымъ порядкомъ. И дѣйствительно, онъ имѣетъ для своего рѣшенія нѣсколько предложеній со стороны различныхъ инженеровъ.

Мы остановимся на описаніи только одного изъ нихъ, а именно, предложенія инженеровъ I. H. Greathead и M. D. Martindale.

Основная мысль ихъ предложенія заключается въ слѣдующемъ: по улицамъ, рядомъ съ существующими уже трубами, прокладываются другія трубы, діаметромъ отъ 2 до 4 дюймовъ, заключающія въ себѣ воду подъ значительнымъ давленіемъ отъ 700 до 800 футовъ, на 1 кв. дюймъ. Въ мѣстахъ расположенія пожарныхъ крановъ, трубы высокаго и низкаго давленія соединяются между собою при помощи инжекторовъ особаго устройства, расширенный конецъ трубки которыхъ образуетъ собою гайку для привинчиванія пожарнаго рукава. Работа этихъ инжекторовъ должна производиться водою высокаго давленія, а всасываемок жидкостью должна быть вода изъ трубъ низкаго давленія. Послѣ прохожденія обѣихъ этихъ водъ черезъ инжекторъ и смѣшеніи ихъ, значительная часть живой

силы сосущей воды передается всасываемой водѣ, увеличивая этимъ ея давленіе, а слѣдовательно и возможность быть выбрасываемой на гораздо большую высоту изъ пожарнаго брандспойта. Нагнетаніе воды въ трубы высокаго давленія предположено производить помощью аккумуляторовъ и специальныхъ насосовъ, устроенныхъ въ большомъ количествѣ по городу, и лучше всего при каждомъ пожарномъ депо, такъ, чтобы пускались въ дѣйствіе насосы тѣхъ депо, вблизи которыхъ случился пожаръ. Подобная децентрализація машинъ для сѣти высокаго давленія должна обусловить собою значительное уменьшеніе діаметровъ прокладываемыхъ трубъ и удешевленіе эксплуатаціи всего дѣла, такъ какъ предполагается для трубъ высокаго давленія всасывать воду изъ трубъ низкаго давленія и работу насосовъ производить гидравлическими машинами, дѣйствующими напоромъ воды городского водопровода. Результатомъ подобной постановки дѣла должно явиться уничтоженіе всякихъ длинныхъ всасывающихъ трубъ и возможность обходиться безъ паровыхъ котловъ, топлива и особой прислуги при гидравлическихъ машинахъ, такъ какъ открыты для ихъ дѣйствія краны, и пустить въ нихъ воду можетъ всякій обыкновенный пожарный слугитель. Регулированіе дѣйствія этихъ машинъ также не требуется, такъ какъ инжекторы проектированы—такого устройства, что въ нихъ самихъ заключается регулирующий аппаратъ, поддерживающій давленіе воды у основанія пожарнаго рукава, въ строго определенныхъ предѣлахъ.

Описанный способъ приспособленія обыкновеннаго водопровода къ пожарнымъ цѣлямъ представляется тѣмъ болѣе заслуживающимъ вниманія, что канализація воды высокимъ давленіемъ можетъ быть источникомъ дохода, служа источникомъ механической силы для приведенія въ дѣйствіе разныхъ машинъ въ мастерскихъ, элеваторовъ и пр.

The background of the image is a piece of marbled paper with a complex, swirling pattern of grey, black, and white lines. In the upper right corner, there is a white, octagonal label with a thin black border. The label contains handwritten text in black ink. The text is arranged vertically: a single letter 'H' at the top, followed by a horizontal line, then the number '2673', and finally the date '№ 1 - 1906г.' at the bottom.

H

2673

№ 1 - 1906г.