

1 р. 50 коп.

УЧЕБНИКИ, РУКОВОДСТВА И ПОСОБИЯ ДЛЯ РККА

А. ЛОРБЕРГ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ ВОЙСК

★



1930

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

СССР

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

УЧЕБНИКИ, РУКОВОДСТВА И ПОСОБИЯ ДЛЯ РККА

А. Г. ЛОРБЕРГ

ВОДОСНАБЖЕНИЕ ВОЙСК



Военно-Ученый Архив

<https://warlib.site/>

https://t.me/warlib_site

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ОТДЕЛ ВОЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1930 ЛЕНИНГРАД

Книга А. Г. Лорберг — «Водоснабжение войск» исследует вопрос водоснабжения войск, который ставился остро уже в мировой войне, особенно на пустынных театрах войны, и может сделаться еще более важным в будущей войне. Труд предназначен для военно-инженерных школ и войсковых частей. Но его с пользой прочтет и весь командный и санитарный состав РККА, так как водоснабжение занимает слишком крупное место в жизни всякой войсковой части не только во время войны, но и в мирное время.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	<i>Стр.</i>
Введение	5

Глава первая.

Свойства воды вообще.

Круговорот воды в природе	11
Общие свойства воды	13
Физические качества воды	14
Примеси в воде и их влияние на ее качества	16
Требования, предъявляемые к питьевой воде	20
Нормы потребления воды	—

Глава вторая.

Свойства воды различных источников.

Атмосферные воды	25
Надземные воды	—
Речная вода	26
Озерная вода	28 ✓
Болотная вода	— ✓
Подземные воды	29
Почвенная вода	33 ✓
Грунтовая »	—
Ключевая »	31
Артезианская вода	36
Морская вода	—

Глава третья.

Полевое исследование воды.

Обследование местных условий источников водоснабжения	39 ✓
Исследование физических свойств воды	40
Исследование растворенных примесей в воде	42
Ядовитые примеси	46
Заключение о качестве воды	47

Глава четвертая.

Добывание воды.

А. Водоснабжение грунтовой водой.

Способы отыскания подземных вод (водоразведка)	49
Определение мощности водоносного слоя и колодца	54
Водоснабжение колодцами	60

	Стр.
Шахтные колодцы	61
а) Колодцы с деревянным креплением	65
б) Колодцы с каменным креплением	71
в) Колодцы с бетонным и железобетонным креплением	73
Углубление в водоносный слой	76
Верхнее строение колодца	77
Водоподъемные приспособления	78
Трубчатые колодцы	79
Нортоповский колодец (абиссинский)	80
Добывание воды с глубины больше 7 м	88
Артезианские колодцы	90

Б. Водоснабжение из различных источников

Собирание дождевой воды	91
Водоснабжение речной и озерной водой	94
Водоснабжение ключевой водой	98

Глава пятая.

Очистка воды.

Способы очистки	100
Механические способы очистки	—
Химические способы очистки	103
а) Хлорирование	—
б) Марганцевокислый калий	105
в) Перекись водорода	106
г) Смешанные способы очистки	107
Очистка воды фильтрованием	—
а) Английские фильтры	—
б) Быстродействующие (американские) фильтры	112
Коагулирование воды	113
Отстойные бассейны	115
Фильтры для очистки малых количеств воды	117
Подвижные фильтры в иностранных армиях	—

Глава шестая.

Водопроводная сеть.

Расчет водопроводной сети	122
Устройство водопроводной сети	134
Проектирование водопроводных систем	138

Глава седьмая.

Водоснабжение в условиях боевой обстановки.

Водоснабжение при обороне	141
Водоснабжение окопов	—
Водоснабжение убежищ	153
Водоснабжение на походе	155
Источники	160

ВВЕДЕНИЕ.

Значение водоснабжения в деле обороны.

«От воды живет все» — гласит арабская поговорка. Действительно, весь животный и растительный мир нуждается в воде так же, как и в воздухе.

Людам вода нужна для утоления жажды и растворения пищи, которая только в растворенном виде усваивается организмом. Тело человека, 65% которого состоит из воды, теряет воду при дыхании, кожном испарении и мочеотделении. Потребность восстановления этой потери у человека выражается в виде жажды, которая утоляется так называемой *питьевой водой*. Вода составляет необходимое условие для совершающихся в нашем теле процессов разложения и соединения. Вода отчасти может как бы заменить нам пищу; человек без пищи может прожить месяц и более, а без пищи и воды не более 7—8 дней. В состав нашего тела вода входит в явной и открытой форме: кровь содержит — 79% воды, лимфа 96% и мышцы 75%. Если содержание воды в крови понижается на 3—4%, то немедленно наступают явления *самоотравления* вследствие прекращения выделения почками вредных примесей.

Громадное значение питьевой воды в мирное время еще в большей степени увеличивается в условиях военного времени.

До мировой войны вопрос о роли и значении водоснабжения войск находился в неразработанном виде во всех армиях. Развитие технических средств борьбы — отравляющих веществ, авиации — и применение этих средств для отравления источников водоснабжения, как один из способов поражения противника, чрезвычайно осложняет водоснабжение войск. Под угрозу ставятся все существующие как в тылу, так и на фронте открытые бассейны водоснабжения. Создаются величайшая угроза для войск и громаднейшие затруднения в вопросе снабжения их питьевой водой.

В минувшую империалистическую войну 1914—1918 гг. все страны уже в период военных действий были постав-

лены перед необходимостью решить сложнейшую задачу водоснабжения войск, совершенно не разработанную в мирное время. Выявлялась невозможность пользоваться на фронте открытыми источниками водоснабжения при наличии у противника отрааляющих веществ, потребовалось создание системы водоснабжения особыми тыловыми станциями, расположенными в значительном удалении от фронта, при посредстве специальных водопроводов с водоразборными пунктами и т. д. Во избежание отравления в районах, где не имелась водопроводная сеть, стремились осуществить водоснабжение подземной водой.

Водоснабжение подземными водами не всегда возможно вследствие их глубокого залегания, и кроме того они являются не вполне обеспеченными от отравления. На некоторых позиционных участках в минувшей империалистической войне были попытки отравления подземных вод, имеющих течение в сторону противника. Хотя это желательных результатов не дало, но в будущей войне, при наличии особо концентрированного яда и хорошем знании гидрогеологических особенностей местности, не исключена возможность полного или частичного отравления определенного бассейна подземных вод. Такого рода приемы могут быть осуществлены главным образом в условиях позиционной борьбы. В маневренных условиях подземные воды являются наиболее желательными источниками водоснабжения. Возможность снабжения войск водой из подземных источников требует наличия соответствующей материальной части (бурового имущества, Нортонских колодцев и т. д.) и соответственно подготовленных для этой задачи частей с руководящим персоналом.

Какое исключительное внимание приобрел вопрос водоснабжения к концу войны 1914—1918 гг. показывает пример подготовки наступательных операций на французском фронте, когда вслед за наступающими войсками прокладывались водопроводные трубы, так как успех удержания захваченных позиций зависел от непрерывного снабжения чистой, обеспеченной от отравления, водой. Английская армия на бельгийской территории была вынуждена по местным условиям работу по водоснабжению развернуть в широких размерах. За зиму 1916 г. и весну 1917 г. в районе Камбре—Месниа англичане уложили свыше 270 км водопроводных труб, построили ряд станций, подававших в сутки 6,75 млн. л воды. Это были главным образом стационарные сооружения, поэтому как только англичане отрывались от своей водоснабжающей базы, попадая в районы, оставленные противником со взорванными колодцами, так войска начинали страдать от отсутствия воды. Немалое количество исторических примеров можно привести из опыта граждан-

ской войны 1919—1920 гг. Особенно резко выявилось значение этого вопроса на среднеазиатском театре военных действий. Так, в борьбе за города Мерв, Чарджуй, Ашхабад и др. водоснабжение войск играло решающую роль.

Ряд иностранных армий в настоящее время имеет специальные гидротехнические части, главной задачей которых является водоснабжение. Так, в США¹ каждая армия имеет отдельный гидротехнический батальон, численностью в 578 человек, и обладает мощными средствами по очистке и доставке воды в корпуса и дивизии — 150 грузовиков с цистернами для перевозки воды и 12 грузовиков с фильтрами для очистки воды. Вопросы водоснабжения по опыту мировой войны в иностранных армиях учтены, и в настоящее время ведется интенсивное их изучение. Разрабатываются различные способы водоснабжения, типы фильтров, приемы очистки воды и т. д.; издаются специальные наставления и на всех занятиях, маневрах и учениях вводится элемент водоснабжения. Войска приучаются к тому, что всякая вода на вражеской территории заражена и пользоваться ею без предварительного исследования и очистки — нельзя.

Английское наставление «Водоснабжение» (изд. 1922 г.) по вопросу о роли водоснабжения говорит:

«Облегчения, оказываемые инженерными работами по водоснабжению, могут сильно повлиять на исход военных действий, особенно в тропических или безводных местностях или в тех случаях, когда на ограниченных пространствах сосредотачиваются значительные массы людей и животных. В маневренной войне движение войсковых частей может приостановиться до тех пор, пока не будет для них добыта в достаточном количестве вода».

Германский геолог д-р Вильзер в своей книге «Основы прикладной геологии по опыту войны» говорит: «На войне имели место случаи, когда сильнейшая позиция или сильно укрепленный лагерь благодаря отсутствию воды были лишены возможности сопротивляться».

Подобных цитат крупных специалистов о роли войскового водоснабжения можно привести не малое количество.

На основании перечисленных соображений можно установить следующие основные положения в области водоснабжения войск:

1. В будущей войне главным источником водоснабжения явятся подземные воды. Это положение приводит к необходимости снабжения войск гидротехническим имуществом и

¹ США — сокращенное название Соединенных штатов Америки.

гидрогеологическими картами возможных театров военных действий.

2. Исходя из опыта мировой войны и того размаха работ, какой может принять водоснабжение войск в будущей войне, следует предвидеть, что в период войны остро скажется недостаток гидротехнического имущества, поэтому в мирное время необходимо учесть имущество водоснабжения гражданского ведомства, могущее быть использованным для нужд войск. Гражданские специалисты водоснабжения во время войны должны быть привлечены для руководства делом водоснабжения в армии.

3. Ввиду сложности нахождения подземных вод и иногда их отсутствия, вопрос об очистке и исследовании питьевой воды приобретает весьма серьезное значение. Очистка и исследование воды как вопросы, встречающиеся ежедневно и требующие срочного разрешения, должны быть переданы полностью в руки инженерных войск. Походные фильтры, специальные наборы реактивов для полевого анализа воды и другие специальные приспособления для очистки и исследования воды должны быть неотъемлемым имуществом частей.

Историческое развитие водоснабжения.

Вопросы водоснабжения являются и являлись неразлучным спутником человеческого общества во все времена истории. Древний Египет и Индия знали систему водохранилищ и плотин, изобрели первые водоподъемные машины и колеса, пользовались гончарными и свинцовыми трубами. Китайцы в древности были широко известны своими работами по устройству каналов и глубоких колодцев (глубиной до 500 м). В Центральной и Средней Азии устраивались с большим искусством подземные галереи для собирания грунтовой воды — кяризы, существующие и поныне. В греко-римский период встречаются капитальные водопроводные сооружения; Рим имел 9 водопроводов общей длиной в 436,45 км, которые доставляли ежедневно около 1 000 000 куб. л воды. Римский водопровод в отличие от современной системы имел на каждый дом водопроводную трубу, которая шла из общего резервуара и оканчивалась на дворе дома, где из нее через фонтан вода непрерывно вытекала в бассейн. Возникновение водопровода в России относится к концу XVIII века — водопровод Мытищенский в Москве (1779 г.) и Таицкий для снабжения Детского села (1773—1787 гг.).

XIX столетие, которое характерно колоссальным развитием гигиенических и медицинских знаний дало мощный толчок делу водоснабжения. Не только крупные центры,

но и небольшие города предъявляют свои естественные требования на здоровую воду. В Германии устраивается водоснабжение отдельных поселков и даже домов, сводимых в группы и обслуживаемых так называемым групповым водоснабжением. Так, в Вюртемберге для 183 сел и местечек с общим количеством населения свыше 42 000 жителей устроен один общий водопровод.

Водопровод, как находящийся под постоянным санитарным надзором источник водоснабжения, резко уменьшил число заболеваний брюшным тифом, дизентерией и т. д.

Состояние водоснабжения в СССР — мало удовлетворительно в силу общей отсталости быв. России по сравнению с Западной Европой. Количество сооружений водоснабжения незначительно; обслуживают они главным образом большие города. Количество городов, имеющих правильное водоснабжение, в СССР всего 278 (по сведениям 1924 г.), которые распределяются по Союзу следующим образом:

РСФСР	214	городов с водопроводом
УССР	42	» » »
ЗСФСР	17	» » »
БССР	5	» » »

Итого . . 278 городов с водопроводом.

Имеющиеся водопроводы обслуживают всего лишь 16% населения СССР, которые пользуются водой, находящейся под постоянным санитарным контролем. В Англии всех водопроводов больше 1500, в Америке — более 3000.

Количество подаваемой воды всеми водопроводами СССР (в 1924 г.) составляет 700 000 куб. м (58 млн. ведер) в сутки, что составляет около 75% суточного расхода воды, потребляемого одним лишь Лондоном, или количество воды, которое река Нева дает в течение 15 секунд. Чикаго расходует около 3 200 000 куб. м воды.

В отношении источников водоснабжения водопроводы СССР распределяются следующим образом:

Реки	40%
Родники и ключи	38%
Колодцы	17%
Озера	5%

Большинство источников водоснабжения — открытые (реки, озера и т. д.); процент источников закрытых подземных вод у нас незначительный. Западноевропейские города стремятся перевести питание водопроводов из открытых водоемов к более чистым в бактериальном отношении — подзем-

ним водам, что помимо всего прочего движется соображе-
нием обороны страны. В Германии например к 1909 г.
число речных водопроводов составило лишь 8,3%, из общего
количества.

Наша отсталость в деле водоснабжения вообще обязы-
вает нас уделять вопросу водоснабжения войск больше
внимания, нежели в иностранных армиях.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

СВОЙСТВА ВОДЫ ВООБЩЕ.

Круговорот воды в природе.

— Вода в природе имеется в большом количестве — $\frac{3}{4}$ поверхности нашей земли покрыто водой, кроме того она заключается в воздухе и в земле. На полюсах земного шара и горных вершинах вода, в виде льда и снега, представляет существенную часть земной коры.

Вода в природе находится в постоянном круговороте. Под действием солнечной теплоты, вода, испаряясь с поверхности земли, рек, озер и морей, поднимается в виде пара, обращаясь в облака. Затем вода вновь возвращается на землю в виде так называемых атмосферных осадков. Из всей массы выпадающих на земную поверхность атмосферных осадков часть вновь испаряется, часть стекает в реки, озера и т. д. и наконец часть просачивается в почву, в более глубокие слои земной коры.

Атмосферные осадки. Выпадающие атмосферные осадки в виде дождя, снега и града обычно измеряются толщиной слоя (в миллиметрах), выпавшего в течение года. Южные страны, с жарким и сухим климатом, характерны малым количеством выпадающих осадков и большим испарением. Такие страны (например Средняя Азия) слабо населены, и сельское хозяйство без искусственного орошения там не возможно. Вопрос водоснабжения в таких местностях является центральным жизненным вопросом.

В местностях, где количество выпадающих осадков более 500 мм в год, вода встречается часто и легко добывается. Приведенная на стр. 12 таблица показывает количество выпадающих осадков в разных городах СССР.

Примерное распределение осадков по времени года в Европейской части СССР следующее:

Зима	15%
Весна	21%
Лето	42%
Осень	21%

Среднее количество выпадающих осадков (за 20 лет).

Наименование городов	Осадки в год в мм	Наименование городов	Осадки в год в мм
Ленинград	420	Астрахань	120
Киев	490	Кутаис	1 420
Одесса	360	Тифлис	490
Курск	430	Баку	250
Казань	350	Барнаул	230
Тобольск	460	Свердловск	340

В Закавказьи, по берегу Черного моря, годовой слой осадков доходит до 2000 мм. В Средней Азии он ничтожен — менее 100 мм. Наибольшее количество годовых осадков наблюдалось в Индии в Черрапунджи — 14 200 мм.

Испарение. Испарение воды, находящейся как в открытых водоемах, так и в почве происходит непрерывно. Испарение воды усиливается при следующих обстоятельствах: 1) теплом подвижном и сухом воздухе; 2) неровном виде поверхности грунта; 3) высоком уровне грунтовых вод и мелкозернистом грунте.

Опытами и наблюдениями установлено, что с неровной поверхности вода испаряется на 20% больше, чем с ровной, с лугов — на 150% и с полей под овсом и хлебом — на 200%.

Средняя высота слоя испарения со свободной поверхности воды составляет для южноевропейской части СССР от 500 до 800 мм в год. В некоторых местностях среднеазиатской части СССР испарение достигает 1 500—2 000 и даже 2 700 мм в год. Испарение в некоторых городах СССР показывает таблица на стр. 13.

Приведенные выше данные годового испарения распределяются по временам года следующим образом: зима — 7%, весна — 25%, лето — 51% и осень — 17%.

При устройстве водоснабжения, если источниками являются цистерны, бассейны и т. п., поверхность коих открыта, испарение соответствующим образом должно быть учтено.

Просачивание. Часть выпадающих атмосферных осадков просачивается в глубь почвы в ниже лежащие слои, усиливая и питая подземные воды. Просачивание в землю уси-

Среднее годовое количество испаряющейся воды (составлена по 15 летним наблюдениям).

Наименование городов	Испаре- ние в год в мм	Наименование городов	Испаре- ние в год в мм
Ленинград	331	Свердловск	469
Пинск	444	Скопин	572
Василевичи	631	Киев	449
Вышний-Волочек	352	Харьков	430
Москва	434	Малый Узень	908

ливается при следующих обстоятельствах: 1) пористом, крупнозернистом грунте; 2) многочисленных, но равномерно распределенных по времени, коротких дождей; 3) медленном и равномерном повышении температуры воздуха весной.

Классификация вод в природе. Соответственно круговороту воды в природе, воды по своему происхождению можно разделить на следующие 4 группы:

1. *Атмосферные воды*, падающие на землю в виде дождя, снега и т. п..
2. *Подземные воды*, находящиеся в различных слоях земли;
3. *Наземные воды*, находящиеся на поверхности земли в виде рек, озер, ручьев и т. п.
4. *Морские воды* — моря и океаны, которые по своему составу, качествам и свойствам резко отличаются от вод наземных (озер, рек и т. п.).

Общие свойства воды.

Общие сведения. Вода в чистом виде есть продукт химического соединения водорода с кислородом. Две весовых части водорода с 16 весовыми частями кислорода дают химически чистую воду. Такая вода представляет собой бесцветную, лишенную всякого запаха жидкость, ее химическое обозначение — H_2O . Вода в химически чистом виде в природе не встречается, она всегда содержит примеси либо в растворенном виде, либо в виде механических примесей. Кроме того большинство вод содержит микроорганизмы.

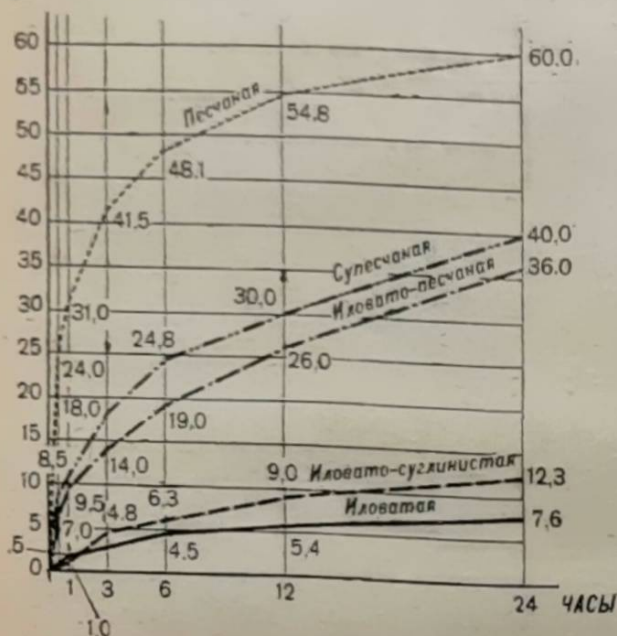
Химически чистую воду можно найти в верхних, не загрязненных слоях атмосферы, а также можно приготовить

искусственным путем. Воду, искусственно очищенную от примесей, называют дистиллированной.

Вода имеет наибольшую плотность при давлении атмосферы 760 мм и температуры 4,03 С. При таких условиях 1 л воды весит 1 кг. В зависимости от примесей вес воды бывает:

1 куб. м чистой воды	1 000 кг
1 » » мутной (канализационной) воды	1 200 »
1 » » наполненной пузырьками воздуха	930 »
1 » » морской (черноморской)	1 016 »
1 » » океанской	1 036 »
1 » » рата (вода соленых озер)	1 250 »

Капиллярность воды. Капиллярностью называется свойство воды подниматься вверх, вопреки действию силы тяжести, по волосным трубкам и мельчайшим порам грунта.



Фиг. 1. Капиллярность почв разного механического состава.

в трубке, диаметром d мм, выражается следующей формулой:

$$h = \frac{30 (1 - 0,02 t)}{d},$$

где t — температура жидкости по Цельсию. Капиллярность воды в военной гидротехнике вообще и в водоснабжении в частности имеет большое практическое значение.

Физические качества воды.

Температура. Питьевая вода должна иметь определенные температурные нормы, а именно от 5° до 13°С. Вода с температурой ниже 5° для некоторых людей может быть

вредной, а вода с температурой выше 13° не освежает. При устройстве водоснабжения водопроводные трубы следует закладывать в землю на соответствующей глубине, дабы зимой их предохранить от промерзания, а летом — от нагревания.

Температура открытых водоемов (рек, озер и т. п.) зависит от колебаний температуры воздуха (за исключением зимнего периода). Подземные воды имеют температуру окружающего их грунта. Влияние колебаний температуры воздуха прекращается в земле примерно на глубине 10 — 20 м. Нагревание почвы летом и охлаждение ее зимой передаются в глубину с большим запозданием вследствие малого коэффициента теплопроводности земли, чем и объясняется факт холодной воды в глубоких колодцах в мае — июне и относительно теплой в ноябре — декабре.

Прозрачность воды. Прозрачность воды зависит от присутствия в воде взвешенных частиц ила, глины, песка и т. д. Вода, предназначенная для питья, должна быть совершенно чиста, прозрачна и при отстое не давать осадка. Всякую мутную воду нужно рассматривать как воду недоброкачественную, которой можно пользоваться лишь при условии очистки. Очень часто после дождей ключевые воды мутнеют, это показывает, что между поверхностными водами и ключевыми имеется сообщение. В этом случае необходима изоляция одних от других.

Цвет воды. Чистая вода без примесей, при небольшой высоте — бесцветна. С увеличением толщи воды она принимает голубоватый цвет, который с увеличением глубины (несколько метров) переходит в зеленоватый.

Цвет воды зависит от взвешенных и растворенных в ней веществ. Так, мелкие илстые и глинистые частицы окрашивают воду в серый и бурый цвета, болотная вода, содержащая гуминовые кислоты, имеет цвет желто-буроватый, и т. д.

Взвешенные частицы удаляются сравнительно легко фильтрованием, растворенные — химическим путем. Питьевая вода должна быть бесцветной, либо иметь слабо голубоватый оттенок.

Запах воды. Запах воды происходит от растворенных в ней газов и продуктов гниения, а иногда от присутствия в воде микроорганизмов и водорослей. Гниющие деревянные части колодца, гуминовые вещества и продукты разложения органических веществ сообщают воде затхлый, гнилостный запах. Иногда подземная вода, проходя через слои грунта и растворяя содержащееся там железо, приобретает характерный запах, который легко удаляется посредством аэрации воды. Аэрацией воды называется раздробление водного потока на мелкие струйки для увеличения площади

соприкосания воды с воздухом, при этом газ выделяется и под действием кислорода воздуха вода освежается.

Питьевая вода должна быть без запаха.

Вкус воды. Вкус воды зависит от растворенных в ней веществ. Присутствие в воде хлористого магния, солей, железа и меди, глауберовой соли, гуминовых веществ, сточных вод и т. д. придают воде неприятный вкус. Содержание извести в воде делает воду приятной на вкус. Вода, лишенная извести, — безвкусна.

Освежающий вкус питьевой воды обуславливается главным образом содержанием углекислоты. Кипяченая вода освежающий вкус теряет, так как во время кипячения углекислота из воды выделяется. Питьевая вода должна иметь приятный, освежающий вкус и не должна обладать каким-либо другим ярко выраженным привкусом.

Примеси в воде и их влияние на ее качества.

Как сказано выше, химически чистая вода в природе не встречается. Для питьевых целей вода химически чистая не годится, так как она вредна для человеческого организма. Употребление такой воды повело бы к выщелачиванию из его организма необходимых солей. Химически чистая вода на низшие организмы действует как яд.

Примеси в воде делятся на следующие основные группы: 1) механические примеси, в большинстве своем взвешенные частицы грунта; 2) растворенные примеси, в виде газов, солей, кислот и т. д.; 3) органические примеси, в виде частиц органических веществ животного и растительного происхождения; 4) биологическое и бактериологическое состояние воды.

Первая группа, т. е. механические примеси, особых затруднений не вызывает, так как они легко удаляются отстаиванием и фильтрованием. Влияние этой группы на качество воды нами рассмотрено при разборе физических качеств воды. Остальные три группы имеют особо важное значение, так как некоторые примеси делают иногда воду совершенно непригодной для употребления.

Растворенные примеси. Рассмотрим главнейшие, наиболее часто встречающиеся, примеси, количеством которых определяется качество воды. Ниже приведем перечень таковых растворенных примесей.

1. *Аммиак* (NH_3). Происхождение аммиака в воде объясняется следующими причинами: а) гниением попавших в воду человеческих и животных извержений; такая вода при содержании 0,1 мг аммиака на 1 л воды в качестве питьевой недопустима; б) процессом окисления моха, торфа и т. д.; это имеет место преимущественно в болотных водах,

и в) химическим процессом, при просачивании через грунт определенного состава; это касается исключительно вод подземных. Следовательно одно присутствие аммиака еще не определяет непригодность воды, — нужно установить причины происхождения аммиака, и если таковые являются последствием сточных вод и продуктов разложения, то, как было сказано, подобная вода для питья негодна.

2. *Азотистая кислота* (HNO_2). Наличие в воде азотистой кислоты в большинстве случаев указывает на загрязнение животными отбросами и сопровождается всегда бактериальной жизнью, поэтому *азотистая кислота в питьевой воде недопустима*. Присутствие азотистой кислоты в грунтовых водах (что встречается редко), если таковые не соединяются с надземными, гигиенически безвредно. Факт, что они действительно не сообщаются, должен быть тщательно проверен.

3. *Азотная кислота* (HNO_3) является конечным результатом окисления веществ, содержащих азот. Если ее происхождение объясняется геологическими свойствами грунта, то она допускается до 30 мг на 1 л. Если же причиной появления служат человеческие и животные отбросы, то такую воду нужно считать негодной для питья.

4. *Железо* (FeO). Железо содержится в воде в виде растворенных солей закиси железа. Примесь железа по преимуществу содержится в водах грунтовых и отчасти болотистых. Из почвы вода получается совершенно прозрачной, но когда часть углекислоты выделится и вода подвергается действию кислорода воздуха, то это характеризуется появлением мути до молочно-белого цвета и заканчивается желто-коричневым или красно-бурым пушистым осадком. Это явление измеряется минутами, а иногда часами.

Гигиенически железистые воды безвредны, но они обладают практическим неудобством, — имеют неприятный запах, имеют вкус чернил; чай и кофе, заваренные такой водой, теряют вкус, белье вымытое покрывается желтыми пятнами и т. д. Поэтому везде, где требуется чистая вода, таковая не должна содержать железа более 0,2 — 0,3 мг на 1 л. Удаление железа достигается сравнительно просто посредством аэрации и фильтрования.

5. *Хлор* (Cl). Содержание хлора в воде не должно превышать 30 мг на 1 л. Наличие хлора более 30 мг делает воду подозрительной, указывая на загрязнения фекального (сточные воды, животные отбросы и т. п.) характера, и тогда необходимо произвести бактериологическое и биологическое исследование, до этого вода в качестве питьевой служить не должна.

6. *Фосфорная кислота* (P_2O_5) указывает на фекальный

характер загрязнения. В питьевой воде не допускается вовсе.

7. *Газы.* Вода обладает свойством растворять газы и поэтому всегда содержит в себе различные виды газов. Обычно вода содержит следующие газы: кислород, углекислота и иногда сероводород. Первые два являются полезными для нашего организма, их присутствие сообщает воде приятный освежающий вкус. Сероводород — сильный яд и содержащая его вода ни для питья, ни для промышленности не годна. Сероводород легко удаляется из воды аэрацией (т. е. обволакиванием), но так как он является продуктом разложения органических веществ (в редких случаях химического процесса железистых почв), то его присутствие делает воду подозрительной и требует всестороннего исследования.

8. *Жесткость воды.* Известь и магнезия в соединении с кислотами придают воде особое свойство, называемое «жесткостью». Жесткая вода обладает следующими свойствами: при кипячении на стенках посуды образует «накипь», при мытье плохо мылится и требует увеличенного расхода мыла, при варке овощей таковые плохо развариваются, теряют вкус и уменьшается их питательность, плохо заваривается чай и приобретает мутный цвет и т. д. Жесткость воды измеряется градусами, имеющими различное значение в Германии, Англии и Франции. В Германии под градусом жесткости подразумевается присутствие 10 мг извести на 1 л воды; в Англии 1° соответствует содержанию 10 мг углекислой извести на 0,7 л воды; во Франции 1° жесткости выражает присутствие 10 мг углекислой извести в 1 л воды. Соответствие между градусами жесткости перечисленных стран можно выразить следующим отношением:

1 немецкий градус жесткости	= 1,25 англ.	= 1,79 франц.
1 английский »	» = 0,8 немецк.	= 1,43 »
1 французский »	» = 0,56 »	= 0,70 англ.

В СССР принято пользоваться немецкими градусами жесткости.

Определение жесткости воды в градусах производится на основании свойства мыла вспенивать воду. Вода, содержащая соли, имеющие основанием известь и магнезию, только в том случае вспенивается, когда последние нейтрализованы. Вода, не содержащая извести и магнезии, так называемая «мягкая», вспенивается сразу. В особых пробирках, называемых гидротиметрами, учитывается количество мыла, затрачиваемое на нейтрализацию известковых солей. Градусы жесткости отсчитываются на гидротиметре по нанесенным делениям.

Воду до 8° жесткости (немецких) считают мягкой, а свыше 20° — жесткой.

Жесткие воды для питьевых целей совершенно безвредны. В отношении вкуса жесткая вода не отличается от мягкой. Взгляд, что мягкая вода вкуснее или наоборот, — объясняется привычкой употребления. Имеются примеры пользования водой жесткостью до 100 немецких градусов. Существует мнение, что некоторые кожные, нервные и сердечные болезни являются последствием употребления мягкой воды, а также что мягкая вода предрасполагает детей к рахитизму. Эти мнения еще научно необоснованы и факты не проверены, однако английская статистика указывает, что смертность в городах, употребляющих жесткую воду, меньше чем в городах с мягкой водой.

Органические примеси. Органические примеси в водах открытых источников бывают: 1) растительного и 2) животного происхождения. Окисляясь и разлагаясь, первая группа дает различные органические соединения (не содержащие в себе аммиака) твердого и газообразного порядка. Вторая группа образует аммиак, переходящий затем в азотистую и азотную кислоты. Следовательно, аммиак является верным показателем присутствия в воде органических веществ животного происхождения. Присутствие в воде первой группы терпимо, второй же — *совершенно недопустимо*.

Органические вещества удаляются аэрацией, фильтрованием и посредством химического воздействия.

Биологическое и бактериологическое состояние воды. Вещества, осевшие на дно и стенки водоема, а также находящиеся в взвешенном состоянии, состоят в большей части из живых и отмерших организмов. Эти низшие организмы, которых нельзя обнаружить невооруженным глазом, называются *бактериями* или *микробами*. Условия размножения, место, классификация их и т. п. составляют специальный предмет биологического анализа.

Бактерии встречаются почти во всех водах. Опытами было обнаружено следующее количество бактерий в 1 куб. см в следующих водах:

В загрязненной речной воде . . .	до 10 000 000	зародышей
» чистой речной воде	» 125 000	»
» воде больших озер	» 1 500	»
» хорошо защищенной от загрязнения колодезной воде	от 10 до 1 000	»
» ключевой воде, хорошо защищенной от загрязнения	» 0 » 200	»
» артезианской воде	0	»

Огромные количества низших организмов вообще не страшны, но опасны даже в весьма незначительном количестве так называемые *патогенные*, или *болезнетворные бактерии*, вызывающие заболевания. Патогенные бактерии, передающие посредством воды заболевания, имеются следующих

видов: бактерий тифа, паратифа, холеры, дизентерии и чумы. Эти бактерии при благоприятных для них условиях живут в воде месяцами, а некоторые свыше года. Патогенные бактерии в питьевой воде не размножаются, продолжительность их пребывания в воде зависит от состава последней. Полная зависимость бактерий от окружающей среды, чувствительность их к химизму воды обуславливает присутствие патогенных бактерий в водах, загрязненных органическими веществами животного происхождения, и в водах с большим числом бактерий вообще.

Выяснение общего числа бактерий в определенном объеме воды (количественный анализ) и исследование на выявление различных видов бактерий (качественный анализ) — составляют предмет бактериологического анализа.

Требования, предъявляемые к питьевой воде.

Питьевая вода должна удовлетворять следующим требованиям: 1) не иметь в себе ядовитых примесей; 2) не иметь в себе примесей как в растворенном, так и взвешенном виде, вредно действующих на здоровье человека; 3) не иметь патогенных бактерий; 4) быть вкусной и прозрачной и 5) не иметь запаха.

Оценка качеств питьевой воды производится по следующим видам: 1) физическим, 2) химическим и 3) бактериологическим. Руководствуясь данными каждого из приведенных видов, составляется оценка качеств воды. Выработка определенных норм по перечисленным направлениям составляет весьма сложную задачу; ею занимались как отдельные ученые, так и целые конгрессы и съезды соответствующих специалистов, и несмотря на это единых норм не установлено.

Для войскового водоснабжения могут быть приняты следующие нормы как основные требования, предъявляемые к питьевой воде (за основу взяты нормы, приведенные в труде проф. Сурина «Водоснабжение», ч. 1) см. табл. на стр. 21).

Нормы потребления воды.

Для гражданского населения в мирное время расход воды зависит от привычек потребителя и степени культурности. Разные города, в разные годы и в разных странах, хотя бы с одинаковым числом потребителей, имеют разное потребление воды. Насколько различно потребление воды в разных городах, видно из следующих сопоставлений. На 1 человека расходуется в сутки: в Ленинграде — 185 л, а в Самаре 13,5 л, т. е. почти в 14 раз меньше, в Риме — 650 л, в Бостоне — 64 л, т. е. в 10 раз меньше, в Нью-Йорке — 312 л, а в Твери — 8 л, т. е. в 39 раз меньше, в Вашингтоне — 590 л, а в Москве — 52 л, т. е. в 11,5 раз меньше.

Наименование	Основные требования
Температура	Желательно между 7° и 11° С, но не ниже 5° и не выше 14°.
Внешний вид	Бесцветна и прозрачна.
Запах	Вода должна быть без запаха; недопустим гнилостный или капустный запах.
Вкус	Должен быть освежающим, вода не должна иметь вкус чернил.
Реакция	Должна быть нейтральная или слабо щелочная; кислотная недопустима.
Содержание аммиака	Если происхождение его вызвано гниением — допустимы лишь следы; если же он органического происхождения (при подземных водах), то вода безвредна.
Содержание азотистой кислоты	Допустимы лишь следы; лучший показатель загрязнения фекального порядка.
Содержание азотной кислоты	Не более 20 мг на 1 л, если вода не содержит аммиака и азотистой кислоты — безопасно.
Жесткость	Зависит от привычки потребителя. Желательно между 5° и 10° (немецк.), но не свыше 25°.
Содержание железа	Для здоровья не опасно, но там, где требуется чистая вода, она может иметь не более 0,3 мг железа на 1 л.
Содержание свинца	Не свыше 0,35 мг на 1 л 1 л.
Содержание хлора	Не свыше 30 мг на 1 л. Часто служит показателем фекального загрязнения.
Содержание сероводорода	В железистых водах безопасно; в других случаях указывает на загрязнение сточными водами.
Содержание серной кислоты	Не более 100 мг на 1 л.
Содержание фосфорной кислоты	Недопустимо, почти всегда указывает на загрязнение фекального характера.
Вес остатка после выпаривания	Не свыше 400 — 500 мг и 1 л.
Расход марганцево-кислого калия на окисление органических веществ	Не свыше 10 — 12 мг на 1 л; иногда при органических веществах растительного происхождения допускается больше.
Бактериологическое состояние	В воде не должно быть болезнетворных и подозрительных микроорганизмов.

Расход в боевых условиях нормируется тактической обстановкой и наличием воды. Снабжение войск водой в районе непосредственных боевых действий протекает в неблагоприятных условиях при постоянном обстреле и возможном отравлении открытых водосточников ОВ. Несмотря на эти условия, вода для войск должна быть доставлена в необходимом количестве. Здесь необходимое количество сводится до минимальной нормы удовлетворения питьевых нужд войск.

По мере удаления от района непосредственных боевых действий в сторону тыла нормы расхода воды для войск увеличиваются. Будущая война, обострив вопрос водоснабжения, потребует полного учета и расчета подводимой воды, сообразно сферы военных действий.

Для подсчета расхода воды при проектировании водопроводных сооружений и при снабжении частей подводимой водой на театре военных действий могут быть приняты за основу следующие нормы, составленные по данным военнотехнической литературы иностранных армий на основе опыта мировой войны (см. таблицу на стр. 23).

Английское наставление «Водоснабжение» устанавливает следующие нормы суточного потребления (в умеренном климате):

Потребитель	Условия потребления	Норма в литрах	Примечание
Человек	Постоянное место расквартирования войск	135	Включая канализационный расход.
	Постоянный лагерь .	67,5	Без канализационных расходов.
	Временный » .	22,5	Без канализационных расходов.
	Абсолютный миним.	4,5	На отдыхе, в покое.
	» »	1,5	В походе в период времени не свыше 3 дней.
Лошадь, вол, мул	Нормально	4,5	Возможно оставлять лошадь без воды не более 48 часов; на водопое она пьет 13,5 л в течение 5 минут.
	Абсолютный миним.	13,5	

№ по порядку	Назначение воды	Расход воды в литрах							
		Перед. позиция		Ближ. тыл		Глуб. тыл фронт		Мягкое время	
		Наим.	Норм.	Наим.	Норм.	Наим.	Норм.	При кан.	Без кан.
1	Питьевой расход на 1 человека	1,5	3	4	5	5	6	—	—
2	На варку пищи и умывание	—	6	10	20	20	25	100—125 ¹	40—50 ¹
3	Для бань на 1 чел.:								
	а) паровых	—	—	40	58	58	84	84	84
	б) душевых	—	—	15	18	15	18	25	25
4	Для прачечных при ручной стирке:								
	а) на 1 кг сухого белья без замочки и полоскания	—	5	5	10	8	12	15	15
	б) то же с замочкой и полосканием	—	8,5	—	15	24	30	40—45	40—45
5	Для прачечных механических	—	—	—	—	30	40	30—40	—
6	На 1 раненого в передовом госпитале	—	10	10	20	20	40	—	—
7	На 1 раненого в тыловом госпитале	—	—	—	—	100	150	—	—
8	На 1 лошадь или корову	9	14	14	25	25	40	40—50	40—50
9	На 1 голову мелкого скота	2	3	4	5	5	10	15	15
10	На 1 голову крупного скота	10	15	15	25	30	50	50	60

¹ Включая сюда расход воды на хозяйственные надобности.

Германское наставление «Общая полевая служба для всех родов войск» (изд. 1924) дает следующие нормы потребления в 1 день:

Потребитель	Норма в литрах	Для каких целей
1 человек	4,5	Питье и варка пищи.
1 » 	20	Купанье.
1 » 	20	Стирка белья и платья.
1 лошадь, мул	45	Питье в 3 водопоя.



Военно-Ученый Архив

<https://warlib.site/>

https://t.me/warlib_site

ГЛАВА ВТОРАЯ.

СВОЙСТВА ВОДЫ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ.

Источниками водоснабжения, как уже выяснено, могут быть: 1) атмосферные воды, 2) наземные воды, 3) подземные воды и 4) морские воды.

Каждый вид этих вод имеет свои особенности и свойства, которые и следует учитывать при выборе источника водоснабжения.

Атмосферные воды.

Атмосферные осадки, выпадающие на землю в виде дождя, снега и т. д., называются *атмосферной водой*. Атмосферная вода, как прошедшая процесс дистилляции в первоначальной своей стадии в виде водяных паров, обладает высокой степенью чистоты, но при проходе дождевых капель через воздушные слои она поглощает содержащуюся в воздухе пыль и сажу, а также насыщается газами и зародышами микроорганизмов. В местности густо населенной, изобилующей фабриками, выпадающая атмосферная вода будет значительно грязнее, чем в местности не заселенной, имеющей поля и леса. Выпадающая атмосферная вода является всегда более чистой, нежели вода открытых источников; она после небольшой очистки годна для питья и других хозяйственных надобностей. Обладая малой жесткостью, для технических целей она пригодна без очистки. Наибольшее загрязнение атмосферной воды происходит на поверхности земли, стекая по которой, она принимает в себя все загрязнения этой поверхности. Атмосферные воды бесцветны, прозрачны, не имеют твердых примесей, обладают слабой жесткостью, вкус их пресен и вял.

Наземные воды.

Наземными называются воды, уровень которых находится над земной поверхностью (озера, пруды, реки и т. д.). Наземные воды делятся на: 1) проточные (текучие) воды

(реки) и 2) стоячие (озера). Источниками водоснабжения могут служить следующие виды наземных вод: реки, озера и болота.

Речная вода.

Расход воды в реках поддерживается: 1) атмосферными осадками, которые стекают по наклону местности в виде ручейков и малых речек, впадающих в реки, и 2) подземными водами, которые стекают в русло реки по наклонным водонепроницаемым пластам. Вся местность, с которой атмосферные осадки могут естественно стекать в данную реку, или в ее притоки и разветвления, называется *бассейном реки*. Большие и многоводные реки обладают весьма обширной площадью бассейна. В помещенной ниже таблице приведены данные, касающиеся наиболее значительных рек европейской части СССР:

Название реки	Длина реки в км	Площадь бассейна в кв. км
Волга	3 605	1 461 480
Днепр	2 155	519 840
Дон	2 112	430 920
Северная Двина . .	715	363 660
Нева	75	282 720

Реки как источники водоснабжения удобны тем, что они надежно обеспечивают потребный расход воды. Около 80% всей воды, забираемой водопроводами СССР, составляют воды рек.

Чистота речной воды зависит:

1. От источников, которыми питается река. Так, реки, берущие свое начало из болот, имеют много органических примесей (например Днепр). Такие реки содержат мало кислорода и часто содержат сероводород.

2. От геологических напластований, образующих ложе реки. Вода рек с лёссовым и другим легко размываемым ложем несет много мути, например Аму-Дарья несет такое

количество размываемого лёсса, что воды ее имеют шоколадный цвет. Воды горных рек, протекающие по каменистым грунтам, обыкновенно бывают свободными от механических примесей, отличаются прозрачностью и большой жесткостью.

3. От количества грязных вод, сбрасываемых в реки при проходе последних через населенные пункты. Чем больше в данном пункте промышленных заведений, тем больше будут загрязняться проходящие реки.

Исследованиями установлено, что в проточных водах непрерывно происходит процесс самоочищения — воды рек стараются освободиться от попавших в них загрязнений и вновь приобрести свою чистоту. Это природное свойство называется *самоочищением рек*.

В процессе самоочищения участвуют следующие факторы: 1) механические, 2) химические и 3) биологические. Нечистоты, попавшие в реку, прежде всего разжижаются обильным количеством чистой речной воды, затем частью оседают на дно, образуя на нем слой осадка, а частью уносятся течением. Осевший на дне осадок разлагается (гниет), а образующиеся при разложении газы — сероводород и др. уходят в воздух. Осадок бывает богат бактериями, среди которых болезнетворные погибают. Органические вещества и другие нечистоты, уносимые течением, постепенно окисляются кислородом, содержащимся в воде, и садятся на дно. По окончании этих процессов вода приобретает свой первоначальный состав. Расстояние от места впуска нечистот до места, где сказывается результат самоочищения зависит: 1) от скорости течения, 2) степени загрязнения и 3) характера русла и берегов. Вообще самоочищение тем быстрее, чем многоводнее река и чем скорость течения больше.

Принято считать самоочищение достаточным при пробегах воды на расстояние около 20 км от места загрязнения, при условии отсутствия попутных загрязнений.

Вода рек в расположении городов имеет наибольшее загрязнение; так, вода Невы при вступлении в Ленинград содержит 300 — 3 000 зародышей в 1 куб. см, а при выходе содержит 6 500 зародышей в 1 куб. см, вода Фонтанки содержит 21 600 зародышей в 1 куб. см, а вода Мойки — 110 000 зародышей.

Химические свойства речной воды зависят от свойств геологических напластований, по которым текут реки.

Обычно вода рек мутная, их жесткость не превышает 10° (немецких). В общем, вода рек редко отвечает всем требованиям, предъявляемым к питьевой воде, но в большинстве случаев речную воду при помощи отстаивания и фильтрования можно превратить в хорошую питьевую воду.

Озерная вода.

