

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки)

Водоснабжение городов и промышленных предприятий

(направленность (профиль))

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на тему Разработка технологических решений забора  
и очистки воды из шахтных колодцев

Студент

Н.В. Алексеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

И.А. Лушкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

В.В. Петрова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

к.т.н., доцент, И.А. Лушкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«    » 20 г.

**Допустить к защите**

И.о. заведующего кафедрой

к.т.н., доцент, И.А. Лушкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«    » 20 г.

Тольятти 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Глава 1 Анализ технологических решений и конструкций шахтных колодцев .....	5
1.1 История возникновения .....	5
1.2 Конструкция шахтных колодцев .....	8
1.3 Оголовок .....	12
1.4 Ствол (шахта) .....	15
1.5 Водоприемная часть, устройство фильтра .....	18
1.6. Подготовка к строительству шахтного колодца .....	24
1.7 Порядок строительства колодца .....	25
1.8 Условия строительства и эксплуатации .....	27
1.9 Уход за колодезным сооружением .....	31
1.10 Разработка шахтного колодца посредством КШК-25 .....	32
1.11 Техника ручной разработки колодца (открытое рытье) .....	34
1.12 Техника ручной разработки колодца (закрытый метод) .....	35
1.13 Выводы по главе 1 .....	37
Глава 2 Анализ методов очистки воды из шахтных колодцев .....	38
2.1 Гидрогеологический расчет шахтных колодцев .....	38
2.2 Выбор и требования к подземным источникам водоснабжения .....	42
2.3 Методы обработки воды .....	44
2.4 Выводы по главе 2 .....	55
Глава 3 Разработка схемы забора и очистки воды из шахтного колодца .....	56
3.1 Методы забора воды из шахтного колодца .....	56
3.2 Система с накопительным баком .....	56
3.3 Водоснабжение с насосной станцией .....	58
3.4 Разработка универсальной схемы очистки воды .....	60
3.5 Выводы по главе 3 .....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	70

## ВВЕДЕНИЕ

Колодец – гидротехническое сооружение в виде вертикального корпуса, представляющего из себя заглубленный в землю до водоносного горизонта каркас, который не даёт сползать и осыпаться грунту, а также предотвращает попадание верхнего водоносного слоя непригодного для питьевых нужд. Наибольшее распространение он получил за счет того, что является одним из самых доступных по цене способов добычи воды. По конструкции, способу строительства и креплению стен различают шахтные и трубчатые колодцы. Шахтные колодцы устраивают для забора воды из безнапорных малодобитных неглубокозалегающих водоносных пластов. Применяют их для водоснабжения небольших поселков, животноводческих ферм, полевых станков и пастбищ.

Шахтный колодец – это наиболее востребованный тип местного водозабора. Он достаточно прост в использовании и при строительстве с соблюдением общепринятых норм и хорошим запасом подземных вод служит надежным и долговечным источником воды для хозяйственно-питьевых нужд.

Диссертационная работа выполнена на кафедре Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение в Тольяттинском Государственном Университете в период с 2017-2019 гг.

Целью настоящей работы стало совершенствование водозаборных сооружений из шахтных колодцев с применением систем водоподготовки.

Для достижения указанной цели выделены задачи исследований:

1. Анализ технологических решений и конструкций шахтных колодцев.
2. Анализ методов очистки воды из шахтных колодцев.
3. Разработка конструкции шахтных колодцев.
4. Разработка технологической схемы водоподготовки для шахтных колодцев

5. Разработка универсальной технологической схемы забора и очистки воды из шахтного колодца.

Научная новизна заключается:

- в выполнении анализа существующих технологических решений и конструкций шахтных колодцев;
- в выполнении анализа существующих методов очистки воды из шахтного колодца;
- в разработке универсальной технологической схемы забора и очистки воды из шахтного колодца.

Практическая значимость заключается:

В разработке универсальной технологической схемы водоподготовки для шахтного колодца.

На защиту выносятся:

- описание конструкции шахтных колодцев;
- описание методов очистки воды из шахтных колодцев;
- предложение универсальной технологической схемы забора и очистки воды из шахтного колодца.

Публикации:

По теме диссертации было опубликовано 2 статьи.

Структура диссертации:

Диссертация включает в себя: введение, три главы, заключение, библиография из 42 наименования. Объем диссертации составляет 75 страниц машинописного текста, включая 2 таблицы, 42 рисунка.

# Глава 1 Анализ технологических решений и конструкций шахтных колодцев

## 1.1 История возникновения

Первые колодцы начали появляться около 7000 лет назад. Люди стали отказываться от жизни охотников, собирателей и кочевников и постепенно стали переходить к оседлому образу жизни. Любая земледельческая цивилизация находится в прямой зависимости от орошения. Именно поэтому, время, когда люди выкопали первый колодец (а это была глубокая яма, обложенная деревом) по праву можно считать началом цивилизации, а сам колодец – его символом.

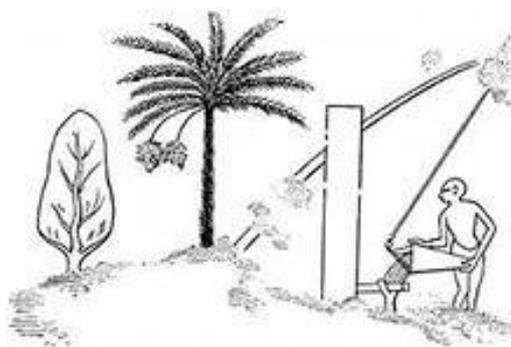


Рисунок 1.1 – Поиск воды с помощью виноградной лозы. Древнеегипетское изображение

Со временем люди все более точно определяли места, где есть подземные источники для колодцев. Способов было достаточно много - некоторые предпочитали наблюдать за животными и птицами, другие виноградную лозу использовали как небольшой биолокатор (рисунок 1.1), третьи заметили, что на рассвете туман опускается, прежде всего, на то место, где под землей есть источники воды. Люди, умевшие «найти воду» всегда были уважаемы и почитаемы. Конечно, есть и свои исключения: так, например, в 15-17 веках люди, искавшие воду с помощью лозы, были объявлены церковью «вне закона» и были преданы гонениям по обвинению в колдовстве.

В древнем Риме колодцы представляли собой шахты, скрытые оградой. Изначально они были в виде прямоугольных деревянных срубов, а с появлением водопровода стали просто каменными ящиками, вода в которые поступала не из земли, а подводилась по трубам. А вот знакомые всем с детства колодцы с журавлями произошли от древнеегипетских колодцев-шадуфов. Шадуф действовал по принципу рычага: с одной стороны тяжелый предмет (засохшая глина, камень), выступавший в роли противовеса для другого конца, где находилось ведро для воды (рисунок 1.2).

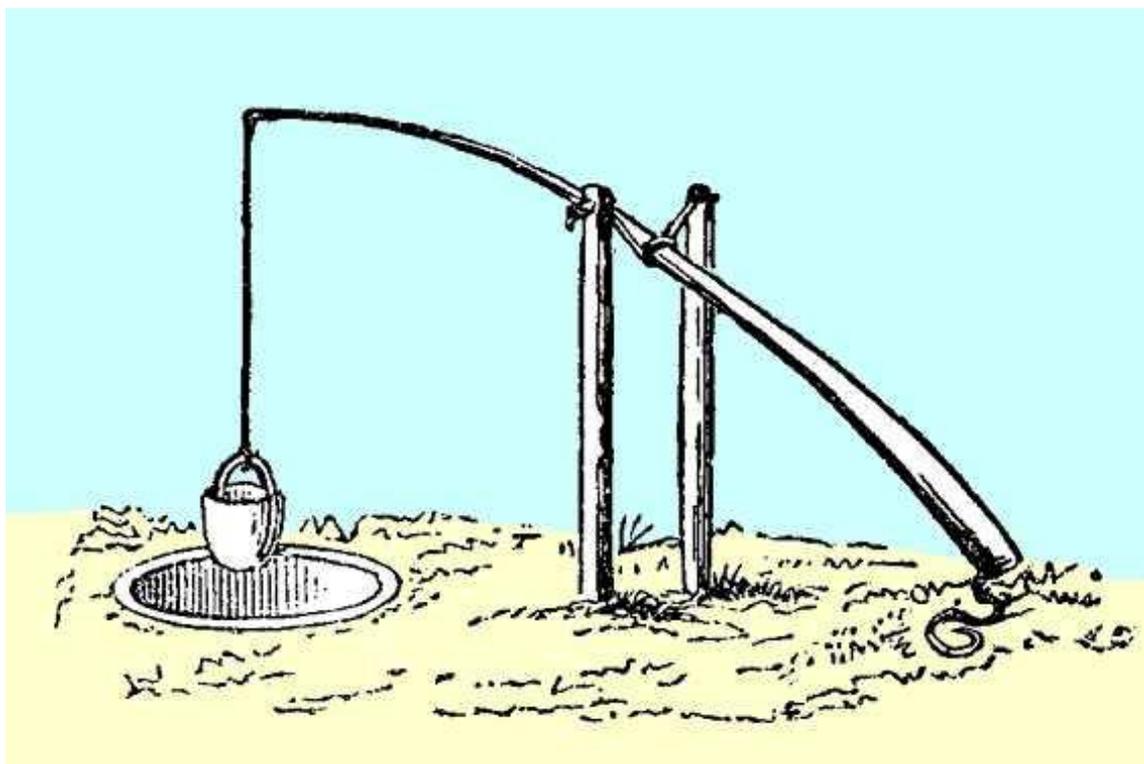


Рисунок 1.2 – Шадуф

В условиях пустыни очень важно было сохранять силы, посредством шадуфа человек мог при минимальных силовых затратах непрерывно добывать воду - наполненное водой ведро при подъеме опрокидывалось в канал или водосборный резервуар. В древней Индии изобрели ступенчатые колодцы - баоли. Служат они так же и для сбора дождевой воды. Это интереснейшие изобретения архитектуры, которые есть только в этой стране. Эти величественные сооружения напоминают перевернутые пирамиды. Они

глубоки и имеют до 3500 ступеней. Помимо функции колодца люди приходили сюда молиться и медитировать.

В древние времена, каждый новый населенный пункт начинался с постройки колодца. На Руси, как и во всем мире, к колодцам относились с благоговением. Колодцы освящались, а воде из колодца приписывались целебные свойства. Еще не так давно мастера-колодезники перед разработкой колодца посещали церковь, чтобы никакие плохие умыслы не отобразились на воде. Существовала примета – если человек построил колодец, то он очистился от грехов.