Свойства озерной воды зависят:

1. От источников, которыми питается озеро: ключи и подземные воды увеличивают жесткость и понижают температуру; вливающиеся грязные реки загрязняют озерную воду и т. д.

2. От величины озера. Каждое озеро является как бы отстойником и чем больше размеры озера, тем сильнее попадающая грязная вода разжижается и взвешенные частицы — муть, бактерии и т. п. — осаждаются на дно, тем самым осветляя воду. Кислород воды умерщвляет находящиеся бактерии и наконец солнечные лучи, пронизывающие воду, действуют на бактерии химически, окисляя их. Этот естественный процесс очистки озерной воды, как и речной, носит название самоочищения. Чем больше по своим размерам озеро, тем интенсивнее совершается процесс самоочищения.

Чрезвычайной чистотой и прозрачностью отличается вода оз. Байкал: на глубине до 15 м совершенно ясно видно дно, а на 10 м отчетливо видны мельчайшие камешки.

3. От характера населенных пунктов на берегах озера. Если близ берегов имеются города или фабрики, то озеро представляет малонадежный источник питьевой воды.

Наиболее чистая вода в озерах содержится в средней ее площади; края ее — береговая зона содержит повышенное количество бактерий, уменьшающееся по мере отхода от берега к центру озера. Ширина наиболее загрязненной береговой зоны для разных озер различна; для Ладожского озера она достигает 2—3 км.

Помутнение воды, вызываемое ветрами, движением лодок и т. п., повышает содержание бактерий. Менее всего меняются от внешних воздействий слои, находящиеся на середине толщи воды. При водоснабжении желательно воду забирать возможно ближе к *середине озера и с середины глубины*.

В озерах незначительных по своим размерам качество воды исключительно зависит от местных условий. Для подробного определения годности данной воды нужно исходить из конкретных данных.

Как правило, озерная вода при применении ее в качестве питьевой *подлежит обязательной фильтрации*; отстаивание ее излишне.

Болотная вода.

Болотная вода как источник водоснабжения крайне нежелательна. К нему приходится прибегать в силу крайней необходимости, обусловливаемой боевой обстановкой. Бо-

лотные воды содержат в себе много органических прие-
сей растительного порядка, очень часто содержат серово-
дород, бедны кислородом и обильно насыщены микроорга-
низмами. Цвет их зеленоватый. Вода содержит тину и
слизь растительного происхождения. Болотные воды при
применении их в качестве питьевых должны тщательно
освежаться (аэрироваться), фильтроваться, а иногда и де-
зинфицироваться.

Свойствами болотных вод, в большей или меньшей сте-
пени, обладают воды открытых водоемов малых размеров
со стоячей водой (пруды, бассейны и т. п.). При пользова-
нии такими водами они очищаются аналогично болотным.

Подземные воды.

Подземными называются все воды, находящиеся ниже
поверхности земли.

Подземные воды бывают текущие, образующие
иногда мощные подземные реки, и стоячие в виде подзем-
ных озер различных размеров. Движение воды вызывается
соответствующим уклоном водоносного слоя. Подземные
воды передвигаются чрезвычайно медленно. Суточный путь,
который проходит вода, *измеряется* 3—5 м, т. е. для про-
хождения 1 км требуется до 200 суток, а в течение года
вода не проходит даже 2 км.

Движение подземной воды происходит по порам грунта.
Пористость грунта m называется отношение объема
пустот грунта Q_0 к объему взятого грунта Q , т. е.:

$$m = \frac{Q_0}{Q}.$$

Чем больше пористость грунта, тем лучше он про-
пускает через себя воду и тем скоростр движения подзем-
ной воды бывает больше.

Пористость m наиболее часто встречающихся грунтов
указана в таблице, приведенной на стр. 30.

Грунты, способные быстро поглощать воду и быстро ее
пропускать через себя, носят название *водопроницаемых*,
или *водоносных пород*. Водоносными породами являются:
1) породы рыхлые, сыпучие, преимущественно пески, 2) по-
роды пористые (во всей своей массе), например песчаники,
мел, некоторые известняки и др. и 3) породы сами по себе
водонепроницаемые, но имеющие трещины и щели.

Породы, не пропускающие воду или пропускающие
в самых незначительных количествах, носят название водо-
непроницаемых или *водоупорных пород*. К водонепрони-
цаемым относятся породы плотного кристаллического строе-

Породы	Пористость т	Породы	Пористость т
Известняк	0,007 — 0,2	Песок:	
Лёсс	0,41 — 0,46	Диаметр меньше 2 мм	0,36
Гравий:		Диаметр меньше 1 мм	0,40
Диаметр зерна 4 — 7 мм	0,37	Диаметр меньше 0,3 — 0,25	0,42
Диаметр менее 4 мм	0,36	Глинистый гравий	0,46 — 0,55
Глина	0,31 — 0,34	Торф	0,81
Мелкозернистый суглинок	0,55	Мел	0,14 — 0,43

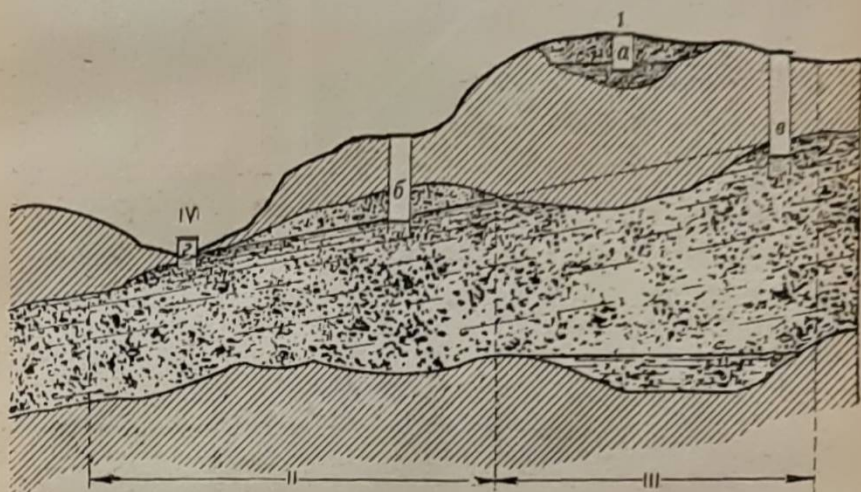
ния (гранит, диорит и др.), все горные породы и главным образом *глины*.

Образование подземных вод. С древних времен люди искали объяснений происхождения всей той массы воды, которую вносят в море непрерывно текущие реки. Казалось невероятным, что эти воды поддерживаются лишь атмосферными осадками; с другой стороны еще более непонятным казался факт, что моря, несмотря на постоянный приток, не только не переполняются, но остаются на постоянном уровне. Для объяснения этих фактов была выдвинута гипотеза внутреннего круговорота воды, предполагающая, что воды из морей и океанов каким-то образом попадают в недра земли, поднимаются на разные высоты и питают реки, озера и т. д.

В начале XVIII века, с основанием и развитием новых наук — гидрологии, ведающей круговоротом воды в природе, и метеорологии, — было доказано, что испарение с поверхности земного шара, дающее материал для осадков, так велико, что реками выносятся в море лишь часть осадков, падающих на сушу. Другая часть осадков поглощается почвой и в виде подземной воды питает озера, реки и затем вливается в море. Наконец третья часть, весьма значительная, вновь испаряется с земной поверхности и поступает в атмосферу, обуславливая новые осадки. Ученым Мерреем было подсчитано, что на всю поверхность материков земного шара в год выпадает 122 500 куб. км

воды. Если эту воду равномерно распределить по всей поверхности суши, она покрыла бы таковую слоем воды в 0,844 м. В действительности в различных странах количество выпадающих осадков различно, оно колеблется от 0 до 14,2 м (Индия). По вычислениям Меррея реки в море вливают всего лишь 27 200 куб. км воды, остальная масса воды (осадков) около $\frac{1}{3}$ испаряется и уходит на питание подземных вод.

Реки питаются как непосредственно стекающими по склонам бассейна осадками, так и подземными водами, ко-



Фиг. 2. Почвенные и грунтовые воды: I (колодез а)—почвенная вода или «верховодка»; II (колодез б)—безнапорная грунтовая вода; III (колодез в)—грунтовая вода под напором; IV (колодез г)—ключевая вода.

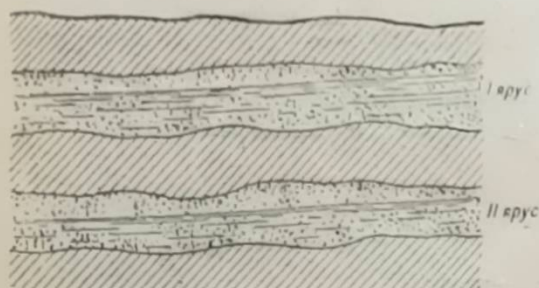
торые в свою очередь питаются осадками. Этот «внутренний» сток оказывает большое влияние на режим рек зимой и летом. В период засух он один поддерживает водоносность рек. Такое состояние реки, когда она питается подземными водами и запасными водами в болотах и озерах, называется *меженным состоянием* (меженью).

Внутренний приток подземных вод вследствие малой скорости их движения (около 3—5 м в сутки) зависит не от годового периода осадков, а является результатом гидрологического режима многолетнего периода.

Объяснение образования подземных вод исключительно проникающими в грунт осадками называется *теорией инфильтрации*.

Теорией инфильтрации однако нельзя объяснить целый ряд явлений, как увеличение воды в грунте после продолжительной засухи и уменьшение ее после дождей, существование подземных вод в пустынях, где осадки редки и

где испарение значительно превышает количество осадков. Учеными *Фольгером, Мезгером, Лебедевым* и др. выдвинута теория образования подземной воды путем конденсации водяных паров атмосферы; вместе с атмосферным воздухом в поры грунта проникают водяные пары, которые, встретив более низкую температуру, переходят в жидкое состояние и медленно по порам стекают вниз.



Фиг. 3. Ярусы грунтовых вод.

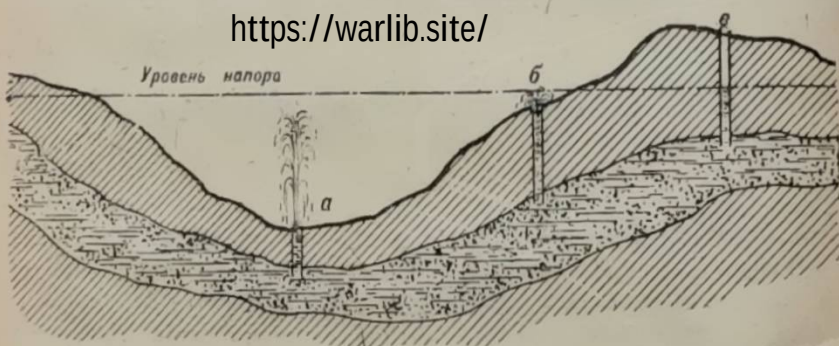
Теория инфильтрации и конденсации водяных паров полностью объясняет существование подземных вод.

Подземные воды делятся на следующие виды:

I. *Почвенные* воды, находящиеся в верхних почвенных слоях (фиг. 2, колодец *а*), не покрытые сверху водонепроницаемым слоем. Почвенные воды иногда называются верховодкой.

II. *Грунтовые* воды, прикрытые сверху водонепроницаемым слоем (фиг. 2, колодец *б*). В зависимости от геологи-

<https://warlib.site/>



Фиг. 4. Артезианские воды: *а*—фонтанирующие, или бьющие; *б*—самозливающиеся; *в*—поднимающиеся до уровня напора.

ческого строения местности грунтовые воды могут располагаться друг под другом на различной глубине, образуя так называемые ярусы грунтовых вод (фиг. 3).

III. *Артезианские* воды, это те же грунтовые воды, но находящиеся под давлением верхнего, их прикрывающего, водонепроницаемого пласта. Артезианские воды в зависимости от давления бывают: *а*) фонтанирующие, или бьющие (фиг. 4, колодец *а*), выбрасывающие фонтан на высоту до не-

скольких десятков метров, б) самоизливающиеся (фиг. 4, колодец б) — в случаях, когда уровень напора совпадает с поверхностью земли, и в) поднимающиеся (фиг. 4, колодец в) в колодце до уровня напора; такие воды требуют для извлечения их на земную поверхность приспособления для подъема воды.

Свое название артезианские воды получили от имени северо-западной французской провинции Артуа, или Артезии, где впервые была добыта путем бурения артезианская вода в 1129 г.

IV. *Ключевая вода*, это — грунтовые или артезианские воды, которые в силу геологических напластований выступают на поверхность земли в виде открытых потоков (фиг. 2, колодец г).

Почвенная вода.

Почвенная вода обычно располагается на глубине не большей 2—4 м и находится в постоянном сообщении с атмосферным воздухом, суточные температурные колебания которого сказываются на глубине до 1,5 м. Запас почвенных вод обычно небольшой, поэтому колодцы почвенных вод быстро вычерпываются и восстановление воды в них происходит медленно.

По своим качествам почвенная вода равняется атмосферной, но загрязненной местными условиями данного района. Эти загрязнения могут быть очищены при просачивании воды через слой почвы и толщу водопроницаемого пласта, но степень очистки зависит: 1) от толщины водопроницаемого слоя (чем слой толще, тем очищающая его способность больше) и 2) от состава грунта (наиболее желателен мелкозернистый песок). При мелкозернистом песчаном грунте 2 м толщины достаточно для полной очистки.

Поблизости колодца почвенной воды не должно быть выгребных ям, навозных куч, кладбищ; не должны выливаться сточные воды и т. д., так как просачивающаяся атмосферная вода извлекает из почвы все загрязнения и спускает их в колодец. При несоблюдении этого основного правила вода колодца может стать негодной не только для питья, но и вообще для хозяйственных надобностей.

Глубина колодца почвенной воды, как правило, должна быть не менее 2 м.

Из всех видов подземных вод, почвенная вода является наиболее внушающей опасение в смысле чистоты. Жесткость почвенной воды — слабая.

Грунтовая вода.

Грунтовые воды, залегающие под водонепроницаемым пластом, отличаются незначительными колебаниями темпера-

туры, отсутствием бактерий и загрязнений органическими веществами. Глубина потока грунтовых вод бывает различна — от 1-2 до нескольких десятков метров. Ширина — неопределенно велика и обычно измеряется километрами. Растворенные примеси, содержащиеся в воде, зависят от тех пород, по которым вода движется. Вода, двигаясь по определенным породам, производит непрерывное химическое и механическое изменение этих пород. Влияя на породы, она сама насыщается в зависимости от свойств породы различными примесями (известью, магнием, марганцем, железом, медью, никелем, хлористым натрием, аммиаком и даже мышьяком и т. д.). Дать какие-либо определенные указания, хотя бы по районам, о примесях, содержащихся в грунтовой воде, абсолютно невозможно, так как геологические особенности каждой местности чрезвычайно разнообразны. Грунтовые воды, проходящие по горным породам, обычно обладают большой жесткостью.

При исследовании грунтовых вод необходимо тщательно изучить геологическое напластование, происхождение, объем, площадь подземного бассейна и состояние подземного потока — скорость движения, направление и сообщение его с другими подземными бассейнами.

Вследствие естественной фильтрации грунтовые воды настолько чисты, что в большинстве случаев могут быть употреблены для питья и в пищу без всякой предварительной очистки.

Грунтовые воды для водоснабжения как с гигиенической, так и с экономической точек зрения являются наиболее желательными.

Водоснабжение нужно стремиться осуществить грунтовыми водами.

Ключевая вода.

Ключевой водой называется грунтовая вода, в силу геологических особенностей местности самостоятельно выливающаяся на дневную поверхность. Если выход ключа (называемый иногда рудником или водометом) обуславливается выклиниванием подстилающего водонепроницаемого слоя, то источник, питающий его, называется *нисходящим источником*; если же вода при выходе на дневную поверхность вследствие напора поднимается по трещинам горных пород, то ключ образовывается так называемым *восходящим источником* (фиг. 5), чем и объясняется существование ключей иногда на высоких горах.

Обыкновенно ключи выходят на дневную поверхность после весьма длинного подземного пути, иногда весьма далеко от бассейна осадков — источника ключа.

Ключи имеют огромное значение в деле отыскания под-

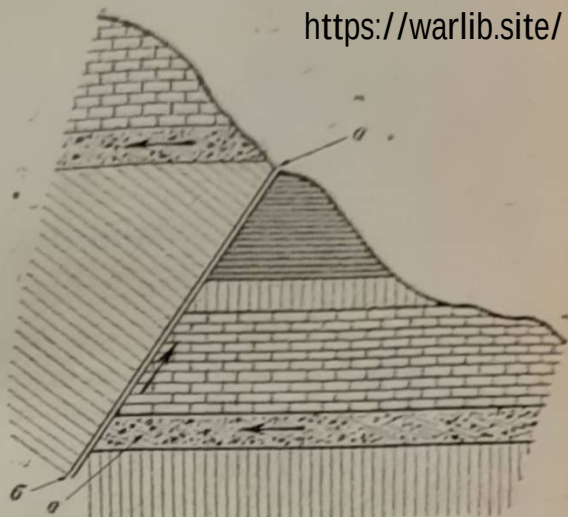
земных вод; каждый ключ есть именно как бы «ключ» для отыскания скрытых от человеческого глаза подземных вод.

Производительность ключа тем обильнее и постояннее — 1) чем глубже его начало расположено под поверхностью окружающей местности; 2) чем легче водопроницаемость этой местности; 3) чем мощнее служащие для питания ключей подземные бассейны.

Многие ключи, в отличие от ключей постоянного действия, представляют собой только сливные стоки протекающего под ними грунтового потока, это — так называемые *сливные*, или *перемежающегося действия* ключи (фиг.

6, 7 и 8). Такие ключи иссякают во вторую половину лета при низком уровне грунтовых вод.

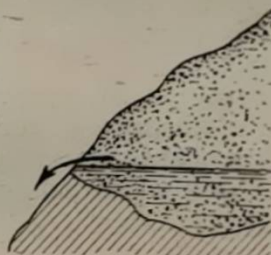
В зависимости от строения местности сливные ключи могут иметь различные расположения (фиг. 6—8), но во



Фиг. 5. Восходящий источник ключа: а—место ключа; б—трещина в горной породе, по которой вследствие напора поднимается вода; в—поток грунтовых вод.



Фиг. 6.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

Виды сливных, или перемежающегося действия ключей.

всех случаях они сбрасывают наивысший уровень подземного потока. При понижении уровня грунтовых вод ключ «пересыхает». Сливные ключи являются верными указателями мощных ниже лежащих подземных потоков.

По качеству, как показывают опыты, ключевая вода достаточно химически чиста и действует освежающе, но она не всегда свободна от бактерий, которые она приобретает при выходе, соприкасаясь с загрязненной почвой земной поверхности.

В общем свойства и качества ключевой воды, как и грунтовой, бесконечно разнообразны. Каждая местность имеет свои особые типовые ключи. Ключи настолько индивидуальны, что также редко можно встретить два ключа одинаковых по своим качествам и свойствам, как встретить двух людей совершенно одинаковой наружности.

Ключевые воды в большинстве случаев можно употреблять для питьевых нужд без предварительной очистки.

Артезианская вода.

Артезианские воды, залегающие на очень большой глубине, являются безукоризненно чистыми в бактериологическом отношении, но очень часто содержат различные примеси, взятые из грунта, иногда делающие воду совершенно непригодной для питья. Добываются артезианские воды буровыми скважинами, называемыми *артезианскими колодцами*. В Ленинграде в 1863 г. был устроен артезианский колодец, дававший воду с глубины 200 м. В Париже вода получается с глубины 586 м; в Силезии в последнее время бурение доходило до глубины свыше 2000 м.

Фонтанирующие артезианские воды на территории СССР за весьма малым исключением залегают на глубине не меньше чем 100 м.

Отличаясь совершенным отсутствием бактерий, артезианская вода в остальном имеет очень много общего с грунтовой водой данного района. Добытая с значительной глубины артезианская вода обычно содержит сернистоводородный газ, богата содержанием солей и слишком тепла для обыкновенного употребления.

Невозможность достоверного предсказания появления будущего артезианского колодца делает бурение артезианских колодцев проблематичным, рискованным и дорого стоящим предприятием, поэтому фонтанирующие артезианские колодцы встречаются редко.

Морская вода.

По своим качествам морские и океанские воды резко отличны от вод открытых водоемов (рек, озер и др.), так называемых пресных вод. В неочищенном состоянии морская вода совершенно не пригодна к употреблению, так как она заключает в себе весьма значительное количество горьких солей.

При пользовании морской водой ее необходимо подвергнуть предварительной очистке. Очистка морской воды производится посредством дистилляции, или перегонки. Перегонка имеет целью превращение морской воды в пресную. Перегонка совершается 2 аппаратами: 1) выпарительным и 2) конденсационным. Первый из них превращает воду в пар, второй обращает пар опять в жидкую воду. Получаемая после перегонки вода, если к ней примешано достаточное количество воздуха, вполне годна для питья, но она имеет своеобразный, несколько неприятный, вкус.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ПОЛЕВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ.

Произвести полное исследование питьевой воды в полевых условиях конечно не представляется возможным. Такое исследование включает в себе анализы физико-химический, бактериальный и биологический; требует хорошо оборудованных лабораторий и опытных специалистов, а кроме того, по признанию гигиенистов, правильная санитарная оценка питьевой воды представляет едва ли не самую сложную проблему санитарной экспертизы. Из этого однако нельзя делать вывод, что можно пользоваться водой, качества которой неизвестны. В боевой обстановке войска зачастую готовы пить любую воду, не задумываясь о ее качествах, между тем вода часто является основным источником заразных болезней; еще более тяжелое положение получается в местности, оставленной неприятелем: как определить, отравлена ли вода в колодцах или нет? Все это властно выдвигает необходимость исследования питьевой воды способами, легко осуществимыми в полевой походной обстановке и доступными для строевого командования.

Определение пригодности воды для немедленного употребления при помощи простейших химических реактивов способами и приемами, не требующими особых специальных знаний, называется *полевым исследованием воды*.

Полевое исследование питьевой воды состоит из следующих отдельных приемов: 1) обследование местных условий источника водоснабжения; 2) исследование физических свойств воды; 3) исследование растворенных примесей; 4) исследование присутствия отравляющих веществ.

Такова общая схема полевого исследования воды. В условиях, когда нет времени и на выполнение этих приемов, исследование упрощается и производится лишь по двум последним выше приведенным пунктам. При малейшей к тому возможности нужно стремиться к обследованию источника водоснабжения в целом, выяснить его гидрогеологические особенности, установить сообщение с поверхностными водами и т. д. Такое обследование может дать

решающие данные в определении пригодности данного источника.

Все данные об исследовании воды с составлением пояснительной записки, указанием места источника, его особенностей, характера произведенных исследований и т. д. должны передаваться в распоряжение соответствующих начальников гарнизонов.

Обследование местных условий источников водоснабжения.

Обследование должно вестись по следующей схеме, освещающей ниже изложенные вопросы по каждому виду источника в отдельности, дополняя их в случае надобности.

А. Колодцы.

1. Глубина уровня воды в колоде от поверхности земли; происхождение воды и колебание ее уровня в колоде в период дождей и паводков.

2. Геологическое строение грунта, в котором построен колодец.

3. Род колодца (шахтный трубчатый), конструктивные его особенности, из какого материала выложены его стенки, общее состояние его и способ добывания воды (насос, журавль, ворот и др.).

4. Местоположение колодца в общем рельефе местности (в низине, на скате холма и т. д.).

5. Расходуемое суточное количество воды колодцем; в связи с этим, происходят ли колебания уровня воды.

6. Качество и пригодность воды колодца по отзывам местных жителей.

7. На каком расстоянии от колодца расположены источники возможного загрязнения (отхожие места, выгребные ямы, кладбища и т. п.).

8. Определение непосредственной связи колодца с существующим вблизи источником загрязнения. Для этой цели прибегают к следующему простому способу: в предполагаемый источник загрязнения (выгребные фабричные стоки и т. п.) прибавляют калиевой соли флюоресцейна и по истечении некоторого промежутка времени смотрят, не появилось ли присутствие флюоресцейна в колодезной воде. Флюоресцейн представляет собой сильно концентрированное красящее вещество; при разведении одной его части на 200 000 000 частей воды он может быть открыт в воде непосредственно глазом в виде зеленого окрашивания воды.

Б. Ключи.

1. Обделка его выхода, конструктивные особенности и общее его состояние.

2. Местоположение ключа в окружающей его местности (лес; скат горы, луг и т. п.). Расстояние до ближайшего населенного пункта.

3. Геологическое строение грунта, питающего ключ.

4. Мощностъ ключа; колеблется ли его истечение в зависимости от количества атмосферных осадков, не пересыхает ли он.

5. Качество и свойство воды ключа по отзывам местного населения.

В. Реки и озера.

1. Топография местности (горная, равнинная и т. д.).

2. Гидрологические условия и режим (разливы, расхождение, быстрота течения и т. д.).

3. Геологическое строение русла реки или водоема озера.

4. Близость возможных источников заражения: фабрик, больниц, прачечных и т. д.

5. Схематический поперечный профиль в месте, предполагаемом для забора воды.

6. Отложения ила на берегу и дне.

7. Опрос населения о чистоте протекающих вод.

Исследование физических свойств воды.

Взятая вода для пробы (примерно в количестве 500 — 1 000 куб. см) подвергается исследованию на следующие физические свойства: 1) прозрачность, 2) цвет, 3) температуру, 4) запах и 5) вкус.

1. *Прозрачность.* Прозрачность и муть как результат механических примесей взвешенных частиц грунта можно определять на-глаз, рассматривая против света воду, налитую в сосуд из бесцветного стекла, и определяя впечатление словами: прозрачная, слабо мутная, очень мутная и т. д. Лучше для сравнения иметь рядом другой цилиндр с дистиллированной водой. Для более точного определения воду наливают в специальный цилиндр из бесцветного стекла с краном внизу. Под цилиндр ставится шрифт определенных размеров, так называемый шрифт Снеллена, который в сущности является нормальным шрифтом современных печатных книг, и смотрят сверху через толщу воды. Если шрифт не виден, то, выпуская через кран воду, понижают ее до тех пор, пока шрифт не станет отчетливо видимым. Высота воды в сантиметрах обозначает степень загрязнения.

После определения прозрачности, воде дают отстояться в течение 24 часов, если после этого отстаивания вода просветлеет и станет прозрачной, то это служит показателем удовлетворительных качеств воды. Если после отстаивания вода не просветлится и не будет иметь осадка, то это указывает на присутствие в воде либо растворенных примесей, либо больших количеств бактерий. Такая вода в дальнейшем должна исследоваться особо тщательно.

Если в источнике с прозрачной водой появляется муть, то это указывает на вероятное попадание в источник сточных не профильтрованных вод, которые делают воду подозрительной в санитарном отношении.

2. *Цвет.* Цвет воды также определяется на-глаз. Исследуемую воду, налитую в стеклянный цилиндр, высотой не менее 40 см из бесцветного стекла, ставят на белую бумагу и, смотря через ее толщу, сравнивают с дистиллированной водой, налитой в такой же цилиндр. Хорошая вода должна быть бесцветна или иметь слабый голубоватый оттенок.

Определение цвета производится с водой отстоявшейся. Желто-бурый цвет болотистых вод является результатом примеси гуминовых веществ и особых опасений не вызывает. Желто-бурый цвет колодезных вод (если они не питаются болотными водами) указывает на вероятное загрязнение их фекальными массами и на непригодность для питья. Зеленоватая окраска указывает на присутствие водорослей.

3. *Температура.* Температура воды источника является важным фактором в вопросах оценки воды. По температуре воды в колодцах можно выяснить влияние поверхностных вод на подземные. Холодная вода в колодце в летнее время указывает на ее полную изолированность от поверхностных вод, в большинстве своем грязных, что дает право указать на этот источник, как на наиболее чистый в гигиеническом отношении.

Измерение температуры производится в самом источнике обыкновенным термометром Цельсия.

4. *Запах.* Хорошая питьевая вода не должна обладать никаким запахом. Запах воды определяется при нагревании ее в посуде с закрытой пробкой. Вода нагревается до 40—50°C, затем пробка открывается и обонянием определяется запах. При всяком подозрительном запахе вода должна исследоваться на сероводород (см. ниже).

Затхлый запах указывает, что в воде имеются продукты гниения или разложения большого количества мертвых организмов. В этих случаях действительными средствами для улучшения качества воды являются аэрация и фильтрование.

5. *Вкус.* Хорошая вода должна иметь освежающий вкус

при отсутствии всякого привкуса. Для определения вкуса вода нагревается до 15—20°С (тогда вкус сказывается резче), наливается в чайный стакан и выпивается медленно глотками.

Вкус воды обуславливается растворенными в ней солями и содержанием углекислоты. Присутствие сернокислого натрия в воде придает ей горьковатый вкус; соленый вкус зависит от поваренной соли или хлористого калия; вязкий или чернильный вкус указывает, что вода содержит железо.

Определение вкуса производится лишь после того, как точно определена безвредность воды для здоровья. Всякий привкус воды, являясь сам по себе невредным, однако представляет нежелательное явление для питьевой воды. Действительным средством для уничтожения привкуса воды являются — аэрация и фильтрование.

Исследование растворенных примесей в воде.

Исследование воды на содержание растворенных примесей имеет целью определить: 1) не содержатся ли в воде ядовитые вещества и 2) не являются ли растворенные примеси показателем благоприятной среды для болезнетворных бактерий. Не имея возможности в полевых условиях произвести бактериологическое исследование, присутствие в воде бактерий определяется косвенным путем.

По таблице д-ра Микеля, выведенной на основании 15-летних наблюдений, вода в зависимости от количества бактерий делится на 6 категорий:

	Качество воды	Бактерии в 1 куб. см
1	Чрезвычайно чистая	от 0 до 10 шт.
2	Очень чистая	» 10 » 100 »
3	Чистая	» 100 » 1 000 »
4	Посредственная	» 1 000 » 10 000 »
5	Не чистая	» 10 000 » 100 000 »
6	Очень грязная	» 100 000 и выше

Из этой таблицы видно, что вода, которую мы принимаем за очень чистую, содержит определенное число бактерий, но для нас, как мы уже выяснили, страшны не бак-

терий вообще, не их количество, а страшны болезнетворные (патогенные) бактерии, хотя бы и в незначительном количестве. Не имея возможности произвести бактериологическое исследование, мы путем выявления показателей благоприятной среды болезнетворных бактерий косвенно получаем указания на содержание в данной воде болезнетворных бактерий.

Показателем благоприятной среды для болезнетворных (патогенных) бактерий являются:

1. Процесс разложения в воде органических веществ животного происхождения, что в свою очередь сопровождается растворенными примесями в воде, в виде аммиака, азотной кислоты, сероводорода и др.

2. Большое количество бактерий вообще.

Растворенные примеси, которые должны определяться в воде, можно разделить на две группы:

1. Показатели наличия процесса разложения органических веществ, к которым относятся: а) аммиак, б) азотистая кислота, в) азотная кислота и г) сероводород (эти вещества кроме того сами по себе являются ядовитыми для человеческого организма).

2. Ядовитые примеси, в виде различных ядовитых соединений и ОВ.

Аммиак (NH_3). Присутствие аммиака в воде, если данный источник не имеет выхода из болотистой почвы, всегда является верным признаком существующих в воде процессов разложения органических веществ.

Аммиак определяется особо приготовленным раствором — реактивом Неслера. Для исследования прозрачную отстаившуюся (но ни в коем случае не фильтрованную) воду, около 100 — 150 куб. см, наливают в цилиндр с притертой пробкой, прибавляют 0,5 куб. см едкого натра (1:2) и 1 куб. см раствора соды (1:2). Когда выделившийся при этом осадок хорошо осядет на дно, то осторожно сливают жидкость в посуду из бесцветного стекла и прибавляют к нему 2 куб. см реактива Неслера. В присутствии аммиака вода окрашивается в слабо желтый до темнокрасного цвета. Едкий натр и сода вначале прибавляются к воде для осаждения солей извести, магнезии, железа и др., которые маскируют присутствие аммиака.

Реактив Неслера можно приобрести в готовом виде в любой аптеке. Можно его приготовить и самому. Для этого берут 7 г иодистого калия, растворяют его в 20 куб. см воды, затем 3,2 г сулемы растворяют в 60 куб. см воды; последний раствор при взбалтывании вливают в первый до появления осадка, затем прибавляют 120 куб. см едкого калия (1:2) и фильтруют.

Азотистая кислота (HNO_2). Азотистая кислота, это —

промежуточный продукт окисления органических веществ. Являясь очень не стойким соединением, она указывает на близость источника заражения, в большинстве случаев — на загрязнения животными отбросами.

Для исследования воду в количестве 30 — 40 куб. см наливают в посуду из бесцветного стекла и прибавляют 5 — 6 капель серной кислоты, 5 капель 10% раствора иодистого калия и 6 капель крахмального клейстера. Появление синего окрашивания указывает на присутствие азотистой кислоты. Вода удовлетворительных качеств окрашивания не дает, вода сомнительного качества дает синее окрашивание и негодная вода — резко синее окрашивание. Эта очень чувствительная реакция открывает присутствие азотистой кислоты до десятых долей миллиграмма.

Соли закиси железа, марганца, перекиси водорода и белильной извести, если они присутствуют в воде, дают такую же реакцию, поэтому нужно быть осторожным в выводах. Так как железо встречается чаще всего, то надо предварительно установить его присутствие. Сероводород и другие сернистые соединения часто встречаются в загрязненной воде вместе с азотистой кислотой, что при исследовании препятствует обнаруживанию последней. В таких случаях она определяется с помощью метафенилендиамина. Для этого берут около 10 куб. см воды и прибавляют к ней 1 куб. см бесцветного слабого раствора метафенилендиамина, растворенного в подкисленной серной кислотой дистиллированной воде. В присутствии азотистой кислоты получается бурое или красно-бурое окрашивание.

Исследование иодистым калием, метафенилендиаминном и на присутствие железа можно считать достаточным для определения азотистой кислоты.

Присутствие даже следов азотистой кислоты делает воду весьма подозрительной.

Азотная кислота (HNO_3). Азотная кислота является конечным результатом окисления веществ, содержащих азот. Обычно появление азотной кислоты в воде вызывается загрязнением почвы органическими веществами, человеческими или животными отбросами, и тогда вода безусловно непригодна для питья; реже — ее наличие зависит от геологических свойств грунта (например бурый уголь) и тогда ее присутствие в воде допустимо до 30 мг на 1 л.

Для исследования в фарфоровую чашечку наливают 1 — 2 куб. см воды и бросают туда 1 — 2 кристаллика величиной с булавочную головку дифениламина, а по стенке чашки осторожно наливают 0,5 куб. см крепкой чистой серной кислоты. В присутствии азотной кислоты на границе между струйкой серной кислоты и водой появляется резко выраженное синее или темносинее кольцо.

Удовлетворительная вода не дает окрашиваний или дает едва заметное синее окрашивание; подозрительная вода окрашивается в слабо синий цвет; негодная вода дает резкое синее окрашивание.

Сероводород (H_2S). Вода, имеющая сероводород, обладает характерным запахом тухлых яиц. Присутствие сероводорода в колодезной воде при его плохом санитарном состоянии делает воду весьма подозрительной. В грунтовой воде сероводород в большинстве случаев появляется в связи с процессами химического характера (например в железистых почвах) и тогда никакой опасности не представляет.

Проба на сероводород производится при помощи свинцовой бумажки, пропитанной или смоченной уксусно-кислым свинцом (опусканием этой бумажки в исследуемую воду). В присутствии сероводорода бумажка чернеет от образования сернистого свинца. Можно исследование на сероводород вести еще следующим способом: исследуемую воду наливают в бесцветную склянку и вливают в нее уксусно-кислый свинец; в присутствии сероводорода на стенках склянки будет отлагаться черный осадок.

Присутствие в воде сероводорода делает ее подозрительной и требует тщательного обследования водоисточника.

Железо (FeO). Присутствие соединения железа определяется следующим способом. В пробирку, наполненную до половины исследуемой водой (20—30 куб. см), прибавляют 3 капли серной кислоты и 3 капли 10% раствора роданистого аммония. Удовлетворительная вода не должна давать окраску, или дает еле заметную; подозрительная вода дает розовое окрашивание и негодная вода — оранжево-красное окрашивание. Сильно железистая вода имеет вязущий вкус.

Хлор (Cl). Присутствие в воде хлора (хлоридов) можно определить двумя способами:

1. Исследуемой водой наполняют половину пробирки и затем прибавляют 3 капли 5% раствора ляписа, растворенного в 2% азотной кислоте. Вода удовлетворительная дает слабую голубовато-белую муть, подозрительная — резко белую муть и негодная — хлопьевидный белый осадок.

2. В исследуемую воду вливают сначала иодистый калий, а затем крахмальный клейстер. В присутствии хлора получается синее окрашивание воды, при большом количестве хлора переходящее в фиолетовое.

Количественное определение хлора делается при титрованном растворе азотносеребряной соли (иметь нужно готовым), 1 куб. см которого соответствует одному мг хлора в воде. Раствор нужно хранить в темном месте с притертой пробкой. Для исследования отмеряют воду — 50 куб. см и прибавляют 1—2 куб. см раствора хромовокислого калия и вливают в воду по каплям раствор азотнокислого серебра

до появления оранжевого окрашивания. Количество израсходованных кубических сантиметров раствора при соответствующем переводе покажет количество миллиграммов хлора в воде.

Пример. На 50 куб. см воды израсходовано 2 куб. см азотнокислого серебра, значит 50 куб. см содержит $2 \times 1 = 2$ мг хлора, а 1 л этой же воды будет иметь $\frac{1000}{50} \times 2 = 40$ мг хлора. Предельное количество хлора в воде 30 мг на 1 л, следовательно данная вода негодна для питья и употребления в пищу.

Фосфорная кислота (P_2O_5). Исследуемую воду в количестве 200 куб. см выпаривают, оставшийся твердый остаток переносят в пробирную склянку и прокалывают, т. е. на дно пробирки направляют голое пламя спиртовки (пробирку следует подвергать действию пламени осторожно и постепенно). Затем, после прокалки в пробирку медленно, по каплям, вливают крепкую азотную кислоту (для растворения осадка); после чего в пробирку вливается несколько капель молибденокислого аммиака, и вся смесь нагревается на спиртовой или бензиновой горелке. В присутствии фосфатов появится лимонно-желтое окрашивание, которое в зависимости от количества фосфорнокислых солей может принять вид твердого вещества желтого цвета.

Вода, дающая подобное желтое окрашивание своего сухого остатка, должна признаваться негодной для питья как содержащая фосфорнокислые соли.

Ядовитые примеси.

Отравление водой чаще всего встречается ядами различных соединений стрихнина и мышьяка, поэтому ограничимся рассмотрением только этих ядовитых примесей.

Стрихнин является сильнейшим ядом, действие которого после введения в организм человека проявляется через 15—20 минут. Для обнаружения в воде стрихнина поступают следующим образом.

Исследуемую воду в количестве 100 г выпаривают в фарфоровой чашке почти досуха и к остатку прибавляют смесь из небольшого кристаллика хромпика, 10—20 капель купоросного масла и 1 куб. см холодной воды. В присутствии стрихнина появляется густое синее окрашивание, переходящее в течение непродолжительного времени в фиолетовое, красное и наконец — желтое.

Мышьяк. Для обнаружения мышьяка исследуемую воду в количестве 100 г нагревают до кипения и затем прибавляют несколько капель соляной или серной кислоты и около 6 куб. см сероводородной воды; в присутствии соед-

нений мышьяка получается помутнение жидкости с образованием осадка желтого цвета.

Исследование воды на содержание ОВ производится особыми реактивами, отдельными для каждого вида отравляющих веществ.

Заключение о качестве воды.

Кроме вышеперечисленных исследований, для окончательного заключения о качестве воды требуется определить: 1) реакцию и 2) содержание остатка после выпаривания воды.

Реакция определяется лакмусовой бумажкой. Реакция должна быть нейтральной или слабо щелочной: покраснение синей лакмусовой бумажки указывает на кислотную реакцию.

Вода, дающая кислотную реакцию, для питья непригодна.

Содержание остатка после выпаривания. Для определения количества сухого остатка выпаривают определенный объем воды и определяют вес оставшегося остатка. Питьевая вода не должна содержать в 1 л свыше 400—500 мг сухого остатка после выпаривания.

Определив вес твердого остатка, приступают к его исследованию. Если осадок порошкообразный и имеет белый цвет, то это служит признаком, указывающим на содержание одних только минеральных примесей. Если осадок имеет частью белый, желтоватый или зеленоватый цвета и особенно если вокруг осадка имеются смолистые пятна, которые при нагревании на спиртовке темнеют, расплавляются и частью сгорают, выделяя при этом дым неприятного запаха, — то осадок содержит органические вещества.

Если при прокаливании выделяется неприятный дым (запах горящих перьев), то это — признак, что в осадке имеются органические вещества животного происхождения. Вода с таким осадком для питья негодна.

Количественное определение органических веществ, содержащихся в воде, происходит при помощи марганцево-кислого калия, на основе его свойства не окрашивать воду, пока не будут им окислены все органические вещества, содержащиеся в воде. Для чего готовится 1% нормальный раствор марганцевокислого калия и вливается в воду, пока она не начнет принимать розоватую окраску. Зная количество кубических сантиметров израсходованного раствора, можно подсчитать количество миллиграмм марганцевокислого калия, израсходованных на окисление органических веществ.

Расход марганцевокислого калия на окисление органических веществ, содержащихся в питьевой воде, не должен

быть свыше 10—12 мг на 1 л, в противном случае вода считается негодной для питьевых нужд.

Окончательное заключение о пригодности воды принимается на основании сопоставления всех данных по всем видам проделанных исследований; результаты исследования по каждому виду заносятся в определенные графы листа и следований, которые при окончательном заключении соответствующим образом учитываются.

Пример. Обследование источника указывает на близкое нахождение от колодца выгребных ям; исследованиями на растворенных примесях обнаружены: аммиак, азотистая и азотная кислоты. Заключение: вода для питья и приготовления пищи негодна; причины — загрязнение продуктами отброса из выгребных ям.

Как правило, заключение должно указывать причину загрязнения воды и возможные пути ликвидации загрязнения.

Иногда в боевых условиях возможно следующее определение пригодности воды, основанное на свойстве растений и инстинкте животных. Так, если вода удовлетворяет всем пунктам физического исследования, по берегам растут растения, в воде водятся животные, которые бывают исключительно в чистой воде (например, форель), и если воду схотню пьет лошадь, то такая вода, когда нет основания предполагать, что она искусственно отравлена, может быть признана вполне пригодной без всяких дальнейших исследований.



ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ДОБЫВАНИЕ ВОДЫ.

А. ВОДОСНАБЖЕНИЕ ГРУНТОВОЙ ВОДОЙ.

Способы отыскания подземных вод (водоразведка).

Умение отыскать быстро грунтовую воду играет большую роль в деле водоснабжения войск, поэтому нужно знать способы и приемы отыскивания ее, т. е. нужно уметь вести так называемую водоразведку. Особо сильно в водоразведке нуждаются войска в маневренной войне. Владея методом отыскания воды, иногда находят ее там, где и не предполагали ее существования; кроме того достигается большая экономия рабочей силы и строительных материалов.

Приемы отыскания подземных вод можно разбить на следующие группы:

1. Опрос местных жителей.
2. Бурение.
3. Геологическое строение местности.
4. Наружные признаки.
5. Народные приметы.
6. «Волшебная» палочка.

1. *Опрос местных жителей.* Если в данном районе имеются местные жители, то водоразведку обязательно нужно начать с их опроса. Местные жители, зная данный район, сталкиваясь с вопросом подземных вод по своей земледельческой и строительной практике, могут дать исчерпывающие указания. Местных жителей нужно подробно опросить о существующем водном режиме, строении почвы (грунта), о производительности существующих колодцев, о ключах и т. д. Иногда эти сведения непосредственно укажут местонахождение подземных вод, иногда — кратчайший путь к их отысканию.

2. *Бурение.* Процессом бурения называется пробивка в грунте цилиндрического канала при помощи особого

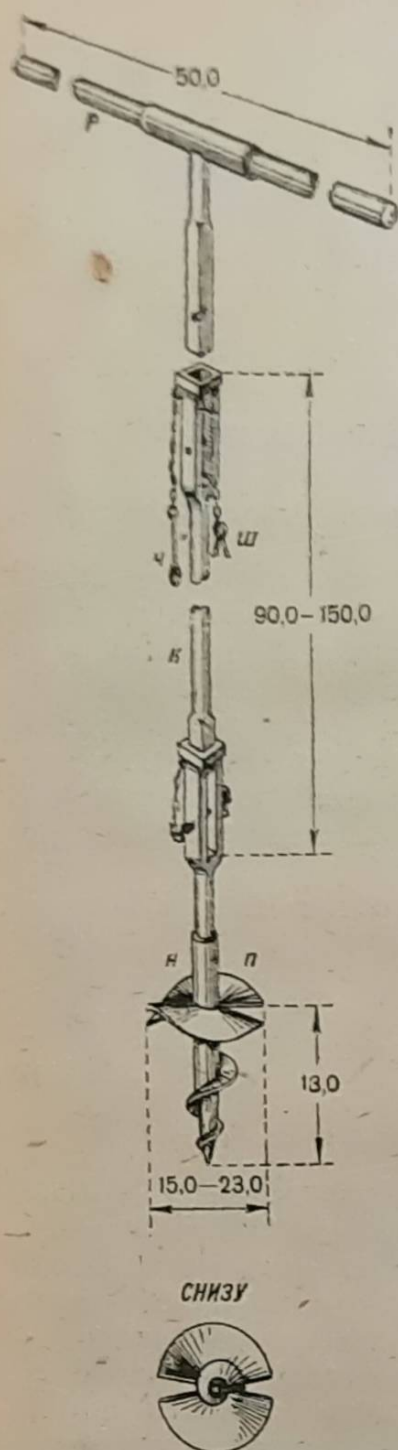
ив инструмента, называемого буром. Образовавшийся канал называется буровой скважиной.

Бурение является одним из более верных способов отыскания воды, так как оно непосредственно дает строение проходимых слоев грунта и точно определяет глубину залегания подземных вод.

Для изыскания на воду употребляется ручной бур, принятый на снабжении нашей армии (фигура 9), который состоит из напарья *Н* и железной штанги *К* с деревянной ручкой *Р*. Длина колен 1 и 1,5 м, их число рассчитано на глубину бурения до 10 м. Сращивание колен производится вставлением одного конца колена в гнездо другого с закреплением чекою *Ч* и шпёнком *Ш*. Напарья имеют двух диаметров: около 15 см и около 23 см. Бурение ручным буром происходит ввинчиванием бура в землю, поворачиванием его несколько раз вокруг оси и затем вытаскиванием. Разрыхленные частицы грунта на лопастях напарья извлекаются на поверхность. Бурение ручным буром возможно лишь в грунтах не скалистых и не сыпучих. Буром можно углубиться до 10 м, причем для более удобного вытаскивания бура из скважины сооружается деревянный козел с блоком (фиг. 10). Для выделки скважины глубиной 10 м при готовой установке требуется около 4—5 часов при 2 рабочих.

Для более глубокого бурения (до 40 м и более) и в различных грунтах применяются буры более сложных конструкций.

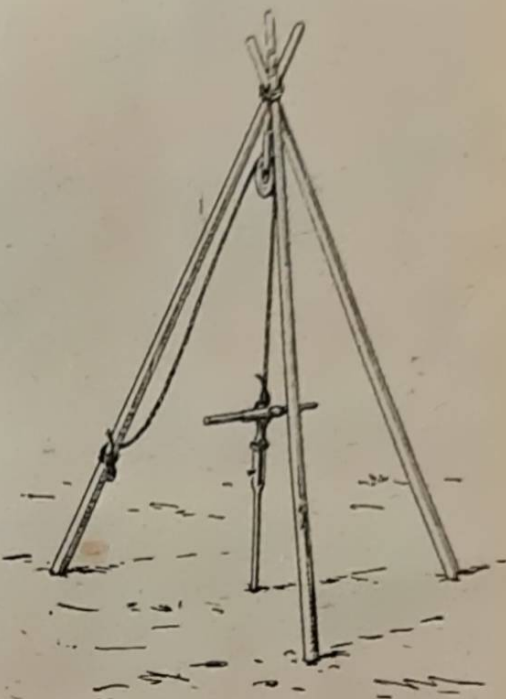
3. Геологическое строение местности. По рельефу подземные воды сначала надо искать в пониженных точках



Фиг. 9. Ручной земляной бур для углубления до 10 м.

местности. При отыскивании подземных вод в горах, в первую очередь подлежат исследованию склоны гор. особое внимание следует обратить на пологие скаты, тщательно исследуя подошвы гор.

Если вода отыскивается в долине, дно которой водопроницаемое, а скаты составляют слои неводопроницаемые, то подземные воды надо искать в самой пониженной линии долины, причем глубину залегания вод можно определить следующим способом. Заметив уклоны скатов, определяют их углы наклона (фиг. 11) α и β , и дальше вопрос решается построением профиля местности; взяв необходимые горизонтальные размеры AB , построив профиль и продолжив на нем скаты AB и BC до пересечения, графически получим максимальную глубину залегания подземных вод (фиг. 11). Следует иметь в виду, что склоны долины под землей AB и BC обычно круче, чем на поверхности.



Фиг. 10. Деревянный козел с блоком для вытаскивания ручного бура из скважины.

4. Наружные признаки.

Присутствие воды в грунте так или иначе отражается на состоянии поверхности земли; иногда это выражается в таких формах, что можно безошибочно указать на местонахождение подземных вод, — это и составляет способ отыскивания подземных вод по так называемым наружным признакам. Главнейшие наружные признаки подземных вод следующие:

а) все поверхностные воды, реки, озера, пруды, ключи и т. д. свидетельствуют о нахождении в данном бассейне, районе, подземных вод. Чем ближе к надземным водам, тем вероятнее наличие подземных вод при неглубоком залегании;

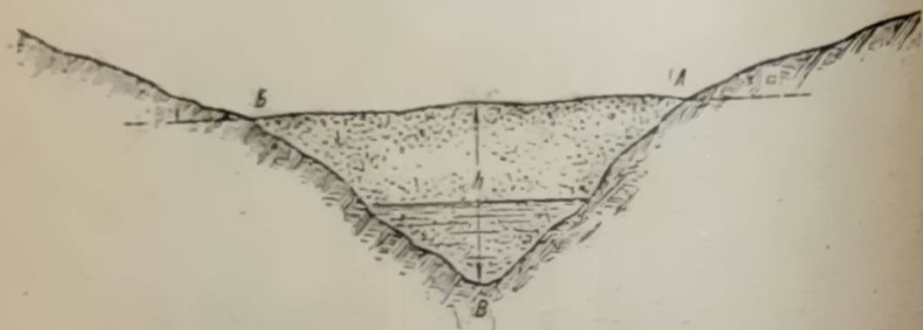
б) болота, расположенные на покатостях и склонах гор, свидетельствуют о заболачивании подземными водами (фиг. 12), искать которые надо у верхнего края болота;

в) места с зеленой густой растительностью в летние месяцы во время засухи указывают на неглубокое залегание подземных вод;

г) оползни — разрушительное действие подземного потока, водоносный слой которого расположен в основании оползня;

д) туманы над некоторыми местами и кружащиеся над ними в большом количестве комары указывают на неглубокое залегание подземных вод;

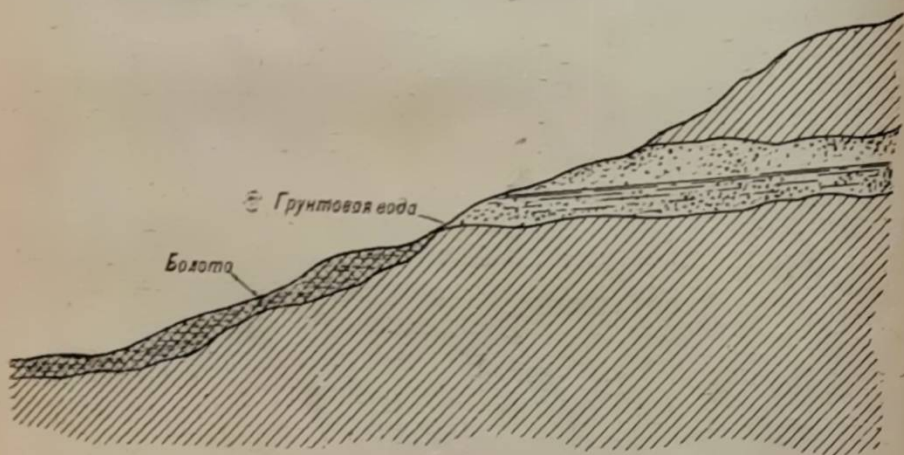
е) развитие растений, любящих воду (камыш, осоки, болотные мхи и др.) на таких местах, где появления их не



Фиг. 11. Определение глубины залегания подземных вод посредством построения профиля местности.

вызываются общими естественными условиями; это — признак обилия в этих местах почвенной воды.

5. *Народные приметы.* Под народными приметами подразумеваются те способы нахождения подземных вод, к ко-



Фиг. 12. Образование болота от выклинивающейся выше грунтовой воды.

торым прибегает местное население различных районов СССР. В большинстве своем они основаны на свойствах некоторых материалов впитывать в себя водяные пары; по исполнению они обычно простые, но не особенно надежные. Наиболее употребляемые способы следующие:

а) в выбранном месте снимают дерн размером 30×30 см,

разравнивают место под снятым дерном, кладут на него наполненную шерстью сковородку вверх дном и прикрывают дерном и землей. Если через сутки шерсть будет влажна, считают, что подземная вода близка от поверхности земли.

б) с вечера расстилают на расчищенном от дерна месте овчину, вверх шерстью, и кладут на нее куриное яйцо, которое накрывают глазированным глиняным горшком. Утром, при восходе солнца, смотрят: если овчина и яйцо покрыты росой, то это признак, что подземная вода залегает не глубоко; если шерсть с росой, а яйцо сухо — вода глубоко; если шерсть и яйцо сухи — воды нет;

в) равные части серы, негашеной. извести и медного купороса смешивают и кладут в неглазированный горшок. Горшок накрывают неглазированной крышкой и зарывают в землю на глубину 70—80 см. Через сутки открывают горшок и взвешивают. Если вес содержимой смеси больше на 0,1 прежнего, то считают, что вода в этом месте не глубоко. Чем больше прибавится в весе смесь, тем ближе вода.

6. «Волшебная» палочка. Широкое применение при отыскании подземных вод находит способ так называемой «волшебной» палочки. Способ этот древний, известный народам всех стран. Для пользования этим способом нужно срезать из свежей гибкой ветви вилкообразный прутик, представляющий римскую цифру V (фиг. 13). Толщина прутка 1—1,5 см. Прутик вырезывается из орешника, ивы, калины или клена. По заключению военного инженера К. А. Дмитриева, с большим успехом применявшего этот способ в период империалистической войны при отыскании подземных вод, деревянный прутик можно заменить железной 3—5-мм проволокой, изогнутой, как изображено на фиг. 14. Для отыскания подземных вод палочка берется обеими руками за концы вилок (фиг. 15), ладонями, обращенными кверху, затем подносится к коленям и, прижимая к ним кулаки рук, медленно начинают двигаться над исследуемой местностью. При движении требуется строго соблюдать, чтобы плоскость, проходящая через обе вилки прутка, была постоянно параллельна горизонту местности. При переходе водоискателя через поток подземных вод, палочка резко отклоняется в сторону источника воды, как бы притягиваясь им. После некоторой тренировки в умении держания палочки, ходьбы и т. д. вода указывается почти что безошибочно; отклонение палочки резко чувствуется.

Для выяснения причин отклонения палочки был произ-



Фиг. 13. «Волшебная палочка».

веден ряд научных исследований, которые однако определенных выводов не дали, но было отмечено, что радиоактивные вещества, влияя на атмосферу, повышают электропроводность воздуха, вода же задерживает это излучение,

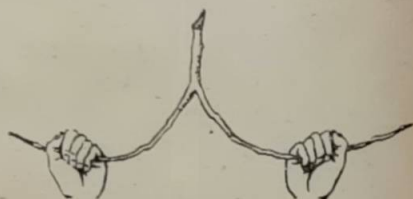


Фиг. 14. Прутик из железной проволоки для отыскания подземных вод.

поэтому над водным потоком наблюдается уменьшение излучения, на что реагирует вилообразная палочка. Есть и другие научные предположения; этот вопрос в настоящее время служит предметом исследования ряда научных работников при Оксфордском университете.

Установлено, что некоторые люди чрезвычайно восприимчивы к отклонению палочки, улавливают малейшие ее колебания и безошибочно указывают не только местонахождение подземных вод, но даже глубину их залегания.

При штабах колониальных английских частей существуют особые лица — водоискатели, отыскивающие воду вышеописанной палочкой. Германское наставление «Пионерно-техническое руководство и пособие для всех родов войск» (изд. 1923 г.), описывая вышеупомянутую палочку и называя ее «гадательным прутом», указывает, что прут может быть изготовлен из естественного вилообразного прута или петлеобразного куска проволоки и дальше, говоря о его значении, указывает, что некоторые практики устанавливают при помощи этого прута не только местонахождение водоносной жилы, но даже глубину ее залегания. Руководство рекомендует применение этого способа, как избавляющего от разведочного бурения, отнимающего много времени.



Фиг. 15. Способ держания «волшебной палочки».

Определение мощности водоносного слоя и колодца.

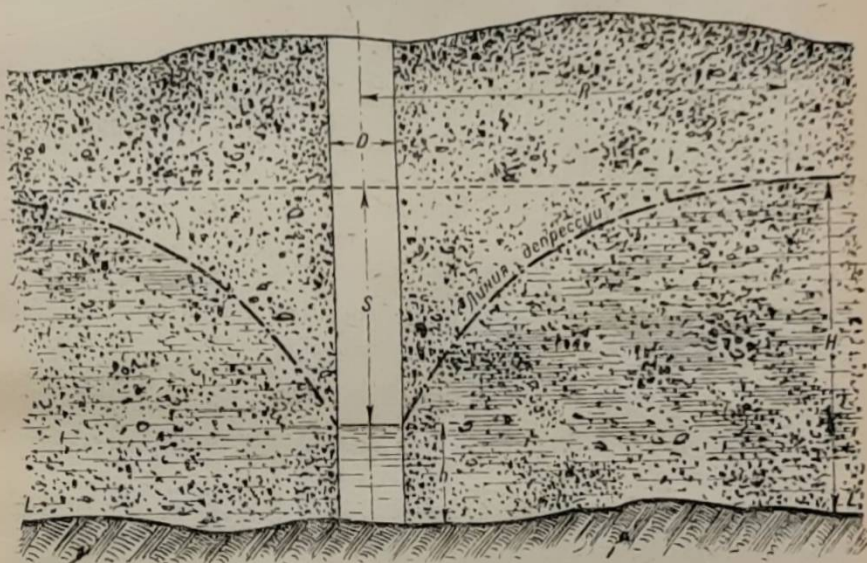
При водоснабжении подземной водой необходимо знать мощность водоносного слоя, т. е. количество воды, протекающей через его сечение в единицу времени, или так называемый *дебит водоносного слоя*. Приток воды в колодцах называется *дебитом колодца*.

Дебит водоносного слоя зависит от: 1) количества годовых осадков, 2) состояния поверхности питающего бассейна,

3) инфильтрационной способности почвы, 4) площади водоносного слоя, скорости движения воды в водоносном слое.

Для определения мощности водоносного слоя необходимо определить данные его составляющих, т. е. выше перечисленные пункты. Так, если имеем площадь бассейна в 100 кв. км, количество годовых осадков 500 мм, допуская, что инфильтруется из всего количества осадков $\frac{1}{5}$ часть их, то на питание подземных вод этого бассейна ежегодно поступает: $1\,000 \times 1\,000 \times 100 \times 0,001 \times (500 : 5) = \text{ок. } 10 \text{ млн. куб. м воды.}$

Если при эксплуатации этого водоносного слоя извлекать меньше годового притока воды, то нет основания ожидать уменьшения дебита и напора воды в колодцах. Если же начать извлекать воду сверхгодового поступления, напор



Фиг. 16. Притекание воды в колодец в момент его откачки.

начнет падать и тем более, чем больше колодцев и чем больше в них расход. Это вызывается следующими причинами. Если колодец (фиг. 16) опущен до водонепроницаемого слоя L , с напором воды H , то при отсутствии расхода вода в колодце будет стоять на том же уровне, как и в грунте. Если из колодца откачать воду на величину S , то образуется воронкообразная поверхность депрессии с радиусом R , как следствие того, что в данный промежуток времени расход значительно превышает приток воды. Когда количество извлекаемой воды уравнивается с количеством, притекающим в колодец, тогда воронка останется постоянной с определенным радиусом.

Если вместо одного такого колодца отрыть рядом еще

один или несколько колодцев, то кривая депрессии значительно понизится.

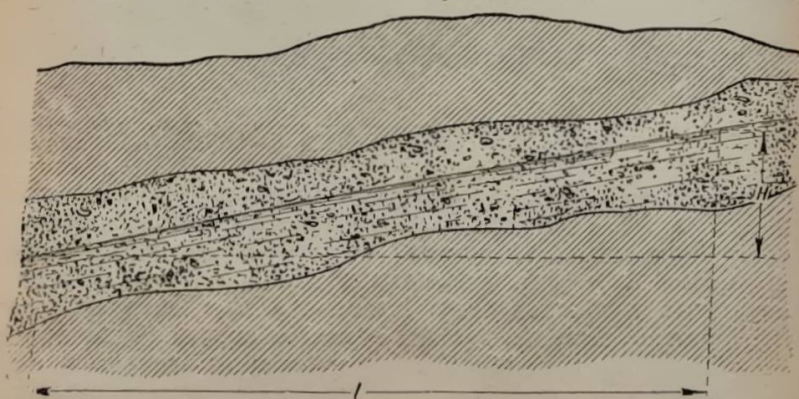
Дебит колодца будет меньше по сравнению с тем, что он имел до постройки поблизости других колодцев. Следующая таблица показывает потери производительности колодцев в зависимости от их взаимного удаления:

Расстояние колодцев между собой в метрах	Уменьшение дебита колодцев в %		
	при 2 колодцах	при 3 колодцах	при более чем 3 колодцах
1,5	38	55	—
3	35	51	—
30	20	31	66
60	16	22	45
120	11	12	24
300	6	8	16

Скорость движения воды в водоносном слое определяется при помощи формулы Дарси, доказанной опытным путем:

$$v = k \cdot i,$$

где v — скорость движения, i — уклон потока подземных вод



Фиг. 17. Определение уклона подземного потока i : $i = \frac{H}{l}$.

и k — коэффициент водопроницаемости, зависящий от крупности частиц грунта, но так как обычно водоносный слой грунта состоит не из одинаковой крупности частиц, то для

точного определения скорости v приходится прибегать к практическому нахождению коэффициента k .

Уклон потока, как это видно по фиг. 17, определить сравнительно легко.

Точность определения коэффициента k обуславливает точность определения скорости потока подземных вод.

Практическое определение этого коэффициента легко производится при помощи особого фильтра, изображенного на фигуре 18.

Если l будет толщина фильтрующего материала, поддерживаемого снизу сеткой, то для проталкивания воды через фильтрующий песок должно быть давление или напор H при помощи отводных труб a и b , напор H поддерживается постоянным. H определяется из формулы $i = \frac{H}{l}$ (фиг. 17):

$$H = li.$$

Из формулы скорости движения подземных вод $v = k \cdot i$

находим, что $i = \frac{v}{k}$, итак:

$$H = \frac{lv}{k},$$

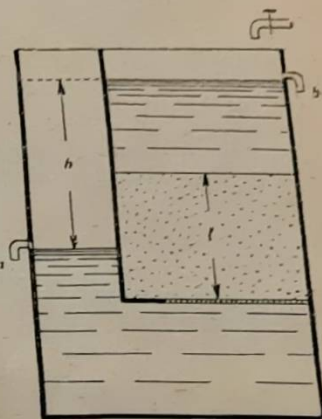
отсюда находим значение k :

$$k = \frac{lv}{H}.$$

Скорость прохождения воды в фильтре определяется путем наблюдения.

Величина k бывает тем меньше, чем мельче песчаные частицы грунта.

Величина коэффициента k для примерных подсчетов, для песчаного грунта, диаметр частиц которых не крупнее 2 мм, можно определить правилом: «изобразить диаметр песчинок в метрах», что будет соответствовать коэффициенту км/сек.



Фиг. 18. Фильтр для определения коэффициента водопроницаемости водоносных пород.

<https://warlib.site/>

На основании этого правила можно составить следующую таблицу:

Зерна песчинок	0,2 мм	—	$K = 0,0002$ м/сек.
»	»	—	$K = 0,0003$ »
»	»	—	$K = 0,0005$ »
»	»	—	$K = 0,001$ »
»	»	—	$K = 0,002$ »

Однако необходимо помнить, что найденный подобным образом коэффициент, как и по всякого рода другим таблицам, близок истинному значению, но не точен; точное значение k можно найти лишь путем опыта.

Ниже приводится таблица скорости v м/сутки движения подземных вод для различных уклонов, при диаметре d песчинок > 2 мм:

Уклон 1 $d/мм$	0,0005	0,001	0,002	0,006	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10
2	— 0,3	6,5	0,9	3	5	9	13	22	45
3	3,5	7	14	40	67	125	183	280	500
5	10	21	40	113	175	300	400	560	930
10	30	58	110	275	388	580	750	1 060	1 550
26	80	145	275	620	830	1 800	1 450	—	—
30	150	275	480	930	1 220	—	—	—	—
40	250	450	710	1 210	—	—	—	—	—

Зная скорость течения воды в грунте, определение мощности колодца сводится к определению площади, которую питается колодец. Если площадь — F , скорость течения — v , то, приняв во внимание пористость грунта — m , легко можно определить дебит колодца Q , по формуле:

$$Q = F \cdot v \cdot m.$$

Из фиг. 19 видно, что площадь питания колодца подземными водами определяется радиусом R и высотой отскачки h . Значит, площадь питания колодца можно выразить

$$F = 2\pi R h.$$

Радиус R находится в зависимости от депрессионной линии, которая определяется $\operatorname{tg} \alpha$, где α — угол, образуемый хордой депрессионной линии с горизонтом. Наклон депрессионной линии в свою очередь зависит от грунта и скорости течения и находится в пределах 0,01—0,1. Радиус воронки R (фиг. 19) определяется по формуле:

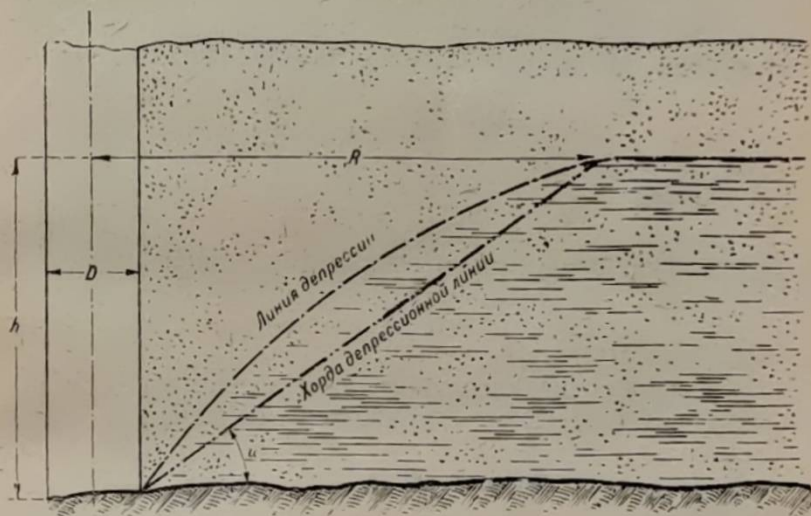
$$R = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{D}{2},$$

где D — диаметр колодца.

Мощность водоносного слоя Q и дебит колодца на основании выше приведенного можно определить из формулы:

$$Q = 2\pi R h m v,$$

где h — глубина колодца в водоносном слое, $2\pi R h$ площадь,



Фиг. 19. Притекание воды в колодец в момент полной откачки.

которой питается колодец; R — радиус воронки; m — пористость грунта; v — скорость течения воды в грунте.

Пользуясь выше приведенными формулами, можно подсчитать дебит любого колодца с точностью, достаточной для войсковой водоснабжения.

Пример. Уклон водоносного слоя $i = 0,001$, диаметр песчинок водоносного слоя $d = 2$ мм, пористость грунта $m = 0,20$, глубина колодца $h = 1$ м, диаметр колодца $D = 0,80$ м, уклон депрессионной линии $\operatorname{tg} \alpha = 0,02$, требуется определить дебит колодца.

Решение:

1. Находим скорость течения воды в водоносном слое:

$$v = k \cdot i = 0,002 \cdot 0,001 \cdot 86400 = 0,17 \text{ м/сутки.}$$

2. Определяем величину радиуса:

$$R = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{D}{2} = \frac{1}{0,02} + \frac{0,8}{2} = 50,4 \text{ м.}$$

3. Подставляя вычисленные величины, находим дебит колодца

$$Q = 2\pi R h m v = 2 \cdot 3,14 \cdot 50,4 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 0,17 = 10,8 \text{ куб. м/сутки.}$$

Опытами установлено, что суточный приток воды в колодцах колеблется от 5,3 до 18 куб. м.

Более простой способ определения мощности колодца заключается в следующем. Колодец откачивают и наблюдением устанавливают, через какой промежуток времени он примет свой первоначальный уровень. Так, если вода в колодце составляет 1,5 куб. м и если после откачки потребуется 6 часов времени для наполнения до первоначального уровня, то производительность данного колодца:

$$\frac{1,5 \text{ куб. м}}{6 \text{ ч.}} = 0,25 \text{ куб. м/ч.}$$

или в сутки:

$$0,25 \cdot 24 = 6 \text{ куб. м.}$$

В отношении производительности колодцев можно сделать следующие выводы:

1. Дебит колодца прямо пропорционален глубине откачки S (фиг. 16).

2. Дебит колодца увеличивается с возрастанием мощности пласта H (фиг. 17) и с углублением колодца в водоносный пласт.

3. Увеличение площади (диаметра) колодца мало влияет на его дебит.

Водоснабжение колодцами.

Водоснабжение небольших соединений (взвод, рота, и т. п.) на короткий срок на маневрах, в лагерях, в условиях маневренной войны осуществляется при помощи колодцев. Колодцами называются гидротехнические сооружения для добытия подземной воды.

Колодцы различают:

1. *Шахтные*, представляющие собой вырытую в земле шахту, дно которой углублено в водоносный слой. Стенки шахты могут быть одеты различным материалом. В зависимости от одежды стенок колодцы могут быть:

- а) с деревянным креплением (деревянные колодцы),
- б) с каменным (каменные колодцы) и
- в) с бетонным и железо-бетонным креплением.

Размеры «в свету» бывают: для деревянного крепления квадратной формы — 1×1 м и $1,5 \times 1,5$ м; для каменного, бетонного и железо-бетонного (форма круглая) диаметр — 0,7 — 1,00 м.

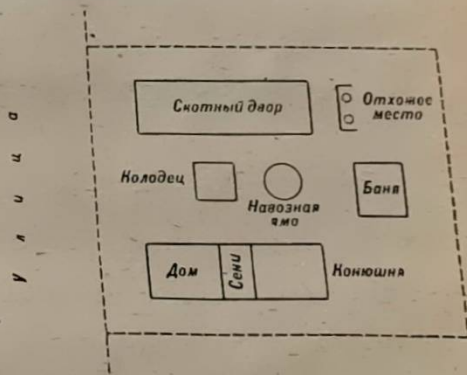
2. *Трубчатые*, соединяющие водоносный слой с поверхностью земли при помощи металлических труб. Трубчатые колодцы различают:

- а) нортоновские (абиссинские) и
- б) артезианские.

Диаметр трубчатых колодцев бывает весьма разнообразный — от 5 см до 25 см и более.

Шахтные колодцы.

Выбор места для колодца. Место для устройства колодца должно быть выбрано с таким расчетом, чтобы в него не просачивались грязные поверхностные воды. Поэтому колодец должен быть расположен к различным источникам загрязнения — как-то: скотный двор, уборные, свалки нечистот, конюязи, помойные ямы и т. д. — возможно дальше, но не ближе чем на 20 м. Желательно устройство колодца на уклоне, выше мест скопления различных отходов, загрязняющих почву. В наших деревнях и селах колодцы в большинстве случаев расположены по середине двора (фиг. 20) и вокруг колодца в тесном



Фиг. 20. Схема обстановки, в какой не следует располагать колодец.

соседстве ютятся конюшни, помойные ямы и т. д. Этим и объясняется крайне нездоровая вода в колодцах деревень, что было отмечено на VIII съезде санитарных врачей.

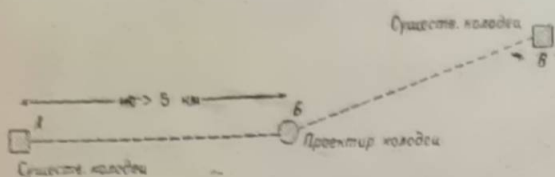
При устройстве колодцев в оборонительной полосе, таковые располагаются в особых коленах ходов сообщения.

Определение глубины колодца. Для подсчета количества земляных работ и материалов проектируемого колодца не-

обходимо точно определить глубину его. Глубина проектируемого колодца определяется:

1. *Бурением.* Этот способ дает исчерпывающие сведения о породах, которые придется проходить, и точно указывает глубину залегания водоносного слоя.

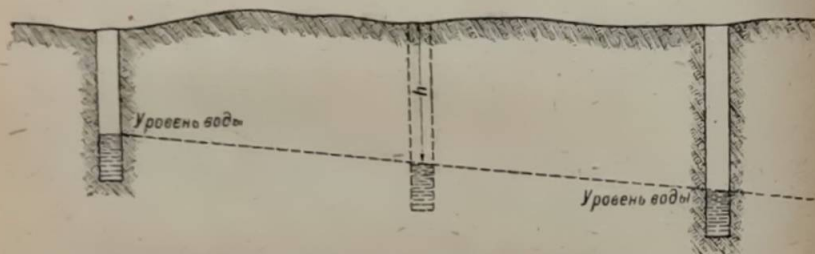
2. *Нивелированием.* Этот способ применяется при устройстве сети колодцев, когда намечается эксплуатация водоносного слоя на большой площади; с одинаковым успехом он



Фиг. 21. Порядок нивелирования для определения воды в колодцах.

может быть применен и при постройке одного колодца. Для определения глубины этим способом отыскивается вблизи 2 уже существующих колодца: эти ко-

лодцы должны хотя бы приблизительно лежать на одной линии с проектируемым колодцем (фиг. 21). В существующих колодцах А и В нивелированием определяется уровень воды, одновременно ведя нивелирование по линии АВВ, затем по нивелировочным отметкам строится продольный профиль местности с нанесением глубин колодцев А и В; соединив их уровни, получим уровень подземных вод. Построив на



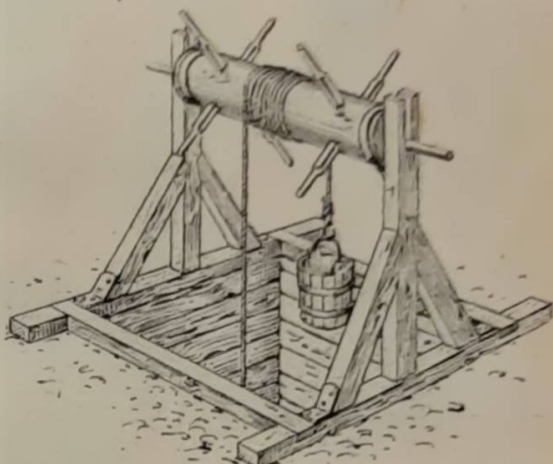
Фиг. 22. Профиль местности для определения глубины залегания подземной воды.

продольном профиле проектируемый колодец, находим его глубину h (фиг. 22).

Рытье шахты производится ручным способом с применением инструментов: лопаты, кирки, лома и т. д. Роят шахту лопатами «на выкид». По мере углубления, работать обыкновенной лопатой становится тесно, тогда применяется заступ, который, в отличие от лопаты, имеет укороченную рукоятку и насаженную лопасть на одной прямой линии с рукояткой. При твердых породах пользуются ломом и киркой, для ускорения применяются взрывные работы. Шахта отрывается размерами, учитывая одежду стенок.

Открыть шахту для ускорения работы желательно до водоносного слоя, а затем приступить к ее одеванию. Однако достичь водоносный слой, не одевая шахту, возможно лишь в твердых грунтах, — в сухой слежавшейся глине, в лёссе и каменистых породах; при прочих грунтах углубиться без опасения за обвалы стенок можно в лучшем случае до глубины 2 м. В

грунтах не плотных до глубины 2 м землю копают на выкид, а затем одевают стенки колодца и землю начинают поднимать в большом ведре из сухой дубовой клепки, окованной железными обручами, вместимостью около 5—6 обыкновенных ведер, называемом бадьей.



Фиг. 23. Ворот с бадьей.

Для этого над устьем шахты устанавливается ворот (фиг. 23) с просмоленным канатом толщиной в 3 см (еще лучше пользоваться стальным тросом). В предупреждение несчастных случаев следует проверить прочность каната, для чего бадью нагружают камнями до 150 кг, поднимая и опуская, убеждаясь в прочности каната.

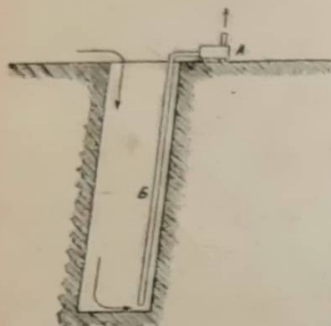
Меры осторожности при рытье шахты. При рытье шахты следует соблюдать ряд предосторожностей, обеспечивающих от несчастных случаев. Необходимы следующие меры предосторожности:

1. На поверхности земли шахту колодца надо ограждать на расстоянии 0,5 м от края поставленными на ребро досками, чтобы в нее не могло скатиться что-либо тяжелое с поверхности.

2. Внимательно следить за стенками шахты (как только появятся трещины, следует сейчас же приступить к креплению стенок), за состоянием работающей бадьи и каната.

3. Иногда рабочие начинают чувствовать «духоту». Это происходит от того, что стенки шахты выделяют вредные газы. В таких случаях необходимо немедленно проветривать шахту. Во время перерыва работ за ночь в шахте возможно накопление значительного количества вредных газов, поэтому, прежде чем опуститься на работу, медленно опускают на дно шахты зажженную свечу и наблюдают за горением.

Если в шахте скопились вредные для человека газы, то свеча потухнет или же произойдет небольшой взрыв. До удаления газов в такую шахту спускаться нельзя. Вредные газы тяжелее воздуха, поэтому они стелятся на дне шахты.

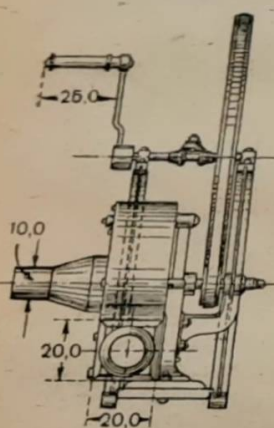


Фиг. 24. Освежение воздуха в шахте помощью временки.

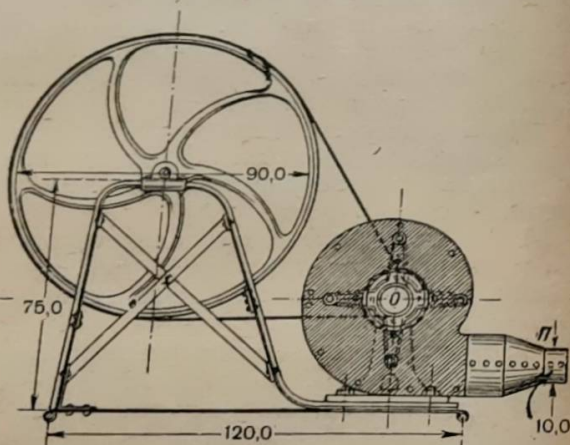
Способы «вытягивания» вредных газов со дна шахты следующие:

1. Наверху у шахты ставят железную печь (временку) А (фиг. 24), в поддувало печи вставляют железную трубу В, которую опускают на дно шахты. При топке печи воздух для горения будет присасываться со дна шахты, вследствие чего свежий воздух будет вливаться в шахту вместо вытянутого трубой, и в шахте установится круговорот воздуха.

2. При помощи вентиляторов, находящихся на снабжении армии. На фиг. 25 и 26 приведен центробежный вентилятор «Шилле». Отверстие п (фиг. 25) выгоняет находящийся в барабане воздух, в то же время втягивая в себя воздух через отверстие О (фиг. 26).



Фиг. 25. Вид вентилятора «Шилле» спереди.



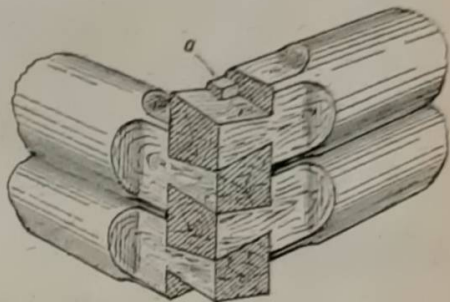
Фиг. 26. Вид вентилятора «Шилле» сбоку.

В зависимости от присоединения труб к отверстиям О или п, вентилятор может действовать, как вытягивающий или нагнетающий.

3. «Вымахивание». Вместо бабьи к веревке привязывается какая-либо легкая вещь больших размеров: фанерный лист, рогожа и т. п. быстрым подъемом и опусканием как бы вымахивают воздух из шахты. К этому способу следует прибегать, когда во время работы замечается некоторая духота.

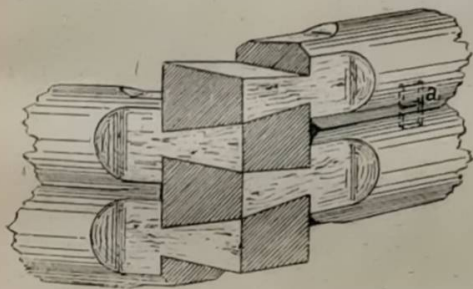
а) Колодцы с деревянным креплением.

Колодезные шахты, если решено их одеть деревянным креплением, одеваются срубом (фиг. 27). Сопряжение бревен в углах сруба делается в косую лапу с коренным шипом *a* или без него (фиг. 28). Бревна отдельных венцов припазовываются и соединяются между собой вставными дубовыми шипами *a* (фиг. 28 и 29) высотой около 9—13 см, располагаются они друг от друга на расстоянии 50 см.



Фиг. 27. Сопряжение сруба в углах в косую лапу с шипом *a*.

Сруб заготавливается заранее на поверхности земли; стороны бревен, обращенные внутрь сруба, затесываются на плоскость. При рубке в лапу необходимо соблюдать, чтобы размер лапы и наклон ее плоскостей был во всех бревнах одинаковым. Правильность рубки в углах проверяется угольником. Когда отдельные бревна подогнаны, собирается первый венец сруба и нумеруется, после чего приступают к сборке следующего. На тщательность соединения врубок и соединения между собой отдельных венцов при предварительной сборке должно быть обращено

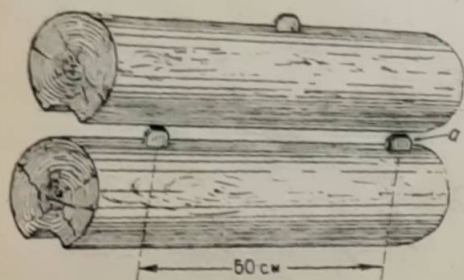


Фиг. 28. Сопряжение сруба в углах в косую лапу без шипа.

особое внимание, так как сруб только тогда будет правильно уложен в колодец и будет иметь необходимую плотность и устойчивость, когда предварительная заготовка сруба будет проделана с необходимой тщательностью.

При укладке сруба в шахту не следует допускать проконопатку его пазов мхом, так как это способствует гниению и разведению различных микроорганизмов, портящих воду.

Лес для сруба должен быть выбран хорошего качества; трухлявый, сухостойный, зараженный грибом, с глубокими трещинами — для колодезных работ не пригоден. Прочность сруба, а следовательно и всего колодца зависит от выбранной породы дерева. Так, дуб хорошо сохраняется как в подводных, так и надводных частях колодца (около 20—25 лет). В подводной части со временем дуб становится еще тверже; подобное же свойство имеет лиственница; сосна хорошо



Фиг. 29. Сопряжение венцов в срубе.
а — дубовый шип.

сохраняется во всех частях колодца около 20 лет; верба и осина скоро сгнивают, под водой их срок службы от 5 до 8 лет; ольха хорошо сохраняется под водой; ель не находит применения в колодезном деле, так как она сильно усыхает, трескается и быстро начинает гнить.

Работы по одежде стенок шахты с деревянным креплением могут быть выполнены следующими способами: 1) одежда стенок вполне отрытой шахты, 2) опускной (наращивание сверху) и 3) наращивание снизу («подводкой»).

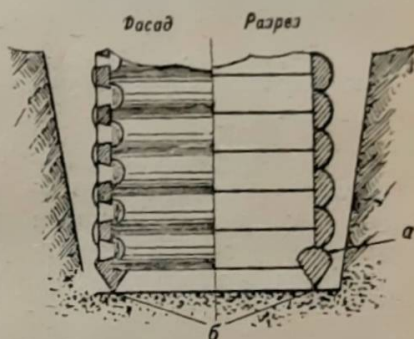
1. *Одежда стенок вполне отрытой шахты.* В твердых грунтах при отрывке шахты стенки таковой могут либо совершенно не иметь крепления, либо иметь так называемое временное крепление. Временное крепление ставится при небольшой глубине колодца, когда грунт не особенно твердый или когда начинают обнаруживаться трещины. Временное крепление состоит из рам или распорок с клиньями, располагаемых на 1—2 м по высоте и закладываемых за ним досок толщиной 50—63 мм. Доски за рамами располагаются либо вплотную, либо с промежутками, равными ширине доски. По мере углубления шахты доски ударами деревянного молота осаживаются вниз.

Укладка сруба начинается с разравнивания дна колодца. Если приток воды сильный, то на дне укладываются лежни и к ним пришивается пол с просветами для прохождения воды. Если водоносный слой состоит из мелких частиц грунта, которые вымываются при выходе воды в колодец, то вместо пола на дно колодца насыпается слой гравия или щебня. Если песок водоносного слоя крупный, то пола

можно не делать. На приготовленное дно колодца укладываются сверху венцы сруба; укладывание ведется в том же порядке, в каком сруб был приготовлен на поверхности. При укладке сруба главное внимание обращается на то, чтобы венцы плотно укладывались и чтобы сруб шел в вертикальном направлении, проверяя вертикальность его через каждые 2 м. Одновременно с опусканием сруба в бадье подается вниз глина, которой затрамбовывается промежуток между срубом и стенками шахты. Глина не пропускает в колодец грязные поверхностные воды и набухая водой способствует устойчивости сруба. Таким способом сруб доводится до земной поверхности. Если стенки шахты скреплены временным креплением, то таковые, с возведением сруба, снимаются.

2. *Опускной способ* применяется при креплении колодцев глубже 6 м в мягком грунте. Этот способ, имеющий частое применение, состоит в следующем:

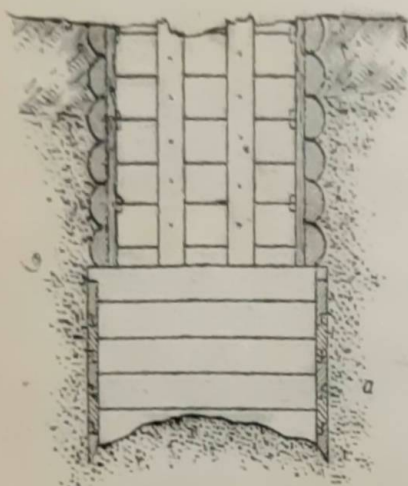
Вырывают шахту, возможно глубже (в среднем на 1,5–2 м); на дно открытой шахты (котлована) укладывают первый венец *a* (фиг. 30) из наиболее толстых заостренных снизу бревен — *б*, на котором в соответствующем порядке собирают остальные венцы сруба, выводя его выше поверхности земли. Затем начинают подкапывать грунт под нижним венцом, вследствие чего сруб под давлением собственного веса начинает медленно осаживаться. По мере осаживания сверху наращиваются все новые венцы. Откапываемый грунт со дна колодца вытаскивают бадьей на поверхность земли. При грунте, не дающем обвалов стен шахты, за день работы углубляются от 1,5 до 2 м. Если сруб от собственного веса перестанет опускаться, то дальнейшее опускание происходит при дополнительном грузе, который кладется на сооруженном вверху сруба помосте, в виде земли, камня и т. д. При опускании сруба нужно внимательно следить за равномерным и вертикальным его опусканием; для равномерного опускания иногда приходится прибегать к дополнительной нагрузке задерживающей стороны. При сыпучем грунте возведение первых венцов сруба делается на специально приготовленном бездонном ящике *a* (фиг. 31). По внешним размерам ящик делается немного больше сруба. При большой глубине колодца ящик схватывается полосами



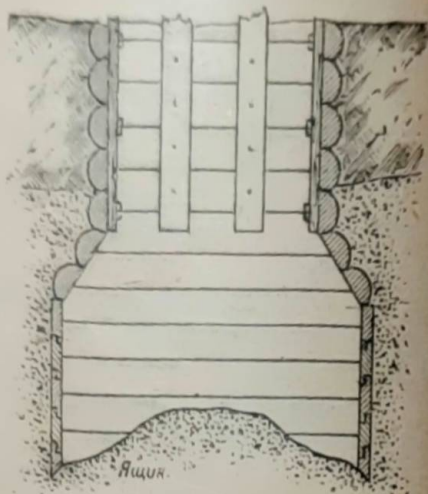
Фиг. 30. Опускание сруба опускным способом.

типиного железа и делается из досок не тоньше 7,5 см доски соединяют с зарубанием в лапу. Различные соединения ящика с срубом приведены на фиг. 31 и 32.

Для глубоких колодцев (20 м и больше) сруб возводится на специально заготовленной из брусков опускной раме

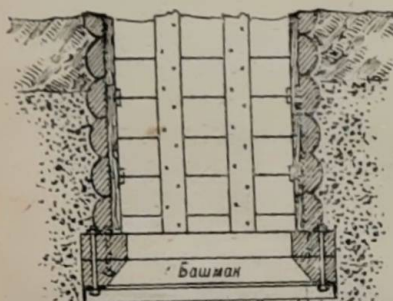


Фиг. 31. Углубление сруба опускным способом в сыпучем грунте.



Фиг. 32. Сопряжение сруба с бездонным ящиком.

(фиг. 33), которая снизу имеет металлический «нож». Рама имеет в плане форму сруба, но по внешним размерам немного больше ее. Во избежание разрыва сруба, в случае, если верхняя часть его задержится обвалом стенки, венцы сруба в вертикальном направлении необходимо заранее



Фиг. 33. Опускание сруба при помощи спускной рамы.

скрепить жердями или досками. При глубоких колодцах ворот, поднимающий бадью, должен быть снабжен зубчатым или канатным тормозом, способным затормозить вал. К обоим концам веревки, навитой на вал, должны быть прикреплены бадьи (фиг. 23). Когда ворот вращают в одну сторону, то один конец будет разматываться, другой — наматываться; бадья, прикрепленная к первому

концу (пустая), будет опускаться, а другая бадья (полная) подниматься.