Первые колодцы на Руси строили из древесины. Совершенным во всех направлениях материалом заслуженно считался дуб из-за того, что не гнил и поэтому был очень долговечным. Конечно в наше время удобней, дешевле, проще и без потери качества строить колодец из железобетонных колец, но вот щит для донного фильтра все же лучше сделать из дуба. Как показала практика, любая другая древесина: будь то лиственница или осина подвержены гниению в разной степени, что в конечном итоге отражается на вкусовых качествах воды. Особое внимание при рытье и обустройстве колодцев уделялось так же навершиям или как говорят сейчас, колодезным домикам. Ведь именно они предохраняют колодец от попадания в него различного мусора.

В отличие от современных традиций, когда колодцы принято обустраивать на собственных индивидуальных участках, как бы делая их частными, наши предки обустраивали источник воды таким образом, что уже вокруг него централизованно возникали жилые и хозяйственные постройки. Иногда колодец в центре поселения служил источником забора питьевой воды, а еще один, расположенный на окраине – для стирки, мытья и разнообразных бытовых нужд. Но не только в этом заключались особенности колодезной воды в древней и в средневековой Руси.

Ниже приведены несколько любопытных фактов и традиций, связанных с колодцами:

- только что обустроенный источник обязательно освящался, украшался иконами и изображениями святых и небесных покровителей;
- отправляясь на войну или в дальний поход, воины опускали свое оружие в воды родного колодца, чтобы придать вооружению как можно больше боевых и мистических сил, а себе – дополнительную силу духа;
- по окончании военной карьеры, по ранению или по возрасту, убеленный сединами воин бросал свое оружие в глубину колодца, дабы грозная сталь могла защищать поселение даже без его участия;
- невесты гадали на колодезной воде, судя по ее колебаниям в ведре, насколько крепка любовь жениха;
- кровельные скаты крыши колодца были призваны отгонять леших, водяных и прочую нечисть.

Таким образом, совершенно очевидно, что для наших далеких предков колодец являлся не только источником жизни, но и неким культовым сооружением, занимая важнейшее место в верованиях, быту и традициях любого члена общины!

## **1.2 Конструкция шахтных колодцев**

Шахтные колодцы предназначены для получения подземных вод из «первых от поверхности безнапорных водоносных пластов» [5], сформированных из глиняных и песковых слоев, которые, как правило, располагаются на глубине до 30 метров. Вода залегает в слоях песчаника и глины, прорыв эти слоя вы наткнетесь на почву, которая не пропускает воду и не отдает ее земле. Стоит также знать, что вода располагается в трех слоях почвы.



Рисунок 1.3 – Устройство грунта

Первый слой называют верховым, он очень близко от поверхности, но ее в питье нельзя употреблять, она слабо очищена и в процессе монтажа колодца, этот слой изолируют.

Следующий слой грунтовых вод, это хорошая вода, залегает она сравнительно не глубоко, кроме того, уровень таких вод постоянный и колодец не пересохнет. Вода бьет из родников, поэтому вкус у такой воды очень приятный, она чистая и всегда холодная, вы можете остановить свой выбор на такой воде.

Третий слой — артезианская вода, глубина залегания очень большая. Напор такой воды достаточно сильный и длительное время может бить

сильный фонтан. Артезианская вода по всем качествам великолепна, чистая, вкусная и ледяная.

Колодцы представляют собой шахту круглой или квадратной формы и состоят из (рисунок 1.4):

- оголовка;
- ствола;
- водоприемной части.

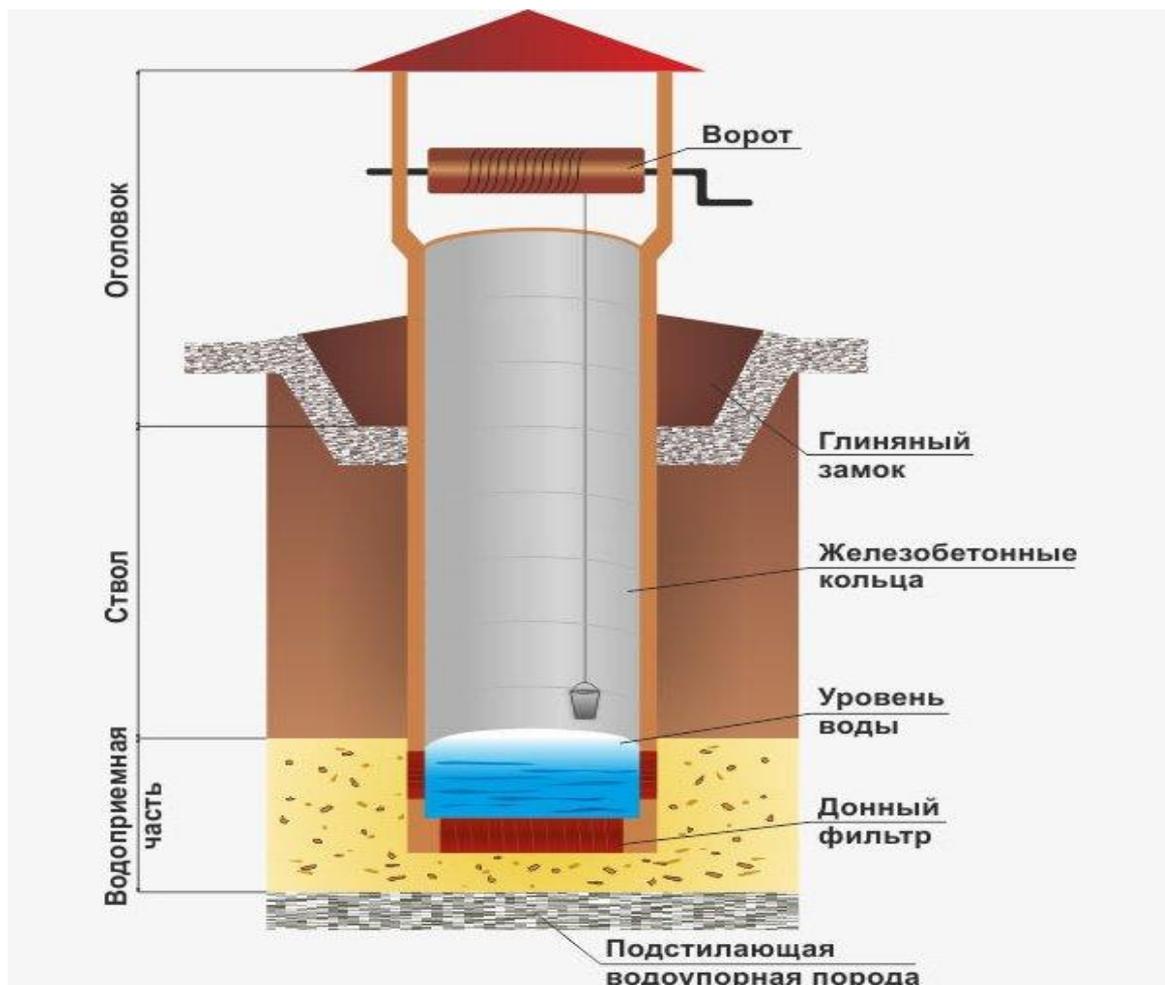


Рисунок 1.4 – Конструкция шахтного колодца

« При мощности водоносного пласта до 3 м предусматривают шахтные колодцы совершенного типа с вскрытием всей мощности пласта; при большей мощности допускаются совершенные и несовершенные колодцы с вскрытием части пласта» [42].

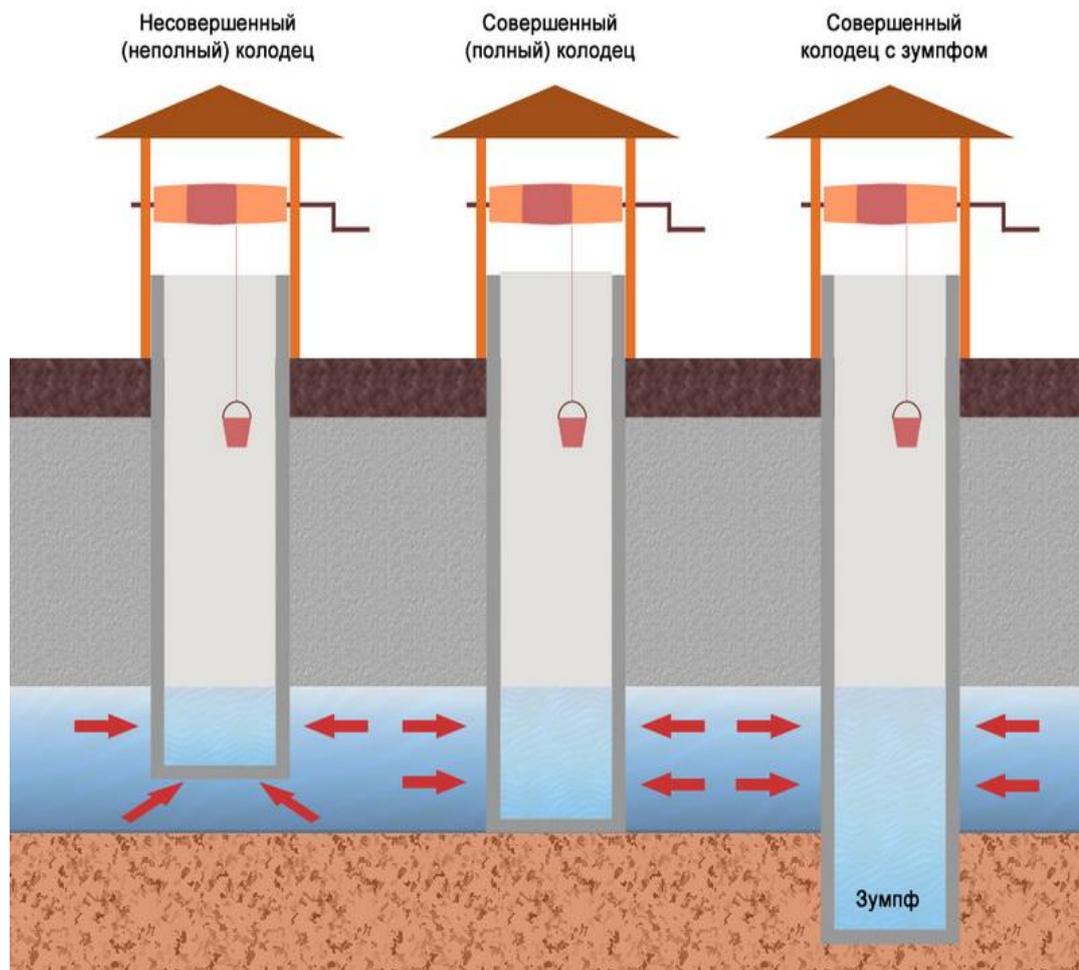


Рисунок 1.5 – Виды колодцев

« В несовершенном колодце крепление шахты не достигает подстилающего пласта, лежащего ниже водоносного; приток воды здесь возможен через дно и боковые стенки. В совершенном колодце крепление достигает водоупорного пласта и опирается на него; приток воды – только через боковые стенки (рисунок 1.5).. Зумпф в совершенном колодце – это дополнительный резервуар, который выполняется в подстилающей водоупорной породе и служит для увеличения запаса воды. Кроме зумпфа, запас воды в колодце может быть увеличен посредством расширения его подводной части в виде шатра, при высоте водоносного пласта до 2–3 м устраивают зумпфы, а при большей высоте – шатры» [42].