3. *Способ наращиванием снизу.* Работая опускным способом, при глубокой шахте, может наступить момент, когда

трение опускаемого сруба о стенки шахты станет настолько велико, что его опускание прекратится, даже при дополнительной нагрузке. В таких случаях дальнейшее углубление колодца ведется способом наращивания сруба снизу (так называемой «подводкой»). Работа этим способом производится в следующем порядке.

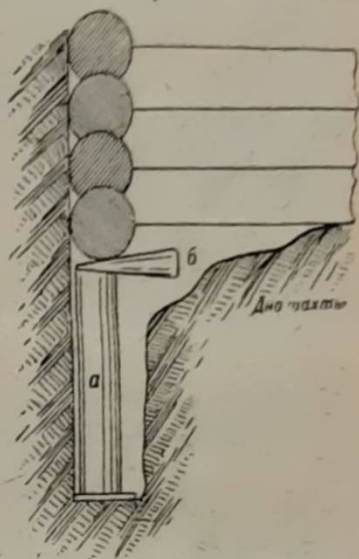
Два нижних бревна последнего венца подклиниваются, для чего под их концами откапываются углубления, в которые ставятся распорки *а* (фиг. 34); между венцом и распоркой забивают клинья *б*. После подобного укрепления нижних бревен последнего венца, выбирают грунт под двумя венцами до тех пор, пока не

будет достаточно места для помещения под ними новых бревен следующего венца. Подведя эти бревна, их заклинивают точно так же, как и первоначальные; после заклинивания вторых бревен, первые клинья вынимаются и под первыми бревнами отывается достаточно место для помещения новых; подведя под ними новые бревна, таковые закрепляются опять клиньями и отывается место для новых бревен и т. д., пока колодец не достигнет водоносного слоя. Если проходится твердый грунт, то первые два подводимые бревна делаются на 0,5 м длиннее остальных. Концы этих бревен закладываются в проделанные в стенке шахты соответствующих размеров ниши, называемые *закладами*. Подобное закладывание концов нижних бревен дает возможность отрыть место, достаточное для подведения 3—4 венцов сразу, что значительно ускоряет углубление.

Подводимые бревна должны плотно прижиматься рычагами или домкратами к вышележащим. Необходимо тщательно очищать пазы венцов от грунта и наблюдать, чтобы бревна плотно прилегали друг к другу.

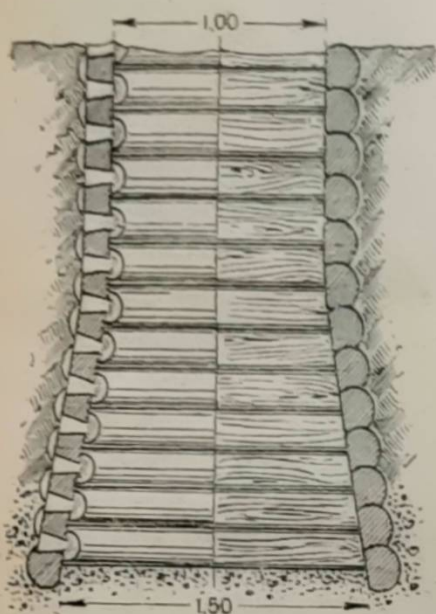
Иногда встречается слой мягких плавучих водоносных песков, называемый *пльвуном*. Это мельчайшие песчинки, насыщенные водой, которые плывут на дно шахты, затопляя таковую. Работа в пльвуне трудна и иногда при неправильных приемах работы начатые шахты из-за пльвуна приходится бросать.

Для прохождения пльвуна сруб внизу уширяется, при-

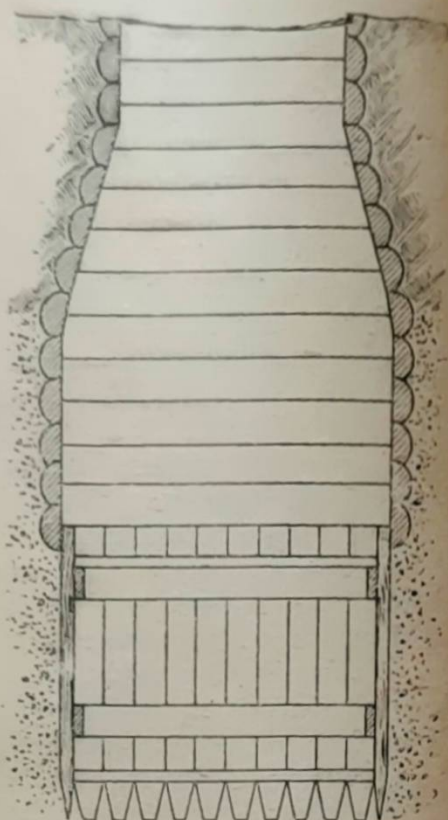


Фиг. 34. Способ закрепления нижних венцов сруба при углублении способом наращивания снизу.

нимая вид шатра (фиг. 35). К расширению сруба, т. е. устройству шатра приступают как только появится плавун. Далее углубление в плавун может вестись посредством: а) шпунта из досок (фиг. 36) или б) водосборного шатра (фиг. 37). Последний устраивается следующим образом. На дне шахты, которое находится в начале плавбуна, строится другой меньший шатер. Сборку его ведут со дна вверх, тщательно припазовывая звенья: нижние бревна заостряются, чтобы водосборный шатер легче погружался. Размер ящика (меньший ша-



Фиг. 35. Углубление шатром при прохождении плавбуна.



Фиг. 36. Углубление в плавбуне посредством шпунта из досок.

тер) делается таким, чтобы между его стенками и стенками основного сруба остался бы промежуток в 13—15 см. Погружение ящика происходит выбором плавбуна со дна и забрасыванием его за стенки, т. е. в пространство между ящиком и основным срубом. Ни в коем случае нельзя из плавбуна вычерпывать воду, потому что тогда плавун притекает с наибольшей силой и за срубом могут образоваться пустоты и произойти перекося всего сруба.

Когда ящик углубится на достаточную глубину, то для пользования этим колодезем (в плавбуне) на дне его насыпается фильтрующий слой толщиной около 1 м, для чего сначала насыпается мелкий песок, затем более крупный и потом щебень разной крупности.

Так как шатер имеет все уширяющиеся размеры (фиг. 37), то при подготовке материала необходимо строго следить, чтобы венцы готовились по строго расчерченным размерам и чтобы диагонали были равны. Это же необходимо соблюдать при сборке венцов в колодце. На дне шахты отыскивается и отмечается забивкой кола центр шахты, от которого к углам откладываются равные расстояния, руководствуясь которыми поверяется правильность укладки венцов.

б) Колодцы с каменным креплением.

Каменные крепления стен шахты делаются обычно опускным способом и редко приходится крепить камнем стенки готового колодца.

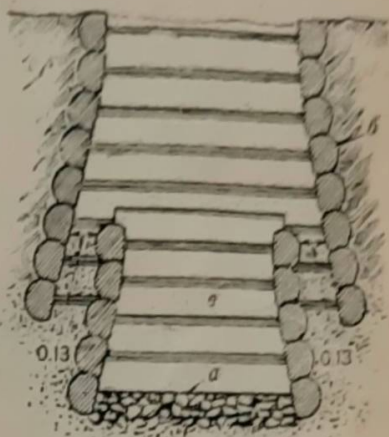
При одежде стен окончательно отрытой шахты правила одежд таковых мало чем отличаются от правил кладки вообще на земной поверхности.

Колодцы с каменным креплением устраиваются цилиндрической формы, стены их выкладываются бутом или кирпичом на цементном растворе; диаметр колодцев колеблется от 0,6 до 1 м; толщина стен устраивается от 0,3 до 0,5 м и более.

Каменные колодцы несравненно долговечнее, нежели деревянные, но зато и их устройство обходится значительно дороже.

Опускной способ. При опускном способе отрывается возможно глубже котлован и на дне его устанавливается опускная рама, на которой возводится кладка. Когда кладка достигнет поверхности земли, то внутри ее стен со дна шахты отрывают грунт и бадьями поднимают на поверхность. Под тяжестью кладки рама начнет опускаться; по мере опускания кладка все возводится. Таким способом происходит углубление колодца до необходимой глубины в водоносном слое.

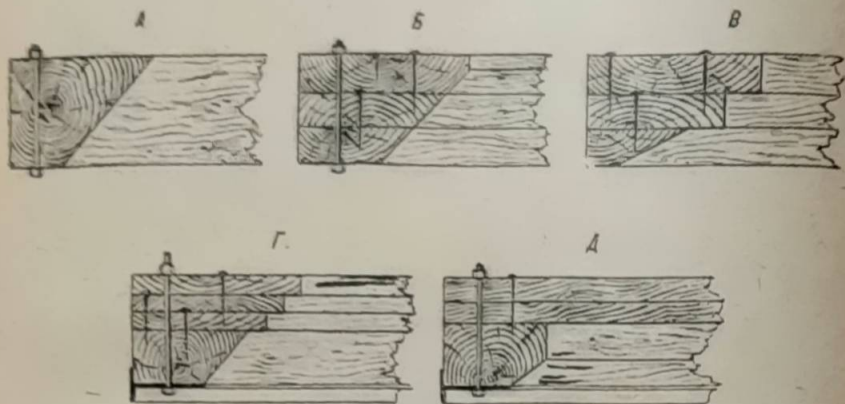
Опускная рама делается из деревянных брусьев А (фиг. 38) или из досок Б и В или совместно из досок и брусьев Г, Д. Тип опускной рамы зависит от размеров и глубины колодца и грунта. Чем глубже колодец, тем прочнее должна быть опускная рама. К раме желательно приделать «нож», т. е.



Фиг. 37. Углубление в плывуне посредством водосборного шатра: а—щебень, насыпаемый после постройки колодца; б—шатер; в—водосборный шатер.

одеть вокруг кольцом нижний край рамы железной полосой. Нож делается из плоского или таврового железа и прочно прикрепляется к раме. При опускании нож способствует легкому погружению в грунт.

Для прочности соединения опускающей рамы с кладкой, через последнюю пропускаются концы железных болтов (толщиною 2 см), которые закрепляются в промежуточной раме (фиг. 39), располагаемой на расстоянии 1 м от опускающей рамы. Чтобы избежать возможных разрывов кладки при опускании, через каждые 2—3 м кладка разбивается



Фиг. 38. Детали опускающих рам.

на отдельные звенья, между которыми вставляются деревянные рамы б, которые между собой скрепляются железными болтами (фиг. 39).

Для уменьшения трения при опускании кладки иногда промежуток между основной рамой и ближайшим кольцом (б) обшивается досками.

Для *бутовой кладки* выбирается камень *постелистый*, без трещин и не размягчающийся от воды. Камни кладутся толстыми краями к стенке, узкими — внутрь. Кладка обычно ведется на глине. Толщина стенок делается от 0,5 до 0,75 м. Если требуется водонепроницаемость стенок и особая прочность, то производят кладку на цементном растворе — 1:3.

Кирпичная кладка делается из обыкновенного или лекального кирпича. Лекальный кирпич с одной стороны несколько уже, чем с другой. Обыкновенный кирпич при кладке приходится с боков несколько обтесывать. Кладка производится на ребро, лучше кладку вести в $1\frac{1}{2}$ кирпича и в перевязку швов (фиг. 40). Кирпичная кладка и оштукатурка колодца производится цементным раствором 1:3. В нижнем звене для прохода воды оставляются отверстия (фиг. 40).

Толщина стенок (а) каменных колодцев определяется по формуле:

$$a = 0,1d + 0,1 \text{ м,}$$

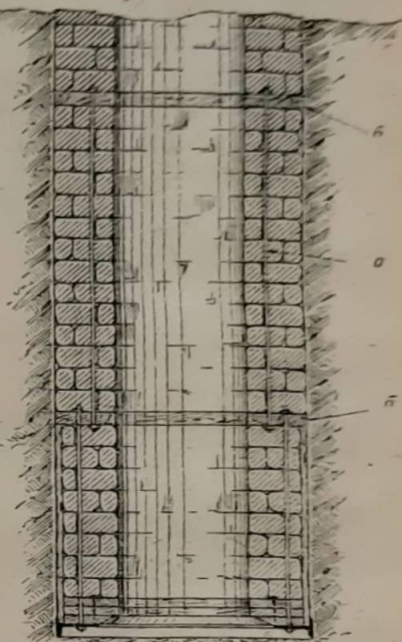
где d — внутренний диаметр колодца.

в) Колодцы с бетонным и железобетонным креплением.

Крепление стенок шахты колодца при помощи бетона или железобетона происходит опускным способом. На опускную раму (фиг. 38) устанавливаются заранее заготовленные бетонные или железобетонные кольца, которые между собой соединяются посредством закраин на цементном растворе 1:3. Дальше работы ведутся аналогично, как при опускном способе каменных колодцев.

Достоинство бетонных и железобетонных колодцев — их непроницаемость, монолитность, гладкость стенок, облегчающая опускание, и быстрота установки. Недостаток — необходимость заблаговременного изготовления колец (за 3—4 недели до употребления).

Изготовление бетонных и железобетонных колец. Отдельные бетонные и железобетонные кольца изготавливаются путем набивки в специальные формы соответствующего состава бетона. Бетон готовится в следующем составе: цемента — 1 часть, песка 2—3 части и мелкого щебня 2—4 части. Формы бывают металлические (фиг. 41) с постоянным внешним диаметром и деревянные, внешний диаметр которых может быть увеличен или уменьшен (фиг. 43). Если при изготовлении колец в бетонную массу закладывается железная арматура из проволоки, то такие кольца называются железобетонными.

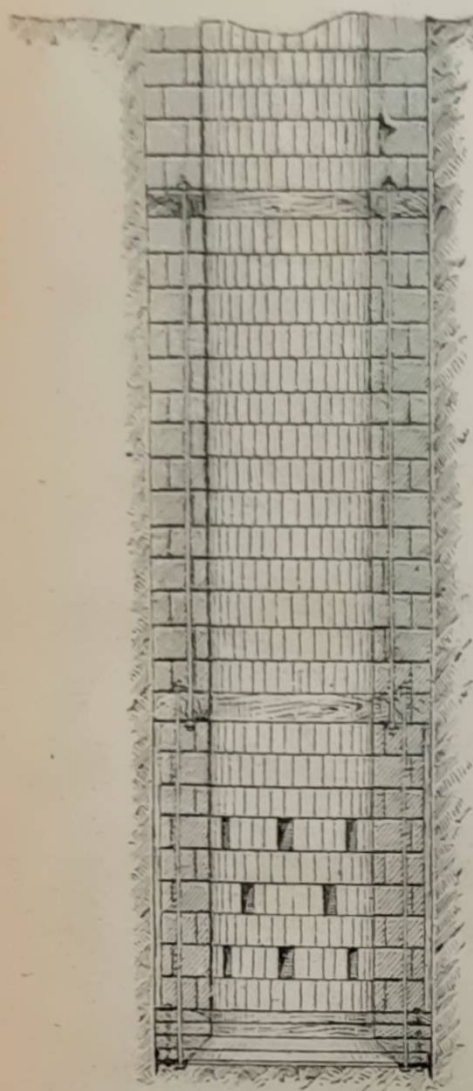


Фиг. 39. Опускание каменной кладки: а — болт, соединяющий опускную раму с промежуточной (б); б — деревянные промежуточные рамы.

Закладываемая в бетон арматура (железный каркас) состоит из проволоки толщиной 3—5 мм, имеет горизонтальные пояса и вертикальные стержни. Первые горизонтальные пояса располагаются на 15 см от верха и на таком же расстоянии от низа кольца (фиг. 42), а затем между этими

поясами через каждые 10 см. Вертикальные стержни располагаются на 15 см друг от друга (фигура 42).

Места соприкосновения стержней с горизонтальными поясами перевязываются проволокой. Преимущество железобетонных колец по сравнению с бетонными — их легкость, так как закладываемый железный каркас позволяет значительно сократить толщину стенок колодца.



Фиг. 40. Опускание кирпичной кладки.



Фиг. 41. Металлическая форма для изготовления бетон. и жел.-бетон. колец.

Толщина колец из одного бетона делается от 9 до 12 см, железобетонные кольца — от 5 до 9 см. При таких размерах железобетонные кольца весят до 320 кг, а кольца из одного бетона до 800 кг. Это преимущество железобетонных колец особенно важно, когда кольца приходится перевозить. По прочности железобетонные кольца не уступают кольцам из одного бетона со стенками вдвое толще. Все сказанное относится к трубам, диаметр которых = 0,7—1,0 м, если же диаметр значительно больше или меньше, то тол-

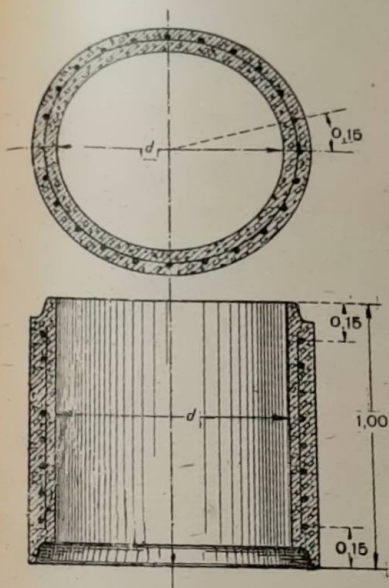
шина железобетонной трубы a может быть определена из уравнения

$$a = \frac{1}{12} d,$$

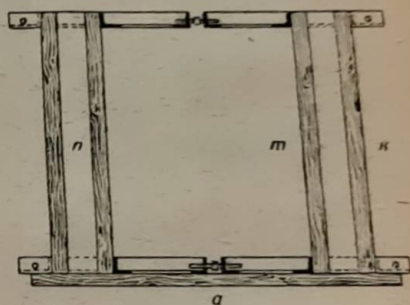
где d — диаметр трубы.

Металлическая форма (фиг. 41) для изготовления колец состоит из внутренней трубы постоянного диаметра и наружного кожуха, винтами которого формируемой трубе придается необходимая толщина стенок. Деревянная форма (фиг. 43) состоит из 3 частей: 1) подкладки — $л$, 2) наружного кожуха — $к$ и 3) внутренней трубы — $т$. Просвет между кожухом и трубой составляет толщину стенок кольца.

Перед началом работы все части формы, соприкасаю-



Фиг. 42. Поперечный и продольный разрез жел.-бетонного кольца.



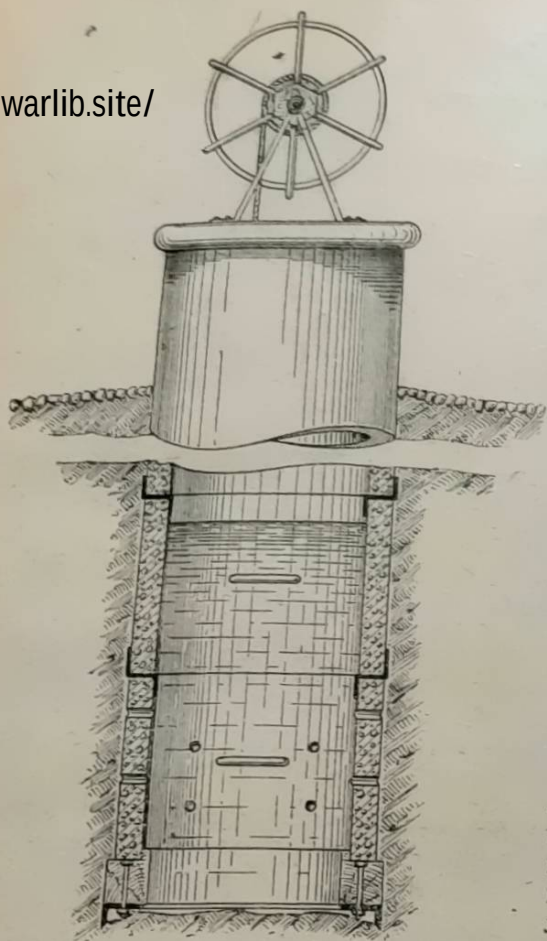
Фиг. 43. Деревянная разборная форма для изготовления бетон. и жел.-бетон. колец.

щиеся с бетоном, должны быть смазаны оленфтом или раствором серого мыла. Для приготовления кольца форма кладется на подкладку a (фиг. 43) и между стенками кожуха и трубой набивается постепенно и равномерно по всей окружности бетон, который уплотняется особой трамбовкой. При железном каркасе нужно следить, чтобы он поместился по середине и чтобы ударами трамбовки не повредить сетку. Сверху и снизу в форме укладываются деревянные кольца для образования закраин. Если кольца изготовлены без закраин, то, чтобы при опускании не было

сдвига, между кольцами закладываются загнутые вверх и вниз железные пластинки (фиг. 44).

По окончательном заполнении формы

<https://warlib.site/>



Фиг. 44. Соединение бетонных колец посредством железных пластинок.

болты внутренней трубы (деревянная форма) или винты наружного кожуха (металлическая форма) осторожно ослабляются, и форма снимается. Кольцо должно быть оставлено на подкладке на 3—4 дня, после чего она может быть осторожно перенесена в место, отведенное для окончательного затвердения. Через 28 дней (но не раньше 3 недель) кольца могут быть употреблены в дело.

В нижнем кольце, которое будет находиться в водоносном слое, при формировании делаются отверстия (фиг. 44) для пропуска воды. Желательно в каждое кольцо при формировании такового вставить железную скобу (фиг. 44) для удобного сообщения в колодце.

Углубление в водоносный слой.

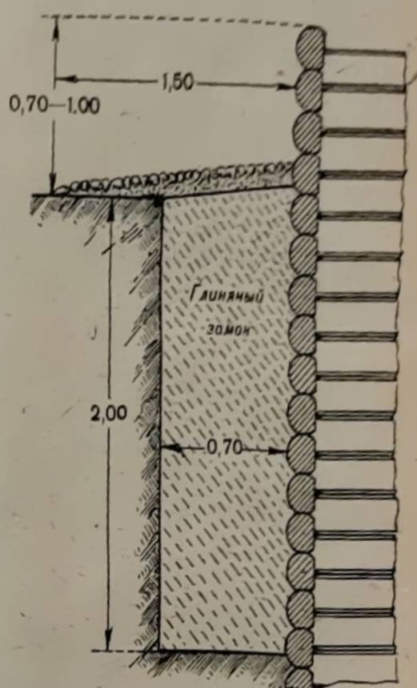
Дно колодца углубляется в водоносный слой настолько, чтобы обеспечить достаточный запас воды. При опускном способе постройки колодца, углубление в водоносный слой может иметь следующие особенности:

1. Колодец врезался в водоносный слой, уровень которого находится под напором. Тогда вода, наполнив колодец, станет на каком-то уровне. Если этот уровень воды в колодце представляет необходимый запас воды, то дальнейшее углубление прекращают. Если же напор не большой и полученный запас воды не достаточен, то, вычерпывая воду и вытаскивая ее с грунтом в бадье на поверхность, продолжают углубляться до требующейся глубины. При откачке воды желательно пользоваться насосами.

2. Водоносный слой крупнозернистый, приток воды незначительный. В таком случае углубляются на 1 м (реже на 1,5 м), исходя из расчета, чтобы запас воды не превышал суточного, дабы вода не застаивалась и не портилась.

3. Водоносный слой мелкозернистый, приток воды слабый. Углубляться следует возможно глубже (до 2 м); при тонком водоносном слое углубляются до нижележащего водонепроницаемого слоя.

4. Водоносный слой — плавун. Углубление следует вести шатровым колодцем, слой плавуна необходимо перерезать шпунтовыми досками или особым водосборным шатром (см. выше); на дне этих сооружений настилается фильтрующий слой толщиной до 1 м.



Фиг. 45. Устройство глиняного замка.

Верхнее строение колодца.

Верхнее строение колодца делается с целью оградить его от попадания грязных поверхностных вод, а также для удобства пользования колодцем.

Под верхним строением колодца подразумевается: 1) устройство глиняного замка (кольца) и 2) устройство крышки и навеса (зонта).

Устройство глиняного замка. Для предохранения колодца от загрязнения как сточными водами, так и водами, просачивающимися сквозь верхние слои местности, устраивается

вокруг колодца глиняное кольцо, называемое глиняным замком. Для этого вокруг колодца отывается котлован (фиг. 45)



Фиг. 46. Устройство крышки над колодцем.

глубиною 2 м и шириною 0,7 м; затем котлован заполняется слоями жирной глины с хорошим утрамбовыванием. Поверхность замка делается с уклоном от колодца и покрывается слоем песка (фиг. 45).

Навес (зонт) и крышки. Для предохранения воды от загрязнения через его отверстие и для предупреждения несчастных случаев отверстие колодца прикрывается крышкой (фиг. 46).

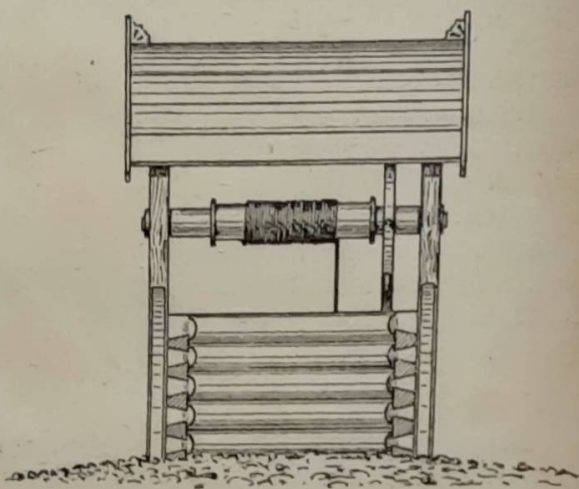
Для защиты от непогоды водоподъемных приспособлений и для удобного пользования ими над колодцем устраивается навес, называемый зонтом (фиг. 47), с двухскатной или четырехскатной крышей.

Водоподъемные приспособления.

Поднимание воды из колодца, в зависимости от его глубины, совершается различными приспособлениями. С глубины до 10 м вода может быть поднята следующими способами:

1. Непосредственно с руки, для чего к концу веревки привязывается ведро, которое опускается в колодец, зачерпывается там вода и вытаскивается. Это самый примитивный способ.

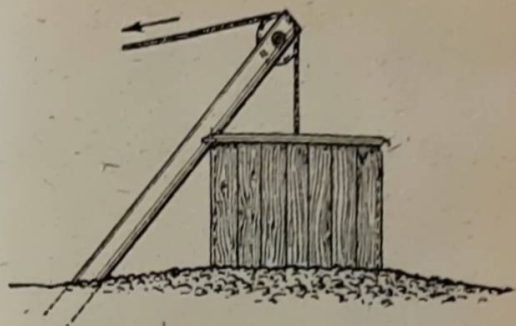
2. При помощи блока. Через имеющийся блок



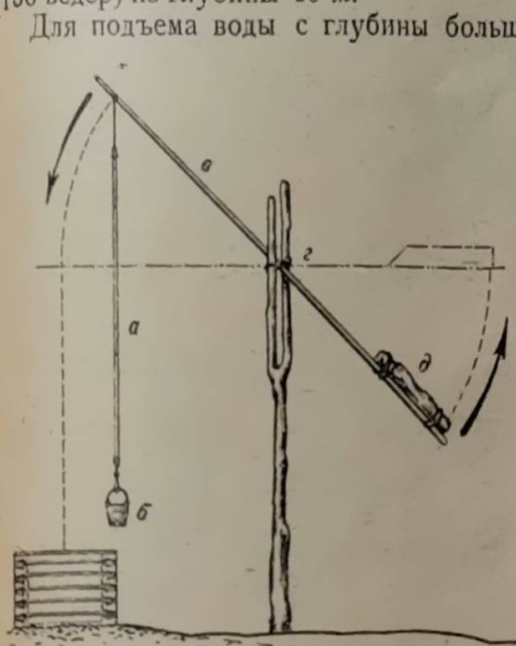
Фиг. 47. Устройство навеса (зонта) над колодцем.

перекидывают веревку с ведром, опускают в колодец и вытаскивают. Блок (фиг. 48) значительно облегчает вытаскивание. Данный способ, как и первый, негигиеничен, так как каждый, опуская свое ведро, загрязняет колодец.

3. При помощи «журавля». Журавлем называется рычаг, вращающийся на оси у врытой в землю стойки, к одному концу рычага привязывается шест, а к нему ведро (фиг. 49). Если потянуть за деревянный шест *а* с ведром *б*, рычаг *в*, вращаясь вокруг оси *г*, займет положение, показанное пунктиром на фиг. 49. При таком положении рычага можно зачерпнуть ведром воду. Вытаскивание облегчается противовесом *д* на конце рычага. С помощью журавля в 1 час можно поднять около 1,8 куб. м воды (150 ведер) из глубины 10 м.



Фиг. 48. Подъем воды помощью блока.



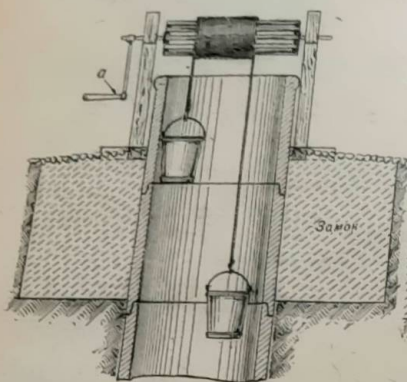
Фиг. 49. Подъем воды помощью «журавля».

Для подъема воды с глубины больше 10 м применяется ворот. С глубины до 20 м вода поднимается воротом с (фиг. 50) или одной с двумя ручками. При глубине свыше 20 м для облегчения подъема устраивается маховое колесо *в* (фиг. 51). Для ускорения подъема воды применяются две бадьи (фиг. 51). С помощью ворота с глубины 20 м в 1 час с двумя бадьями можно поднять около 1,2 куб. м (около 100 ведер) воды.

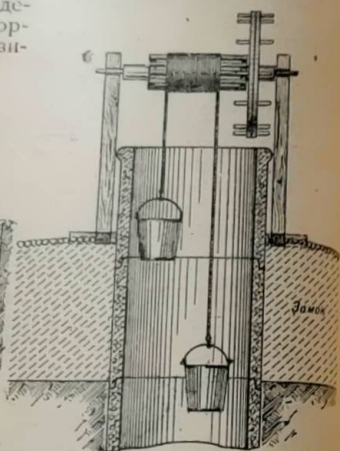
Трубчатые колодцы.

Под трубчатыми колодцами понимаются колодцы, устроенные при помощи металлических труб. Опускание этих труб до водоносного слоя может быть выполнено посредством бурения, завинчивания или забивания. В настоящее время,

когда техника буровых работ сделала большие успехи, трубчатые колодцы ввиду несложности их установки значительно упрощают добывание воды из глубоко залегающих слоев. Трубчатыми колодцами можно легко добыть воду с глубины, почти недостижимой для шахтных колодцев. Трубчатые колодцы можно разделить на: 1) артезианские и 2) нортоновские (абиссинские). Артези-



Фиг. 50. Подъем воды воротом с одной ручкой. а—ручка для подъема ведра.



Фиг. 51. Подъем воды воротом с маховым колесом.

анские колодцы берут воду с глубоко залегающих водоносных слоев; углубляются посредством бурения.

Для поднятия воды артезианских колодцев употребляются специальные поршневые приспособления, опускаемые в колодец. Диаметр труб артезианских колодцев бывает весьма разнообразный, от 10 до 25 см и более. Артезианские колодцы при спешном устройстве водоснабжения в боевых условиях—по своей сложности и громоздкости—применения не находят.

Нортоновский колодец (абиссинский).

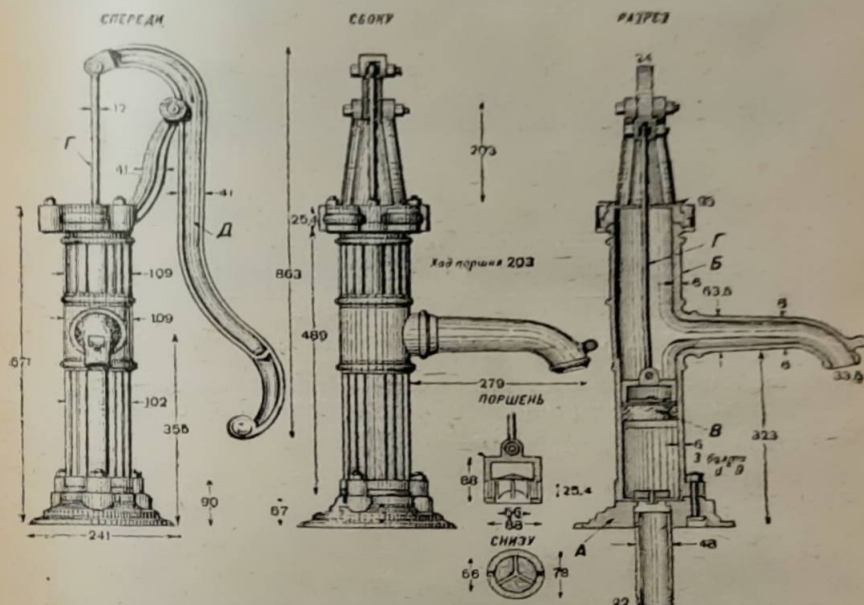
Нортоновский колодец представляет самую простую форму трубчатых колодцев. Его назначение—служить для водоснабжения мелких подразделений; применим он при неглубоком залегании водоносного слоя.

Первоначально этот тип колодца появился в 50-х годах в Америке, где он широко распространялся конструктором этого колодца Нортоном. Во время войны англичан в Абис-

синии (1867 — 1868 гг.) эти колодцы нашли там широкое применение и впоследствии получили всемирную известность.

В настоящее время нортоновские колодцы как отличное походное средство для добывания воды находятся на снабжении большинства армий, в том числе и нашей.

Для установки нортоновского колодца трубы забиваются или завинчиваются в землю до встречи водоносного слоя.



Фиг. 52. Насос нортоновского колодца.

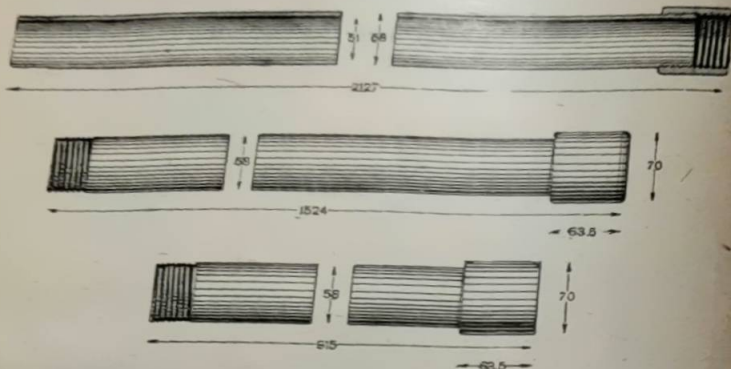
К нижнему концу труб привинчивается особый наконечник с фильтром, а к верхнему — насос. Колодец может дать воду с глубины 6—7 м. Установка колодца в зависимости от грунта и глубины водоносного слоя требует времени от 1 до 3 часов и более. Трубы с диаметром в 5 см дают до 45 л воды в минуту.

Нортоновский колодец состоит из следующих главных частей: 1) насоса, 2) трубы, 3) наконечника.

Насос (фиг. 52) по своему типу — всасывающий, диаметром 89 мм, состоит из основания а, колонки б, с поршнем в, тягой г и рукояткой рычага д. Поршень диаметром 88 мм имеет форму круглой лапы с кожаной прокладкой, высотой 25 мм; внутри поршня ввинчена медная коробка с круглым клапаном. Поршень соединяется с тягой посред-

ством особого шарнира. Внизу колонки имеется нижний клапан насоса.

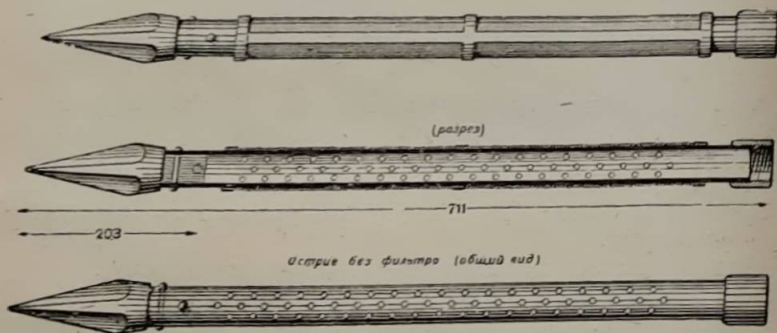
Трубы с внутренним диаметром 51 мм железные, оцинкованные, с винтовыми нарезками на концах. Для сращивания



Фиг. 53. Трубы вортонского колодца.

труб на каждой из них имеются: на одном конце — нарезка, а на другом — навинченная муфта *a* (фиг. 53) с внутренней нарезкой длиной около 64 мм.

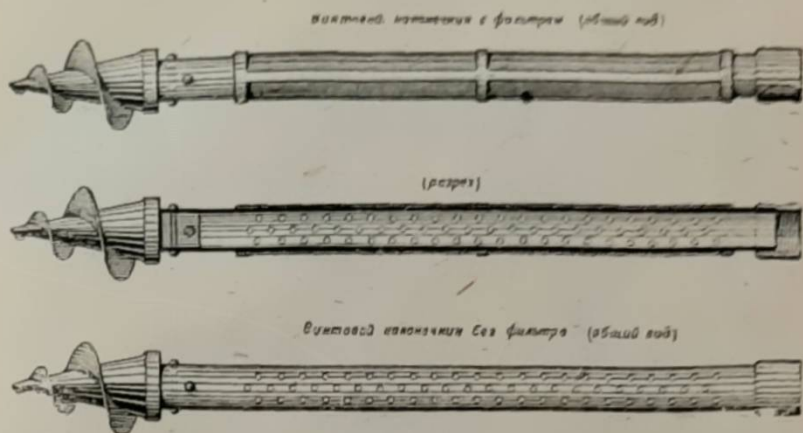
<https://warlib.site/>



Фиг. 54. Забивной наконечник.

Наконечники бывают: забивные — с острием на конце, или винтовые, имеющие на конце стальной конический бур. Как забивной наконечник (фиг. 54), так и винтовой (фиг. 55)

могут быть с фильтрами или без таковых. Фильтр представляет собой сетку, обернутую вокруг наконечника. Наконечник состоит из трубы с просверленными дырочками для пропуска воды, на одном конце которой прикреплено



Фиг. 55. Винтовой наконечник.

острие, или забивного или винтового бура. На другом конце трубы имеется муфта с внутренней винтовой нарезкой для свинчивания наконечника с трубой.

Комплект нортонского колодца составляют следующие предметы:

1. Насос (фиг. 52).

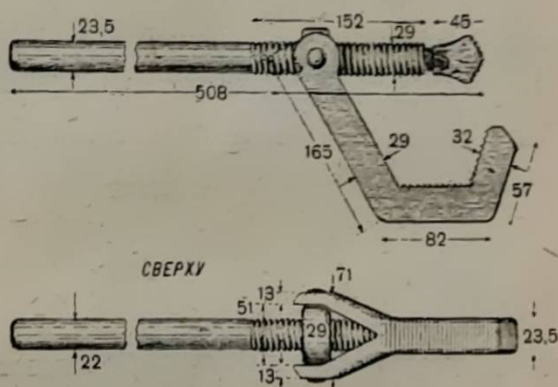
2. Наконечник с фильтром, муфтой, шайбой и каучуковым шариком (фиг. 54).

3. Наконечник без фильтра с муфтой, шайбой и каучуковым шариком (фиг. 54).

4. Четыре трубы диаметром 51 мм и длиной— две по 2,13 м, одна—1,52 м и одна—0,91 м с муфтами (фиг. 53), две запасных муфты, банка с мазью и пакля для свинчивания гаек.

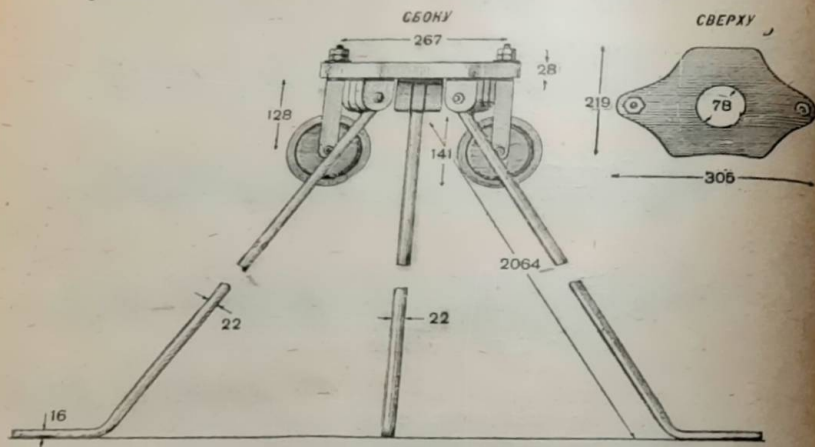
5. Железные патентованные клещи для свинчивания и развинчивания труб (фиг. 56).

Кроме предметов комплекта насоса для установки колодца требуется набор еще следующих предметов.



Фиг. 56. Патентованные клещи для свинчивания и развинчивания труб.

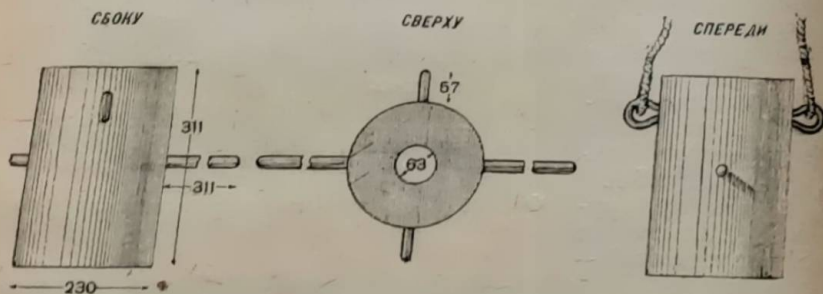
1. Тренога железная с блоком (фиг. 57); она является самой громоздкой частью имущества для установки. Верх треноги состоит из железной площадки со сквозным отвер-



Фиг. 57. Тренога железная с блоком.

стием посередине для пропуска трубы. К концам площадки прикреплены блоки, имеющие по ободам желобы для пропуска веревок от бабы.

2. Чугунная забивная баба с веревками (фиг. 58) имеет



Фиг. 58. Чугунная забивная баба.

посередине отверстие диаметром 63 мм для пропуска трубы. К бабе по бокам приделаны два ушка для прикрепления веревок.

3. Зажим чугунный с деревянным вкладышем и запас-

ным болтом (фиг. 59). Зажим состоит из двух половинок, соединяемых между собой болтами; посредине имеет гнездо, в которое вставляется деревянный вкладыш с целью предохранения труб от смятия при их зажимании.

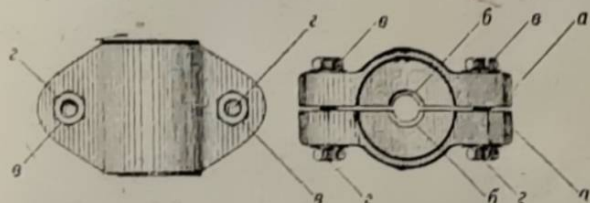
4. Два гаечных двусторонних ключа для свинчивания и развинчивания различных болтов (фиг. 60).

5. Разведочный земляной бур.

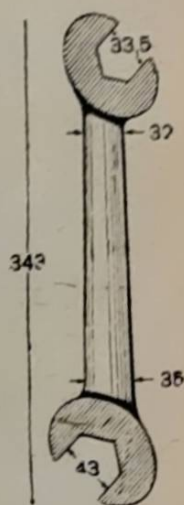
6. Вороток для завинчивания труб с буровым наконечником; он состоит из двух половинок (фиг. 61), которые между собой соединяются болтами с гайками.

Установка колодца. Колодец может быть установлен вбиванием или ввинчиванием наконечника и труб в грунт.

Вбивание. На выбранном месте разравнивают площадку и на ней устанавливают

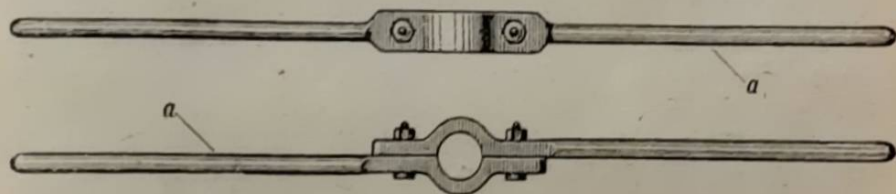


Фиг. 59. Зажим чугунный: а—половинка зажима; б—деревянный вкладыш; в—болт, г—гайка.



Фиг. 60. Гаечный ключ.

треногу, разведя ее ноги так, чтобы лапы ног плашмя легли на землю. К ушкам бабы привязывают веревки и, пропуская таковые через блоки, поднимают бабу кверху и в таком положении закрепляют ее; концы веревок, пропущенные через блоки, заматывают за железные ручки бабы (фиг. 58). Затем ставят наконечник острием вниз и вкла-

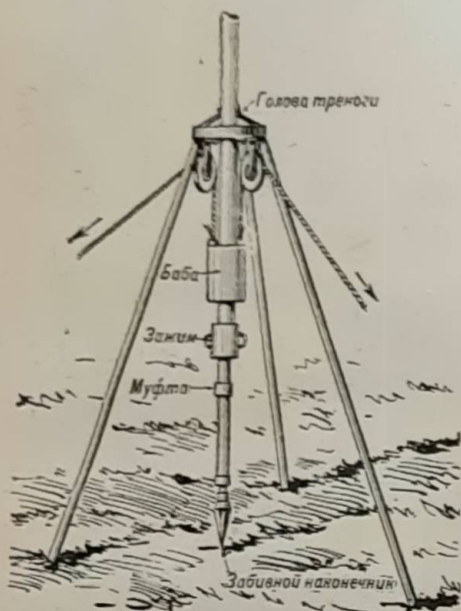


Фиг. 61. Вороток для завинчивания труб.

дывают в муфту наконечника (фиг. 54) сначала шайбу, а поверх нее каучуковый шарик. Шарик должен обязательно лежать на шайбе, иначе насос воду поднимать не будет. После этого берут длинную трубу (2,13 м) и ввинчивают в ее муфту короткую трубу (0,91 м). Свинчивание труб производится при помощи патентованных клещей (фиг. 56), которые накладываются одни на ввинчиваемую

трубу, другие — на муфту; вращая клещами трубы, доводят их до полного и плотного свинчивания. При ввинчивании нарезы муфт и трубы смазываются мазью, а если ввинчивание происходит легко, то нарезы трубы обматываются тонкими прядями пакли.

Свинченные таким образом трубы пропускаются в отверстие бабы и головы треноги (короткой трубой кверху), после чего ввинчивают длинную трубу в муфту наконечника, наблюдая при этом, чтобы шайба и шарик не вывалились.



Фиг. 62. Момент забивки в землю наконечника.

Половинки зажима накладываются на трубу (со вложенными деревянными вкладышами) и, отступя от муфты вверх (по короткой трубе) на 10—15 см, — завинчивают гайки до полного отказа. После этого ввинченные трубы с наконечником устанавливают строго вертикально, проверяя эту вертикальность с разных сторон отвесом. На вертикальность установки должно быть обращено особое внимание, так как удары бабы по зажиму при неvertикаль-

ном положении труб могут искривить и смять таковые.

Когда трубы установлены вертикально, можно приступить к их забивке. Для этого разматывают веревки, поддерживающие бабу навесу, опускают ее на зажим и затем последовательным подниманием и опусканием бабы производят удары по зажиму (фиг. 62). Под ударами бабы наконечник с трубой углубляется в землю; переставляя зажим вверх по трубам, совершается забивка на необходимую глубину. По мере углубления в землю труб навинчивают новые колена, придерживаясь следующего порядка: когда углубляемая труба своим верхним концом приблизится к головке треноги сантиметров на 10, отвинчивают верхнюю (короткую) трубу и свинчивают ее с новой длинной трубой (2,13 м), после чего свинченные трубы ввинчивают в муфту забитой трубы (баба в это время находится на зажиме). Соединив таким образом трубы, продолжают забивку их

до тех пор, пока верхний конец трубы опять не поровняется с головкой треноги, после чего поступают как и в первом случае и т. д. Короткая труба вбивается в землю последней.

В последний момент работы, когда труба выйдет из головки треноги, забивку следует производить осторожно, размахи бабы делать возможно меньше и чаще, в противном случае можно погнуть трубы.

Если при забивке наконечник встретит камень, который раздробить не в состоянии, или если забитые трубы имеют не вертикальное положение, то в таких случаях трубы вытаскиваются и забиваются: в первом случае в новом месте, во втором — строго установив вертикальное положение труб.

При забивке необходимо иметь в виду следующее.

1. Если проникновение в грунт замедляется, идет слабо, то это указывает, что наконечник проходит через слежавшиеся породы (глина, хрящ). В таких случаях полезно в трубу понемногу подливать воду, которая, размягчая грунт, облегчает и ускоряет углубление наконечника.

2. Вбивание следует прекратить, если после 5—8 ударов бабы не будет заметно углубления.

Прохождение наконечника через водоносный слой узнается опусканием в трубу шнура с привязанным на конце грузом, вытащив который, смотрят, видна ли на грузике (и шнуре) вода. Это определение следует производить тем чаще, чем больше углубление, с глубины 4 м определение следует производить не реже, чем через каждые 0,5 м углубления.

При появлении в наконечнике воды труба вбивается в землю настолько, чтобы конец вбитой трубы возвышался над уровнем земли примерно на 20—30 см. На выступающий конец трубы навинчивается насос. При навинчивании насоса следует обратить особое внимание на плотное и полное соединение насоса с трубой, для чего нарезы трубы смазывают мазью и обматывают в длину тонкими прядями пакли.



Фиг. 63. Нортонский колодец в действии.

При разборе воды происходит разливание; грунт около насоса размягчается, и создается грязь. Во избежание этого под основание насоса подводятся брусья или каменная кладка и место вокруг колодца замазывается камнем с устройством водоотвода (фиг. 63).



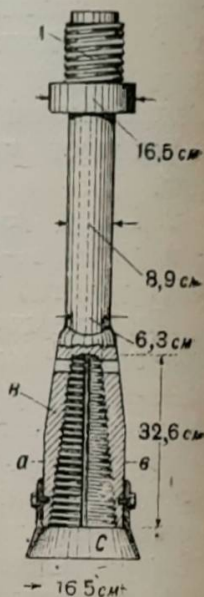
Фиг. 64. Метчик для вытаскивания застрявших в земле труб.

Если грунт не слежавшийся, не плотный, то трубы можно углубить ввинчиванием в грунт. Для этого берется винтовой наконечник (фиг. 55), свинчивается с длинной трубой (2,13 м) и на трубе укладывается, зажимая гайками, вороток (фиг. 61). Вращая рукоятки воротка, наконечник с трубой ввинчивается в землю; все остальные работы и приемы по установке колодца одинаковы, как и при способе забивания.

Вытаскивание нортоновского колодца. Колодец с забивным наконечником вытаскивается обратным забиванию способом. Отвинчивают насос и вместо него ввинчивается колено трубы. Затем над трубами устанавливают треногу и на выдающуюся часть трубы надевают бабу. После чего кверху трубы привинчивают зажим; веревки от бабы перекидываются через блоки треноги. Ударами бабы по зажиму снизу вверх вытаскивают трубы из земли. По мере вытаскивания труб из земли колена труб отвинчиваются.

Колодец с винтовым наконечником вытаскивается при помощи воротка, действуя им в обратном направлении ввинчиванию.

В случае разрыва труб оставшиеся колена труб в земле извлекаются при помощи так называемых ловилок. Если на оставшейся в земле трубе есть муфта, то в скважину опускается метчик (фиг. 64), навинченный на штангу, и ввинчивается в муфту трубы, а потом вытаскивается вместе с трубой. Если же на штанге нет муфты, то в скважину опускают ловильный колокол (фиг. 65), навинченный также на штангу. Ловильный колокол имеет нарезку внутри, этой нарезкой колокол навинчивается на трубу и вытаскивается. Если на трубе нарезка сорвана, то ловильным колоколом делают новую нарезку, соединяя таким образом трубу с штангой.

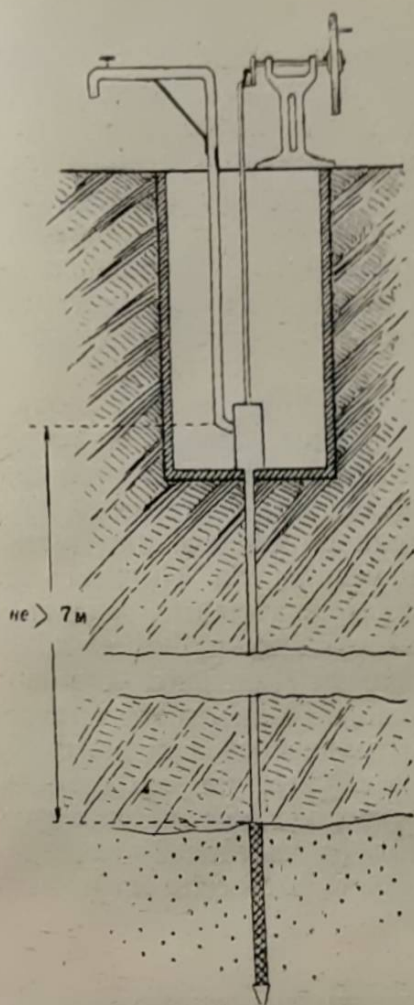


Фиг. 65. Ловильный колокол.

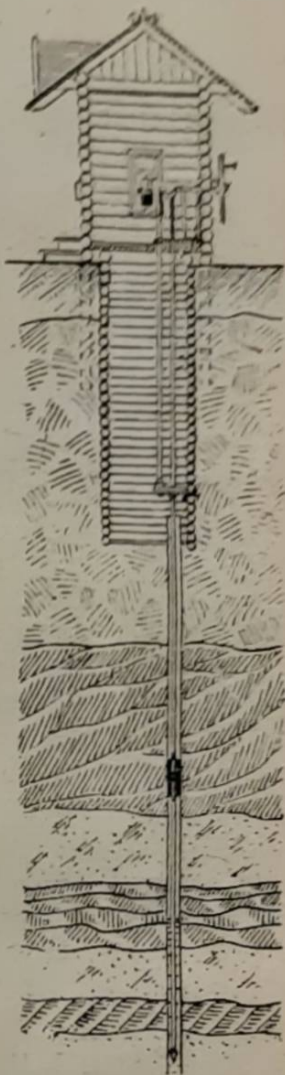
Добывание воды с глубины больше 7 м.

Если подземная вода залегает на глубину более 7 м, то нортоновский колодец оказывается не в силах поднять воду

по земной поверхности, и поэтому приходится прибегать к дополнительным работам по его установке, для чего отрывается шахта глубиной из такого расчета, чтобы дно шахты было над уровнем воды не больше 7 м. Насос устанавливается на дно шахты, тяга выводится на поверхность



Фиг. 66. Подъем воды насосом с глубины более 7 м.



Фиг. 67. Подъем воды насосом с большой глубины; поршень расположен в трубе.

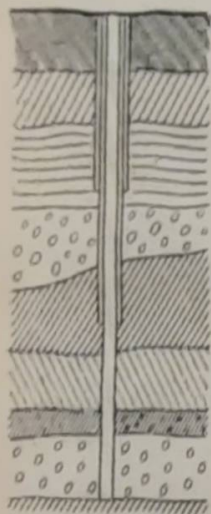
земли и прикрепляется к дополнительно устроенному рычагу или к валу колеса (фиг. 66). Выливная труба насоса удлиняется и выводится на земную поверхность. Так установленный насос до дна шахты воду всасывает, а дальше поднимает на поверхность земли нагнетанием. Насос нортонского колодца для нагнетательного действия не приспособлен

соблен, поэтому для подобных установок лучше брать насосы всасывающего и нагнетательного действия.

Подобные установки как требующие слесарно-кузнечных работ применимы лишь при более длительном характере установки насоса (лагери, временные работы и т. д.).

Артезианские колодцы.

Для поднятия грунтовой или артезианской воды с больших глубин применяются насосы особой конструкции, цилиндр которых опускается в трубу колодца, а тяга от поршня на земной поверхности соединяется с коленчатым валом (фиг. 67). Подобные насосы обладают большой нагнетательной способностью. Для непрерывного водоснабжения и при большой глубине залегания подземных вод такие насосы приводятся в движение моторами.



Фиг. 68. Расположение обсадных труб при добыче артезианских вод.

При добывании артезианской воды с глубины 700 м и более скважина устраивается расположением обсадных труб телескопически (фиг. 68), что достигается бурением при постоянном уменьшении диаметра труб по мере углубления. Нижняя часть труб в скважинах снабжается фильтром.

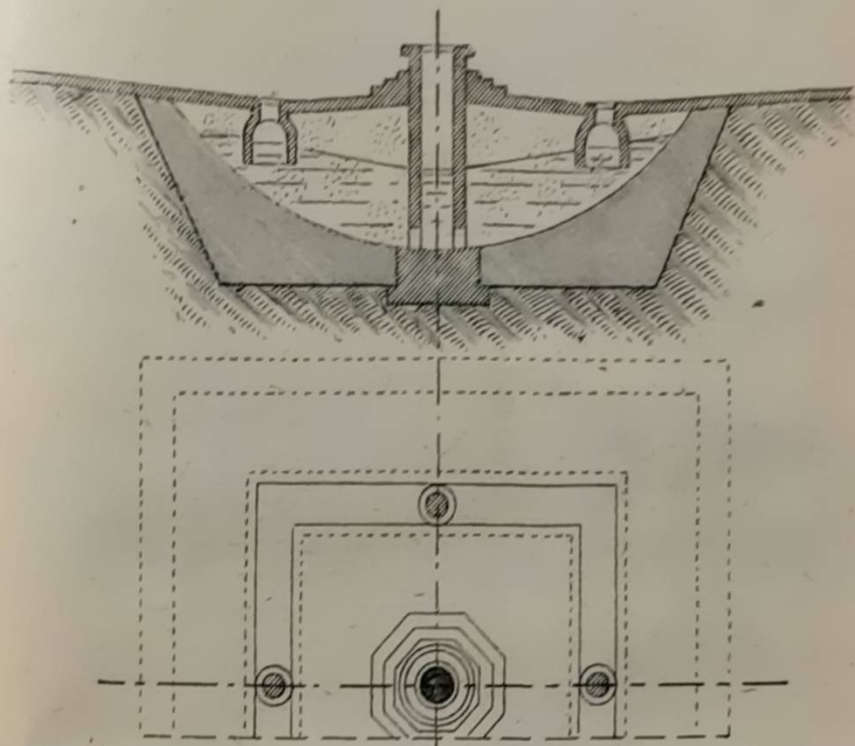
Устройство глубоких трубчатых колодцев требует наличия комплекта бурового имущества и относительно много времени. На устройство трубчатого колодца глубиной 20 — 30 м требуется не меньше 4 — 5 дней. Поэтому устройство глубоких трубчатых колодцев (в частности артезианских) должно быть отнесено к работам тыловых районов.

Б. ВОДОСНАБЖЕНИЕ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ.

Для водоснабжения желательно выбрать источник подземных вод, но иногда в силу разных причин воспользоваться этим источником не представляется возможным, тогда выбираются другие источники, как-то: дождевые воды, реки, озера, ключи и т. д. Какой из этих источников выбрать — зависит всецело от местных условий. Водоснабжение достигается теми способами и источниками, которые являются наиболее выгодными и полностью разрешают все поставленные задачи. Каждый способ водоснабжения имеет свои особенности.

Собирание дождевой воды.

В местностях, где не имеется рек и озер на протяжении десятков и сотен километров, где подземная вода залегает очень глубоко, приходится производить сбор атмосферных осадков — дождевых вод. Дождевые воды собираются в особые водоемы, называемые *цистернами*. Размер цистерны рассчитывается, чтобы вода хватало на определенный промежуток времени. Собираение дождевой воды обычно применяется в местности с жарким климатом. Однако и по настоящее



Фиг. 69. Цистерна для сбора атмосферной воды.

время в США имеется подобное водоснабжение. В Одессе до устройства водоснабжения из Днестра в домах имелись цистерны, куда стекала дождевая вода со дворов и крыш, в них она отстаивалась и затем разбиралась, как из колодца. Во Франции подобное водоснабжение из цистерн устроено в одной из крепостей.

Цистерны бывают различных конструкций. На фиг. 69 показан тип цистерны, могущий обслужить небольшие войсковые подразделения. Цистерна, сложенная из камня (кирпича или бетона), собирает дождевую воду посредством своих мостовых, через имеющиеся окна. Цистерна наполнена песком разной крупности: мелкий песок ($d-1 - 0,2 \text{ мм}$)

наверху, крупный ($d = 2-3$ мм) внизу. Вода, пройдя песочный слой, попадает в расположенный посередине цистерны колодец, откуда может быть извлечена различными способами.

Мощность цистерны зависит: 1) от водосборной площади и 2) от вместительности цистерны. Объем воды, получаемой от водосборной площади, зависит от количества осадков для данной местности и от характера водосборной площади.

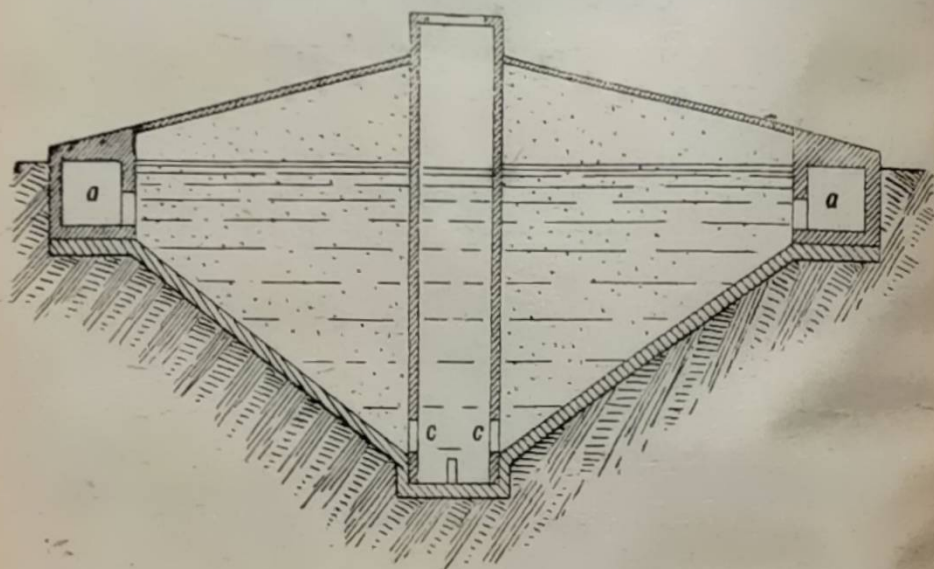
Обозначая наибольшую высоту осадков через h , водосборную площадь через F , имеем объем получаемой с водосборной площади воды Q :

$$Q = \alpha F h,$$

где α — коэффициент, зависящий от типа водосборной площади, так:

для металлических крыш	$\alpha = 0,9$
» асфальтовой и бетонной мостовых	$\alpha = 0,7 - 0,8$
» каменных мостовых	$\alpha = 0,3 - 0,7$

Объем цистерны определяется в зависимости от объема получаемой воды с водосборной площади с таким расчетом, чтобы не было переполнения цистерны. Учитывая, что вода в



Фиг. 70. Тип цистерны для сбора атмосферной воды больших размеров: a — водосборная канава; c — отверстие в водосборном колодце.

цистерне будет находиться в порах песка, и приняв, что они составляют 25% всего объема, объем цистерн Q_1 должен быть:

$$Q_1 = \frac{Q \cdot 100}{25} = 4Q,$$

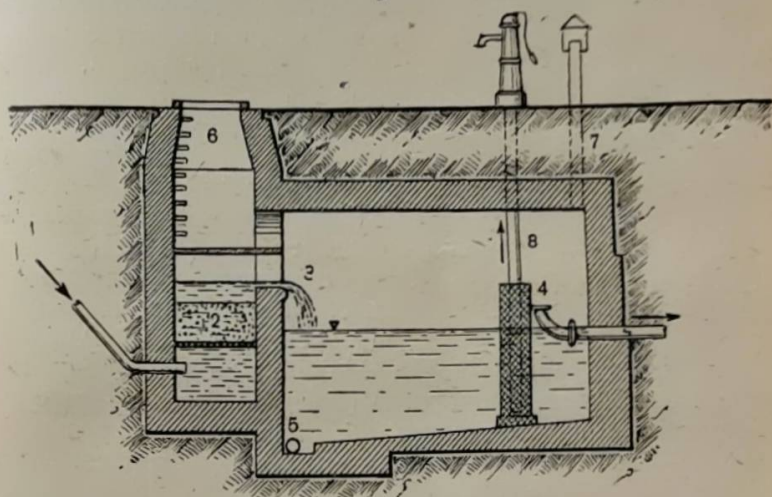
т. е. объем цистерны должен быть в 4 раза больше, чем объем получаемой с водосборной площади воды.

На фиг. 70 показана цистерна больших размеров, чем

та фиг. 69; подобная цистерна может обслужить подразделения до отдельных рот включительно. Стенки цистерны, кроме колодца и водосборных каналов *a*, которые расположены по обводу, устроены из плотно утрамбованной глины с песком. Рекомендуется смесь составлять в следующем составе:

Крупный гравий	58 ⁹ / ₁₀
Мелкий	20 ⁹ / ₁₀
Песок	10 ⁹ / ₁₀
Глина	12 ⁹ / ₁₀

Такая смесь, представляя массу из твердых пород, промежутки в которой заполнены глиной, является достаточно крепкой, плотной и водонепроницаемой.



Фиг. 71. Американская цистерна для сбора атмосферной воды.

Цистерна может быть с закрытым и с открытым колодцем. Цистерна обычно имеет форму четырехгранной пирамиды.

На фиг. 71 изображена так называемая американская цистерна; здесь вода с поверхности крыш попадает по трубе *1* в приемное отделение, оттуда под давлением она проходит фильтр *2* и через отверстие *3* выливается в цистерну. Для подъема воды из колодца устанавливается насос *8* с фильтром. Для проветривания имеется вентиляционная труба *7*; кроме того имеются переливная *4* и спускная трубы *5*; последняя на случай ремонта цистерны.

Если атмосферные осадки собираются водосборными каналами, то поперечное сечение таковых определяется из выражения:

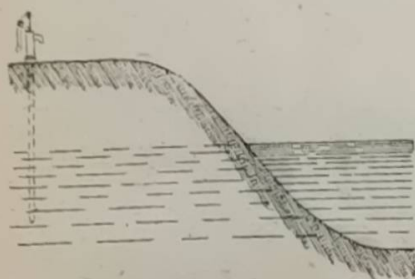
$$f = \frac{Fha}{l},$$

где F — водосборная площадь, h — высота слоя выпадающих осадков, α — коэффициент от 0,1 до 0,2 и l — длина водосборной канавы.

Водоснабжение речной и озерной водой.

Главный недостаток речных и озерных вод по сравнению с грунтовыми — это загрязненность, поэтому в большинстве случаев их приходится подвергать очистке. Преимущество этих вод перед грунтовыми в том, что они находятся на поверхности.

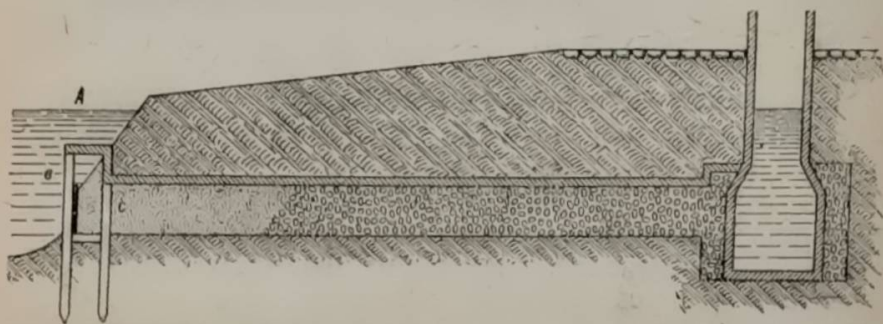
Колодцы-фильтры. Для пользования озерной и речной водой в непосредственной близости от источника устраиваются колодцы-фильтры. Та-



Фиг. 72. Очистка воды путем фильтрации через грунт.

ким колодцем может служить нортоновский колодец, забитый на берегу источника (фиг. 72) (не ближе чем 10 м), так как он в этом случае будет питаться поверхностными водами, профильтрованными толщей грунта (10 м). Колодец-фильтр может быть также шахтный, для чего от открытого на берегу (реки, озера) колод-

ца отрывается траншея, конец которой выходит в реку или озеро и составляет приемник A (фиг. 73). В голову галереи приемника насыпается песок $d = 1$ мм на длину (по траншее) около 2 — 3 м. Чтобы песок не вымывался, он огораживается

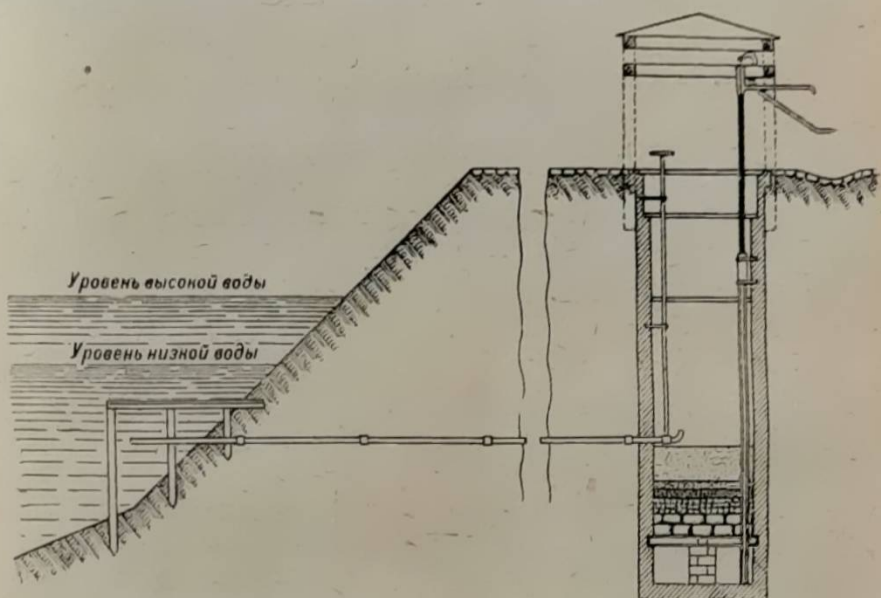


Фиг. 73. Колодец-фильтр: a — деревянный забор, не позволяющий вымывание песка; c — слой песка диаметром около 1 мм.

лесным материалом, а сверху делается зонт, чтобы грязь не оседала на приемник. По траншее дальше за песком насыпается гравий, приблизительно на расстоянии 6 — 8 м и дальше к колодцу — щебень. Уложенный фильтрующий материал сверху покрывается пластинами в закрой и засы-

пается с тщательной утрамбовкой. Дно колодца делается ниже траншеи, с целью собирания оседающей мути.

Более усовершенствованным типом является колодец следующего устройства (фиг. 74). Прокладывается металлическая труба, имеющая на одном конце сетку, помещающуюся в источнике водоснабжения; другой конец находится в колодце, стенки которого водонепроницаемы. Ниже трубы, подающей воду, располагается фильтрующий материал — песок $d=1-0,5$ мм, толщиной слоя — $0,6-0,8$ м, гравий толщиной — $0,5$ м, щебень и крупный булыжник в $0,2$ м; общая



Фиг. 74. Усовершенствованный колодец-фильтр.

толщина слоя около $1,5$ м. Под фильтрующим слоем помещается отделение чистой профильтрованной воды. Профильтрованная вода поднимается на поверхность земли насосом. Конец трубы, подающей воду, снабжен краном; когда требуется очистка колодца, кран закрывают, воду откачивают и производят очистку.

Гидравлический таран. Очень часто источник водоснабжения несколько возвышается над окружающей местностью (фиг. 75); тогда удобно подвести воду к прибору, называемому *гидравлическим тараном*, который вследствие гидравлических ударов поднимает воду на высоту H , достаточную для обслуживания самотеком потребных мест.

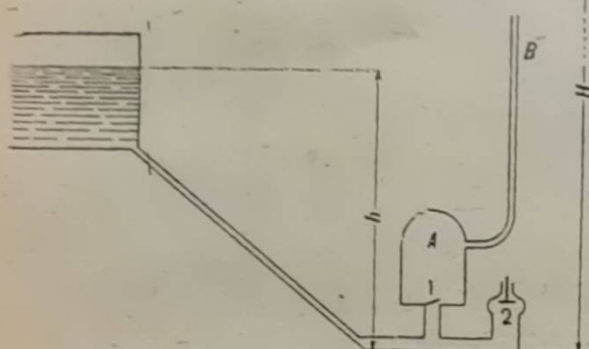
Принцип устройства гидравлического тарана следующий. Вода, притекающая из бассейна под напором h (фиг. 76), устремляется по трубе к клапану 2; здесь часть воды выльется, клапан 2 (так называемый стопорный кран) подни-

мается и закроет собой отверстие трубы. В этот момент и произойдет первый гидравлический удар: живая сила притекающей воды направится в сторону наименьшего сопротивления, каким является клапан 1, и, открыв его, пойдет в колокол А. Когда в колоколе и в питательной трубе да-



Фиг. 75. Схема водоснабжения населенного пункта.

вление уравнивается, клапан 1 закрывается, и вода успокоится. Если теперь ударить по захлопке стопорного клапана 2, то она опустится, открыв отверстие 2, часть воды при этом выльется, вода придет в движение и поднимет стопорный клапан, закрыв вновь отверстие 2, вследствие этого про-



Фиг. 76. Схематический разрез гидравлического тарана.

изойдет новый гидравлический удар, который, открыв клапан 1, вгонит часть воды в колокол А. Повторив это опускание захлопки несколько раз, можно поднять в нагнетательной трубе АВ воду на такую высоту, когда давление в колоколе станет настолько сильным, что гидравлический

удар всю свою энергию будет расходовать только на поднятие клапана 1, а как только живая сила водной массы израсходуется и клапан 1 закроется, давление на клапан 2 на один момент прекратится, и последний откроется от тяжести своего веса, вода придет в движение, последует гидравлический удар, вновь клапан 2 откроется самостоятельно, и гидравлический таран придет в непрерывное действие. Часть притекающей воды будет выливаться через стопорный клапан, остальная часть будет нагнетаться на требуемую высоту H . Процесс колебания стопорного клапана совершается очень быстро, число ударов захлопки доходит от 50 до 100 в минуту.

Для действия тарана источник должен иметь падение не менее 0,5 м, но и не более 15 м, так как при такой высоте

гидравлические удары настолько сильны, что разрушают клапаны тарана. Питательная труба должна быть достаточной длины для развития удара массы воды. Длина трубы должна быть в пять раз больше высоты падения, но не короче 7 м и не длиннее 20 м. Лучше определять длину трубы l по выражению:

$$l = H + 0,3 \frac{H}{h}.$$

Чем выше нагнетание, тем меньше притекающей воды будет эксплуатироваться. При следующих отношениях высоты падения h и высоты подъема H будет поднято притекающей воды Q :

$h:H=1:5$ — будет поднято $1/7 Q$

$h:H=1:7$ — » » $1/10 Q$,

$h:H=1:10$ — » » $1/20 Q$,

$h:H=1:20$ — » » $1/100 Q$.

В среднем принимается, что таран эксплуатирует 0,7 притекающей к нему воды, на основании чего все данные работы тарана могут быть вычислены по следующим выражениям:

1) $q_2 = \frac{7Qh}{10H}$ — количество поднимаемой воды,

2) $H = \frac{7Qh}{10q_2}$ — высота подъема воды,

3) $Q = \frac{10q_2H}{7 \cdot h}$ — необходимый приток воды в минуту,

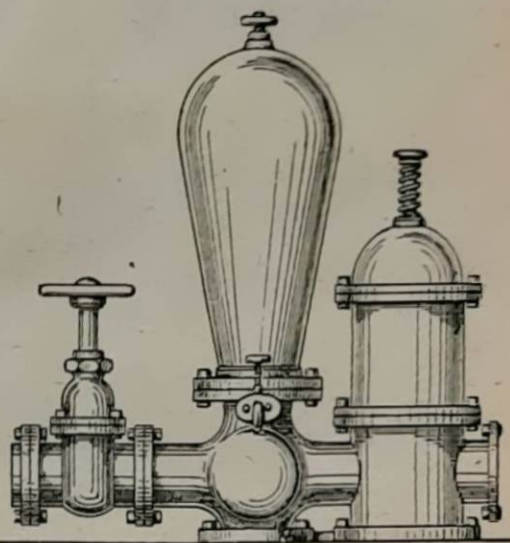
4) $h = \frac{10q_1H}{7Q}$ — необходимая высота падения,

где Q — количество притекающей воды; q_1 — количество воды, выливающейся через стопорный клапан; q_2 — количество воды, поднимаемое тараном, H — высота поднятия воды и h — необходимая высота падения.

Диаметр питательной трубы можно определить по следующей эмпирической формуле:

$$d = 0,03 \sqrt{60Q}.$$

Диаметр нагнетательной трубы берется вдвое меньше. Гидравлический таран (фиг. 77), являясь простым по

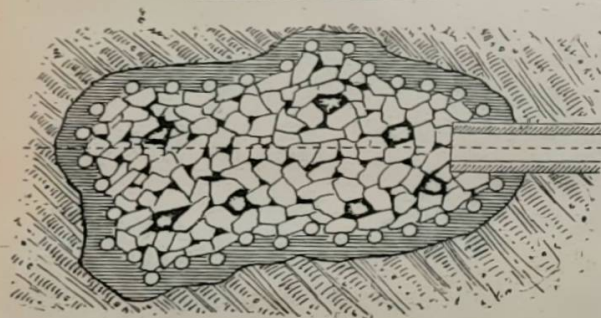
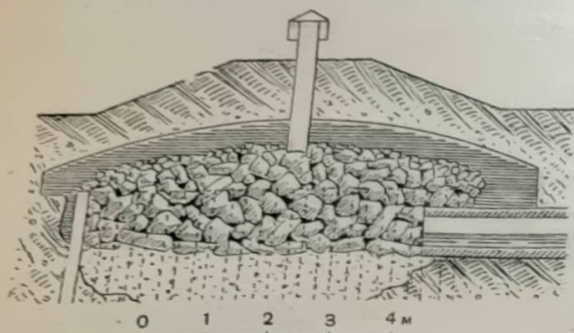


Фиг. 77. Гидравлический таран.

своей конструкции, не требующим никакого надзора и расходов на содержание, может являться незаменимым прибором для водоснабжения лагерей, бань, тяжелых убежищ и т. д.

Водоснабжение ключевой водой.

Для использования ключевых вод в целях водоснабжения таковые приходится собирать посредством специально



Фиг. 78. Простой каптаж бьющего ключа.

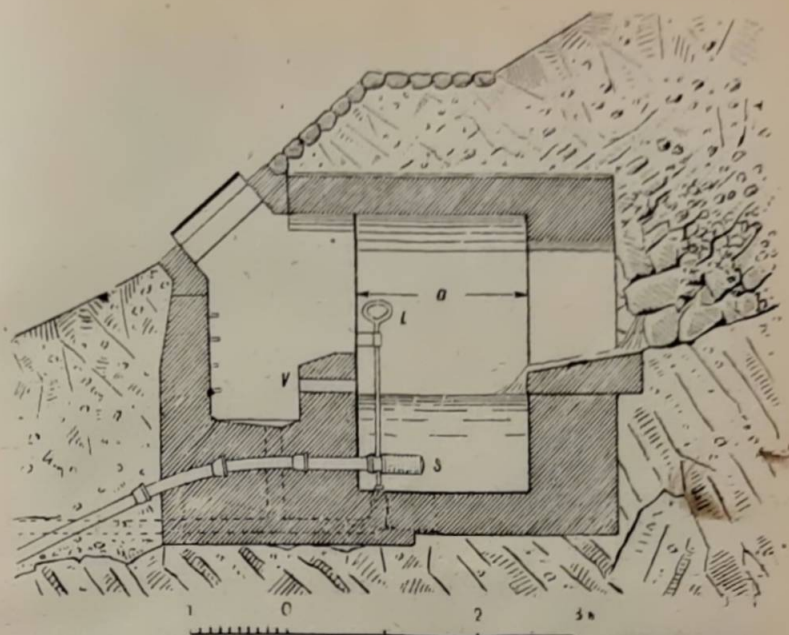
может найти себе выход в другом месте, т. е. может «пропасть».

Простейшее каптажное устройство изображено на фиг. 78. Ключ огражден рядом свай и прикрыт наброской из крупных камней, через щели которой проникает вода. Наполняющаяся вода отводится заложенной трубой, сверху и с боков для защиты от поверхностных вод ключ прикрыт слоем мягкой хорошо утрамбованной глины; для освежения воды и выхода собирающихся газов устроена вентиляционная труба.

ных сооружений и для удобного разбора воды обделывать. Гидротехнические работы по расчистке, собиранию и обделке ключевых вод называются каптажными работами.

Для сбора ключевых вод применяются различные сооружения в виде камер, труб и т. д. Прежде всего место выхода ключа расчищается, выходящая вода собирается в сооружаемом бассейне, в который вода должна выливаться свободно, в противном случае образывается подпор воды и ключ

Каптаж, изображенный на фиг. 79, соответствует всем требованиям техники. Ключевая вода собирается в бетон-



Фиг. 79. Усовершенствованный каптаж ключа.

ную камеру, откуда отводится трубой *s* к месту назначения. Для предотвращения подпора камера имеет отверстие *v*, по которому лишняя вода сливается и отводится сливной трубой (показано пунктиром).

ГЛАВА ПЯТАЯ.

ОЧИСТКА ВОДЫ.

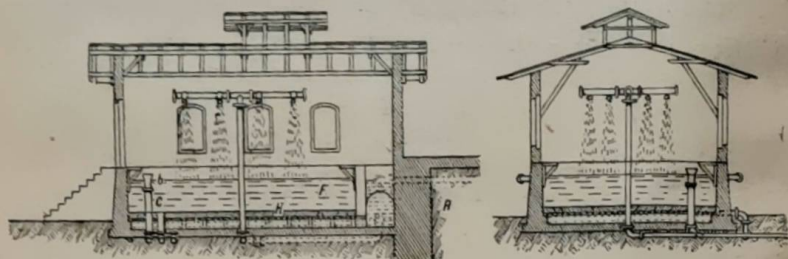
Способы очистки.

Вода, предназначенная для питья, должна быть чиста и удовлетворять всем раньше перечисленным требованиям. Однако воды большинства источников недостаточно чисты и не удовлетворяют предъявленным требованиям, поэтому их приходится подвергать очистке. Очистка воды может быть выполнена следующими способами: 1) механическими, 2) физическими, 3) химическими и 4) смешанными.

Механические способы очистки.

Из механических способов наиболее часто применяются следующие: 1) аэрация, 2) процеживание и 3) отстаивание.

1. *Аэрацией* называется раздробление водного потока на мелкие струи и пропускание этих струй через толщу воздуха, при этом вода, соприкасаясь с кислородом воздуха,



Фиг. 80. Очистка воды аэрацией.

освежается и освобождается от газообразных примесей и отчасти от растворенных в ней солей. Аэрация достигается посредством особых разбрызгивателей. На фиг. 80 изображена очистка воды посредством аэрации.

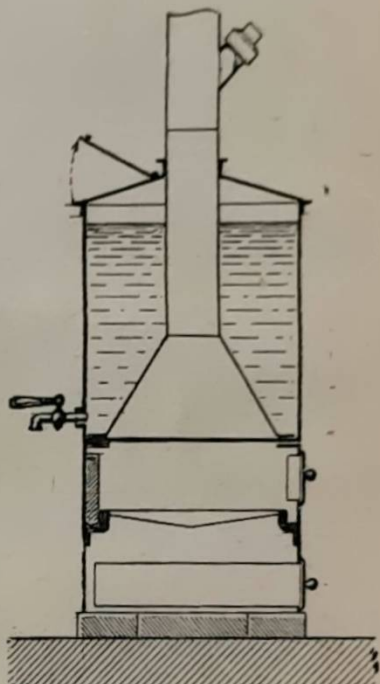
2. *Процеживанием* называется пропускание воды через различные пористые тела, как-то: пористый камень, разные ткани, сетки и т. д.

3. *Отстаивание* освобождает воду от взвешенных частиц грунта и других механических примесей. Даем воде покой, и частицы постепенно оседают на дно бассейна, тем самым очищая ее.

Из физических способов очистки наиболее часто применяются кипячение и перегонка. В результате применения этих способов вода получается *стерильной*, т. е. освобожденной от микроорганизмов.

Стерилизация воды кипячением основана на том, что при температуре кипения содержащиеся в воде микроорганизмы погибают. Однако опытами установлено, что для полного уничтожения всех микроорганизмов продолжительность кипения должна быть не менее 15 минут. Необходимо помнить, что ОВ кипячением удалить нельзя.

Во время кипячения улетучиваются кислород и углекислота, вследствие чего кипячая вода теряет вкус и не освежает. Кипячение производится в специальных приборах — кипятильниках. На фиг. 81 показан кипятильник самоварного типа, широко применявшийся в мировой и гражданской войнах. В последнее время широкое применение находит кипятильник непрерывного действия благодаря своей большой производительности (300 — 600 л и более в час), при малом расходе топлива (1 кг дров на 20 л воды).

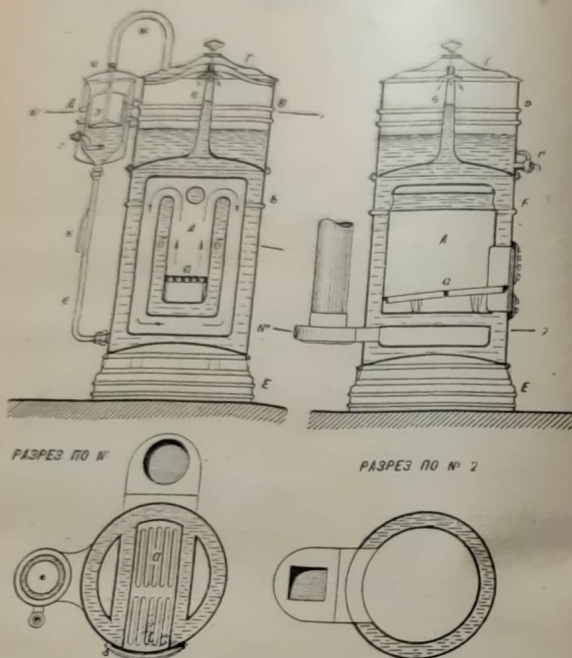


Фиг. 81. Кипятильник самоварного типа.

На фиг. 82 показан кипятильник непрерывного действия системы «Титан». Кипятильник состоит из следующих главных частей: точки А, котла Б, питательного цилиндра Д и базы Е. Готовый кипяткок выбрасывается в резервуар В через центральную трубку г, для разбора служит кран д. Питательный цилиндр Д расположен вне общего корпуса и прикреплен к верхней его части; он имеет: ввод водопроводной трубы е, поплавковый запорный клапан и, насаженный на стержень к, и питательную трубку ж, соединенную с нижней частью котла. По дугообразной трубке з из резервуара готового кипятка отводится пар в пространство между стенками питательного цилиндра Д; здесь, встречая холодную внутреннюю стенку, омываемую холод-

ной водой, конденсируется и в виде дистиллированной воды
отводится через трубку *л* в особый сосуд.

Кипяченая вода должна сохраняться с большой тща-
тельностью в металлических (деревянные крайне нежела-
тельны) закрытых сосудах, из которых вода разбирается



Фиг. 82. Кипятильник непрерывного действия системы «Титан».

только через кран. При небрежном обращении с кипяче-
ной водой, таковая может стать благоприятной средой для
размножения болезнетворных микробов. Так как в кипя-
ченной воде безвредных бактерий, которые уничтожают
болезнетворные бактерии, нет, то все попадающие в воду
болезнетворные бактерии, не находя себе соперников, на-
чинают беспрепятственно размножаться. Кипяченую воду
не следует хранить более 1 суток.

Перегонка воды, или опреснение, применяется преимущественно для превращения морской воды в пресную, что достигается кипячением в особых опреснителях. Главный недостаток этого способа — его дороговизна. Для уменьшения стоимости перегнанной (дистиллированной) воды в опреснителях утилизируется скрытая теплота испарения, для чего образовавшийся пар поступает в змеевик, обогревающий поступающую на опреснение воду. При таком устройстве 1 кг топлива дает до 18 л перегнанной воды.

Химические способы очистки.

Химические способы очистки воды заключаются в прибавлении к воде таких химических веществ, которые дезинфицируют воду, очищая ее от всех бактериальных примесей. Химические приемы очистки по своей скорости действия являются наиболее заманчивым способом очистки воды. Способов химической очистки много, но большинство из них требуют специальных знаний, приспособлений и аппаратов, которые по своей сложности найти применение в боевой обстановке не могут. Также не могут применяться в войсковых условиях химические вещества, требующие особой осторожности и умения пользования. Все химические способы требуют определенную точность и тщательность выполнения.

В армии по своей простоте и безопасности могут найти применение следующие способы химической очистки воды.

а) Хлорирование.

Для хлорирования употребляется хлорная, или белильная известь (CaCl_2O), которая под влиянием воды выделяет хлор. Действие хлора заключается в том, что он, обладая колоссальным сродством к водороду, отнимает его от воды, оставляя свободным кислород, который в момент выделения производит окисление органических веществ.

Степень дезинфицирующих свойств белильной извести зависит от количества содержащегося в ней действующего активного хлора. В среднем действующий активный хлор в хлористой извести содержится в количестве около 25%. Под влиянием тепла, света и влаги известь разлагается, теряет хлор и переходит в обыкновенную известь. Для избежания этого хлорную известь следует хранить плотно закупоренною в темном, сухом и прохладном месте.

В зависимости от загрязнения воды количество активного хлора, необходимого для стерилизации воды, принимается от 0,5 до 4 мг на 1 л воды. Если есть опасения, что чистая вода могла подвергнуться случайному бактериаль-

ному загрязнению, то в качестве предупредительной меры хлорирование производится дозировкой от 0,3 до 0,5 мг на 1 л.

Для воды плохого качества активный хлор увеличивается от 2 до 3 и даже 4 мг на 1 л. Для каждого состава воды существует предельная дозировка хлора, превышая которую качество воды не улучшается, а вода приобретает неприятный вкус и запах.

Для хлорирования готовится 2% раствор хлорной извести (20 г на 1 л), для чего известь насыпают в воду, хорошо перемешивают, дают отстояться и затем сливают с осадка в приготовленную посуду. Для стерилизации таким 2% раствором сперва определяют потребное количество мг хлора на 1 л воды, а потом подсчитывается количество 2% раствора для вливания в воду. Предположим, что определили нужное количество хлора для данной воды в 1 мг на 1 л, тогда количество 2% раствора на 1 л воды (полагая, что хлор составляет 25% от 2% раствора) будет:

$$\frac{1}{0,02 \cdot 0,25} = 200 \text{ мг, } 2\% \text{ раствора.}$$

или 1 г 2% раствора на 5 л очищаемой воды.

Воды с прибавленным раствором нужно дать отстояться не менее 1—2 час.