### 1.3 Оголовок

Оголовок колодца должен быть не менее чем на 0,7-0,8 метра выше поверхности земли, крышку или железобетонное перекрытие с люком, также закрываемое крышкой. Сверху оголовок прикрывают навесом или помещают в будку.

Традиционные и современные отделочные материалы позволяют создавать не только функциональные, но и красивые колодцы. Они гармонично вписываются в любой ландшафтный дизайн, став его украшением.

Каменный. Это трудоемкий и дорогостоящий способ отделки оголовка колодца. Но результат получается очень красивым и солидным. К тому же такой отделочный материал не требует никакого ухода и сохранится в первозданном виде многие десятилетия. Из камня можно выложить целую стену вокруг колодца, либо же только декорировать им оголовок колодца из бетонных колец (рисунок 1.6). Во втором случае стоимость снизится в несколько раз, а внешний вид не проиграет.



Рисунок 1.6 – Отделка оголовка колодца камнем

Деревянный. Особенно удачно впишется в ландшафт, если на участке уже есть строения из дерева, например, деревянный дом или баня. Как и каменные, деревянные оголовки могут быть двух типов:

- выполненные из настоящего бруса или бревен, как стены дома;
- просто обшитый каркас имитацией бруса или блок-хаусом (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Отделка оголовка колодца деревом

Независимо от выбранного материала, к оголовку предъявляется ряд требований:

Крепкие и надежные стены. Для их укрепления по верхнему периметру крепят доски, выполняющие одновременно функцию армопояса и подставки для воды. Кроме того, они защитят деревянные элементы облицовки от попадания на них воды.

Наличие крышки. Это защитит воду от мусора и насекомых. И уберезет от падения в него маленьких детей или животных. Удобно, если в крышке будет отверстие для шланга, тогда для выкачивания воды с помощью насоса не надо будет держать люк открытым.

Теплоизоляция. Она нужна, если есть необходимость пользоваться колодцем, когда температура ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  (рисунок 1.8). Если зимой температура не опускается ниже  $15^{\circ}\text{C}$ , то в утеплении необходимости нет.



Рисунок 1.8 – Утепление оголовка колодца

Вороток. Даже если оголовок колодца нужен только для декорации или воду планируется выкачивать погружным насосом, рекомендуется предусмотреть действующий подъемный механизм. Всегда есть вероятность, что он пригодится.

По периметру оголовка колодца должен быть сделан "замок" из хорошо промятой и тщательно уплотненной глины или жирного суглинка глубиной 2 метра и шириной 1 метр, а также отмостка из камня, кирпича,

бетона или асфальта радиусом не менее 2 метров с уклоном 0,1 метра от колодца в сторону кювета (лотка). Вокруг колодца должно быть ограждение, а около колодца устраивается скамья для ведер.

#### **1.4 Ствол (шахта)**

Ствол (шахта) служит для прохода водоподъемных приспособлений (ведер, бадей, черпаков и т.п.), а также в ряде случаев и для размещения водоподъемных механизмов. Стенки шахты должны быть плотными, хорошо изолирующими колодец от проникновения поверхностного стока, а также верховодки.



Рисунок 1.9 – Шахта колодца из бетонных колец

Для облицовки стенок колодца в первую очередь рекомендуются бетонные или железобетонные кольца (рисунок 1.9). Шахтные колодцы со стенками из железобетонных труб пользуются самой большой популярностью из-за простоты строительства и длительности эксплуатации. Вес труб или ж/б колец заставляет использовать подъемный кран для

опускания бетонных элементов в шурф, но длительный срок службы такого колодца оправдывает все расходы.



Рисунок 1.10 – Шахта колодца с облицовкой из кирпича

При их отсутствии допускается использование камня, кирпича (рисунок 1.10), дерева. Камень (кирпич) для облицовки стенок колодца должен быть крепким, без трещин, неокрашивающим воду и укладываться так же, как бетонные или железобетонные кольца на цементном растворе (цемент высоких марок, не содержащий примесей). Кирпичная кладка - трудозатратный процесс, а сам материал должен быть прочным, а также обладать хорошей водонепроницаемостью. При использовании кирпичной кладки очень сложно добиться хорошей гидроизоляции, которая служит для защиты от верховодки.

Для деревянной шахты лучше всего использовать дуб, учитывая его свойства морения, это будет вечный материал, который будет становиться все тверже. Лиственница, вяз или ольха также хороши для подводной части колодца, а вот сосна только для надводной части. Остальная древесина либо не прочная, либо портит вкус воды.



Рисунок 1.11 – Шахта колодца из древесины

Деревянная шахта (рисунок 1.11) делается стандартной величины со сторонами от 70 до 140 см, но в узкой шахте будет неудобно работать, поэтому оптимально выбрать ширину в 1 метр. Шахта может укладываться из цельного бревна или из резанного на пополам вдоль. Сперва сруб колодца собирается на поверхности, т.к. необходимо сделать венцовые зарубки. Венцы нужно скреплять между собой вертикальными 100 мм нагелями, а чтобы под воздействием воды нижние венцы не поплыли, их надо скрепить, для этого можно использовать скобы, или же прибивать вертикально доску по всей длине.

Установка сруба может производиться несколькими методами. Можно набирать сруб постепенно снизу колодца, сверху, когда сруб наращивается вниз, а также наращивание с дна.

Первый вариант хорош в случае, если колодец глубиной не более 6 метров и когда стенки крепкие, не осыпаются или поток воды не слишком большой. В этом случае сперва нужно вырыть колодец, до появления

первой влаги, затем опустить туда основную часть, раму, и на нее укладывать венцы сруба.

Для глубоких срубов, свыше 6 метров, лучше использовать опускной метод. Роеся колодец на глубину к примеру 6 м, после чего устанавливается сруб на основании. Сверху выводится 3-5 венцов и углубление продолжается. Углубляться нужно постепенно выбирая грунт только в центре по 25-30 см, угловые части не трогаются. Затем под нижние венцы устанавливаются клинья и выбирается грунт с углов, а клинья потом выбиваются, таким образом сруб равномерно опускается до тех пор, пока вы не доберетесь до водоносного слоя. В некоторых случаях, когда грунт сыпучий, сруб застревает и не опускается самостоятельно, тогда нужно сверху положить на сруб доску и ударить кувалдой. Добравшись до дна, без промедлений начинайте настилать подушку из песка и гравия, впрочем, даже при сильном потоке насыпать песок и гравий можно сверху поочередно.

При устройстве срубов должны использоваться определенные породы древесины в виде бревен или брусьев: для венцов надводной части сруба – ель или сосна, для водоприемной части сруба - лиственница, ольха, вяз, дуб. Лесоматериал должен быть хорошего качества, очищенный от коры, прямой, здоровый, без глубоких трещин и червоточин, не зараженный грибком, заготовленный за 5 - 6 месяцев.

### **1.5 Водоприемная часть, устройство фильтра**

Водоприемная часть колодца служит для притока и накопления грунтовых вод. Ее следует заглублять в водоносный пласт для лучшего вскрытия пласта и увеличения дебита. Для обеспечения большого притока воды в колодец нижняя часть его стенок может иметь отверстия или устраиваться в виде шатра.

Для предупреждения выпирания грунта со дна колодца восходящими потоками грунтовых вод, появления мути в воде и облегчения чистки на дне колодца должен быть отсыпан обратный фильтр.

Донный фильтр — поочередная насыпь из минералов разной крупности, которые не подвержены растворению в воде. Вода просачивается через всю эту конструкцию и фильтруется. Мусор, вредные примеси и взвешенные частицы задерживаются в загрузке фильтра.

Донный фильтр требуется:

- если есть вероятность размыва дна колодца;
- если вода поступает под большим напором;
- если необходима защита оборудования от мелкого и пылеватого песка;
- если в колодце вскрывается пливун;
- при нестабильном уровне воды в колодце, например, при работе насоса или осадках;
- при неудовлетворительном качестве воды: неприятных запахах, мутность, осадок.

Донный фильтр не требуется:

- при вскрытии твёрдой глины или скальных пород;
- при поступлении воды из природных ключей;
- если нет угрозы засорения дна примесями и взвесями, дополнительной защиты не требуется.

« В остальных случаях, для получения воды высокого качества, необходимо обязательно предусматривать донный фильтр» [5].

Донный фильтр, проходя через фильтрующие сыпучие материалы, очищается физическим и химическим способом. Очистка от мусора и взвесей называется физическим очищением, а очищение от примесей и вредных соединений - химической.

К материалам, которые используются в составе донных фильтров, предъявляются следующие пункты:

- достаточная плотность и вес, для постоянного погружения;
- неподверженность гниению, устойчивость к образованию плесени;
- нейтральность, отсутствие химических реакций; высокий уровень фильтрации;
- экологическая безопасность.

В качестве основного материала для фильтров, используется кварцевый песок (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12 – Кварцевый песок

« Этот материал добывают на берегах рек и природных озёр. Песчинки имеют диаметр до 1 мм, цвет — желтоватый, полупрозрачный. Перед укладкой в колодец кварцевый песок требуется промыть несколько раз» [5]. Слой песка в 5-10 см высыпают в емкость и заливают водой, тщательно перемешивают и оставляют на полминуты. Далее аккуратно

сливают воду, которая забирает с собой всплывший мусор и пыль, в то время как чистый песок оседает на дно емкости. Процедуру повторяют до 3 раз пока сливаемая вода не станет чистой. Промывка помогает устранить глинистые частицы и органические включения.

« Крупная и средняя речная галька. Распространённый сыпучий материал, также встречающийся на берегах рек. Камешки разного размера, округлой формы без острых краёв. Перед использованием в качестве донного фильтра гальку следует» [5] также промывать чистой водой, как и песок. Также возможна высокотемпературная обработка камней путем кратковременного размещения в печи.

« Гравий природного происхождения. Рыхлая порода естественного происхождения, размеры частиц гравия — 2-20 мм. Перед размещением гравия в колодце необходимо устраивать тщательную многоэтапную промывку, т.к. из-за внушительного количества пустот между составляющими гравий способен накапливать глинистые и илистые частицы. Нельзя использовать шлаковый гравий из-за вероятно высокого количества вредных примесей» [5].



Рисунок 1.13 – Жадеит

Жадеит (рисунок 1.13) — минеральный полудрагоценный камень природного происхождения, в состав которого входит серебро и кремний. [6].

Шунгит — материал, представляющий собой горную породу, содержащую силикатные минералы и углеводород. Шунгит имеет важное свойство - возможность очищать подземную воду от: нефтепродуктов; тяжёлых металлов; органических примесей; микроорганизмов; излишков железа (железный привкус воды); взвесей, замутнений. Не менее важной особенностью шунгита является свойство насыщения воды полезными микроэлементами. Данный материал достаточно дорогой, и применять его целесообразно в районах, в застройке которых присутствуют промышленные предприятия и автомобильные дороги.

Цеолит — пористая порода вулканического происхождения. Является естественным сорбентом, поглощающим токсины, плесень и неприятные запахи. « Способствует снижению радиоактивного фона, разрушает фенолы и прочие вещества, вредные для человека, растений и животных. Стоимость материала составляет — от 600 рублей за 10 кг» [5].

«Геотекстиль — барьер от загрязнений. Иногда для устройства донного фильтра применяется полимерный материал — геотекстиль высокой плотности. Особенность этого фильтра заключается в том, что он отлично фильтрует физические взвеси, не улучшая при этом химические и бактериологические показатели воды. Использование плотного геотекстиля в качестве основного материала для фильтра целесообразно в том случае, если в колодец поступает небольшое количество газа, например, сероводорода» [6].

« Выполняющий свои прямые задачи донный фильтр возможно создать, только используя многослойное устройство, с применением нескольких типов материалов различных по размеру (рисунок 1.14). При этом существует два типа укладки фильтра: прямой и обратный. Выбор того

или иного типа зависит от грунта, выстилающего дно колодца и силы напора поступающей воды. В 9 из 10 случаев применяется более эффективный обратный фильтр» [5].

Трёхслойный прямой фильтр – нижний слой фильтра составляет материал крупной фракции, промежуточный слой состоит из материала в 5-7 раз меньшего, чем используемого в нижнем слое, верхний слой – кварцевый песок или речная галька. Толщина каждого слоя не менее 0,15-0,2 м. В итоге получается фильтр высотой порядка 0,6 м.

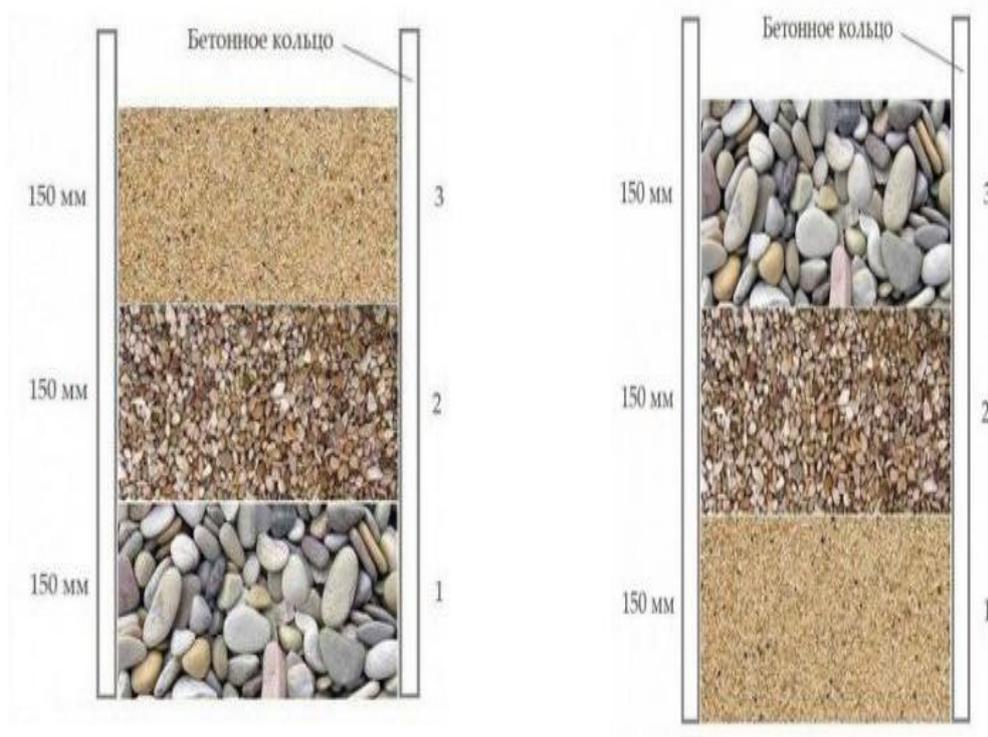


Рисунок 1.14 – Устройство донного фильтра

Обратный донный фильтр — аналогичен прямому типу в обратной последовательности, т.е. сначала засыпается мелкий материал, потом крупнее и крупнее. « Основная функция обратного фильтра — не давать проникать в верхние слои мелкодисперсному мусору и песку. Обратный фильтр предохраняет дно колодца от размывания. Он применяется на песчаных и супесчаных грунтах при спокойном водном потоке» [5].

## 1.6. Подготовка к строительству шахтного колодца



Рисунок 1.15 – Строительство шахтного колодца

Перед рытьем новой шахты или модернизацией старого ствола необходимо договориться с бригадой рабочих. Специалисты смогут качественно выполнить все операции, в ходе которых будут учтены гидрогеологические условия, глубина залегания подземных вод и тип грунта. Перед проведением анализа может понадобиться проведение разведочного бурения с использованием ручного бура или специального бурового оборудования. Это позволит точно определить подходящее место под водозабор необходимой глубины.

Полученные данные, на основании которых составляется смета на строительство сооружения, позволят разработать план колодца с учетом ожидаемых видов работ, количества необходимых материалов, задействованного набора инструментов и используемого оборудования. В качестве материалов для обустройства ствола могут понадобиться пластиковые кольца или трубы.

Выбирая пластмассовые изделия, необходимо учитывать, что выпускаемые кольца могут иметь разную степень жесткости. Они подбираются в зависимости от глубины колодезной шахты. Чем ниже их

требуется устанавливать, тем более жесткими должны быть изделия. В результате по мере подъема на поверхность жесткость колец уменьшается. Изделия могут обладать разным размером. К примеру, широко применяются пластиковые кольца диаметром 315 мм.

### 1.7 Порядок строительства колодца



Рисунок 1.16 – котлован под колодец

Порядок устройства колодцев из бетонных колец:

- копается небольшой котлован, равный высоте одного кольца;
- затем кольцо опускается на дно котлована (рисунок 1.15);
- следующее кольцо устанавливается на первое, которое используется в качестве опоры для второго;
- для предотвращения смещения колец и их повреждений применяются железные скобы;
- дно углубляется параллельно основной разработке по всему диаметру кольца.

Каждое последующее кольцо равномерно опускается под собственным весом. Затем производится несколько шагов по устройству всех колец в стволе, при этом каждый этап (похожий на предыдущий) должен быть

выполнен одновременно с рытьем шахты. Если тип грунта устойчивый, то параллельное крепление бетонных изделий не потребуется.



Рисунок 1.17 – Строительство шахтного колодца

Заниматься рытьем шахты должны исключительно рабочие с опытом, поскольку мочь извлекать ведром грунт под силу не каждому. Схема шахтного колодца требует тщательного подхода к ее выполнению. Предварительно подготавливается специальная тренога с роликом, закрепленным на ней. Через него следует намотать железный трос на

лебедку, «которая должна предусматривать наличие предохранительной стопорной защелки, препятствующей вероятному раскручиванию барабана.

Весь процесс строительства колодца сводится к рытью шахты и облагораживанию его водоприемной части. Вскрытие водонасыщенных песков, включая пливуны, не позволяет достичь глубины водоносного слоя, составляющей более 75 см, поэтому в водоносных песках не следует заниматься чрезмерным извлечением песка и переуглублением колодца. Это может привести к тому, что после откачки воды в шахту начнет поступать вода с песком. При этом могут отойти нижние венцы сруба (либо кольца) с последующим образованием разрывов в стенах ствола» [32].

### **1.8 Условия строительства и эксплуатации**

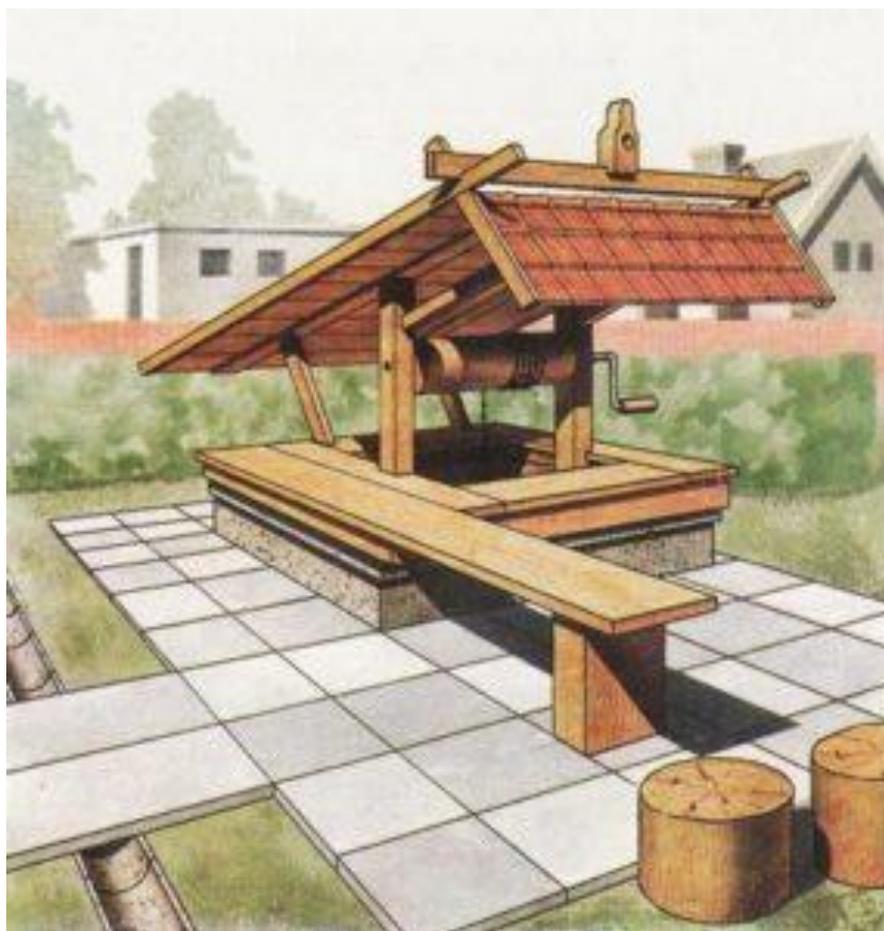


Рисунок 1.18 – Шахтный колодец

СНиП предусматривают установку колодцев из пластиковых труб в зонах, где преобладает сейсмическая активность не выше 7 баллов по шкале Рихтера. Расчетная температура при этом не должна быть ниже 50°C. Грунты для строительства пластмассовых колодцев должны быть сухими, не пучинистыми, имеющими плотность 1,8 т/м<sup>3</sup>. Их естественная влажность водонасыщения должна составлять 2,0.