Простейшей формой хлорирования в боевых условиях будет прибавление 2% раствора к наспех фильтрованной или вовсе не фильтрованной воде, налитой в баки или резервуары, емкостью 1 000—2 000 л.

Простейшая установка для хлорирования изображена на фиг. 83. В верхний деревянный бак вливается 2% раствор, где вода отстаивается, а затем перед употреблением процеживается через слой песка и через кран разбирается.

Более сложная схема хлорирования больших количеств воды изображена на фиг. 84. Здесь имеется специальный бак с раствором хлорной извести и особый дозировочный бак; хлор вливается в воду после очистки ее на фильтрах.

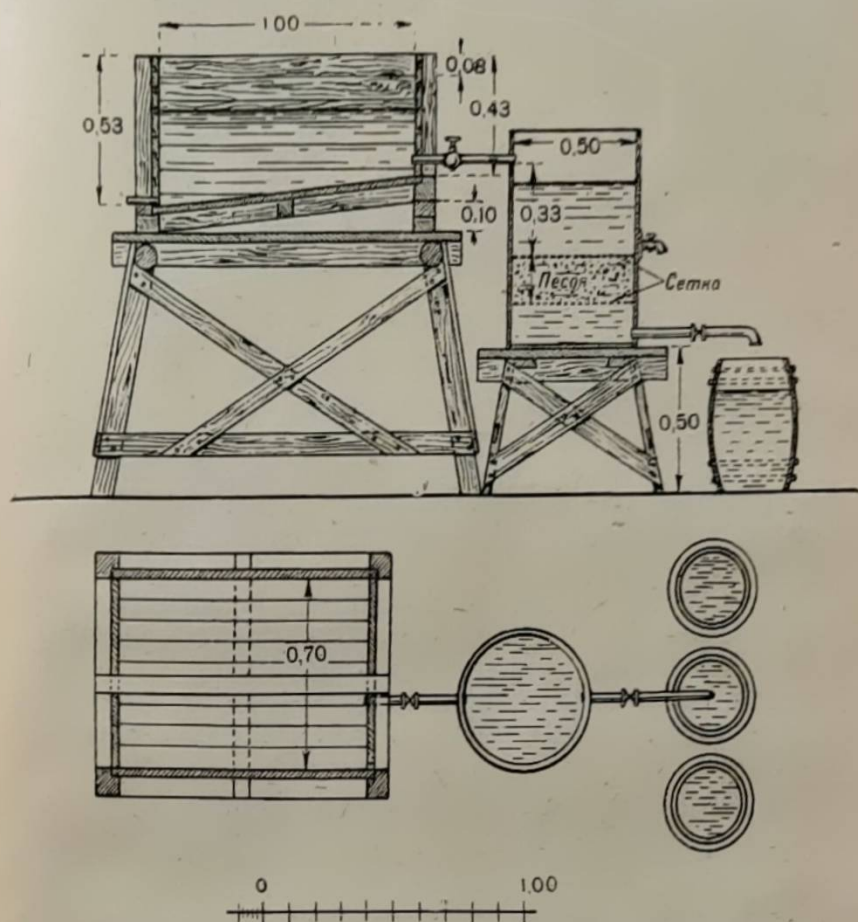
Ввиду разрушительного действия хлора на железо и цемент, посуда для хранения раствора хлорной извести должна быть из дубового дерева или железная, но хорошо покрытая асфальтовым лаком. Хлорирование больших масс воды производится согласно инструкции Военно-санитарного управления РККА.

Если вода по окончании отстаивания имеет неприятный привкус, то это указывает, что в воде находится свободный хлор.

Для его удаления прибегают к дехлорированию. Дехлоратором является серноватистокислый натрий ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)

(гипосульфит). Количество прибавляемого гипосульфита не должно превышать 1 г на 1 000 л воды.

Для индивидуальной очистки воды хлором имеются специальные таблетки хлорной извести, с содержанием от 0,2 до 2 мг активного хлора в таблетке. Таблетки опускают



Фиг. 83. Деревянная установка для хлорирования воды.

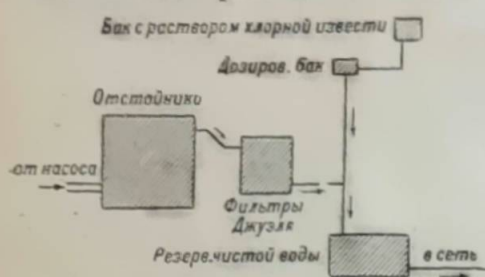
в воду, затем взбалтывают ее в течение 10—20 мин., после чего воду можно пить. Непостоянство хлорной извести обесценивает количество активного хлора в таблетках, что необходимо учесть при пользовании ими.

б) Марганцевокислый калий.

Стерилизация воды марганцевокислым калием (KMnO_4) находила широкое применение в войне 1914—1918 гг. как в быв. русской армии, так и в иностранных. Сущность стерилизации воды марганцевокислым калием сводится к его свойству при растворении водой выделять кис-

лород, окисляющий микроорганизмы, содержащиеся в воде.

Расход марганцевокислого калия зависит от количества органических примесей, однако на окисление органических веществ этот расход не должен превышать 10—12 мг на



Фиг. 84. Схема хлорирования больших количеств воды.

1 л питьевой воды. В противном случае это указывает на сильное загрязнение и недоброкачественность воды.

В воде с раствором марганцевокислого калия (имеющей слегка розовый цвет) дают отстояться. Если через полчаса розовый цвет не исчезнет, это пока-

зывает, что в воде имеется избыток марганцевокислого калия. Этот избыток можно удалить путем прибавления к воде серноватистокислого натрия (гипосульфита), приливая раствор его (размешивая воду) до тех пор, пока не исчезнет розовый цвет. Избыток марганцевокислого калия выпадает в виде осадка.

Для удаления выпавшего осадка воду процеживают или профильтровывают, после чего вода получается прозрачная, чистая, обезвреженная и приятная на вкус.

Единственным недостатком этого несложного и хорошо действующего способа очистки воды является его дороговизна.

в) Перекись водорода.

Стерилизация воды перекисью водорода (H_2O_2) встречается редко вследствие дороговизны этого способа. Тем не менее ввиду удобного пользования этим способом и эффекта его действия в боевых условиях для очистки воды индивидуального пользования, он может найти широкое применение.

Для очистки воды перекись водорода вливают в воду, определяя его количество на основании следующих данных:

1. Раствор перекись водорода 1:10 000 (1 г перекиси водорода на 10 л воды) уничтожает все микроорганизмы через 5 мин. Вода может употребляться через 5—10 мин.

2. Раствор перекись водорода 1:1 000 (1 г перекиси водорода на 1 л воды) уничтожает все микроорганизмы мгновенно. Вода может приниматься сразу.

На вкус воды перекись водорода не имеет никакого влияния.

г) Смешанные способы очистки.

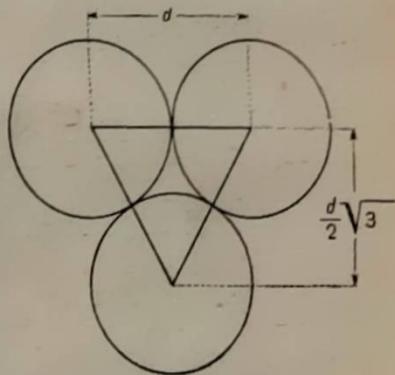
Под смешанными способами очистки понимается процесс очистки воды несколькими способами, например физическими и химическими, химическими и механическими и т. д. Почти все водопроводные станции очищают воду, применяя несколько способов, т. е. смешанным способом.

Фильтрация (как выясним ниже) по своему действию является смешанным способом, так как процесс очистки сложный и включает в себе явления химического, биологического и механического порядка.

Очистка воды фильтрованием.

а) Английские фильтры.

Очистка воды фильтрованием применяется с незапамятных времен. У индейцев существует до сих пор древний фильтр «чатти»: 3 гончарных кувшина, расположенных один под другим; в верхнем — гравий, в среднем — древесный уголь и в последнем, нижнем, собирается профильтрованная вода. Еще в древних римских водопроводах применялись фильтры. Гиппократ за 440 лет до христианской эры предлагает применение фильтров.



Применяющиеся в настоящее время фильтры, за весьма малым исключением, являются песочными, т. е. такими, фильтрующий слой которых состоит из слоя песка.

Фиг. 85. Определение площади между соприкасающимися зернами песка.

Вода, проходя через слой песка, через его поры, прежде всего очищается механически, т. е. процеживается: очевидно, чем мельче будут зерна песка фильтрующего слоя, тем мельче будут и его поры и тем лучше будет очищаться вода.

Если разрежем слой песка по площади больших кругов его зерен, то между зернами мы получим наименьшую площадь пор, по которым будет просачиваться вода. Площадь отдельного промежутка f между соприкасающимися зернами, как это видно из фиг. 85, равна общей площади равностороннего треугольника со сторонами, равными диаметру песчинок, без трех площадей круговых секторов, т. е.:

$$f = \frac{d \frac{d}{2} \sqrt{3}}{2} - \frac{3\pi d^2 60}{4 \cdot 360} = 0,04d^2.$$

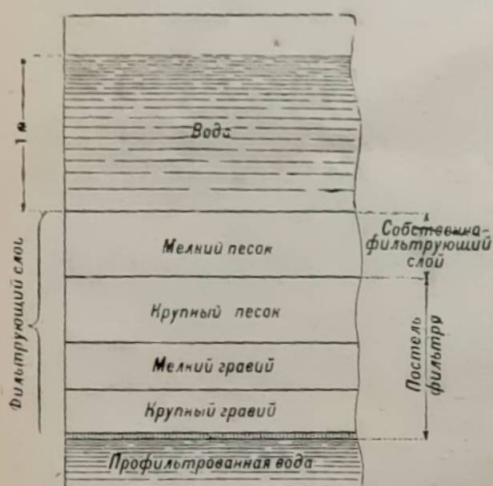
Следовательно площадь промежутков зависит от диаметра песчинок: так, для песчинок:

$$\begin{array}{llll} d=1 \text{ мм} & \text{— площ. промеж.} & f=0,04 \text{ кв. мм} \\ d=0,5 \text{ »} & \text{»} & f=0,01 \text{ »} \\ d=0,3 \text{ »} & \text{»} & f=0,004 \text{ »} \end{array}$$

Проходя через столь узкие каналы, вода в слое песка оставляет мельчайшие свои механические примеси.

Каждый песочный фильтр имеет следующие главные части: 1) корпус, 2) собственно фильтрующий слой и 3) постель фильтрующего слоя.

Корпусом фильтра называется все сооружение, вмещающее фильтрующие слои и фильтруемую воду. Корпус может быть железный, бетонный, каменный и т. д. Деревянных частей в фильтре следует избегать.



Фиг. 86. Принцип устройства песочного фильтра.

В разрезе фильтр имеет следующий вид: весь фильтрующий слой покрывается на железных решетках или железобетонных дырчатых плитах; фильтрующий материал по крупности своих зерен, по мере повышения или удаления от поддерживающей решетки все уменьшается, и наконец сверху всего фильтру-

ющего слоя располагается слой мелкого песка, над которым находится слой воды, просачивающийся сверху вниз (фиг. 86). Такое расположение материала вызывается главным образом двумя соображениями: 1) расположить мелкий фильтрующий песок над крупными дырками поддерживающей решетки и 2) собрать все отлагающиеся нечистоты в верхнем слое, не загрязняя фильтр на всю толщину.

Фильтрующие слои. Для предотвращения вымывания фильтрующего слоя зерна разной крупности должны быть расположены так, чтобы они не проходили через поры нижележащих слоев, т. е. зерна нижележащих слоев должны быть такой величины, чтобы площадь больших шаров верхележащего слоя не была бы меньше площади промежутков нижележащего.

Обозначим диаметр нижележащих зерен песка через d , верхних через d_1 , тогда:

$$\frac{nd_1^2}{4} \geq 0,04d^2; d = 4,4d_1.$$

т. е. диаметр нижележащих слоев может быть не больше 4,4 диаметра зерен верхних слоев.

Собственно фильтрующий слой, который играет главную роль в фильтре, должен состоять из зерен одинаковой величины, для чего песок тщательно промывается, сушится, а затем просеивается. Величина зерен выбирается в зависимости от необходимой степени очистки, однако этот выбор должен укладываться в пределах от $d = 0,3$ мм до 1 мм. Толщина собственно фильтрующего слоя должна быть не менее 30 см. Обычно эта толщина берется не менее 0,5 м — 0,8 м.

Общая толщина постели бывает различная: от 0,3 м до 1 м. На фиг. 86 показана схема типичного песочного фильтра.

Нормального типа фильтров не установлено; конструкции и размеры встречаются самые разнообразные, однако средние размеры полной толщины фильтрующего слоя колеблются в среднем от 1,2 до 1,4 м; такие фильтры при покрывающем слое воды в 1 м дают скорость протекающей воды от 6 до 16 см/час.

Фильтры, в коих скорость фильтрации не превышает 15 см/час, называются английскими или медленно действующими.

Фильтрование на английских фильтрах. На приготовленный фильтр напускают воду, которая, просачиваясь через верхний слой песка, оставляет на поверхности его все имеющиеся в себе взвешенные частицы.

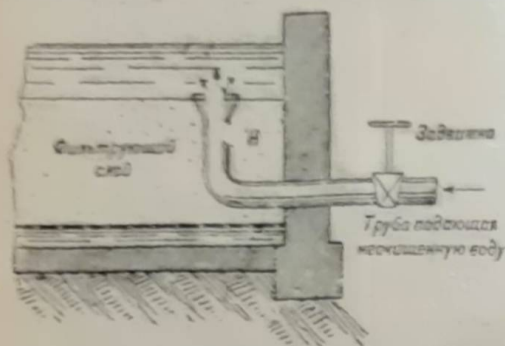
По засорении пор верхнего слоя каналы в песочном слое станут настолько узки, что начнут задерживать весьма мелкие примеси в виде микроорганизмов и т. д., и тогда на поверхности фильтрующего слоя образуется слизистая пленка, называемая биологической пленкой. Для образования биологической пленки требуется время около 48 час. Вода, полученная от фильтра, не имеющего биологической пленки, употребляться не должна. По образованию биологической пленки фильтрованная вода получается достаточно чистой для питья.

Очистка воды песочным фильтром (английским) представляет собой весьма сложный процесс, в который входит: 1) механическая задержка песком взвешенных частиц в воде, 2) поглощение растворенных в воде веществ, 3) окисление кислородом воздуха, заключенного в порах фильтра, органических веществ в воде и 4) биологическое

действие пленки на верхнем слое фильтра, играющее в деле очистки воды весьма существенную роль.

Фильтрация тем совершеннее, чем слой песка толще, чем мельче его зерна, чем толще биологическая пленка и чем меньше скорость фильтрации.

Средняя скорость фильтрации на исправном фильтре не должна превышать 10 см/час. Скорость зависит от толщины фильтрующего слоя и напора воды; она регулируется изменением напора.



Фиг. 87. Способ напуска воды на фильтр.

При напуске воды на фильтр нужно следить, чтобы не было прорыва биологической пленки и размыва верхнего слоя песка. Находит широкое применение напуск воды на фильтр способом, показанным на фиг. 87.

Скорость прохождения воды через

фильтр может быть определена по упрощенной формуле Газена:

$$v = cd^2 \frac{h}{l},$$

где: v — скорость в м/час; d — диаметр зерен песка собственно фильтрующего слоя в миллиметрах; h — толщина слоя воды, покрывающего фильтр, в метрах; l — толщина фильтрующих слоев в метрах; c — коэффициент, зависящий от толщины биологической пленки, принимается в пределах 0,1 — 0,2.

По этой же формуле можно определить необходимый диаметр песчинок, напора воды и т. д.

Хорошо устроенные фильтры при надлежащем уходе дают высокую степень очистки воды — от 96 до 99% задержанных на фильтре бактерий.

По мере работы фильтра пленка утолщается, а верхний слой ее все более засоряется, и соответственно с этим уменьшается скорость фильтрации. Для поддержания скорости (10 см/час) приходится увеличивать напор воды. Через некоторое время пленка может стать настолько плотной, что скорость фильтрации будет недостаточна для получения потребного количества фильтрованной воды. Тогда фильтр нужно очистить, для чего воду с фильтра спускают, снимают верхний слой песка вместе с биологической пленкой, толщиной в 1—2 см, и вновь пропускают

через фильтр воду до образования новой биологической пленки, после чего фильтрованную воду можно употреблять. Когда такими очистками будет снят слой в 5—10 см, необходимо насыпать новый слой песка до первоначальной высоты. Однако необходимо следить, чтобы толщина собственно фильтрующего слоя была не тоньше 0,3—0,4 м.

Скорость загрязнения фильтра зависит от степени загрязнения воды. Чем больше загрязнена вода, тем скорее образуется толстая пленка и тем быстрее ее придется снимать. Поэтому на фильтр должна напускаться вода, процеженная через сетки, крупный гравий, щебень и т. д., или отстоявшаяся.

Работа английского фильтра обычно длится от 2 недель до 2—3 месяцев, после чего требуется очистка. На фиг. 88 показан тип фильтра, могущий быть применим для очистки воды лагерного водоснабжения. Фильтр вместо решеток для поддержания фильтрующего слоя имеет дренажные каналы из кирпичей. Каналы должны иметь уклон (0,01—0,02) к водосборному резервуару.

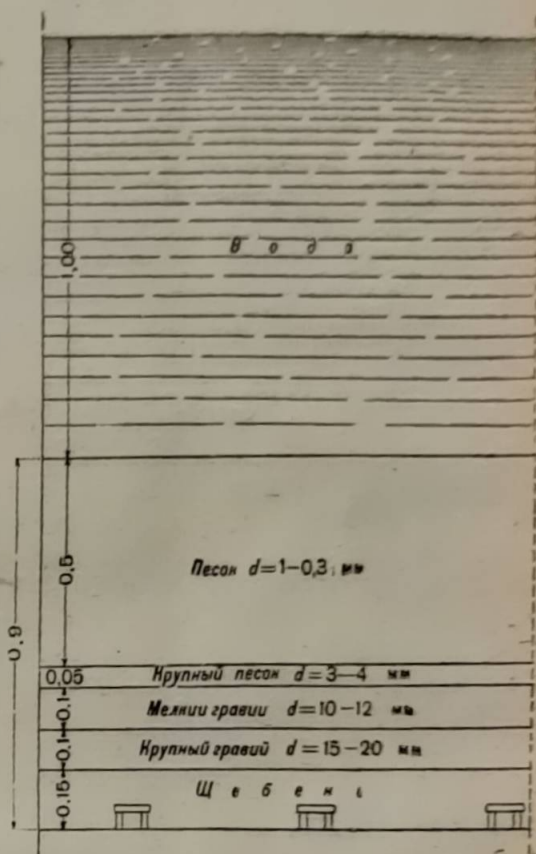
Расчет фильтра складывается из расчета следующих главных его частей:

1. Толщины фильтрующего слоя (выбор толщины собственно фильтрующего слоя и d = зерен, в зависимости от чего определяются размеры зерен и толщина нижележащих слоев).

2. Площади фильтра.

3. Стенок и основания фильтра, исходя из его полной загрузки песком и водой.

Площадь фильтра определяется на основании следующих соображений. Обозначая потребное количество фильтрован-



Фиг. 88. Тип фильтра для очистки воды лагерного водоснабжения.

ной воды через Q — куб. м/сутки, скорость фильтрования v м/час и полезную площадь фильтра F — кв. м, имеем:

$$F = \frac{Q}{24 \cdot v}.$$

Единственный недостаток английских фильтров — это их малая производительность. Так, для войсковых частей в 3000 человек, если считать в среднем по 100 л в сутки на человека, количество воды Q , даваемой фильтром в сутки, должно быть $3000 \times 100 = 300$ куб. м; площадь фильтра F , принимая $v = 0,1$ м/час, должна быть:

$$F = \frac{Q}{24 \cdot v} = \frac{300}{24 \cdot 0,1} = 125 \text{ кв. м.}$$

Фильтр с площадью 125 кв. м представляет собой громоздкое сооружение, поэтому в последнее время, при постоянных установках для обслуживания нужд населения городов, находят широкое применение песочные фильтры — быстродействующие, или так называемые американские.

б) Быстродействующие (американские) фильтры.

Идея фильтрования на американских фильтрах та же, что и на английских: вода проходит через слой песка, диаметр зерен которых в большинстве случаев берется от 1 до 3 мм, но со скоростью, в 20—40 и более раз превышающую допускаемую на английских фильтрах. Понятно, что соответственно увеличению скорости уменьшается потребная площадь фильтра. Толщина фильтрующего слоя принимается от 0,7 до 1,2 м.

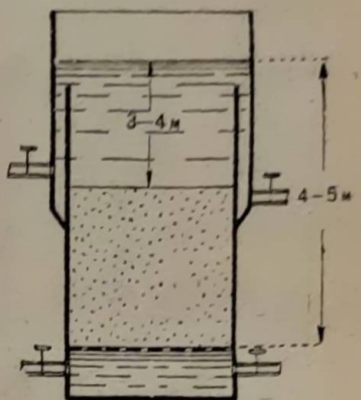
Увеличение скорости на американских фильтрах достигается за счет: 1) увеличения промежутков между зернами фильтрующего слоя (более крупные зерна); 2) предварительного осветления воды в отстойниках при помощи коагулянта (см. ниже) — квасцов, сернокислого глинозема и т. д. и 3) увеличения напора воды.

В американских фильтрах, при большой скорости фильтрации (4—5 м/час), очень быстро образовывается биологическая пленка, которая через 2—3 суток становится непроницаемой для дальнейшей работы. Пленка удаляется механическим нагнетанием воды снизу фильтрующего слоя. Американский фильтр по своему устройству представляет собой железный или железобетонный цилиндрический резервуар. По своей конструкции американские фильтры разделяются на два типа: 1) *открытые, или самотечные*,

действующие под давлением водяного столба над фильтром, и 2) закрытые, или напорные, работающие под напором воды, создаваемым нагнетанием.

Самотечные американские фильтры на практике находят более частое применение, нежели напорные, так как дают лучшие результаты очистки воды и конструктивно менее сложны.

На фиг. 89 изображен самотечный фильтр Джуэлля, нашедший себе в СССР широкое применение. Устраивается он в виде открытого цилиндра. Фильтрующий слой состоит из песка, размером 0,3 — 1 м, толщиной от 0,75 до 1,5 м. Этот слой покоится на поддерживающем слое крупного песка или гравия общей толщиной от 0,3 до 0,5 м. Вода поступает из крана 1 в окружающий фильтр резервуар кольцеобразной формы. Наполнив этот резервуар, вода переливается по окружности через верхний край его на фильтрующий слой. Фильтры Джуэлля изготавливаются диаметром от 2 до 7 м, производительностью от 300 до 3500 куб. м воды в сутки.



Фиг. 89. Схематический разрез самотечного американского фильтра Джуэлля.

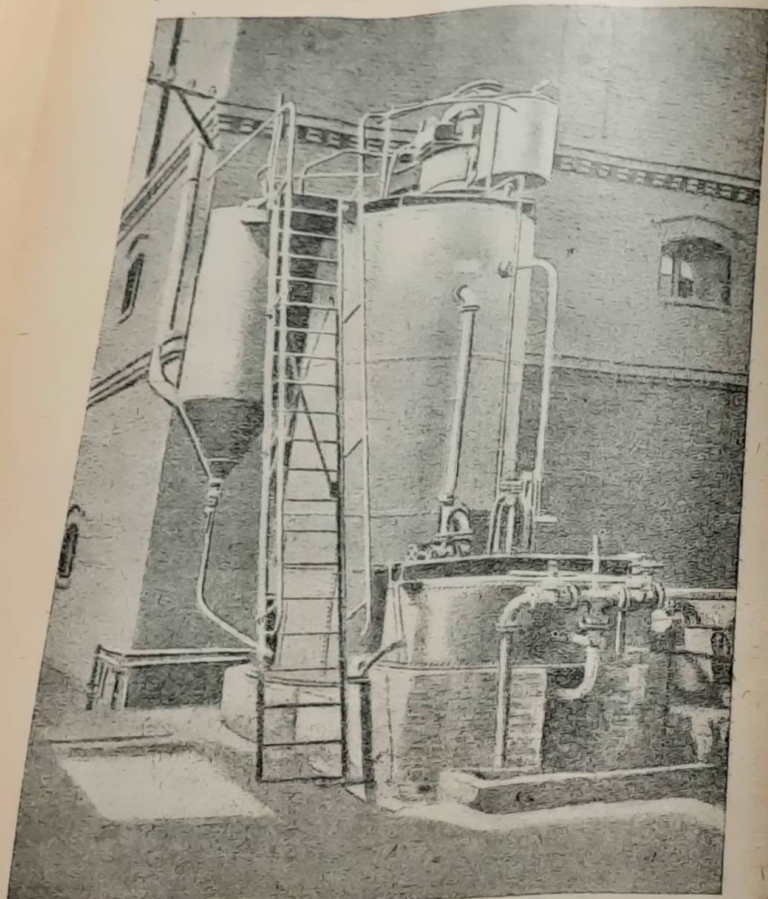
Американские фильтры, ввиду сложности своих конструкций, необходимости тщательного надзора и контроля за их работой, широкого применения в войсках найти не могут. На фиг. 90 изображен напорный фильтр системы Бреда, который состоит из железного цилиндрического резервуара, наполненного до определенной высоты, поверх решеток, кварцевым песком (зерна размером от 2 до 3 мм). Поступающая под напором вода проходит фильтрующий слой сверху вниз и очищенной вытекает из фильтра, направляясь в резервуар чистой воды. Поверхность фильтрующего слоя в 0,2 кв. м дает в 1 час 1 куб. м очищенной воды; производительность фильтра, изображенного на фиг. 90, 12 куб. м воды в час.

Необходимо подчеркнуть, что бактериологический эффект американских фильтров несколько ниже английских (90—95% задержанных бактерий), и притом он требует весьма тщательного контроля за правильностью работы.

Коагулирование воды.

Коагулированием воды называется добавление к стоящей или медленно двигающейся (со скоростью не более 2 мм/сек)

воде особых химических реактивов (коагулянта), которые, растворяясь в воде, осаждаются на дно в виде хлопьев,



Фиг. 90. Американский напорный фильтр системы Бреда.

увлекая с собой частицы мути и бактерий, чем и достигается так называемое *осветление воды*. Кроме осветления

воды при коагулировании достигается также и обесцвечивание воды, если она имеет желтую или иную окраску. Для выпадения этого хлопьевидного осадка требуется время, в зависимости от степени жесткости воды. Чем мягче вода, тем больше требуется времени для выпадения осадка. Как правило, время должно предоставляться не менее 3 часов; желательно возможно больше.

Коагулянтом, т. е. осаждающим веществом, служат обыкновенные квасцы или чаще всего сернокислый глинозем $Al_2(SO_4)_3$. Дозировка коагулянта устанавливается опытным путем. В зависимости от состава и свойств воды она может быть различная. Если коагулянта будет прибавлено много, в фильтрованной воде останется избыток не осевшего коагулирующего вещества, который придает ей неприятный вкус. Количество коагулянта принимается в среднем 30—50 мг на 1 л воды.

Коагулирование производится в отстойных бассейнах. Непосредственно после коагулирования вода поступает на американские фильтры, где, вследствие поступления на фильтр воды с неосевшими хлопьями, на поверхности фильтра быстро (в среднем через 30—40 минут) образуется пленка, которая быстро растет в толщину. Осветленную коагулянтом воду можно фильтровать со скоростью 4—5 м/час. Процесс коагулирования воды является необходимым условием для фильтрования на американских фильтрах.

Более простым и удобным способом очистки воды в походных условиях и при временных установках может являться способ соединения коагулирования с каким-либо химическим способом стерилизации воды, хотя бы в частности хлорированием.

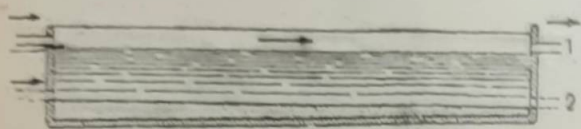
Необходимо отметить, что сам по себе процесс коагуляции не дает достаточную бактериальную очистку воды, поэтому ограничиваться одним лишь коагулированием нельзя.

Отстойные бассейны.

Отстаивание имеет целью удалить из воды находящиеся в ней взвешенные частицы и муť, которые при этом осаждаются на дно. Осаждение муť, заключающейся в воде, может быть достигнуто двумя способами: 1) отстаиванием при совершенном покое воды, такое устройство носит название отстойника *перемежающего действия*, и 2) отстаиванием при непрерывном, но медленном движении воды, носящем название отстойника *непрерывного действия*.

Отстойные резервуары перемежающего действия ввиду своей громоздкости (так как приходится их устраивать не-

сколько) находят себе малое применение. На фиг. 91 схематически изображен отстойник непрерывного действия. Скорость движения воды в отстойнике должна быть не более 1—2 м/сек. Отстойники могут быть открытые или закрытые, глубина воды в них бывает от 2 до 4 м. Выпускное отверстие двойное: верхнее—для лета, нижнее—для зимы; выпускное одно—



Фиг. 91. Схематический разрез отстойника непрерывного действия.

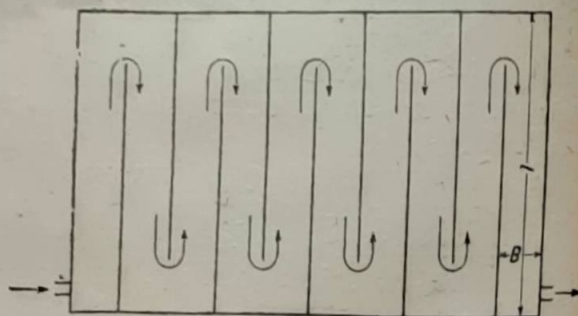
вверх. Дно отстойника делается или горизонтальным или с некоторым уклоном в обратную сторону движения воды.

Действие отстойников считают удовлетворительным, если в течение 4—6 часов оседает от 80 до 90% мути. На практике отстаивание обычно происходит в течение времени, не меньше 10 часов.

Размер отстойника определяется в зависимости от количества воды Q , очищаемой фильтром в секунду (в куб. м), принятой глубины воды h (в метрах) в отстойнике и скорости течения V м/сек. Ширина отстойника B определится из выражения:

$$B = \frac{Q}{Vh}.$$

Длина отстойника l в метрах определяется в зависимости от времени t часов, в течение которых происходит отстаивание, т. е.:



Фиг. 92. Схематический план отстойника непрерывного действия для малых количеств воды.

$$l = tV \cdot 60 \cdot 60,$$

где V — скорость движения воды м/сек.

При расчетах длина отстойника получается весьма большой (при малом Q) по сравнению с шириной его, отчего отстойник принимает форму прямоугольника, длина которого в несколько десятков раз больше ширины. Постройка такого отстойника не целесообразна, поэтому строят отстойник с перегородками-камерами. Сумма длин отдельных камер в таком отстойнике должна составлять расчетную длину отстойника; схематически это изображено на фиг. 92.

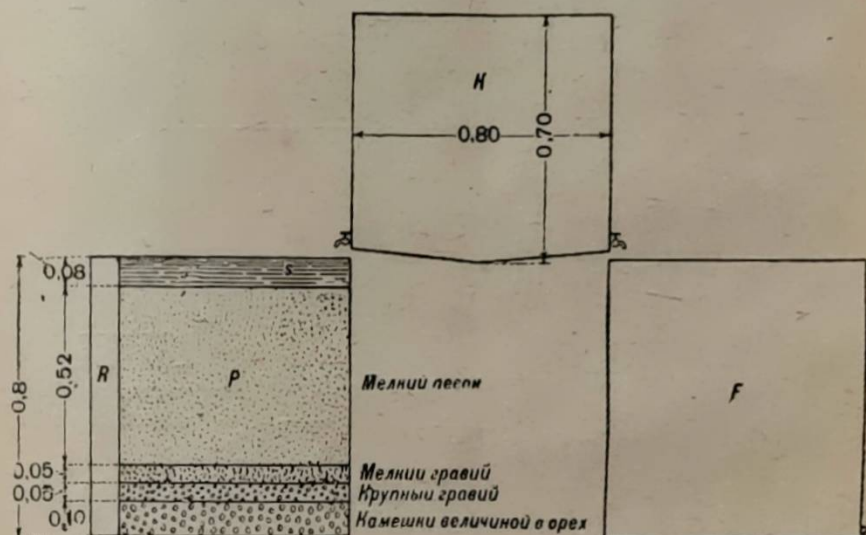
Фильтры для очистки малых количеств воды.

Вышеописанные фильтры являются сооружениями неподвижными, и могут быть предназначены только для нужд постоянных гарнизонов или крупных войсковых соединений. Помимо этих установок войска нуждаются в фильтрах переносных, обслуживающих определенные войсковые подразделения (взвод, роту и т. д.). К таким фильтрам для очистки малых количеств воды предъявляются следующие требования: 1) отличный эффект очистки, 2) достаточная производительность, 3) несложное обращение с ним и дешевизна и 4) удобство перевозки и быстрота установки.

Иностранные армии на снабжении имеют походные фильтры специальных конструкций. Производительность таких фильтров колеблется от 100 до 300 л и более в 1 час. В большинстве своем фильтры эти песочные, работающие по принципу вышеописанных английских и американских фильтров.

Подвижные фильтры в иностранных армиях.

Принятый в чехо-словакской армии песочный фильтр имеет следующее устройство (фиг. 93). *K* — бак для неочищенной воды, *F* — фильтр, *R* — камера для чистой воды



Фиг. 93. Песочный фильтр, принятый в чехо-словакской армии.

и *S* — пловучая доска, защищающая песок от размывания струей из крана. Каждый фильтр дает по 2,5 л чистой воды в минуту или 150 л воды в час.

В английской армии находит широкое применение специальная войсковая водовозная двуколка, состоящая из ме-

таллического гальванизированного бочонка, двух ручных насосов и двух фильтров производительностью около 500 л в час. Имеются подвижные фильтры с установками для хлорирования совместной производительностью до 5400—

6750 л в час; установки смонтированы на грузовиках.

Все части армии США снабжены фильтровальными мешками Листера (фиг. 94). Имеются установки фильтров и аппаратов для хлорирования, смонтированные на грузовиках.

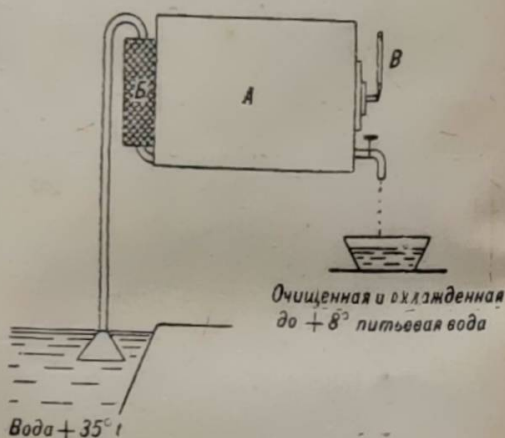
В германской армии широкое применение находят фильтры Зейца, изготовляемые различной производительностью, от ранцевого типа, приспособленного для носки запасной с производительностью в 100 л в час, и до типов с производительностью в 1000 л и более



Фиг. 94. Фильтровальный мешок Листера.

в час, предназначенные для госпиталей, этапных пунктов и т. д.

В последнее время французской, английской и польской армиями приобретаются фильтры, изготовляемые германской фирмой. Устройство его схематически показано на фиг. 95. Действие фильтра основано на химических свойствах воды и аммиака. Фильтр состоит из алюминиевого сосуда, обтянутого сукном и имеющего вид ранца с ремнями для носки за спиной: *А* — фильтр и приспособление для охлаждения воды, *Б* — фильтр и запасы аммиака и воды в особой отделяемой коробке и *В* — ручная помпа для всасывания воды в фильтр. Такой фильтр очищает и охлаждает воду до $+8^{\circ}$. Полный вес фильтра около 18 кг.



Фиг. 95. Схематический чертеж фильтра, применяемого в французской, английской и польской армии.

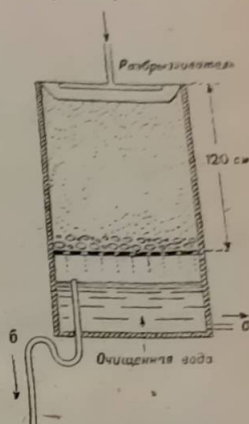
В французской армии находит применение песчаный

безнапорный фильтр, на который вода посредством особого разбрызгивателя подается в виде дождя (фиг. 96). Фильтр представляет собою сосуд, разделенный по высоте решетчатым дном, на котором располагается гравий, а выше — мелкий песок, толщина слоя около 1 м. Ниже решетки находится камера фильтрованной воды; вода разбирается через кран *а*. Для правильного действия фильтра необходимо, чтобы количество воды, подаваемое на фильтр, соответствовало его пропускной способности. Для непрерывности работы фильтра отфильтрованная вода не должна превышать решетчатое дно фильтра, во избежание чего имеется водоотводная трубка — *Б*.

Полное действие фильтра обусловливается образованием на поверхности песчаного слоя многочисленных колоний анаэробных микроорганизмов, которые развиваются, питаясь микроорганизмами и бактериями, содержащимися в воде.

Недостатки этого фильтра — его медленное созревание: очистительная способность фильтра в полной мере появляется лишь через 20—30 суток; после чего фильтр работает непрерывно продолжительный промежуток времени.

Очистка фильтра заключается снятием верхнего слоя песка толщиной 10—15 см. Производительность фильтра около 4 куб. м в сутки с 1 кв. м поверхности. Фильтры этого типа, как дающие весьма благоприятные результаты очистки воды в полевых условиях, включены во Франции в число очистных установок, пригодных для фронта.

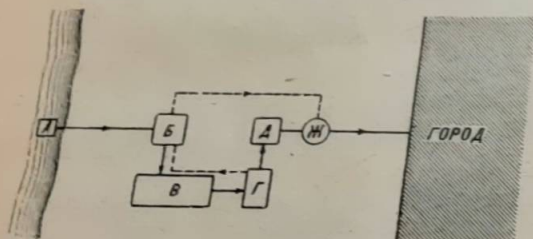


Фиг. 96. Песчаный безнапорный фильтр, принятый в французской армии.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

ВОДОПРОВОДНАЯ СЕТЬ.

По примеру городов крупные войсковые соединения при совместном их расположении легче, удобнее и выгоднее всего снабжать водой централизованным порядком — устройством водопроводной системы. Водопроводная система состоит из следующих составных частей (фиг. 97): *А* — водопроводное сооружение (приемник); *Б* — насосная станция,



Фиг. 97. Схема водоснабжения города.

всасывающая воду из приемника; *В* — сооружения для очистки воды (фильтры, отстойники, аппарат для хлорирования и др.); *Г* — резервуары чистой воды; *Д* — насосная станция, поднимающая воду в водонапорную башню; *Ж* —

водонапорная башня, откуда вода по трубам направляется в населенный пункт.

Работа водопроводной системы заключается в том, что водопроводная станция, имея вышеприведенную схему, своими насосами вбирает необходимое для города количество воды, очищает ее, поднимает на специальное сооружение — водонапорную башню, откуда вода самотеком направляется к городу, сначала по магистральным трубам, затем по все более мелким разветвлениям водопроводной сети, оканчивающимся в квартирах трубами небольших диаметров с кранами на концах. Чем больше население и чем большую территорию оно занимает, тем больше требуется напор, чтобы вода дошла до окраин населенного пункта, и тем выше должна быть водонапорная башня.

Сооружения, служащие для подъема воды из каптажных сооружений, носят название водоподъемных станций, а упо-

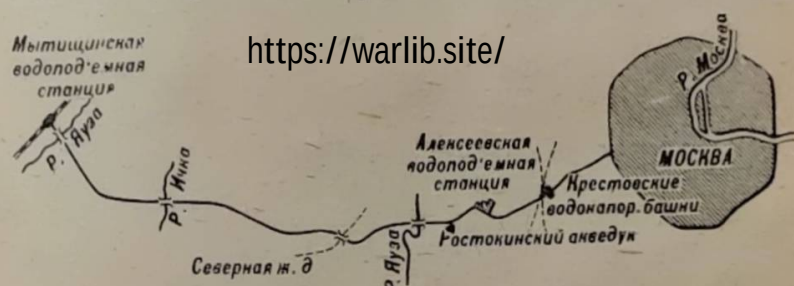
требуемые для этой цели машины — водоподъемными машинами. Те же сооружения, которые подают в город воду под напором, — водонапорными сооружениями, а машины, нагнетающие воду, называются водонапорными машинами.



Фиг. 98. Схема водоснабжения г. Варшавы.

Если оба рода сооружений располагаются на одном и том же участке, то они носят название *водопроводной станции*. Водопроводные станции, кроме того, имеют соответственное сооружение для очистки воды.

По вышеописанной схеме осуществляется водоснабжение большинства городов. На фиг. 98 показано водоснабжение



Фиг. 99. Схема водоснабжения г. Москвы.

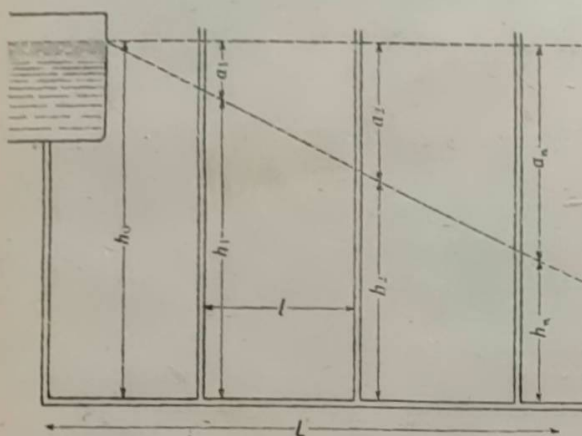
Варшавы. На берегу р. Висла расположено водоподъемное здание А, поднимающее воду из реки и нагнетающее по трубам ее в отстойные резервуары Б, откуда вода самотеком переходит на фильтры С и дальше поступает в резервуар чистой воды Д, откуда водонапорными машинами нагнетается в город.

Водоснабжение Москвы (Мытищенский водопровод) происходит грунтовой водой (фиг. 99). В Мытищах вода поднимается по трубчатым колодцам насосами, расположенными

в водоподъемном здании, и нагнетается в Алексеевский резервуар, из которого нагнетается в две Крестовские водонапорные башни (емкость каждой 1 800 куб. м); отсюда вода поступает непосредственно в городскую сеть.

Расчет водопроводной сети.

Если представим водонапорную башню с горизонтальной трубой на расстоянии L и ряд восстановленных от нее вертикальных трубок, удаленных друг от друга на расстоянии l (фиг. 100), то при закрытом кране на конце горизонтальной трубы уровень воды во всех вертикальных так называемых пьезометрических трубках будет иметь высоту h_0 . Если открыть кран, то вода под напором h_0 будет из горизонтальной трубы выливаться со скоростью v ; при этом мы заметим, что уровень воды в пьезометрических



Фиг. 100. Определение потери высоты напора воды в трубах.

трубках понижается по мере удаления от водонапорной башни. Уровень воды в пьезометрических трубках $h_a, h_b, \dots, h_n$ и т. д. непосредственно указывает напор в сети для данного места, а разность $h_0 - h_n = a_n$ показывает величину потери напора на трение.

Так как сопротивление на трение воды о стенки труб на всех участках одинаково (труба — цилиндрическая), то скорость и трата напора на трение на всех участках (l) тоже одинаковы. Поэтому уровни в пьезометрических трубках, поставленных на одинаковых расстояниях (l), в каждой последующей трубке должны быть ниже чем в предыдущей трубке на одинаковую высоту (a), так как эта высота соответствует потере энергии, истраченной на трение. И поэтому уклон линии, соединяющей пьезометрические высоты, является одинаковым на всем протяжении участка. Эта линия носит название линии *пьезометрического уровня*, или *линии потери* высоты напора. Уклон ее показывает относительную потерю напора на участке и равен:

$$i = \frac{h_0}{L}.$$

Напор h_0 называется начальным свободным напором, напор h_n — конечным напором для данного участка. При расчете необходимо иметь в виду, что напор на концах труб должен быть достаточным для того, чтобы поднять воду до самых верхних этажей.

Из рассмотренного мы видим, что для решения вопроса, на какую высоту нужно поднять воду в водонапорной башне в начале трубы, мы должны уметь находить уклон линии потери высоты напора для данной сети труб.

Вопрос этот решается с помощью формулы Шези:

$$V = C \sqrt{R \cdot i},$$

где V — скорость движения воды в трубах в м/сек, C — коэффициент трения, R — гидравлический радиус и i — потеря напора на единицу длины (уклон линии потери напора). Гидравлическим радиусом называется отношение живого сечения воды ω к смоченному периметру трубы ϱ , т. е. отношение площади сечения трубы к ее окружности (фиг. 101) т. е.:

$$R = \frac{\omega}{\varrho}.$$

Для круглой водопроводной трубы R равняется:

$$R = \frac{\omega}{\varrho} = \frac{\pi r^2}{2\pi r} = \frac{d}{4}.$$

Коэффициент C — для применяющихся образцов железных труб равняется:

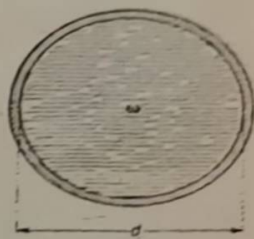
$$C = \frac{100 \sqrt{d}}{0,5 + \sqrt{d}},$$

где d — диаметр трубы в миллиметрах.

Количество воды Q куб. м/сек, протекающей по трубам, подсчитывается по формуле:

$$Q = vF,$$

где F — площадь живого сечения в кв. м, а V — скорость течения воды в м/сек. По этим основным формулам производится простейший расчет водопроводной сети. Рассчитать водопроводную сеть — это значит найти две величины из 4 главных: 1) Q — количество воды куб. м/сек, 2) V — ско-



Фиг. 101. Определение гидравлического радиуса R трубы; ω — живое сечение воды. $R = \frac{\omega}{2\pi r}$.

рость течения, 3) d — диаметр трубы и 4) H — требующийся напор. Эти величины непосредственно выводятся из следующих выражений:

1. Q — количество воды в кубических метрах, протекающее по трубе в 1 секунду:

$$Q = vF.$$

2. v — скорость течения воды в трубе м/сек:

$$v = C\sqrt{Ri}; \text{ или } v = \frac{Q}{F}.$$

3. d — требующийся диаметр трубы в метрах. Так как:

$$Q = vF = v\pi \frac{d^2}{4},$$

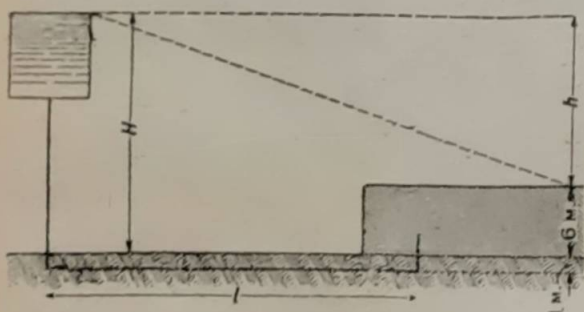
то:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}.$$

Иногда весьма удобно d находить по приближенно вычисленной формуле Dupuit:

$$d = 0,3 \sqrt[5]{\frac{Q^2}{i}}.$$

4. H — требующийся напор в метрах. H определяется из выражения относительной потери напора, т. е. $H = iL$;



Фиг. 102. Схема водоснабжения посредством водонапорной башни. Определение высоты башни H .

где $i = \frac{v^2}{C^2 R}$; а L — величина известная.

Расчет сети труб имеет целью проверить по выше приведенным формулам, достаточно ли высота водонапорной башни. Для производства расчета

нужно знать две величины из названных четырех; обыкновенно при расчетах известны Q и d , по ним отыскивается v и H . Если есть основание для выбора высоты водонапорной башни, тогда при расчете исходят из высоты напора H .

Пример 1. Необходимо подать воду для отдельного батальона, численностью в 500 человек; источник водоснабжения расположен в 2,5 км, вода должна подаваться на вы-

соту в 6 м (фиг. 102); имеются трубы $d = 5$ см. Требуется определить, какую высоту H должна иметь водонапорная башня в месте у источника.

Решение. Из фиг. 102 видно, что для определения высоты башни H требуется определить абсолютную величину потери напора h . Так как $H = h + 6$ м, то прежде всего необходимо:

1. Определить скорость движения воды в трубе, для чего необходимо знать Q . Принимая потребность в воде на каждого человека по 40 л в сутки, определим общую потребность для всего батальона:

$$Q = 500 \cdot 40 = 20 \text{ куб. м воды,}$$

$$\text{а в секунду } Q = \frac{20}{86400} \text{ куб. м.}$$

Зная диаметр трубы d , определим скорость движения воды:

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{20}{86400 \frac{\pi d^2}{4}} = 0,118 \text{ м/сек.}$$

2. Зная v , по формуле Шези находим, чему равняется относительная потеря напора:

$$i = \frac{v^2}{C^2 R}.$$

Вычисляя значение $R = \frac{d}{4} = 0,0125$ и $C = \frac{100\sqrt{d}}{0,5 + \sqrt{d}} = 32$ и подставляя эти величины в формулу Шези, получим $i = 0,001$.

3. Находим абсолютную потерю напора h при удалении нашей башни на $l = 2500$ м:

$$h = i \cdot l = 0,001 \cdot 2500 = 2,5 \text{ м.}$$

Высота башни H над снабжаемым пунктом должна быть:

$$H = 2,5 + 6 = 8,5 \text{ м.}$$

Пример 2. Имея источник водоснабжения на местности возвышенной по отношению к месту расположения снабжаемого батальона и удаленный от последнего на расстояние 1 км, требуется определить диаметр трубы, чтобы полностью использовать имеющийся напор (фиг. 103). Остальные условия одинаковы с примером 1.

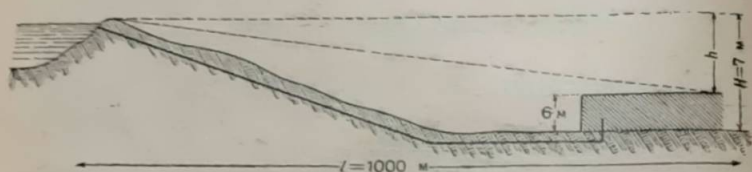
Решение 1. Абсолютная потеря напора, которую можно

израсходовать, равняется $h = H - 6 = 1$ м. Следовательно относительная потеря напора i должна быть:

$$i = \frac{1}{1000} = 0,001.$$

2. Зная i и Q , диаметр трубы d находим по формуле Дарси'а $d = 0,3 \sqrt[5]{\frac{Q^2}{i}} = 0,042$ м, т. е. диаметр подводящей трубы должен быть 0,042 м. Округлив в большую сторону, получим необходимый $d = 5$ см.

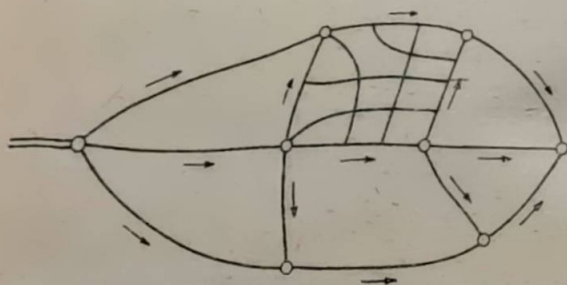
Разобранные нами примеры являются простейшими при-



Фиг. 103. Расчет на использование имеющегося напора воды $H = 7$ м.

мерами расчета водопроводной сети. Обычно сеть имеет более сложный вид с массой ответвлений и перекрещений трубами разных диаметров. Расчет такой сети производится по тем же вышеприведенным основным формулам, но является более сложным.

По своему расположению в плане водопроводная сеть может быть двух видов: 1) *кольцевая* (замкнутая) и 2) *тупиковая*. Кольцевой сетью называется система расположе-



Фиг. 104. Кольцевая водопроводная сеть.

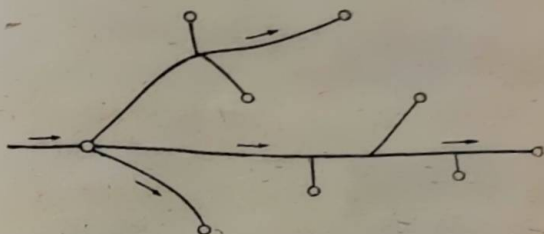
жения водопроводных труб, при которой вода к каждой точке сети могла бы подводиться с двух сторон (фиг. 104). В кольцевой сети подача воды производится через основную магистральную сеть замкнутого типа, питающую магистрали второго порядка, которые, охватывая районы населенного пункта, составляют вместе с основной магистральной сетью ряд замкнутых фигур.

От магистрали второго порядка идут домовые ответвления. Кольцевая сеть имеет место при снабжении крупных населенных пунктов.

В малых населенных пунктах, или при разбросанном расположении частей, применяется тупиковая сеть, т. е. система расположения водопроводных труб, ответвления которых оканчиваются тупиком. В этой системе вода подается с одной стороны (фиг. 105). Тупиковая сеть, так же, как и кольцевая, имеет основную магистраль, от которой ответвляются магистрали второго порядка, а уже от последних — домовые вводы, оканчивающиеся тупиком.

Кроме указанного расположения сети может иметь место также — смешанная система, представляющая совмещение обеих выше приведенных систем.

При расчете сети отдельные ее участки рассчитываются, исходя из так называемого расхода на конце. При сложном расположении сети, расчет требует затраты большего времени, поэтому на основании расчетных формул составлены таблицы, которые дают возможность ускорить подбор диаметра труб и других величин, не прибегая к сложным вычислениям по формулам.



Фиг. 105. Тупиковая водопроводная сеть.

Ниже приведена таблица потери напора в напорных трубах круглого сечения, составленная по формуле Шези с коэффициентом по старой формуле Куттера с коэффициентом шероховатости 0,25, для труб диаметром от 40 мм до 300 мм. В этой таблице приняты следующие обозначения: Q — расход воды в л/сек; i — потеря напора на единицу длины; v — скорость м/сек.

Для пояснения, как надо пользоваться таблицей, приведем несколько численных примеров.

Пример 1. Труба диаметром 200 мм имеет скорость протекающей в ней воды 0,80 м. Найти Q и i .

В горизонтальной графе «Диаметры труб» находим диаметр 200 мм и в соответствующем этому диаметру в вертикальном столбце значения v ищем подходящую скорость. Находим, что при $v = 0,8$ $Q = 25$. Относительную потерю напора i ищем в первых вертикальных, слева, столбцах значений i , на линии строчек найденных значений. Находим: $i = 0,00571$. Задача решена.

Таблица для подбора диаметра

Потери напора		Диаметры труб									
		40		50		80		100		125	
$\frac{h}{L}$	λ	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V
1:10	0,10000	1,1	0,90	2,1	1,09	8,1	1,61	15,2	1,94	28,4	2,31
1:15	0,06667	0,9	0,74	1,8	0,89	6,6	1,32	12,4	1,58	23,2	1,89
1:20	0,05000	0,8	0,64	1,5	0,77	5,7	1,14	10,8	1,37	20,1	1,64
1:25	0,04000	0,7	0,57	1,4	0,69	5,1	1,02	9,6	1,22	18,0	1,46
1:30	0,03333	0,7	0,52	1,2	0,63	4,7	0,93	8,8	1,12	16,4	1,34
1:35	0,02857	0,6	0,48	1,1	0,59	4,3	0,86	8,1	1,03	15,2	1,24
1:40	0,02500	0,6	0,45	1,0	0,55	4,1	0,81	7,6	0,97	14,2	1,16
1:45	0,02222	0,5	0,43	1,0	0,52	3,8	0,76	7,2	0,91	13,4	1,09
1:50	0,02000	0,5	0,40	0,9	0,49	3,6	0,72	6,8	0,87	12,7	1,04
1:60	0,01667	0,5	0,37	0,9	0,45	3,3	0,66	6,2	0,79	11,6	0,95
1:70	0,01429	0,4	0,34	0,8	0,41	3,1	0,61	5,8	0,73	10,7	0,88
1:80	0,01250	0,4	0,32	0,8	0,39	2,9	0,57	5,4	0,68	10,0	0,82
1:90	0,01111	0,4	0,30	0,7	0,37	2,7	0,54	5,1	0,65	9,5	0,77
1:100	0,01000	0,4	0,29	0,7	0,35	2,6	0,51	4,8	0,61	9,0	0,73
1:125	0,00800	0,3	0,26	0,6	0,31	2,3	0,46	4,3	0,55	8,0	0,65
1:150	0,00667	0,3	0,23	0,6	0,28	2,1	0,42	3,9	0,50	7,3	0,60
1:175	0,00571	0,3	0,21	0,5	0,26	1,9	0,39	3,6	0,46	6,8	0,55
1:200	0,00500	0,3	0,20	0,5	0,24	1,8	0,36	3,4	0,43	6,4	0,52
1:225	0,00444	0,2	0,19	0,5	0,23	1,7	0,34	3,2	0,41	6,0	0,49
1:250	0,00400	0,2	0,18	0,4	0,22	1,6	0,32	3,0	0,39	5,7	0,46
1:275	0,00364	0,2	0,17	0,4	0,21	1,5	0,31	2,9	0,37	5,4	0,44
1:300	0,00333	0,2	0,17	0,4	0,20	1,5	0,30	2,8	0,35	5,2	0,42
1:325	0,00308	0,2	0,16	0,4	0,19	1,4	0,28	2,7	0,34	5,0	0,41
1:350	0,00286	0,2	0,15	0,4	0,19	1,4	0,27	2,6	0,33	4,8	0,39
1:375	0,00267	0,2	0,15	0,4	0,18	1,3	0,26	2,5	0,32	4,6	0,38

тра водопроводных труб.

в миллиметрах											
150		175		200		225		250		300	
Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V
47,3	2,68	72,5	3,02	104,6	3,33	145,2	3,65	194,0	3,95	320	4,55
38,6	2,19	59,2	2,46	85,4	2,71	118,5	2,98	158,4	3,23	261	3,70
33,4	1,89	51,3	2,13	74,0	2,36	102,7	2,58	137,2	2,80	226	3,20
29,9	1,69	45,9	1,91	66,2	2,11	91,6	2,31	122,7	2,50	202	2,86
27,3	1,55	41,9	1,74	60,4	1,92	83,8	2,11	112,0	2,28	185	2,62
25,2	1,43	38,8	1,61	55,9	1,78	77,6	1,95	103,7	2,11	171	2,42
23,6	1,34	36,3	1,51	52,3	1,67	72,6	1,83	97,0	1,98	160	2,26
22,3	1,26	34,2	1,42	49,3	1,57	68,4	1,72	91,4	1,86	151	2,14
21,1	1,20	32,4	1,40	46,8	1,49	64,9	1,63	86,8	1,77	143	2,03
19,3	1,00	29,6	1,23	42,7	1,36	59,3	1,49	79,2	1,61	131	1,85
17,9	1,01	27,4	1,14	39,5	1,26	54,9	1,38	73,3	1,49	121	1,71
16,7	0,95	25,6	1,07	37,0	1,18	51,3	1,29	68,6	1,40	113	1,60
15,8	0,89	24,2	1,01	34,9	1,11	48,4	1,22	64,7	1,32	107	1,51
14,9	0,85	22,9	0,95	33,1	1,05	45,9	1,16	61,3	1,25	101	1,43
13,4	0,76	20,5	0,85	29,6	0,94	41,1	1,03	54,9	1,12	91	1,28
12,2	0,69	18,7	0,78	27,0	0,86	37,5	0,94	50,1	1,02	83	1,17
11,3	0,64	17,3	0,72	25,0	0,80	34,7	0,87	46,4	0,95	77	1,08
10,6	0,60	16,2	0,67	23,4	0,75	32,5	0,82	43,4	0,88	72	1,01
10,0	0,56	15,3	0,64	22,1	0,70	30,6	0,77	40,9	0,83	68	0,96
9,5	0,54	14,5	0,60	20,9	0,67	29,0	0,73	38,8	0,79	64	0,91
9,0	0,51	13,8	0,58	19,9	0,64	27,7	0,70	37,0	0,75	61	0,86
8,6	0,49	13,2	0,55	19,1	0,61	26,5	0,67	35,4	0,72	58	0,83
8,3	0,47	12,7	0,53	18,3	0,58	25,5	0,64	34,0	0,69	56	0,79
8,0	0,45	12,3	0,51	17,7	0,56	24,5	0,62	32,8	0,67	54	0,77
7,7	0,44	11,8	0,49	17,1	0,54	23,7	0,60	31,7	0,65	52	0,74

Диаметры труб											
Перепад напора		40		50		80		100		125	
$\frac{h}{L}$	i	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V
1:400	0,00250	0,2	0,14	0,3	0,17	1,3	0,26	2,4	0,31	4,5	0,37
1:425	0,00235	0,2	0,14	0,3	0,17	1,2	0,25	2,3	0,30	4,4	0,36
1:450	0,00222	0,2	0,13	0,3	0,16	1,2	0,24	2,3	0,29	4,3	0,35
1:475	0,00210	0,2	0,13	0,3	0,16	1,2	0,23	2,2	0,28	4,1	0,34
1:500	0,00200	0,2	0,13	0,3	0,15	1,1	0,23	2,2	0,27	4,0	0,33
1:550	0,00182	—	—	0,3	0,15	1,1	0,22	2,1	0,26	3,8	0,31
1:600	0,00167	—	—	0,3	0,14	1,0	0,21	2,0	0,25	3,7	0,30
1:650	0,00154	—	—	0,3	0,14	1,0	0,20	1,9	0,24	3,5	0,29
1:700	0,00143	—	—	0,3	0,13	1,0	0,20	1,8	0,23	3,4	0,28
1:750	0,00133	—	—	0,2	0,13	0,9	1,19	1,8	0,22	3,3	0,27
1:800	0,00125	—	—	—	—	0,9	0,18	1,7	0,22	3,2	0,26
1:850	0,00117	—	—	—	—	0,9	0,18	1,7	0,21	3,1	0,25
1:900	0,00111	—	—	—	—	0,9	0,17	1,6	0,20	3,0	0,24
1:950	0,00105	—	—	—	—	0,8	0,17	1,6	0,20	2,9	0,24
1:1000	0,00100	—	—	—	—	0,8	1,16	1,5	0,19	2,8	0,23
1:1100	0,00091	—	—	—	—	0,8	0,15	1,5	0,18	2,7	0,22
1:2000	0,00083	—	—	—	—	0,7	0,15	1,4	0,18	2,6	0,21
1:1300	0,00077	—	—	—	—	0,7	0,14	1,3	0,17	2,5	0,20
1:1400	0,00071	—	—	—	—	0,7	0,14	1,3	0,16	2,4	0,20
1:1500	0,00066	—	—	—	—	0,7	0,13	1,2	0,16	2,3	0,19
1:1600	0,00062	—	—	—	—	0,6	0,13	1,2	0,15	2,2	0,18
1:1700	0,00059	—	—	—	—	0,6	0,12	1,2	0,15	2,2	0,18
1:1800	0,00056	—	—	—	—	0,6	0,12	1,1	0,14	2,1	0,17
1:1900	0,00053	—	—	—	—	0,6	0,12	1,1	0,14	2,1	0,17
1:2000	0,00050	—	—	—	—	0,5	0,11	1,1	0,14	2,0	0,16

в м и л л и м е т р а х

150		175		200		225		250		300	
Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V
7,5	0,42	11,5	0,48	16,5	0,53	23,0	0,58	30,7	0,63	51	0,72
7,3	0,41	11,1	0,46	16,0	0,51	22,3	0,56	29,8	0,61	49	0,70
7,0	0,40	10,8	0,45	15,6	0,50	21,6	0,54	28,9	0,59	48	0,68
6,9	0,39	10,5	0,44	15,2	0,48	21,1	0,53	28,1	0,57	46	0,66
6,7	0,38	10,3	0,43	14,8	0,47	20,5	0,52	27,4	0,56	45	0,64
6,4	0,36	9,8	0,42	14,1	0,45	19,6	0,49	26,2	0,53	43	0,61
6,1	0,35	9,4	0,39	13,5	0,43	18,7	0,47	25,0	0,51	41	0,59
5,8	0,34	9,0	0,37	13,0	0,41	18,0	0,45	24,1	0,49	40	0,56
5,6	0,32	8,7	0,36	12,5	0,40	17,4	0,44	23,2	0,47	38	0,54
5,5	0,31	8,4	0,35	12,1	0,39	16,8	0,42	22,4	0,46	37	0,52
5,3	0,30	8,1	0,34	11,7	0,37	16,2	0,41	21,7	0,44	36	0,51
5,1	0,29	7,9	0,33	11,3	0,36	15,7	0,40	21,0	0,43	35	0,49
5,0	0,28	7,6	0,32	11,0	0,35	15,3	0,39	20,4	0,42	34	0,48
4,9	0,27	7,4	0,31	10,7	0,34	14,9	0,38	19,9	0,41	33	0,47
4,7	0,27	7,2	0,30	10,4	0,33	14,5	0,37	19,4	0,40	32	0,45
4,5	0,26	6,9	0,29	10,0	0,32	13,8	0,35	18,5	0,38	31	0,43
4,3	0,24	6,6	0,28	9,5	0,30	13,3	0,33	17,7	0,36	29	0,41
4,1	0,24	6,4	0,27	9,2	0,29	12,7	0,32	17,0	0,35	28	0,40
4,0	0,23	6,1	0,26	8,8	0,28	12,3	0,31	16,4	0,33	27	0,38
3,9	0,22	5,9	0,25	8,5	0,27	11,9	0,30	15,8	0,32	26	0,37
3,7	0,21	5,7	0,24	8,3	0,26	11,5	0,29	15,3	0,31	25	0,36
3,6	0,21	5,6	0,23	8,0	0,26	11,1	0,28	14,9	0,30	25	0,35
3,5	0,20	5,4	0,23	7,8	0,25	10,8	0,27	14,5	0,30	24	0,34
3,4	0,19	5,3	0,22	7,6	0,24	10,5	0,27	14,1	0,29	23	0,33
3,3	0,18	5,1	0,21	7,4	0,24	10,3	0,26	13,7	0,28	23	0,32

Пример 2. Труба должна провести 20 л в секунду при скорости v в 1 м. Найти диаметр трубы d и потерю напора Δ во всей линии.

Для этой цели в графах Q и v ищем подходящие значения. В столбцах, соответствующих диаметру 150, находим $Q = 21,1$ и $v = 1,2$; отсюда ясно, что искомый $d = 150$ мм. Так как Q и v больше поставленных условий, то для опре-

деления i надо провести интерполяцию. По таблице видим, что $Q = 21,1$ соответствует $i_1 = 0,02$, а $Q_2 = 19,3$ $i_2 = 0,017$ (точнее 0,01667). Разность между i_1 и i_2 — $\Delta i = 0,003$ при разности в расходах $\Delta Q = 1,8$. Разность между данным расходом и ближайшим большим 1,1 л/сек, тогда:

$$i = i_1 - \frac{\Delta i \cdot 1,1}{\Delta Q} = 0,02 - \frac{0,003 \cdot 1,1}{1,8} = 0,0182.$$

Зная i и помножая его на длину сети L , получим общую потерю напора во всей линии.

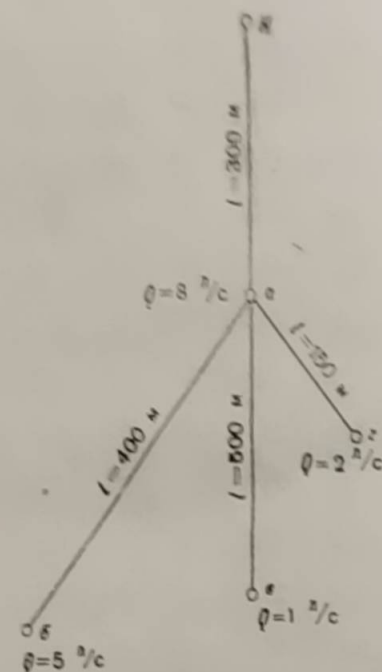
Пример 3. Труба диаметром 100 мм проводит $Q = 5$ л/сек; требуется найти v и i .

В столбцах, соответствующих диаметру 100, читаем, что при $Q = 5,1$ $v = 0,65$ и $i = 0,01111$, и при $Q = 4,8$ $v = 0,61$ и $i = 0,01$. Задача решается интерполяцией:

$$i = 0,01111 - \frac{0,00111 \cdot 0,1}{0,3} = 0,01074 \text{ и}$$

$$v = 0,61 - \frac{0,04 \cdot 0,1}{0,3} = 0,593.$$

При расчете сети труб необходимые данные (Q , v , d или h) находятся по таблице, в отдельности для каждого отдельного ответвления. Пусть требуется рассчитать сеть магистральных труб, показанных на фиг. 106, где Ha — главная магистраль, а ab , av и az — второстепенные магистрали. Обозначим l — длину отдельных магистралей в метрах и Q — расход воды на конце магистралей в л/сек. Допустим, что начальный напор $H = 8,2$ м, а длина отдельных магистралей и расход воды на концах их, согласно



Фиг. 106. Расчет водопроводной сети.

отметкам на фиг. 106. Требуется подобрать соответствующие диаметры труб для каждого из участков.

Лучше всего полученные цифры вписывать в определенную таблицу расчета и по ней проследить весь процесс расчета.

Расчет сети труб.

Участки сети		Обозначение магистральных участков $l = m$	Длина магистралей d мм	Диаметр труб Q м/сек	Потер. высоты напора на уч.		Абсол. высота напора H	Скорость течения воды в трубе $y =$ м/сек		
Наименование укладки труб					Относительная $i = \frac{H}{l}$	Полная $H = h$				
		Начальн. напор. уровень (в точке Н) = 8,2								
		Водопроводная станция— площадь Революции . .								
Площадь Революции— 2 стр. полк и т. д.	{	аН	300	150	8	0,003	0,9	7,3	0,45	
		аб	400	100	5	0,011	4,4	2,9	0,79	
		ав	500	80	1	0,002	1,00	6,3	0,21	
		аг	150	80	2	0,007	1,05	6,25	0,42	

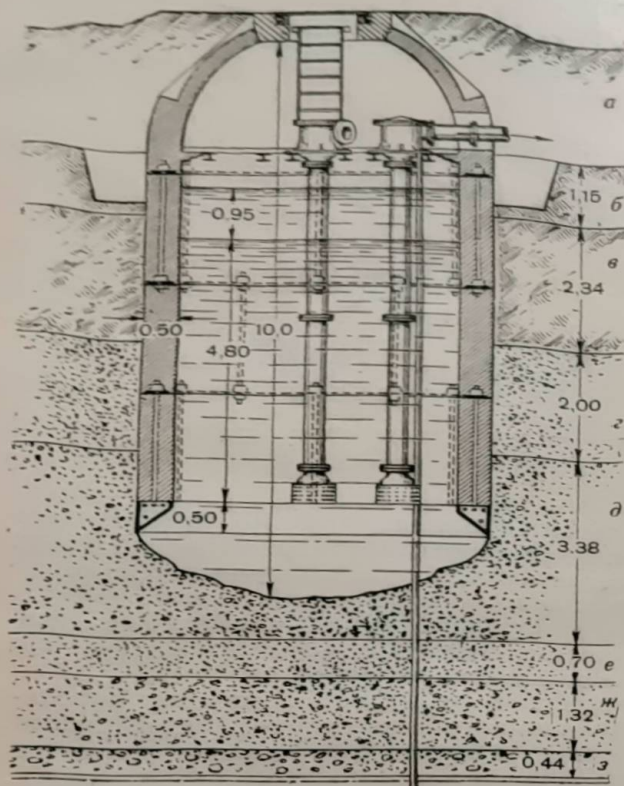
Кроме удобств расчета, таблица наглядно представляет все необходимые данные для проектирования водоснабжения. Графа «Абсолютн. высота напора H » показывает напор на конце каждого участка в отдельности. В зависимости от требуемой высоты подъема воды, напор на конце H может быть увеличен или уменьшен путем изменения диаметра трубы или изменения напора в первоначальной точке.

При расчете сложной водопроводной сети, для определения напора H в водонапорной башне расчет следует вести с самой отдаленной точки, по пути к которой вода встречает наибольшее сопротивление.

Если в водопроводной сети имеется много поворотов, соединений, изгибов и т. д., то на преодоление трения в этих местах должно быть добавлено 10% всей расчетной потери напора. Если рассчитываемая сеть имеет расход по пути, тогда расчетный расход на каждом участке определяется, как сумма транзитного (на конце) и 0,55 путевого расхода.

Диаметр труб домового магистрального водопровода зависит от числа разборных кранов. Обычно домовые трубы не рассчитываются, а подбираются в зависимости от количества кранов по следующей таблице:

При 1—2 кранах (13-мм)	— диаметр трубы (d)	— 15 мм
» 3—10 »	» »	» — 20 »
» 10—20 »	» »	» — 25 »
» 20—40 »	» »	» — 30 »
» 40—60 »	» »	» — 40 »
и более 60 »	» »	» — 50 »



Фиг. 107. Водоприемник грунтовых вод.

Конструкция которого определяется родом источника водоснабжения. На фиг. 107 изображен водоприемник грунтовых вод, состоящий из сборного колодца с приемными трубами, имею-

При расчете количества кранов за единицу принимается 13-мм разборный кран; каждый флотелет считается за два таких крана; краны других диаметров соответственно переводятся на значение 13-мм.

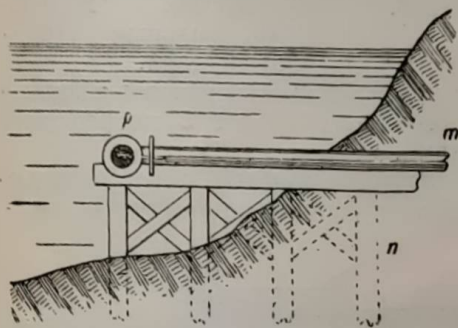
Устройство водопроводной сети.

Расположение магистральной сети. Водоприемная сеть начинается приемной трубой, сооружение которой вместе с защитными сооружениями от наносов, плавущих предметов, льда и т. д. называется водоприемником. Каждая водопроводная станция имеет водоприемник, конст-

шими на концах сетки для отделения механических примесей. Для контроля работы колодца в верхней его части имеется лаз.

На фиг. 108 изображен водоприемник открытых источников водоснабжения. Концы приемной трубы S , расположенный в воде, оканчивается воронкой K , повернутой по течению реки; отверстие воронки покрыто сеткой. Воронка закрепляется цепями на якорях a ; над воронкой устанавливается буюк с фонарем f .

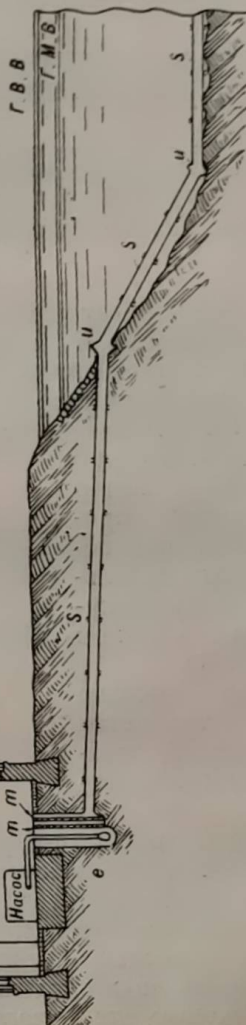
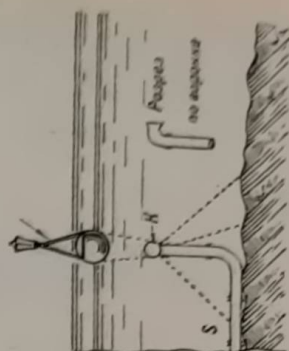
Такая же конструкция водоприемника может иметь более простой вид (фиг. 109), состоящий из приемной трубы m , расположенной на свайном помосте n ,



Фиг. 109. Водоприемник открытых источников водоснабжения простой конструкции.

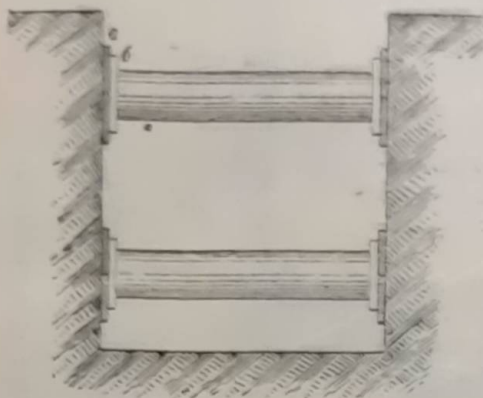
и воронки p , повернутой по течению реки.

Прокладка сети в земле производится на такой глубине, чтобы она не промерзала, т. е. около 1,5—2 м. Для укладки в намеченном направлении отрываються узкие с вертикальными стенками рвы; при слабом грунте стенки укрепляются досками a



Фиг. 108. Водоприемник открытых источников водоснабжения.

(фиг. 110), удерживаемыми клиньями *б* и распорками *в*. Отрытый ров должен иметь ровное и неразрыхленное дно. При слабом грунте дно выстилается щебнем или под трубу на близких расстояниях кладутся деревянные лежни толщиной не меньше 15 см, при этом труба подбивается песком. Несоблюдение этого условия может привести к тому, что труба, наполнившись водой, от тяжести осядет, и в местах соединения произойдет разрыв.



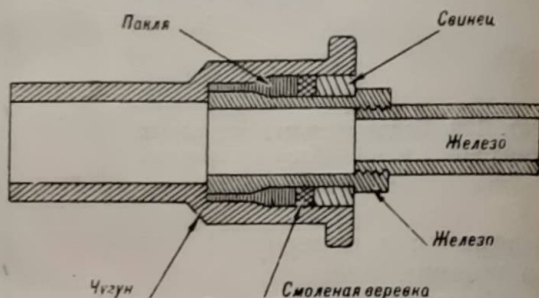
Фиг. 110. Ров для укладки труб.

После укладки трубы она засыпается слоем земли толщиной 30—40 см и утрамбовывается легкими ударами, после чего продолжают засыпку тонкими слоями земли с тщательным, сильным утрамбовыванием.

Трубы между собой соединяются: 1) муфтами с винтовыми нарезками, 2) посредством раструбов и 3) посредством флянцев, стягиваемых болтами.

Раструбы обычно имеют чугунные трубы (миним. $d = 50$ мм, фиг. 112-а). Для их соединения конец одной трубы вдвигается в раструб другой, в зазор загоняется просмоленная пеньковая прядь, остальная часть заливается свинцом (фиг. 111).

При укладке труб требуется ряд частей, изображенных на фигуре 112; так, для

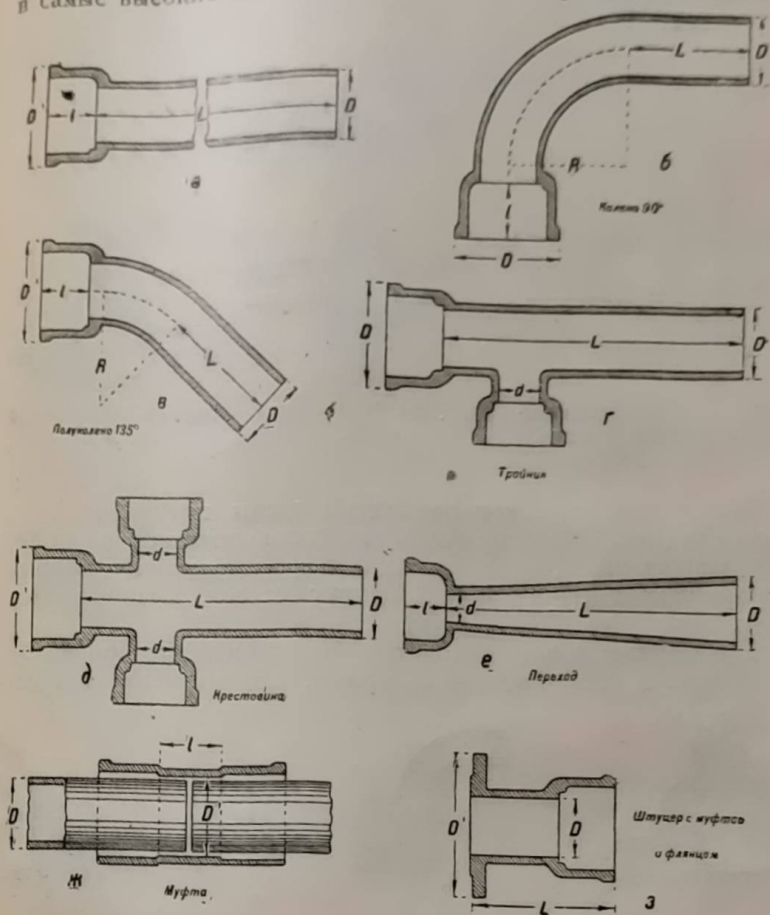


Фиг. 111. Соединение труб посредством раструбов.

поворота трубы под углом имеются колена *б*, *в*; для отвления труб имеются отrostки, называемые тройниками *г*, *д* и крестовинами *д*; переходы *е* для перехода от меньшего диаметра трубы к большему; штуцер *з* для соединения трубы, имеющей фланец с гладкой трубой; и муфта *ж* для соединения двух гладких концов трубы.

Расположение домовой сети. Домовая сеть берет свое

начало от проходящих мимо дома (участка) труб центральных магистралей. К домовым магистралям вода подводится с давлением, достаточным для того, чтобы она поднималась в самые высокие этажи. В домовой сети преимущественное



Фиг. 112. Части для соединения между собой труб.

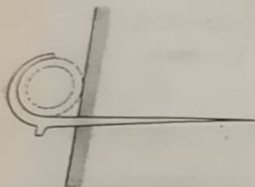
применение находят чугунные и оцинкованные, железные (гальванизированные) трубы.

На дворе трубы укладываются на глубину 1,5—2 м. Внутри зданий трубы прикрепляются к стенам помощью особых крючьев (фиг. 113), расстояние между которыми должно быть не более 2 м. Конец ветки закрывается особой пробкой, ввинченной в муфту.

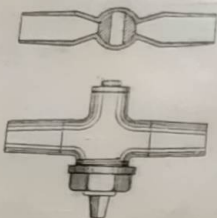
Все части сети должны быть обеспечены от доступа мороза. Если сеть проходит через холодное помещение и

возможно ее замерзание, то во избежание этого в сети должно происходить непрерывное движение воды, для чего из кранов, стоящих выше опасных мест, выпускают воду слабой струей.

Краны. Домовая сеть имеет: 1) створные краны для запирания отдельных ветвей сети и 2) расходные краны для непосредственного разбора воды.



Фиг. 113. Прикрепление трубы к стене помощью особых крючьев.



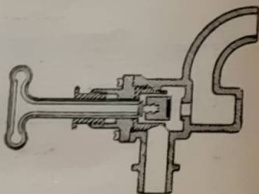
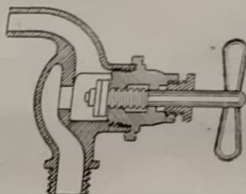
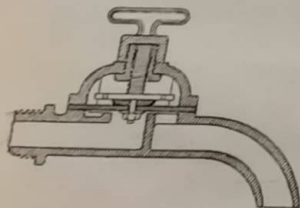
Фиг. 114. Пробочный кран.



Фиг. 115 Вентильный кран.

Как створные, так и расходные краны могут быть пробочными (фиг. 114), открываемыми поворотом ручки на 90°, или вентильными, т. е. такими, для открывания которых поворачивают ручку крана вокруг ее оси, вывинчивая ее (фиг. 115).

Пробочные краны находят себе применение при малых давлениях в сети. Расходные краны, как правило, употреб-



Фиг. 116. Расходные вентильные краны наиболее применяющихся образцов.

ляются только вентильные. На фиг. 116 изображены вентильные расходные краны наиболее применяющихся образцов.

Проектирование водопроводных систем.

Метод расчета и проектирование водопроводных систем имеет определенную последовательность. Для расчетов

удобнее всего пользоваться следующей схемой расчета и проектирования:

1. Составляют план населенного пункта с показанием улиц и навелировочных отметок; план необходим как для общих соображений, так и для производства постоянных работ.

2. Рассчитывают потребное количество воды. Подсчет количества воды ведется по вышеприведенным нормам; потребное количество воды исчисляется по отдельным участкам (районам, домам), суммируя которые получают общее количество потребной воды.

3. Выбирают источник водоснабжения. В зависимости от санитарных, экономических и гидрогеологических соображений, источниками могут быть наземные, подземные, атмосферные и другие воды. К источнику предъявляются следующие основные требования: а) доброкачественность, б) потребная производительность и в) близость расположения.

4. Рассчитывают сооружения водопроводной станции. Расчет этих сооружений делается на основании проделанных выше работ в такой последовательности:

- а) расчет водоприемных сооружений;
- б) расчет водоподъемной станции;
- в) расчет сооружений для очистки и бассейнов чистой воды;

г) расчет водонапорной станции;

д) расчет водонапорной башни; расчет этих сооружений производится по правилам строительной техники, руководствуясь изложенными выше нормами и требованиями.

5. Рассчитывают магистральную сеть.

6. Рассчитывают домовые сети.

Что касается требований составления сметы, чертежей и т. п., то в этом отношении проект водоснабжения ничем не отличается от других видов строительных работ.



Военно-Ученый Архив

<https://warlib.site/>

https://t.me/warlib_site

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ В УСЛОВИЯХ БОЕВОЙ ОБСТАНОВКИ.

Как это показал опыт мировой войны, вопрос водоснабжения войск в боевой обстановке играет огромную роль; без воды нельзя удерживать самые сильные рубежи.

Целый ряд крупнейших иностранных армий (США, Италия, Франция и др.) считают, что удачное решение вопроса водоснабжения в боевой обстановке возможно лишь при помощи специальных инженерных организаций. Исходя из такой установки, эти армии имеют специальные кадровые инженерные части, в большинстве своем именуемые гидротехническими, главная роль которых — водоснабжение. Кроме того к штабам округов, армий и даже корпусным инженерам прикрепляется по одному квалифицированному специалисту по водоснабжению, на обязанности которого лежит составление проектов и наблюдение за работами по водоснабжению. Эти специалисты помогают дивизионным инженерам своими техническими советами, а в случае нужды могут быть назначены в требующийся район для производства работ по водоснабжению.

Крайне необходимо иметь ранее составленные карты водоснабжения с указанием всех источников воды, их качества, пригодности (для людей, животных, бань, прачечных и т. д.) и дебита. При расположении войск в определенном районе, карта водоснабжения дополняется еще пояснительной запиской, составленной соответствующим специалистом, с указанием характера сооруженного полевого водоснабжения и порядка пользования им. Командование, руководствуясь картой водоснабжения и пояснительной запиской к ней, распределяет части и учреждения по участкам. В пунктах, обильно обеспеченных водой, располагаются лазареты, резервы и т. д. Руководствуясь принятыми нормами потребления воды, проверяется соответствующая обеспеченность каждой части в отдельности.

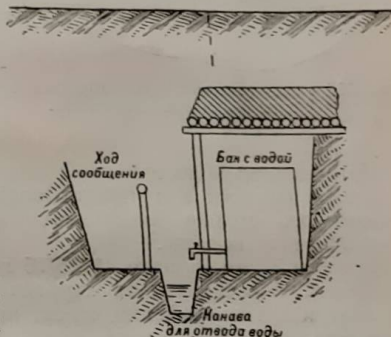
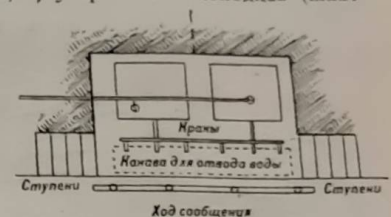
Войска в зависимости от положения бывают: 1) расположенными на месте (оборона, отдых, резерв и т. д.)

и 2) в движении (поход, отступление, наступление и т. д.). Все эти положения имеют свои особенности — организации водоснабжения.

Водоснабжение при обороне.

Водоснабжение районов, занимаемых для обороны, может быть осуществлено одним из следующих способов: 1) устройством водопроводной сети; 2) устройством колодцев (шахтных и трубчатых); 3) подвозом воды на специальных повозках, грузовиках и т. д.; 4) устройством водосборных цистерн атмосферной воды. В действительности водоснабжение часто выполняется комбинированным способом.

Водоснабжение при обороне встречает наибольшие затруднения при снабжении передовых районов оборонительной полосы, в особенности — оборонительных построек. Все источники водоснабжения должны быть по возможности расположены в местах, обеспечивающих их от обстрела и во всяком случае скрытых от видимости неприятеля.



Фиг. 117. Водоразборный пункт.

Водоснабжение окопов.

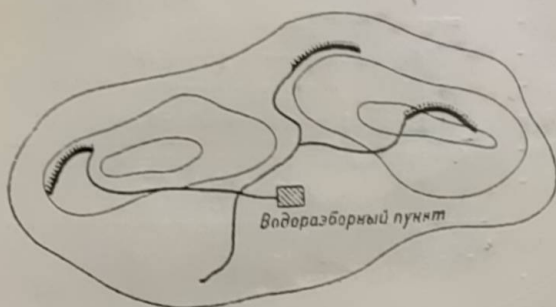
а) *Водопроводная сеть.* Если в данном районе устроена водопроводная сеть, то для обслуживания окопов устраиваются *водоразборные пункты* (фиг. 117). Водоразборный пункт устраивается обычно в нише, в которой располагается один или несколько баков, наполняемых водой при помощи трубопровода. Каждый бак снабжается 3—4 разборными кранами. Емкость бака рассчитана на суточную дачу по числу людей. Баки могут быть жестяные, деревянные или из просмоленной парусины. Во избежание затопления при поражении разборного пункта снарядом следует иметь соответ-

ствуюшую канаву для отвода воды. На случай необходимости исключения отдельных ответвлений, водопроводная сеть должна иметь частое расположение створных кранов.

Водоразборные пункты при разбросанном расположении окопов устраиваются несколько в тылу, соединяясь с окопами ходами сообщений (фиг. 118).

Водопроводные станции располагаются на расстоянии 2—4 км и более, от переднего края оборонительной полосы.

Водоснабжение может быть централизованное, т. е. устроенное по единому плану, обслуживаемое специальными



Фиг. 118. Расположение водоразборного пункта в оборонительной полосе.

частями и обслуживающее крупные соединения (дивизии, корпуса), и местное, обслуживающее небольшие соединения и их подразделения (полк, батальон), устроенное своими средствами и обслуживаемое без помощи специальных частей.

Источниками водоснабжения как централизованной, так и местной системы могут быть водопроводные трубы расположенного вблизи населенного пункта или источника водоснабжения вообще.

На английском фронте (1915/16 г.) интересно была использована городская сеть Арраса (фиг. 119). Город весь был сметен артиллерийским огнем, но сохранившаяся станция и сеть снабжала части водой. При подготовке дальнейшего наступления из этой сети были выдвинуты вперед ветви, получившие в дальнейшем большое значение. Фиг. 119 показывает размах водоснабжения на английском фронте централизованного и местного значения.