На участках, где имеются водонасыщенные грунты, обустройство колодцев возможно только на основании из бетона, имеющее ширину больше 150 мм. Эксплуатация колодцев из стеклопластика требует придерживаться определенных правил, связанных с периодической чисткой стенок и дна шахты. СНиП требуют своевременного проведения профилактики донных фильтров и водяных насосов. При этом горловина сооружения должна иметь специальную крышку, и ее следует всегда держать закрытой.

Стоимость нового сооружения либо реконструкции старого зависит от следующих факторов:

- цены пластиковых труб, определяемой поперечником, высотой изделия и коэффициентом жесткости;
- стоимости доставки труб на участок;
- цены и количества герметика гидростойкого, позволяющего соединять кольца между собой;
- цены насосного оборудования, донного фильтра;
- стоимости работ по мытью ствола и прокачке колодца;
- стоимости услуг электрика по подключению насоса.

Оплата труда копателей — это отдельная графа расходов, которая будет зависеть от сложности производимых работ. Этот пункт включает следующие виды операций:

- рытье шахты открытым способом;
- копание на глубину 1-го кольца с последующей вставкой изделия;

– прочистка водозаборной бетонной колонны перед монтажом чулка при реставрировании старого сооружения.



Рисунок 1.19 – Откачка воды из колодца

Выполнять работы, связанные с рытьем либо реставрацией колодца, можно и в холодный, и теплый период, избегать следует только начала таяния снега. Заболоченные участки лучше обустривать колодцами в осенне-зимний период. Строительство колодца, его осмотр и ремонт должны сопровождаться систематической проверкой наличия в шахте газа, для чего перед спуском в ствол опускается зажженная свеча или пук травы. Газ есть, если огонь меркнет. Далее газ следует убрать способом выжигания с помощью пука травы или вымахивания путем неоднократного опускания в колодец ведра либо бадьи.

### **Преимущества**

Создание колодцев, вырытых вручную, требует только общих инструментов и навыков, это по силам каждому. Во многих областях мужчины специализируются на этом мероприятии, как на бизнесе.

Применяются в малообеспеченных и удаленных областях, как самый дешевый метод строительства скважин. В водоносном горизонте с низкой

производительностью вырытые вручную колодцы большего диаметра могут давать больше воды, чем скважины в том же водоносном горизонте.

### **Недостатки**

Ручная копка колодца очень опасна из-за высокого потенциала обвалов и недостатка кислорода. Копать колодец – очень тяжелая работа для одного человека. Поскольку копать очень глубоко очень трудозатратный процесс, вырытые вручную колодцы длиной более 30 метров встречаются редко.

Если колодец пополняется водой очень быстро, то крайне проблематично вырыть колодец ниже уровня грунтовых вод более чем на метр. Существует очень много способов загрязнения подземной воды поверхностными водами. Типичное ведро на веревке, используемое для сбора воды, легко переносит бактерии в колодезную воду.

Выкопанный колодец может быть защищен путем герметизации стен, заливки бетонного фартука, закрывания крышки и установки насоса, но эти меры увеличивают стоимость скважины.

### **Вопросы безопасности**

В зависимости от местности, раскопки могут быть очень опасными. Должны выполняться правила техники безопасности. Колодцы, вырытые в сухой сезон, могут стать нестабильными при повышении уровня воды в сезон дождей и поэтому должны быть своевременно укреплены для предотвращения обрушения.

### **Повышение производительности**

Когда производительность колодца снижается или сводится к нулю, существует несколько вариантов восстановления точки водоснабжения. Нужный вариант будет зависеть от того, является ли уменьшение производительности колодца следствием снижения уровня грунтовых вод или снижением производительности водоносного горизонта. В первом случае приемная часть должна быть углублена на большую величину. Во втором случае площадь водосбора должна быть увеличена в горизонтальном

направлении. Кроме того, искусственное пополнение может быть вариантом для увеличения производительности подземных вод.

### **1.9 Уход за колодезным сооружением**

Разработка дна песочного колодца требует принудительной откачки воды с помощью насоса или специальной емкости. Крепление стен ствола срубом может вызвать определенные трудности, связанные с устройством венцов в водосодержащих песках. При этом в шахту потребуются опустить деревянный или пластмассовый короб либо бетонные кольца. Их следует заглубить при копке, что создает приемлемые условия для водозаборов.

Когда выемка песка уже окончена, то откачка воды производится до нужной глубины. «Дно шахты после этого засыпается песком крупной фракции слоем 20 см. Сверху на него укладывается галька либо щебень слоем одинаковой толщины.

Обязательным условием при обустройстве ствола (согласно требованиям СанПиН) является изоляция шахты от попадания в нее различных сторонних предметов. В колодезный ствол не должны попадать осадки (дождь, снег) и поверхностные воды. Для этого вокруг сооружения обустраивается глинистый замок, а сверху — специальный люк с крышкой» [32].

Нормы СНиП требуют 1 раз в год весной осматривать шахту и ремонтировать поверхность ствола. Необходимо своевременно заполнять глиной места, которые просели вокруг. Сверху они должны быть заасфальтированы либо зацементированы. В случае загрязнения шахтные колодцы следует тщательно прокачать, что предполагает определение объема воды, которая в них содержится. Согласно требованиям СНиП при необходимости обязательно должна проводиться дезинфекция шахтных колодцев после проведения химического и бактериологического анализа воды.

Техническое обслуживание включает проверку фартука на наличие трещин, закрепление крышки оголовка, повышение производительности за счет углубления или удаления частиц просочившегося песка и техническое обслуживание подъемного устройства. Для выполнения этих задач не требуется квалифицированный персонал, регулярность и точность крайне важны и должны быть гарантированы.

В равной степени важно обеспечить гигиеническую эксплуатацию. Которая включает в себя защиту и очистку территории вокруг колодца, проверку качества воды и дезинфекцию, если необходимо, мониторинг воздействия колодца на окружающую среду и прилегающие районы, а также постоянное обучение водопользователей правильной эксплуатации колодца, соблюдению санитарных норм и правил.

Неэксплуатирующиеся колодцы, которые не были должным образом демонтированы или выведены из эксплуатации, представляют угрозу для водоносного горизонта. Колодец, который не используется в течение 5 лет, должен быть демонтирован или выведен из эксплуатации. Заполнение колодца мусором строго запрещается. Неиспользующийся колодец должен быть надежно защищен крышкой, насосное оборудование должно быть выведено из эксплуатации, к колодцу должен быть обеспечен свободный доступ для инспекционных целей, и должно обеспечиваться безопасное и санитарное состояние. Для правильного вывода колодца из эксплуатации, должны выполняться мероприятия по предотвращению поступления воды. Колодец необходимо послойно заполнить засыпкой с чередующимися слоями герметика. Слой герметика должен быть не менее 1 метра толщиной и с интервалом в 6 метров друг от друга.

### **1.10 Разработка шахтного колодца посредством КШК-25**

Машина КШК-25 разрабатывалась для рытья колодцев глубиной до 25 метров механизированный способом (рисунок 1.20). С помощью её можно разрабатывать колодцы на глинистых, суглинистых и песчаных грунтах, а

также преодолевать неглубокие слои плывунов. Параллельно основной задаче КШК-25 укрепляет стенки колодца с помощью железобетонных колец. Агрегат имеет следующую комплектацию: авто прицеп, вышку, бур и механизм, опускающий обсадные кольца в шахту.



Рисунок 1.20 – Машина КШК-25

Автоприцеп оснащен двигателем мощностью 30 лошадиных сил, который приводит в движение все составляющие рабочие элементы, включая лебедку для подъема и опускания бура, использующуюся для копки шахты колодца.

Технические данные КШК-25 представлены ниже:

- диаметр ямы до опуска бетонных колец - 1,23 м;
- наибольшая глубина ямы - 25 м;
- средняя Q: 1-1,65 м/ч;
- численность рабочих – 3: 1 моторист и 2 рабочих.

В плотных грунтах диаметр ямы данным механизмом составляет 1,23 м. В сыпучих и водяных грунтах шахту необходимо разрабатывать телескопическим способом, в случае заклинивания бетонной конструкции дальнейшая проходка ствола колодца производится буром диаметром 0,56 м, затем уширяется до 0,85 м и в конце закрепляется железобетонными

кольцами диаметром 0,65 м (последние опускаются на тросах с помощью ручных лебедок и « наращиваются на суженную колонну по мере углубления шахты). Донную плиту опускают моторной лебедкой агрегата без предварительного понижения уровня воды в колодце. По окончании спуска ее прижимают буровыми штангами и производят откачку воды (бадьей агрегата), после чего плиту закрепляют вручную с помощью четырех вкладышей» [31].

### 1.11 Техника ручной разработки колодца (открытое рытье)

Открытый способ копки колодца наиболее простой и дешевый (рисунок 1.21). Процесс заключается в вырывании шахты потребной глубины с последующей установкой бетонных колец. Этот способ подходит для местности с плотным грунтом, который не имеет свойства осыпаться.

Шахту колодца выкапывают до водоносного горизонта. При необходимости и по мере углубления укрепляются стенки шахты. Диаметр ямы должен немного превышать габариты готовой конструкции. В завершении стенки колодца укрепляют основательно, а зазор между ямой и бетонными кольцами засыпают песком и щебнем.



Рисунок 1.21 – Открытый способ копки

### 1.12 Техника ручной разработки колодца (закрытый метод)

« Если грунт на участке песчаный, то открытый способ копки не подходит, т.к. риск осыпания стенок шахты слишком велик. Это затрудняет работу и может быть потенциально опасным для строителей. Тогда используют способ рытья колодца «в кольцо». Сама технология сложнее открытого метода, зато безопаснее» [32].

« Выбрав место для колодца, следует вырыть неглубокую яму для первого кольца. Углубление может быть от 20 см до 2 м. Диаметр должен соответствовать размерам колец. Установив первое кольцо, начинают выбирать грунт изнутри конструкции. Тяжелое бетонное кольцо будет опускаться под собственным весом (рисунок 1.22, 1.23, 1.24) [32].



Рисунок 1.22 – установка бетонного кольца



Рисунок 1.23 – разработка грунта внутри бетонного кольца



Рисунок 1.24 – Опуск бетонного кольца

« Постепенно первое кольцо опустится настолько, что можно будет установить второе. Его ставят точно на предыдущее, скрепляя металлическими скобами и раствором. Важно избежать перекосов, иначе в

будущем это приведет к утрате герметичности швов и стыков. Так постепенно устанавливаются все кольца.

Когда стенки шахты готовы, остается гидроизолировать их, обустроить дно и верхнюю часть. Эти этапы одинаковы независимо от того, какой способ копки был выбран.

При выборе способа рытья нужно учитывать, что во время земляных работ возникает множество нюансов. Иногда нужно достать большой валун, который мешает заглубиться в грунт, или можно наткнуться на плывун. Гораздо проще справиться с этими проблемами, если выбрана техника открытого рытья.

Недостатком закрытого способа можно считать то, что в колодце появляется верховодка. Она содержит больше ненужных примесей, чем грунтовые воды, и способна загрязнить колодец. Избавиться от верховодки не всегда удается.

Открытый способ копки тоже не идеален. Приходится вырыть яму больше, чем сам колодец. Это предполагает большие трудозатраты» [32].

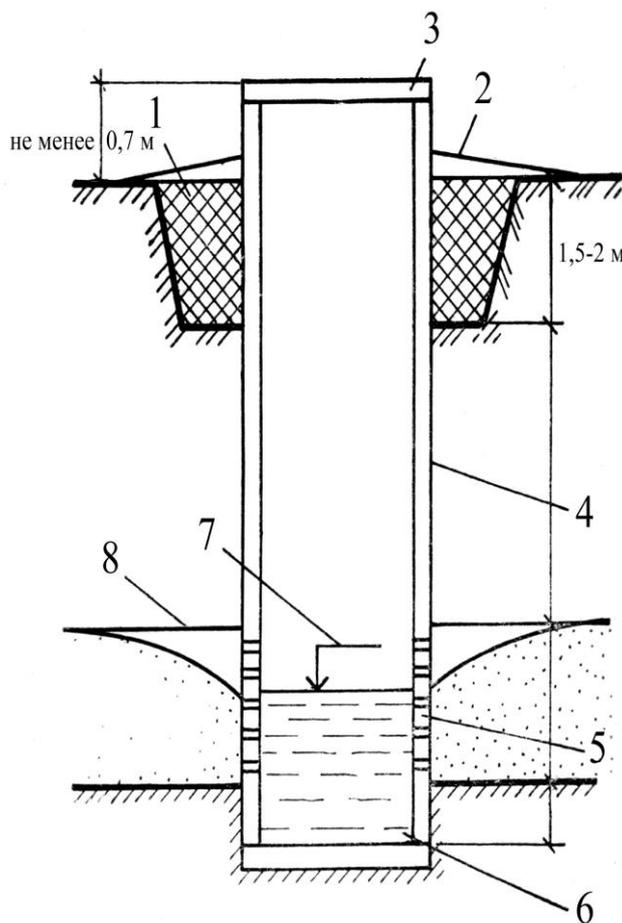
### **1.13 Выводы по главе 1**

Шахтный колодец – это наиболее востребованный тип местного водозабора. Он достаточно прост в использовании и при строительстве с соблюдением общепринятых норм и хорошим запасом подземных вод служит надежным и долговечным источником воды для хозяйственно-питьевых нужд.

## Глава 2 Анализ методов очистки воды из шахтных колодцев

### 2.1 Гидрогеологический расчет шахтных колодцев

В зависимости от конструкции колодца (совершенные, несовершенные) и схемы поступления воды в колодец (рисунок 2.3) расход поступающей воды в колодец, м<sup>3</sup>/сут определяется по нижеприведенным формулам:



1 – глиняный замок; 2 – отсыпка; 3 – оголовок; 4 – ствол; 5 – водоприемная часть; 6 – зумпф; 7 – динамический уровень; 8 – статический уровень

Рисунок 2.1 - Схема шахтного колодца

– для совершенного колодца при безнапорных водах по Дюпюи (рисунок 2.3, а)

$$Q = 1,37 \frac{k(2H - S)S}{\lg \frac{R}{r}}; \quad (1)$$

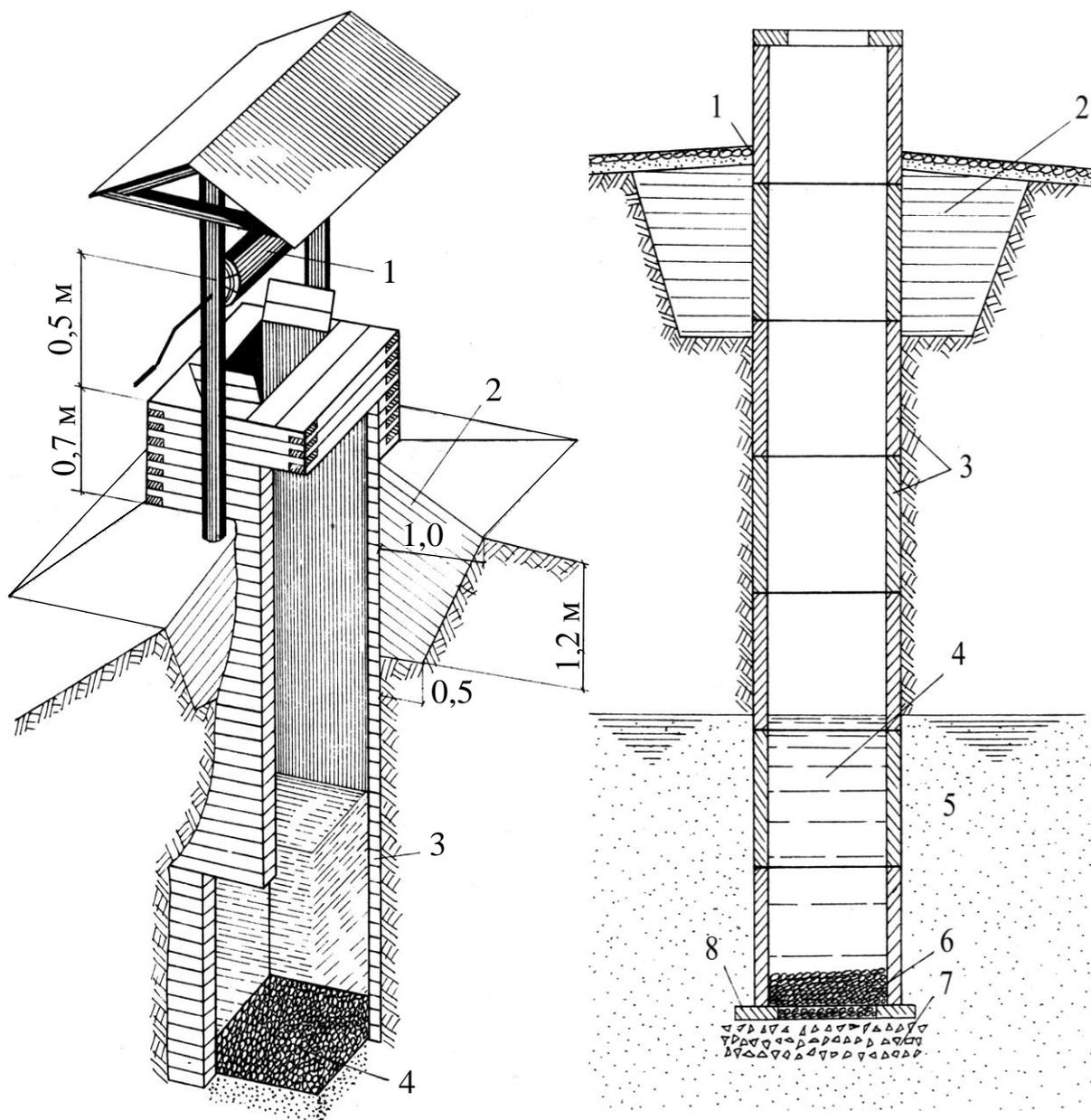
– для несовершенного колодца при безнапорных водах, работающего плоским дном (рисунок 2.3, в)

$$Q = \frac{2\pi kSr}{\frac{\pi}{2} + 2 \arcsin \frac{r}{T + \sqrt{T^2 + r^2}} + 0,515 \frac{r}{T} \ln \frac{R}{4H}}; \quad (2)$$

при  $\frac{r}{T} \leq \frac{1}{2}$  формула упрощается и принимает вид

$$Q = \frac{2\pi kSr}{\frac{\pi}{2} + \frac{r}{T} \left( 1 + 1,185 \lg \frac{R}{4H} \right)}; \quad (3)$$

- для несовершенного колодца, работающего одновременно дном и стенками (рисунок 2.3, б) формула для определения расхода может быть получена путём комбинированного использования первых двух формул, при этом поток, движущийся выше дна колодца, рассматривается как безнапорный, а поток, поступающих через дно – как напорный:



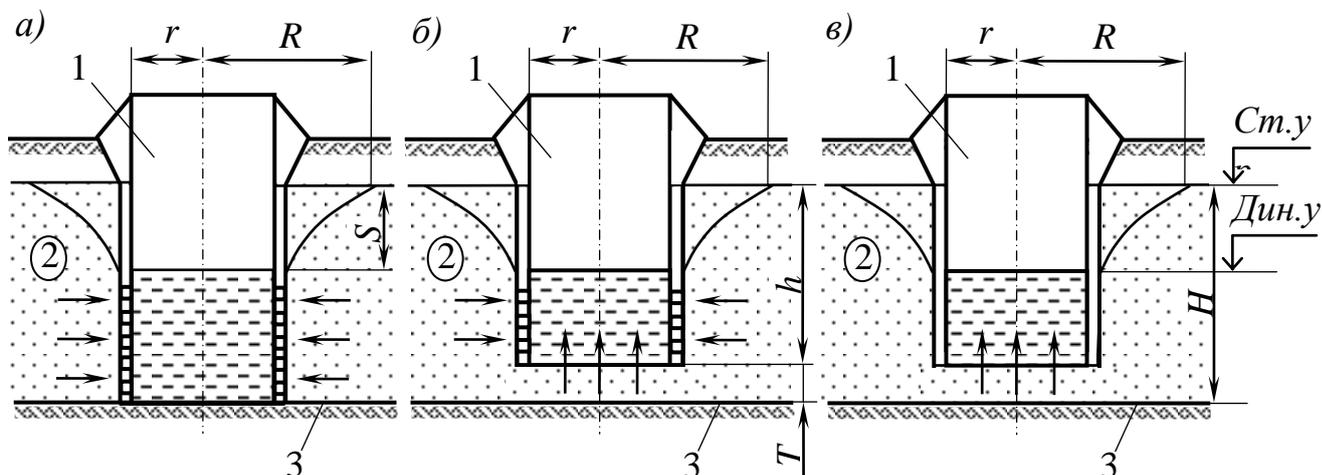
- а – с деревянным срубом, оборудованный воротом: 1 – ворот; 2 – глиняный замок; 3 – сруб; 4 – донный фильтр;
- б – с креплением из железобетонных колец: 1 – каменная отмостка; 2 – глиняный замок; 3 – железобетонные кольца; 4 – водоприемник; 5 – водоносный пласт;
- 6 – слой гравия 25–30 см; 7 – слой щебня 30–50 см; 8 – опорное кольцо