Устройство местных водопроводных станций производится в следующем порядке:

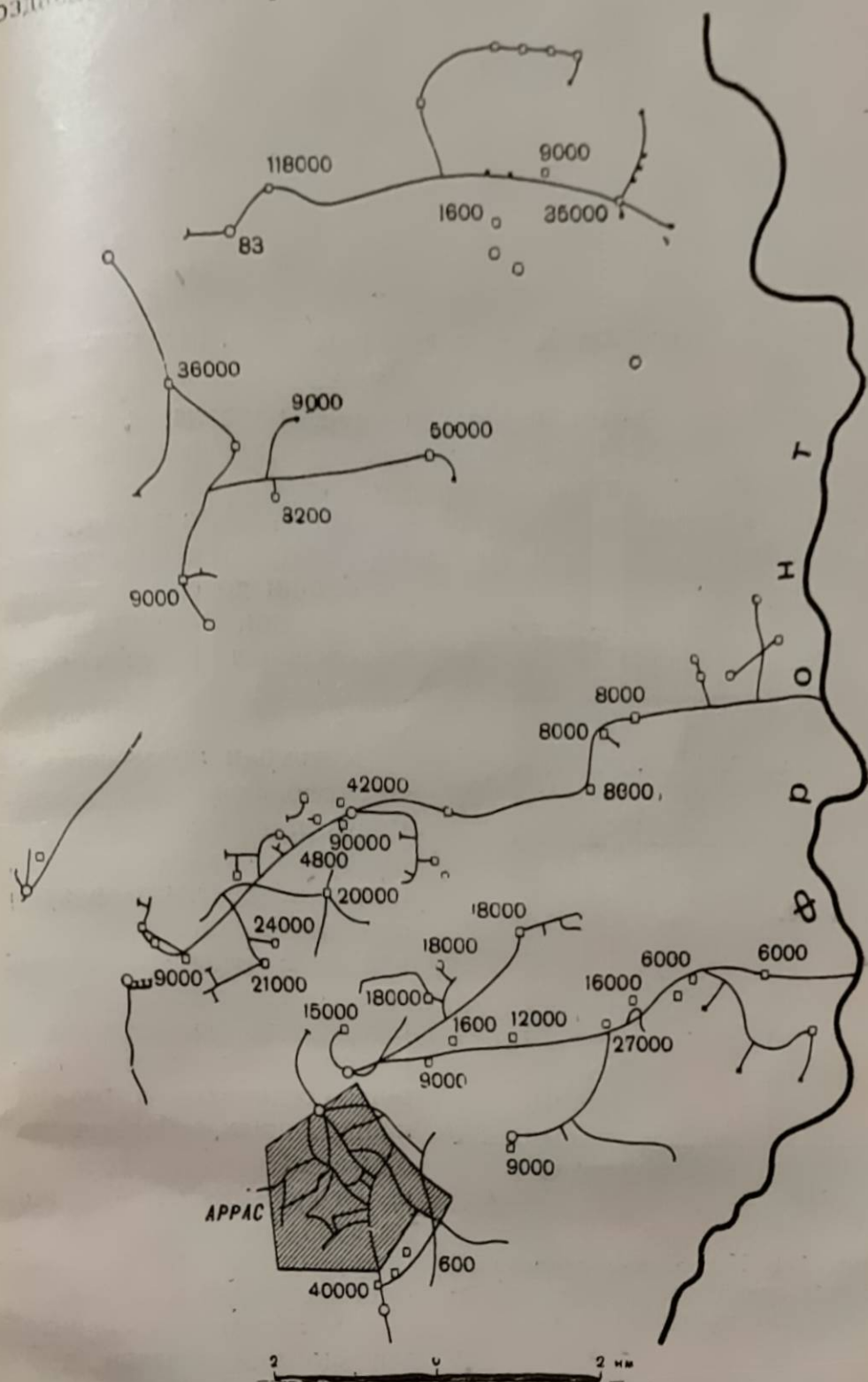
1. Выбор источника водоснабжения и его каптаж. Если надземные воды — устройство приемника, если подземные — устройство колодцев.

2. Устройство сооружений для очистки и отстаивания воды.

3. Устройство водонапорной башни, откуда вода самоотекотом по трубам следует по назначению.

Устройство водонапорной башни в условиях артиллерийского обстрела — дело малонадежное, поэтому необхо-

димо стремиться напорные резервуары располагать на высотах (фиг. 120). Лишь при неимении таковых приходится создавать водонапорные башни.



Фиг. 119. Использование водопроводной сети г. Арраса для нужд фронта.

Простое устройство водонапорной башни приведено на фиг. 121. Она состоит из вертикальных стоек с раскосами

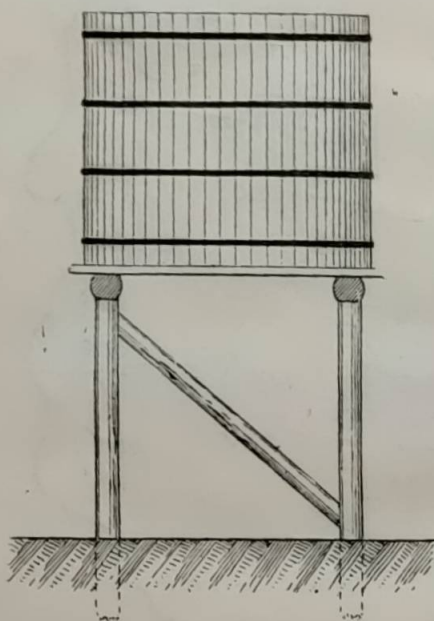
и горизонтальной рамой, на которой покоится деревянный бак, рассчитываемый на количество подаваемой воды. При большом количестве подаваемой воды лучше строить не-



Фиг. 120. Водонапорная башня в виде резервуара, расположенного на высотах.

сколько таких водонапорных башен, располагая их друг от друга на 100 — 150 м, во избежание одновременного поражения артиллерийским снарядом.

Высота напорного резервуара выбирается в зависимости от диаметра подводящих труб и горизонтального расстояния от башни до самой удаленной точки, по правилам, изложенным выше в разделе «Расчет водопроводной сети».

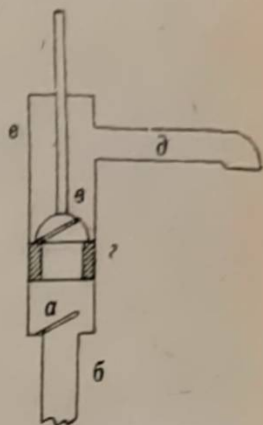


Фиг. 121. Устройство деревянной водонапорной башни для небольших количеств воды.

К трубам предъявляется ряд требований: они должны иметь приспособления для быстрого их соединения (опыт, показал, что в этом отношении лучше применять винтовые нежели фланцевые соединения), должны быть легко гнущиеся для различных случаев быстрого соединения в разных направлениях. Идеальных образцов труб для военных целей еще не выработано, но надо полагать, что это будут трубы из резины, бронированные металлом.

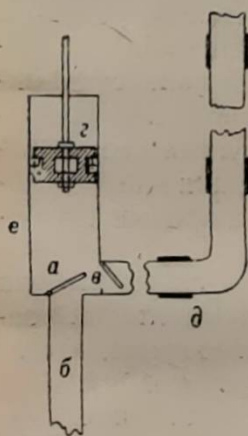
На английском фронте для быстрой заделки дыр пользовались муфтами с паклевой забивкой. Разумеется, лучшей защитой труб от подобных поражений будет расположение их в земле на соответствующую глубину, но, к сожалению, это не всегда возможно в силу различных причин.

Приборы для подъема и нагнетания воды. Забор воды из источников и его нагнетание в водонапорные резервуары обычно производится посредством насосов. Насосы делятся на 2 основные группы: 1) поршневые и 2) центробежные. Поршневые в свою очередь бывают двух типов: всасывающие и нагнетательные. На фиг. 122 изображен насос всасывающего действия; насос имеет два клапана: один клапан *a* на всасывающей трубке *б* при входе в цилиндр, другой *в* — приделан к самому поршню.



Фиг. 122. Схематический разрез насоса всасывающего действия.

Нагнетательный насос изображен на фиг. 123. Такой тип насоса имеет два клапана: один клапан *a* на всасывающей трубке *б*, а другой *в* на нагнетательной *д*; поршень совершенно глухой. Действие поршневого насоса обоих типов понятно из приведенных схематических разрезов. Теоретическая глубина всасывания 10,33 м, но, принимая в расчет потерю напора от трения при проходе воды по всасывающей трубе, конструктивных недостатков насоса и т. д., глубину всасывания следует рассчитывать не больше, чем на 7—8 м. Высота напора в нагнетательной трубе, в зависимости от производительности и мощности насоса, может достигать значительных величин.



Фиг. 123. Схематический разрез насоса нагнетательного действия.

Производительность насоса определяется по следующей формуле:

$$Q = \frac{\pi d^3}{4} l . n . k ,$$

где:

Q — количество воды, подаваемое насосом в л/мин.,

d — внутренний диаметр цилиндра насоса в мм,

l — ход поршня в м,

n — число движений поршня в 1 м,

k — коэффициент наполнения, равный 0,8—0,9.

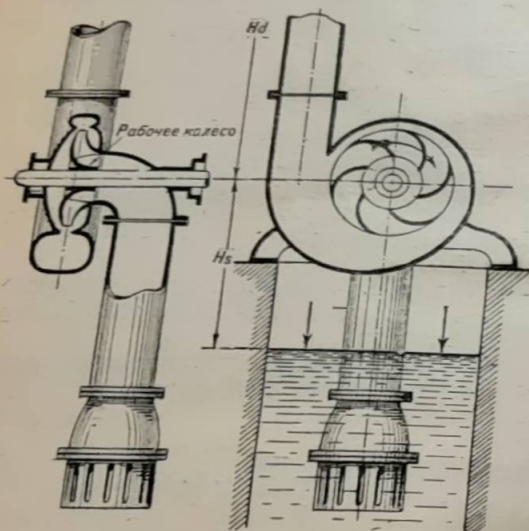
Для наполнения напорных резервуаров местного водоснабжения или для поддержания их уровня на одной высоте с успехом может быть применен конный привод.

При расчетах работы насосов можно руководствоваться

следующими нормами работы в кг/м, которые могут раз-
вить в течение 8 часов непрерывного труда:

1) человек на рукоятке	6 кг/м в 1 сек.
2) лошадь на конном прилоде 40	» » 1 »
3) вол	34 » » 1 »
4) мул	30 » » 1 »
5) осел	10,4 » » 1 »

Для нагнетания больших количеств воды применяются
центробежные насосы, приводимые в действие моторами.
Центробежный насос в разрезе показан на фиг. 124. Насос
состоит из всасывающей и нагнетательной труб, корпуса



Фиг. 124. Центробежный насос.

и рабочего ко-
lesa, снабженного
лопастями. Рабо-
та насоса заклю-
чается в следую-
щем: рабочее ко-
лесо мотором при-
водится в движе-
ние; вращаясь,
оно всасывает во-
ду в насос, где она
захватывается ло-
пастями рабочего
колеса и вслед-
ствие развития
центробежной си-
лы гонится в на-
гнетательную тру-
бу. Высота всасы-
вания не долж-
на превышать бо-
лее 5 м.

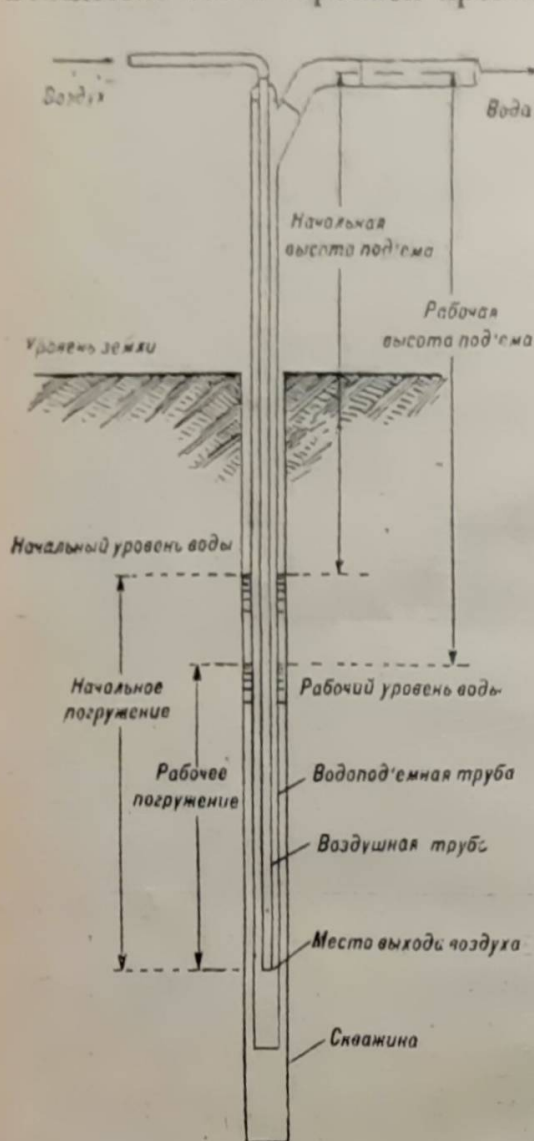
Для выбора
двигателя, в за-
висимости от производительности и высоты подъема, может
служить таблица центробежных насосов—см. стр. 147.

Широкое применение в мировой войне в английских и
французских армиях нашли пневматические водоподъем-
ники—насосы инжекторного типа, соединенные с компрес-
сорными установками. Пневматические водоподъемники с
большим успехом применялись при подъеме воды из глу-
боких буровых скважин. Работа таких водоподъемников
основана на следующем принципе: воздух по отдельной
трубе нагнетается в буровую скважину, вследствие чего по-
лучается смесь воздуха с водой. Благодаря образованию
такой смеси и непосредственного давления нагнетаемого

Производительность центробежных насосов.

Производительность		Диаметр трубы в мм	38	51	76	102	127	152	178	204	254	318	406
в 1 час		Ведер	780	1 500	3 000	6 000	7 500	12 600	15 000	21 000	32 400	48 000	84 000
		Куб. м	9,60	18,45	36,90	73,80	92	155	184	258	398	590	1 033
Высота подъема	Мощность двигателя и число оборотов в 1 минуту												
3 м	Лош. сил	0,2	0,4	0,7	1,3	1,9	3	4	4,5	8,5	12	18	
	Число оборотов	1 250	1 200	1 020	850	750	650	570	510	445	370	300	
6 м	Лош. сил	0,4	0,8	1,4	2,6	3,8	6	8	9	17	24	36	
	Число оборотов	1 600	1 520	1 310	1 100	950	820	750	635	570	470	380	
9 м	Лош. сил	0,6	1,2	2,1	3,9	5,7	9	12	13,5	25,5	36	54	
	Число оборотов	1 920	1 830	1 570	1 310	1 130	980	870	785	680	570	460	
12 м	Лош. сил	0,8	1,6	2,8	5,2	7,6	12	16	18	34	48	72	
	Число оборотов	2 200	2 400	1 800	1 300	1 300	1 120	1 000	900	780	680	530	

воздуха происходит движение воды вверх по водоподъемной трубе (фиг. 125). Подвижные компрессорные установки удобны тем, что могут обслужить одновременно несколько скважин. Вследствие своей огромной производительности они напол-



Фиг. 125. Схематический разрез пневматического водоподъемника.

няют все резервуары одного колодца в короткий срок и переходят к следующему. Пневматические водоподъемники, находящиеся на снабжении германской армии, при диаметре водоподъемной трубы в 125 мм и длине 40 м, поднимают около 700 л воды в минуту, при этом на каждый литр поднятой воды расходуется примерно 1,5 л атмосферного воздуха.

Для подъема воды из неглубоких колодцев в войне 1914—1918 гг. применялись водоподъемники с холщевыми ремнями. Положительными качествами этих водоподъемников является простота установки и доступность потребных материалов. Подъем воды основан на капиллярности и способности ткани впитывать воду. Главные составные части водоподъемника следующие: 1) барабан, уста-

навливаемый над колодцем, 2) бесконечный холщевый ремень, опускающийся через барабан и нижней своей петлей находящийся в воде колодца, 3) привод.

При вращении ремень приходит в движение, увлекает часть воды, поднимает ее наверх, где она соскакивает в специальный жолоб.

По расчету такие водоподъемники должны давать 4 500—9 000 л в час, но для этого требуется быстрота вращения барабана, что возможно с применением лишь меха-

нических двигателей, это и является главным недостатком подобных водоподъемников.

Более совершенным является водоподъемник с специальным водоподъемным ремнем Saguell; этот ремень состоит из металлических ячеек, расположенных горизонтальными рядами вдоль бесконечного ремня.

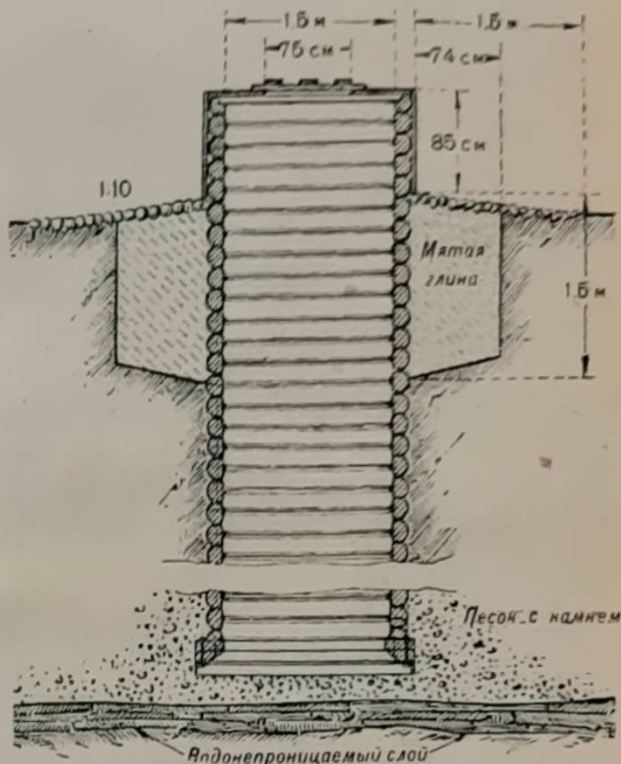
Для нагнетания воды в водонапорные резервуары при наличии источника, расположенного несколько выше водонапорной станции, с большим успехом могут быть применены гидравлические тараны.

б) *Водоснабжение колодцами.* Водоснабжение колодцами находит применение при временном расположении войск или при скоротечной обороне. При более длительном нахождении войск на одной местности от колодцев само собой будут прокладываться трубы к местам, не имеющим воду, для доставки их туда самотеком.

Колодцы, как выше выяснили, делятся на шахтные и трубчатые.

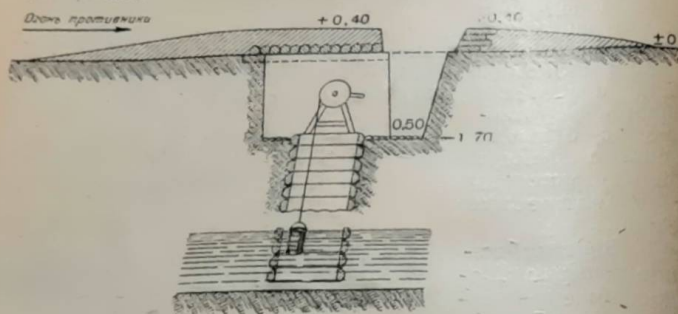
Устройство шахтного колодца в оборонительной полосе вне обстрела ничем не отличается от разобранных нами способов устройства колодцев вообще. На фиг. 126 изображен типичный шахтный колодец для обслуживания роты. Ближайшая окрестность около колодца должна содержаться в полной чистоте, выливаемые излишки воды не должны попадать обратно в колодец, для чего вокруг колодца делают глиняный замок (фиг. 126). Водопой животных следует устраивать от колодца возможно дальше, чтобы их испражнения не загрязняли почву.

В передовой части оборонительной полосы, для снабжения окопов водой, колодцы отрываются в укрытых местах, вдали от отхожих ровиков и загрязненных мест. Колодец



Фиг. 126. Шахтный колодец для обслуживания роты.

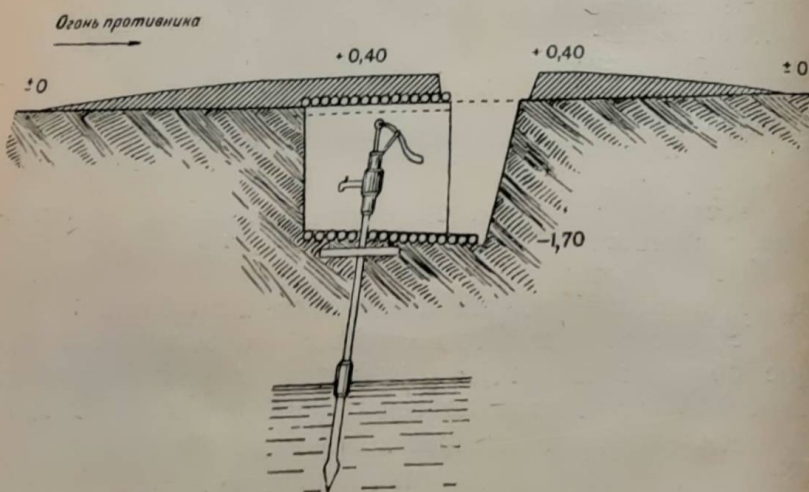
сверху прикрывается навесом от шрапнельных поражений (фиг. 126) и соединяется с окопами ходами сообщения. Одежды колодцев в зависимости от глубины могут служить сру-



Фиг. 127. Навес для защиты колодца от шрапнельных поражений.

бы из имеющихся под руками материалов (доски, бревна, пластины, бруссы, жел.-бет. кольца, бочки с отбитыми днищами и т. д.).

При наличии соответствующего имущества, усраиваются



Фиг. 128. Установка нортоновского колодца в оборонительной полосе.

нортоновские колодцы. Их установки, подобно шахтным колодцам, располагаются под навесом (фиг. 128). Недостатком нортоновских колодцев является их малая глубина всасывания—не более 7 м. Нортоновский колодец устанавливается со скоростью 3,6 м в час в плотных породах и 6 м в час и

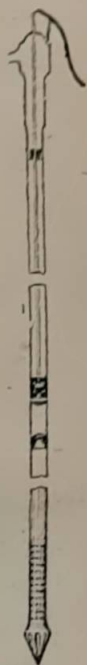
более в мягких грунтах. При благоприятных условиях нортоновский колодец с глубины 6—7 м может подать до 40 л воды в минуту; нормально следует считать 900 л в час.

Для получения воды с глубины более 7—8 м в английской и германской армиях на снабжении имеются готовые глубокие трубчатые колодцы (фиг. 129); в мягких грунтах они устанавливаются так же, как и обыкновенные нортоновские—забивкой; при твердых грунтах делается буровая скважина, в которую опускается колодец. Длина колодца рассчитана на глубину залегания вод до 40 м; в тех случаях, когда грунтовая вода залегает на глубине большей 40 м, можно двойным комплектом колодца опуститься на необходимую глубину. При благоприятных условиях успех работы по установке 0,6—0,9 м скважины в 1 час. Производительность насоса при ручном качании двумя людьми, при смене через каждые четверть часа, примерно — 1500 л в 1 час.

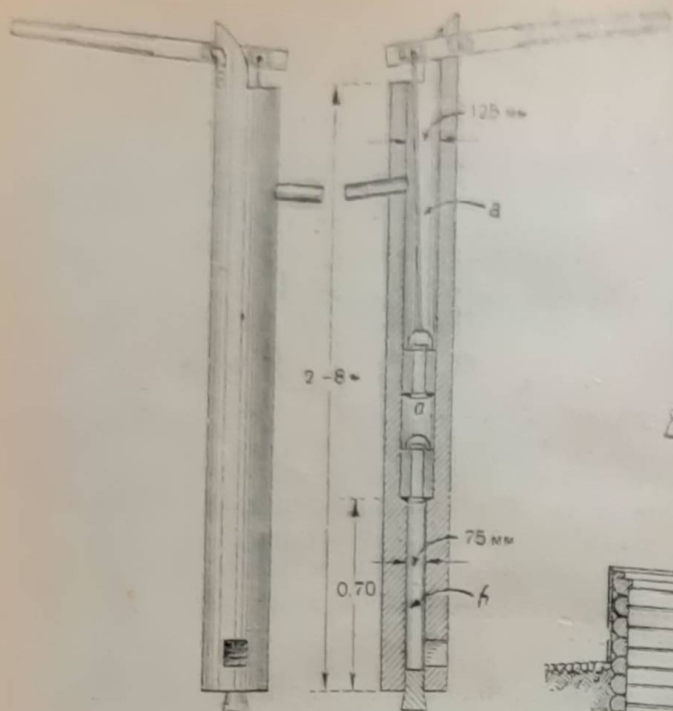
Если при осушении окопов вода удаляется в тот же водоносный горизонт, из которого питается колодец, необходимо точно определить направление течения грунтовой воды и в зависимости от него распределять места установок колодцев и водопускных шахт.

Вода, получаемая с глубины, меньшей 4 м, как правило, должна фильтроваться, для чего могут применяться фильтры как индивидуальные, так и коллективные, или стерилизоваться хлорированием, марганцевокислым калием или кипячением. Во всяком случае следует подробно исследовать характер и особенности подземных вод.

Для подъема воды из шахтных колодцев можно применять деревянный поршневой насос местного приготовления, называемый водоподъемной помпой (фиг. 130). На фиг. 130 видно его подробное устройство и размеры; для приготовления высасывающей трубы и цилиндра помпы берут сосновое или еловое бревно толщиной 0,27 м, длиной 4—5 м, высверливают в нем по оси два канала: верхний *a* диаметром около 125 мм, длиной 3,5 м, и нижний *b* диаметром в 75 мм, длиной 0,70—1,00 м. Верхний канал назначен для цилиндра насоса, а нижний для всасывающей трубы. Помпа



Фиг. 129. Схематический разрез глубокого трубчатого колодца, принятого на снабжении в английской и германской армиях.

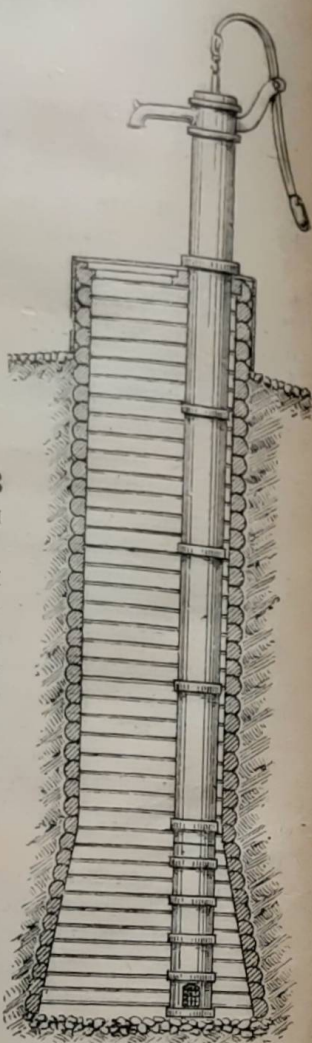


Фиг. 130. Устройство водоподъемной помпы.

поднимает воду с глубины 4—5 м. В готовом виде помпа устанавливается в колодце, как показано на фиг. 131.

Если вблизи окопов имеются ключи или ручейки с достаточно чистой водой, то при использовании их в целях водоснабжения таковые должны быть каптированы. Каптаж ручейка может быть достигнут следующим простым устройством: на пути ручейка устраивается деревянный или каменный резервуар, в котором всегда будет иметься запас воды (фиг. 132).

Для охранения ручейка от загрязнения желательно возможно дальше вверх по течению оградить его от подступа скота, переезда, выливания нечистот и т. д., для чего достаточно по обоим его берегам сделать забор из колючей проволоки. Употребление воды открыто текущего ручейка без соответствующей очистки ни в коем случае не разрешается.



Фиг. 131. Установка помпы в колодце.

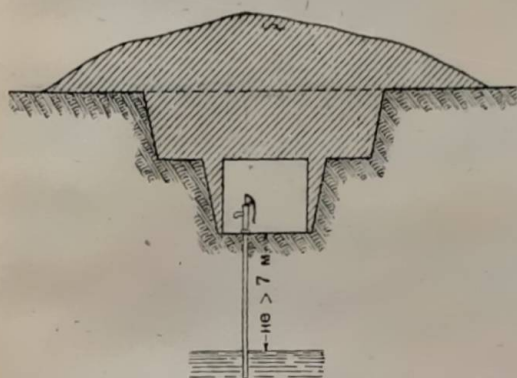
Водоснабжение убежищ

Подземные убежища, минные галереи, туннели и др. подземные сооружения должны иметь отдельное водоснабжение, причем вскрытая при сооружении вода не должна служить для питья. Способ снабжения подземных сооружений привозной водой надо признать неэкономным, неудобным и иногда невыполнимым. Удовлетворительно разрешается вопрос водоснабжения убежищ, если подземные воды от дна убежища залегают на глубину, достигаемую для нортоновских колодцев (6—7 м); тогда на дно убежища устанавливается нортоновский колодец (фиг. 133); недостаток этого способа, его громоздкость, так как для установки требуется особая камера.



Фиг. 132. Простейший каптаж ручейка.

В местностях, бедных водой, при глубоком залегании подземных вод, в силу необходимости приходится в убежищах устраивать запасы воды в сосудах, чанах, цистернах и т. п. Баки с запасом воды следует располагать так, чтобы они не могли быть поражены взрывами снарядов, а в случае поражения чтобы не затопили убежищ. Лучше всего их располагать на дне убежищ.



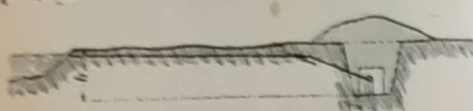
Фиг. 133. Установка нортоновского колодца в убежище.

Водоснабжение убежищ по возможности нужно стремиться осуществить водопроводной сетью, как способом наиболее выгодным и удобным. Устройство сети для убежищ значительно облегчается тем, что имеется постоянная разность в уровнях: убежище всегда ниже горизонта земли, вследствие чего имеется возможность легко создать напор h (фиг. 134), достаточный для доставки самотеком по трубам воды. При достаточном напоре h вода легко может быть доставлена из тыловых районов за несколько километров по трубам самотеком. Для подбора диаметра труб, в зависимости от расхода воды и напора h , слу-

более выгодным и удобным. Устройство сети для убежищ значительно облегчается тем, что имеется постоянная разность в уровнях: убежище всегда ниже горизонта земли, вследствие чего имеется возможность легко создать напор h (фиг. 134), достаточный для доставки самотеком по трубам воды. При достаточном напоре h вода легко может быть доставлена из тыловых районов за несколько километров по трубам самотеком. Для подбора диаметра труб, в зависимости от расхода воды и напора h , слу-

жит таблица, приведенная в разделе «Расчет водопроводной сети».

При снабжении убежищ водой по водопроводной сети в убежищах должны находиться баки с суточным запасом воды, которые следует располагать выше приведенным порядком. Во избежание заливания водой убежищ, в слу-

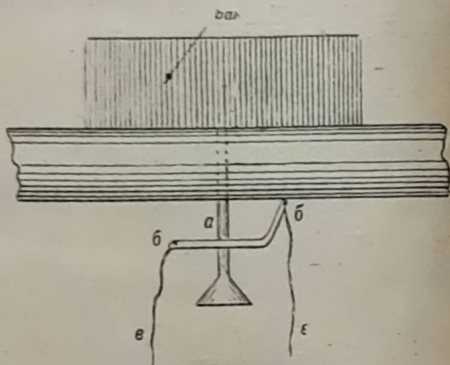


Фиг. 134. Схема водоснабжения убежища водопроводной сети.

чае поражения снарядом сети, вода из труб, подающих воду, на время наиболее вероятной артиллерийской стрель-

бы выключается, убежище, наполнив свой суточный запас, опорожняется сетью.

Расход воды в убежищах помимо питьевых нужд составляет еще душ для дегазации. Душ устраивается следующим образом. При постройке убежища поверх потолочного покрытия устанавливается плоский невысоких размеров бак (предохраняемый соответствующим образом от разрушительной силы взрыва снарядов). От бака вниз идет труба, оканчивающаяся сетчатой воронкой (огородной лейкой), на трубе расположен пробковый кран *a* (фиг. 135), соединенный с изогнутым рычагом *бб*, к концам рычага привязан шнур; если потянуть за шнур, который привязан на конце рычага, упирающегося в бревно, то, вращаясь вокруг своей оси, кран откроется и вода через воронку будет выливаться. Для закрытия крана достаточно потянуть за другой шнур.

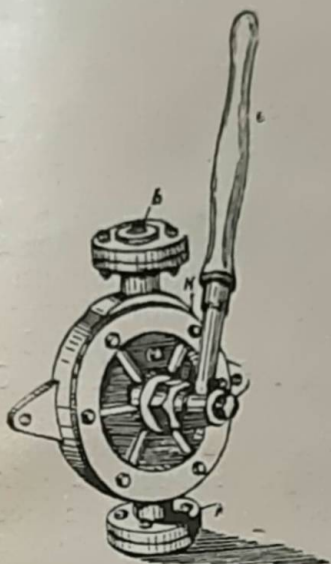


Фиг. 135. Устройство душа для дегазации.

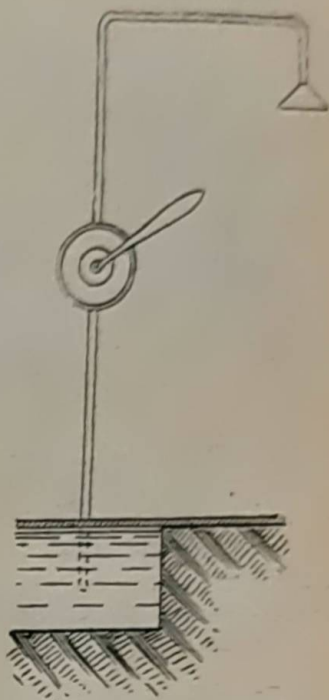
Для накачивания воды в бак применяется чрезвычайно компактный по своим размерам нагнетательный крыльчатый насос (фиг. 136). Всасывающая труба присоединена к фланцу патрубка *A*, а нагнетательную — к фланцу патрубка *Б*. Ручка *a* служит для нагнетания. В случае неимения крыльчатого насоса бак устраивается в подвешенном состоянии к потолку. При имеющемся крыльчатом насосе можно совсем обойтись без бака, для чего достаточно всасывающую трубу

насоса опустить в резервуар с водой, а нагнетательную поднять на необходимую высоту и прикрепить ее к стене, окончив воронкой (фиг. 137). Для получения душа достаточно привести в действие насос, работая его ручкой.

Для отвода использованной воды лучше всего устраивать вертикальный дренаж (фиг. 138) (водопоглощающий колодец).



Фиг. 136. Крыльчатый насос всасывающего и нагнетательного действия.



Фиг. 137. Устройство душа для дегазации помощью крыльчатого насоса.

Для устройства его необходимо сделать в водонепроницаемом слое шахту (скважину), заложить ее камнем и спускать всю использованную воду в водопроницаемый слой. Этот способ возможен лишь, когда водонепроницаемый слой не толстый (не более 2 м), в противном случае воду из убежища придется откачивать, для чего может быть применен крыльчатый насос, но при условии, чтобы откачиваемая вода не содержала бы песок, в противном случае это поведет к порче насоса. Для отделения песка от воды достаточно всасывающий конец трубы тщательно обернуть холстом или частой сеткой.

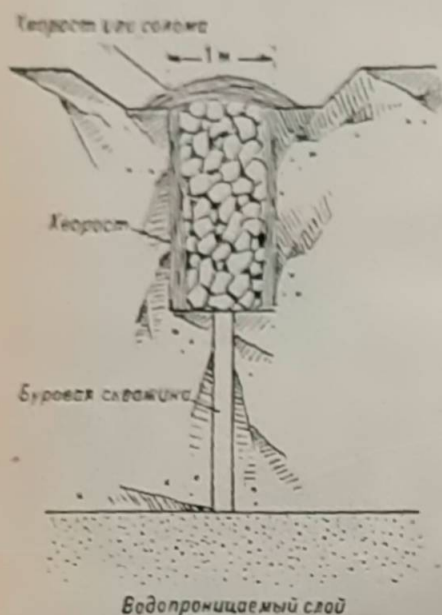
Водоснабжение на походе.

Водоснабжение войск на походе достигается:

- 1) водовозным транспортом,
- 2) использованием местных колодцев и установкой нортонских и

3) наземными водами (реки, озера и т. д.) при соответствующей их очистке.

Водовозный транспорт. Перевозка воды для передвига-



Фиг. 138. Отвод воды из убежища посредством водопоглощающего колодца.

ющихся войск может осуществляться различными способами: в бочках на повозках, в сосудах на вьючных животных (лошади, верблюды, ишаки и т. д.), в цистернах по рельсовым путям и специальным водным транспортом.

Вопрос водоснабжения маневрирующих войск требует самой тщательной организации. В мировую войну, в период напряженных боевых действий, на фронте английских войск потребовалось снабжать водой до 300 000 человек и 150 000 лошадей. Суточная потребность боевых частей корпуса выражалась в размере 900 000 л. Построенные водопроводные сети были не в силах полностью

удовлетворить спрос войск — свыше 400 000 л недостающей воды в сутки доставлялось водным транспортом. Перевозка воды главным образом совершалась на грузовых автомобилях.

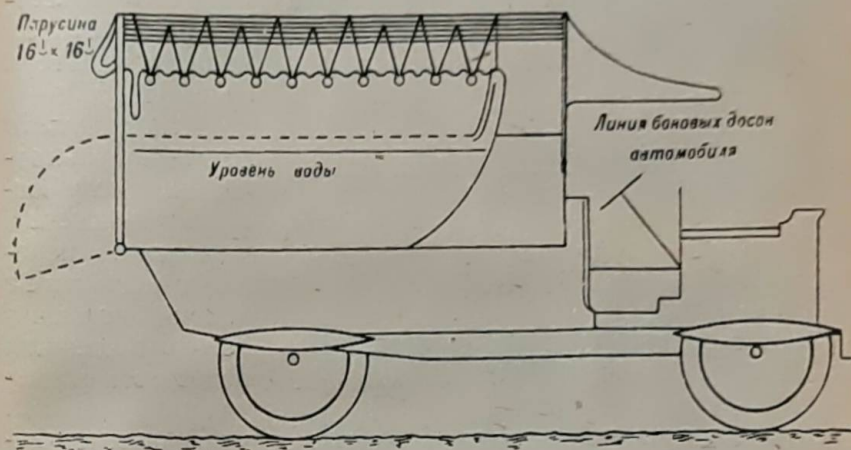
Интересные данные, характеризующие состояние водовозного транспорта на участке английской армии в 1916 г., дает следующая таблица:

Периоды	Корпусов	1-м авт.	3-м авт.	Автом. установ. (3-м)	Подковые повозки	Обозн. повозки (900 л.)
Июнь 1916 г.						
4-я армия	5	11	20	190	160	162
Июль 1916 г.						
Резервная армия	2	—	—	35	80	45
4-я армия	3	111	20	157	80	120
5-я »	4	111	20	35	80	45
3-я »	—	—	—	48	—	—

По нормам английского наставления, для человека 2,25 л и для лошади 22,5 л, потребность пехотной дивизии выразится в 300 000 л, или 300 т, воды в день. Для перевозки этого груза, в зависимости от дорог и других условий, всего потребуется примерно 150—300 грузовых машин (считая одну поездку в день).

На фиг. 139 изображена грузовая машина, приспособленная для перевозки воды; кроме таких машин, иностранные армии имеют машины, имеющие по 2 цистерны емкостью 1 200 л в каждой, с фильтрами и хлорирующими аппаратами.

Кроме механических средств перевозки воды, части иностранных армий имеют водовозные повозки и двуколки.



Фиг. 139. Грузовой автомобиль, приспособленный для перевозки воды.

На фиг. 140 показан новейший образец водовозной двуколки английской армии под названием «двуколка марка VП», входящая в полковой транспорт.

Снабжение передвигающихся войск водой требует проработки этого вопроса от начала до конца. На ряду оперативным приказом должен иметься план водоснабжения; для организации водоснабжения необходимо назначать ответственное лицо из числа командного состава.

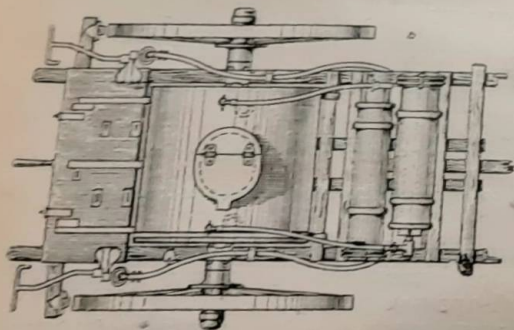
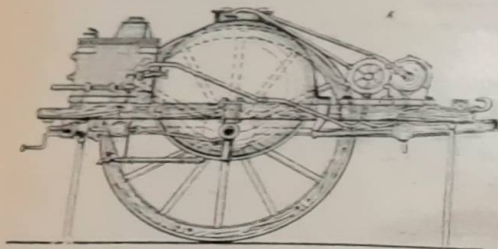
На походе части должны пользоваться водой лишь из носимых фляжек и ротных цистерн емкостью в 500—900 л. На привалах немедленно по прибытии устанавливаются возимые в войсках особые парусиновые резервуары, которые пополняются водой из ротных цистерн и служат источником водоснабжения отдыхающей части. Ротные цистерны по опорожнении наполняются тут же на привале из цистерн водовозного транспорта, для чего вопрос остановки войск на привалах должен быть согласован с ответ-

ственным лицом по водоснабжению. Парусиновые баки (резервуары и мешки) удобны тем, что они легко перевозимы и, вследствие легкого испарения сквозь парусину, вода в них остается прохладной, что особенно важно в странах с жарким климатом.

Парусиновые мешки емкостью в 300 — 500 л составляют табельную принадлежность многих иностранных армий.

Подобные же мешки, но приспособленные для фильтрации, приняты на снабжении частей США и известны под названием мешков Листера (фиг. 94).

Использование местных колодцев и установка нортоновских. Снабжение передвигающихся войск исключительно водой производится лишь в районах безводных и в местностях пустынных, в остальных же случаях организация водоснабжения передвигающихся войск производится источниками местного водоснабжения.



Фиг. 140. Новейший образец водовозной двуколки английской армии.

Для организации водоснабжения передвигающихся войск назначается ответственное лицо и высылаются вперед соответствующая гидротехническая команда, на обязанности которой лежит:

- а) производство водоразведки, отыскание подземных вод и установка нортоновских колодцев,
- б) исследование воды существующих колодцев,
- в) добывание воды и ее очистка до прихода войск.

Если движение войск происходит в непосредственной близости противника, тогда задачи гидротехнической команды

возлагается на инженерную разведку в соответствующем составе. Особо обостряется вопрос исследования воды в местности, только что оставленной неприятелем. Необходимо помнить, что один зараженный колодец может заразить воду, в близлежащих, других колодцах. Разрушенные, заваленные колодцы необходимо откопать; если в них вода отравленная,—дезинфицировать и вновь засыпать. Одновременно с восстановлением колодцев нужно изучать характер подземных вод, направление течения, источники и т. д. и в зависимости от этого делать закладку новых колодцев.

До подхода войск, гидротехнической командой или инженерной разведкой должна быть приготовлена в потребном количестве чистая вода, для чего возимые парусиновые баки (цистерны) устанавливаются и наливаемая в них вода очищается посредством какого-либо химического способа. При достаточном запасе времени вода очищается передвижными фильтрами.

К приготовленным запасам воды выставляется соответствующая охрана. Охрана должна выставляться и к колодцам местным, отведенным для пользования частей. Сообразно мест водоснабжения назначаются привалы и остановки передвигающихся частей.

Пользование речной и озерной водой. Источники земных вод—реки, озера и т. д.—представляют собой частный случай местных источников водоснабжения. Если река (озеро) чистая и многоводная, то она представляет хороший источник водоснабжения. При расположении войск на берегу реки забор воды для питьевых нужд нужно производить выше по течению расположения лагеря. Как правило, речные и озерные воды необходимо подвергать очистке.

Очистка речных и озерных вод, кроме общих способов очистки, может быть достигнута: а) отстаиванием в отстойниках, отрытых на берегах, и б) устройством колодцев-фильтров.



<https://warlib.site/>

https://t.me/warlib_site

ИСТОЧНИКИ

1. Бельский, Сельскохозяйственная гидротехника.
2. Брилинг, Практическое руководство по водоснабжению.
3. Брюлова-Соболева, Способы очистки и исследования питьевой воды.
4. Борович, Снабжение здоровой водой.
5. Геффер, Подземные воды и источники.
6. Голубятников, Справочник по санитарной технике.
7. Дейша, Гидравлика.
8. Дубелир, Дорожное дело.
9. Житкевич, Водоснабжение.
10. Goward, Домашние фильтры.
11. Иванов, Водоснабжение и канализация поселков.
12. Информационные сборники.
13. Краснопольский, Грунтовые и артезианские колодцы.
14. Коровин, Деревенское водоснабжение.
15. Люгер, Водоснабжение городов.
16. Маслянников, О землян. бураве.
17. Мединский, Полевые необоронительные постройки.
18. Наркевич, Гидротехника.
19. Наставление по спец. обр. инж. войск РККА, часть 2, техническая.
20. Вр. наставление по инж.-техн. делу для команд. состава всех родов войск.
21. Никитин, Грунтовые и артезианские воды на русской равнине.
22. Обручев, Полевая геология.
23. Пантелеев, Питьевая вода.
24. Прейс, Земляные работы.
25. Ревелиоти, Учебник гигиены.
26. Руководство по спец. обр. инж. войск РККА. Подземно-минное дело.
27. Саткевич, Общий метод расчета водопроводных систем.
28. Сурин, Водоснабжение, ч. 1.
29. Синельников, Сельское водоснабжение.
30. Справочник по сух. воен.-иностр. технике.
31. Справочник для воен.-стр. техников.
32. «Техника и снабжение Красной армии», журнал.
33. Турбин, Военноинженерная разведка.
34. Труды X русского водопроводного съезда.
35. Ушаков, Водоснабжение, ч. 1.
36. Черепашинский, Водоснабжение.
37. Чижев, Водопроводы городов.
38. Якубовский, Учебник по гидротехнике для гидротехнических команд инженерных войск.