Рисунок 2.2 - Шахтные колодцы

$$Q = \pi k S \left[ \frac{2h - S}{2,3 \lg \frac{R}{r}} + \frac{2r}{\frac{\pi}{2} + \frac{r}{T} \left( 1 + 1,185 \lg \frac{R}{4T} \right)} \right]; \quad (4)$$

– для совершенного колодца, при напорных водах по Дюпюи (рисунок 2.4, а) расход поступающей воды в колодец вычисляется по формуле:

$$Q = \frac{2,73kmS}{\lg \frac{R}{r}};$$



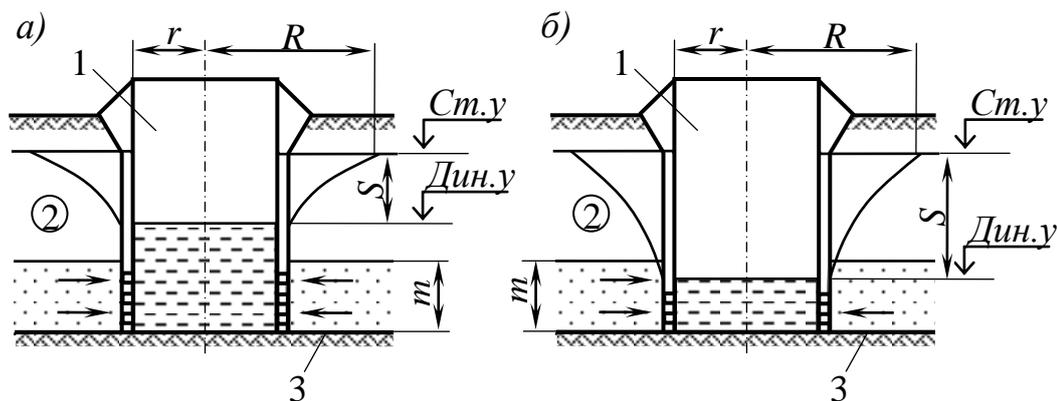
а – совершенный колодец; б – несовершенный колодец с проницаемым дном и стенками; в – несовершенный колодец с проницаемым дном

1 – колодцы; 2 – водоносный слой; 3 – водоупор

Рисунок 2.3 - Расчетные схемы шахтных колодцев безнапорных

– для совершенного колодца при смешанных условиях (при наличии двух зон питания – напорной и ненапорной – по Дюпюи (рисунок 2.4, б)

$$Q = 1,37 \frac{k(2S - m)m}{\lg R - \lg r}.$$



а – в напорных пластах; б – при наличии двух зон питания – напорной и безнапорной

1 – колодцы; 2 – водоносный слой; 3 – водоупор

Рисунок 2.4 - Расчетные схемы для определения притока воды в совершенных колодцах

## 2.2 Выбор и требования к подземным источникам водоснабжения

Выбор подземного источника водоснабжения производится основываясь на следующие данные:

- анализ качества воды;
- гидрогеологической характеристики используемого водоносного горизонта;
- санитарной характеристики местности в районе водозабора;
- существующих и возможных источников загрязнения почвы и водоносных горизонтов.

Состав воды пресноводных подземных источников водоснабжения должен соответствовать следующим требованиям:

- сухой остаток не более 1000 мг/дм (по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы допускается до 1500 мг/дм );
- концентрации хлоридов и сульфатов не более 350 и 500 мг/дм соответственно;
- общая жесткость не более 7 моль/м (по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы допускается до 10 моль/м );
- концентрации химических веществ (кроме указанных в таблице) не должны превышать ПДК для воды хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, а также норм радиационной безопасности, утвержденных Министерством здравоохранения.

«При обнаружении в воде источников водоснабжения химических веществ, относящихся к 1-му и 2-му классам опасности с одинаковым лимитирующим показателем вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из веществ в воде к их ПДК не должна быть более 1» [12].

В зависимости от качества воды и требуемой степени обработки для доведения ее до показателей ГОСТ 2874 водные объекты, пригодные в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, делят на 3 класса (Таблица 1).

Таблица 1 – Показатели качества воды подземных источников

	Показатели качества воды источника по классам		
	1	2	3
Мутность, мг/дм, не более	1,5	1,5	10,0
Цветность, градусы, не более	20	20	50
Водородный показатель (рН)	6-9	6-9	6...9
Железо (Fe), мг/дм, не более	0,3	10	20
Марганец (Mn), мг/дм, не более	0,1	1	2
Сероводород (HS), мг/дм, не более	Отсутствие	3	10
Фтор (F), мг/дм, не более	1,5...0,7	1,5...0,7	5
Окисляемость перманганатная мгО/дм, не более	2	5	15
Число бактерий группы кишечных палочек (БГКП), в 1 дм, не более	3	100	1000

При несоответствии качества воды источника требованиям указанных классов « (солончатые, соленые воды, воды с высоким содержанием фтора и т.п.) он может быть использован по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы при наличии методов обработки, надежность которых подтверждена специальными технологическими и гигиеническими исследованиями» [12].

Источник водоснабжения и водозаборные сооружения водопровода должны быть защищены от загрязнения путем организации зоны санитарной охраны (ЗСО) в соответствии с порядком проектирования и эксплуатации ЗСО источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения, утвержденным Министерством здравоохранения.

## **2.3 Методы обработки воды**

### **Обеззараживание воды**

Дезинфекция, направленная на уничтожение вирусов и бактерий, вызывающих инфекционные заболевания, можно производить следующими методами:

- хлорированием - окислением органических примесей с « применением жидкого хлора, растворов гипохлорита натрия;
- сухих реагентов или прямым электролизом;
- двуокисью (диоксидом) хлора;
- озонированием – использование сильного окислителя голубого газа озона;
- ультрафиолетовым облучением – электромагнитным излучением;
- комплексным использованием перечисленных методов» [11].

« Дезинфекцию воды подземных водоисточников реагентными методами чаще всего проводят по одноступенчатой схеме с вводом реагента перед контактными резервуарами» [11].

« Система отбора и дозирования хлора в обрабатываемую воду проектируется в соответствии с (ПБ) с учетом следующего:

- при потреблении хлора должен осуществляться весовой учет его текущего расхода и степени опорожнения тары;
- для дозирования газообразного хлора необходимо применять вакуумные хлораторы ручного или автоматического регулирования, имеющиеся в своем составе устройства, обеспечивающие автоматическое отключение подачи хлора в

- аппарат и исключают поступление рабочей смеси в систему хлорирования при остановке эжектора;
- не допускается работа одного эжектора на две или более точек ввода хлора, а также двух или более работающих эжекторов на одну линию хлорной воды;
  - количество резервных хлораторов принимается из условия не менее одного на два рабочих. При этом суммарная производительность установленных аппаратов должна обеспечивать двойное увеличение подачи хлора на время проведения аварийных и плановых работ, связанных с остановкой резервуаров питьевой воды и сокращением времени контакта хлора с обрабатываемой водой;
  - диаметр хлоропроводов следует принимать при расчетном расходе хлора с коэффициентом 3 с учетом объемной массы жидкого хлора 1,4 т/м<sup>3</sup>, газообразного - 0,0032 т/м<sup>3</sup> скорости в трубопроводах 0,8 м/с для жидкого хлора, 10-15 для газообразного;
  - количество хлоропроводов (линий подачи хлора) должно быть не менее двух, один из которых - резервный. Количество запорной арматуры на хлоропроводах и связок между ними должно быть минимальным» [11].

« В составе систем озонирования следует предусматривать устройства для синтеза озона, смешивания озono-воздушной смеси с обрабатываемой водой и термической или термокatalитической деструкции не прореагировавшего газа.

Ориентировочную дозу озона следует принимать: для обеззараживания подземных вод - 0,75-1 мг/л. При этом должно быть обеспечено время контакта озона с обрабатываемой водой не менее 12 мин.

Производительность озонаторных установок рассчитывается по максимальному часовому расходу обрабатываемой воды» [11].

### **Удаление органических веществ, привкусов и запахов**

При необходимости применения дополнительной обработки воды для устранения органических веществ, а также уменьшения яркости привкусов и запахов нужно применять окисление и последующую сорбцию веществ посредством фильтрования воды через гранулированные активные (активированные) угли с периодическим их восстановлением или сменой.

В случаях краткосрочного использования активных (активированных) углей и при обосновании допускается применять их в виде порошка, вводимого в воду перед ее коагуляционной обработкой или перед фильтрами.

«Для удаления органических веществ из воды, снижения интенсивности привкусов и запахов в качестве окислителей следует применять хлор, перманганат калия, озон или их комбинации. Вид окислителя и его дозу следует устанавливать на основании данных технологических изысканий» [11].

### **Обезжелезивание воды**

«Метод обезжелезивания воды, расчетные параметры и дозы реагентов следует принимать на основе результатов технологических изысканий, выполненных непосредственно у источника водоснабжения [11].

«Обезжелезивание подземных вод следует предусматривать фильтрованием в сочетании с одним из способов предварительной обработки воды: упрощенной аэрацией, аэрацией на специальных устройствах, введением реагентов-окислителей» (рисунок 2.5)[11].



Рисунок 2.5 – Обезжелезивание на аэрации

« Упрощенную аэрацию допускается применять при следующих показателях качества воды:

- содержание железа (общего) до 10 мг/л;
- в том числе двухвалентного (Fe) не менее 70%;
- рН не менее 6,8;
- щелочности более  $(1+Fe^{2+}/28)$  мг-экв/л;
- содержание сероводорода не более 2 мг/л.

Упрощенная аэрация производится через излив воды в канал или емкость открытых фильтров (высота излива от зеркала воды 0,5-0,6 м). При использовании напорных фильтров необходимо обеспечить подвод воздуха в подающий трубопровод (расход воздуха 2 л на 1 г закисного железа).

При концентрации в загрязненной воде свободной углекислоты более 40 мг/л и сероводорода более 0,5 мг/л следует перед напорными фильтрами

предусматривать промежуточную емкость со свободным изливом в нее воды без ввода воздуха в трубопровод» [11].

« Аэрацию на специальных устройствах (аэраторах) или введение реагентов-окислителей следует принимать при необходимости увеличения количества удаляемого железа и повышения рН воды.

Конструкцию фильтров для обезжелезивания подземных вод следует принимать аналогично фильтрам для осветления воды. Характеристику фильтрующего слоя и скорость фильтрования при упрощенной аэрации следует принимать по таблице 21 при использовании аэраторов или введении реагентов-окислителей - по рекомендациям производителей» [11].

Таблица 2 - Характеристика фильтрующего слоя и скорость фильтрования при упрощенной аэрации

Характеристика фильтрующих слоев при обезжелезивании воды упрощенной аэрацией					Расчетная скорость фильтрования, м/ч
Минимальный диаметр зерен, мм	Максимальный диаметр зерен, мм	Эквивалентный диаметр зерен, мм	Коэффициент неоднородности	Высота слоя, мм	
0,8	1,8	0,9-1,0	1,5-2,0	1000	5-7
1	2,0	1,2-1,3	1,5-2,0	1200	7-10

### **Удаление из воды марганца, фтора и сероводорода**

Выбор методов очистки воды, технических параметров установок, а также группы и доз реагентов рекомендуется производить после технологических изысканий, которые проводятся у источника водоснабжения (для вод, с большой концентрацией марганца и сероводорода).

Очистку воды от марганца допускается производить как безреагентным способом, так и реагентным.

« При невозможности обеспечения необходимой степени очистки безреагентным методом, необходимо использовать реагенты-окислители (перманганат калия, озон и др.) с введением флокулянта и последующим фильтрованием.

При использовании подземных вод, имеющих в своей составе марганец и железо, требуется проверка возможности удаления марганца в процессе обезжелезивания без дополнительных реагентов.

Обесфторивание воды производится методами контактно-сорбционной коагуляции или с использованием сорбента - активной окиси алюминия» [11].

### **Умягчение воды**

Многие жители коттеджных поселков и любители дачного отдыха уверены в том, что загрязненной может быть только живительная влага из центрального водопровода. Действительно, краны в городской квартире часто «балуют» нас избытком ржавчины, добавлением хлора и прочими прелестями, но и автономный источник водоснабжения на участке – вовсе не панацея. Жесткая вода из колодца – одна из самых распространенных проблем, которые приходится решать владельцам частных водозаборов.

Степень жесткости воды невозможно определить по внешнему виду.



## Рисунок 2.6 – Ручной забор воды с помощью ведра

Под жесткостью воды подразумевается высокая концентрация растворенных в ней солей кальция и магния (хлоридов, сульфатов и гидрокарбонатов). Хлориды и сульфаты не разрушаются при кипячении и не образуют осадок, поэтому они отвечают за общий (постоянный) показатель жесткости. Гидрокарбонаты, напротив, распадаются под действием высокой температуры, образуя накипь. Эти вещества определяют степень временной (переменной) жесткости. Согласно ГОСТу, вода делится на три категории: мягкая (до 2°Ж), средняя (2-10°Ж) и жесткая (более 10°Ж).

Причиной жесткой воды в колодце могут стать залежи гипса, доломитов или известняков – соли щелочноземельных металлов просачиваются в шахту или скважину и растворяются в жидкости. Как правило, концентрация изменяется в зависимости от сезона: уменьшается в холодное время года и повышается в жару. Стабильным составом воды могут похвастаться лишь артезианские скважины, обустроенные по всем правилам и изолированные от верхних стоков.

Вода из скважины или колодца, имеющая повышенную жесткость, доставляет массу неудобств пользователям, а в частности:

- образует большое количество накипи на всех водонагревательных элементах бытовой техники (стиральная машина, посудомоечная техника, водонагревательные баки);
- выводит из строя посуду для кипячения воды;
- плохо мылится и пенится;
- кроме того, жёсткая вода из скважины наносит непоправимый вред и растениям при их поливе.

Исходя из всех перечисленных моментов, делаем вывод, что жёсткую воду из скважины или колодца можно и нужно умягчать при помощи специальных фильтров.

При этом отметим, что жёсткость воды из скважины может быть двух типов:

Постоянная — характеризуется наличием в воде дополнительных включений, таких как фосфаты, хлориды, сульфаты и нитраты помимо солей магния и кальция. Такая характеристика воды не позволяет умягчить жидкость даже во время её кипячения, поскольку все химические соединения не распадаются под воздействием термической обработки и не выпадают в осадок.

Временная жёсткость. Такой тип воды подвержен лишь воздействию солей магния и кальция, которые во время кипячения распадаются и выпадают в осадок. Таким образом, происходит умягчение воды из скважины.

### **Способы смягчения жёсткой воды**

Самым простым способом умягчения воды из скважины/колодца является её кипячение. Однако невозможно кипятить жидкость в огромных количествах, необходимых для нормальной работы системы водоснабжения в доме. Поэтому актуальными будут лишь использование фильтров для умягчения воды, вмонтированных на участке системы водопровода.

### **Ионообменный фильтр**



Рисунок 2.7 – Ионнообменный фильтр

« Такой фильтр способствует более качественному смягчению воды из колодца или скважины. Устройство представляет собой конструкцию, внутри которого находятся катионы натрия в виде специальных смол (рисунок 2.7). Их адсорбирующая способность отлично нейтрализует соли кальция и магния, однако такой фильтр требует постоянного обновления кристаллов натрия (с регулярностью 1 раз в 2-4 месяца в зависимости от количества смягчаемой воды)» [41].

« Различают такие виды ионообменных фильтров:

- Устройства в виде простой колбы. Пригодны для смягчения небольшого количества воды и считаются самым экономным вариантом.
- Фильтры, в конструкции которых имеются со сменные картриджи. Удобные и компактные системы для установки на системе водопровода перед точкой водоснабжения.
- Фильтр регенеративный. Представляет собой баллон, в котором располагается резервуар с кристаллами натрия. Такая система

считается самой дорогой среди перечисленных реагентных фильтров.

Если такие системы хорошо справляются с большими объемами воды, то недостатками являются:

- Необходимость постоянного пополнения запасов кристаллов натрия;
- Необходимость подключения фильтров к канализации для сброса солевого раствора, насыщенного солями кальция и магния;
- Кроме того, умягченная вода с использованием такой системы не пригодна к использованию в пищу» [41].

### Фильтры обратного осмоса

#### Обратный осмос

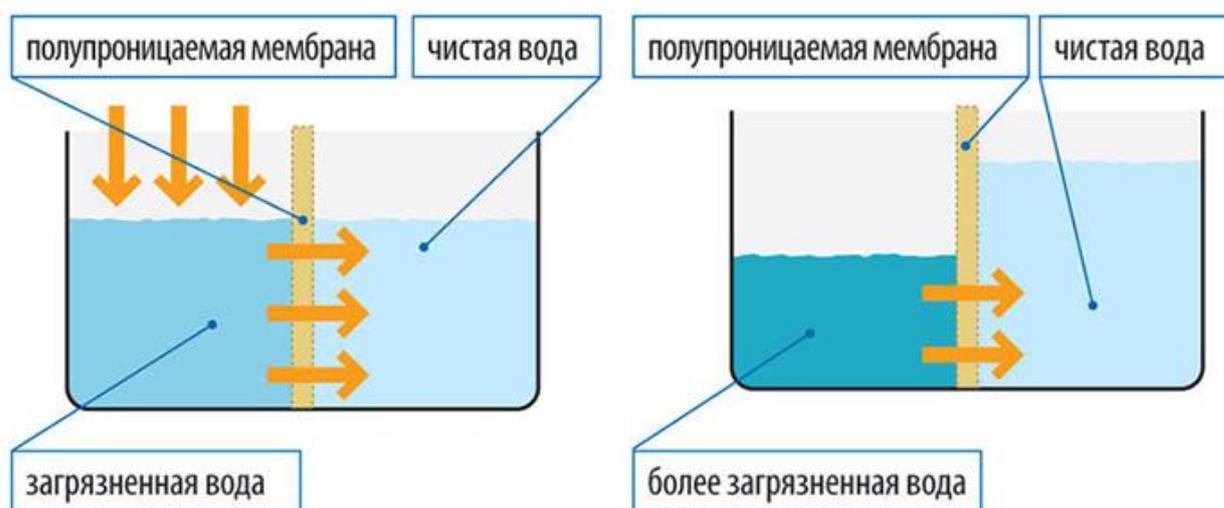


Рисунок 2.8 – Обратный осмос

« Обратноосмотические фильтры являются самыми современными. Вода очищается от солей кальция и магния через плотную мембрану, через которую загрязненная вода подается под большим давлением (рисунок 2.8). На стенках обратноосмосной мембраны задерживаются все вредные примеси, а очищенная вода поступает в систему водоразбора умягченной и пригодной к хозяйственно-бытовому и пищевому применению, однако, в этом случае требуется дополнительная минерализация жидкости.

Дополнительная насыщение происходит в той же самой установке посредством специальных картриджей для обогащения минералами» [41].

« Главной особенностью обратносмосной мембраны такого фильтра является её способность задерживать частицы посторонних примесей, минуя молекулы жидкости.

К недостаткам системы обратного осмоса можно отнести:

- необходимость постоянного давления в системе водоснабжения, равного 3 атм. и более;
- высокая цена на фильтры» [41].

### Специальные умягчающие магнитные фильтры



Рисунок 2.9 – Магнитный фильтры

« Работа таких устройств основана на смягчении воды при помощи магнитов. Жёсткая вода проходит через систему фильтрования с магнитом, в результате чего соли магния и кальция нейтрализуются и выпадают в осадок. Полученные кристаллы продвигаются дальше по системе и оседают в

специальных резервуарах. Магнитные фильтры бывают как в виде цилиндров, которые монтируются на участке трубопровода, так и в виде специальных магнитных накладок» (рисунок 2.9) [41].

#### **Смягчение воды посредством электромагнитной волны**

« Такой фильтр направляет электромагнитные волны на жёсткую воду, в результате чего соли магния и кальция разрушаются и находятся в воде во взвешенном состоянии. Такие примеси легко удаляются из воды в коллектор при помощи специальных картириджей. Использовать электромагнитный фильтр можно как для системы водоснабжения, так и для системы отопления» [41].

#### **2.4 Выводы по главе 2**

Прозрачная и визуально чистая вода из подземного источника, не вызывающая отрицательных вкусовых ощущений, может вовсе не оказаться безвредной при ее прямом употреблении. В сложившихся условиях современной экологической обстановки водоподготовка питьевой воды является непременным условием ее безопасного употребления. Это особенно актуально, если обеспечение загородного дома производится из системы скважины или колодца.

## **Глава 3 Разработка схемы забора и очистки воды из шахтного колодца**

### **3.1 Методы забора воды из шахтного колодца**

Имеется несколько методов подъема и забора воды из шахтного колодца:

- самый простой и старый способ – это обыкновенное ведро;
- подъем воды скважинным насосом;
- забор воды поверхностным насосом;
- забор воды поверхностным насосом с эжектором.

В то же время существует две распространенные схемы водоснабжения дома из колодца: с помощью накопительного бака или насосной станции. В первом случае используют специальную емкость, в которую с помощью подходящего насоса подают воду.

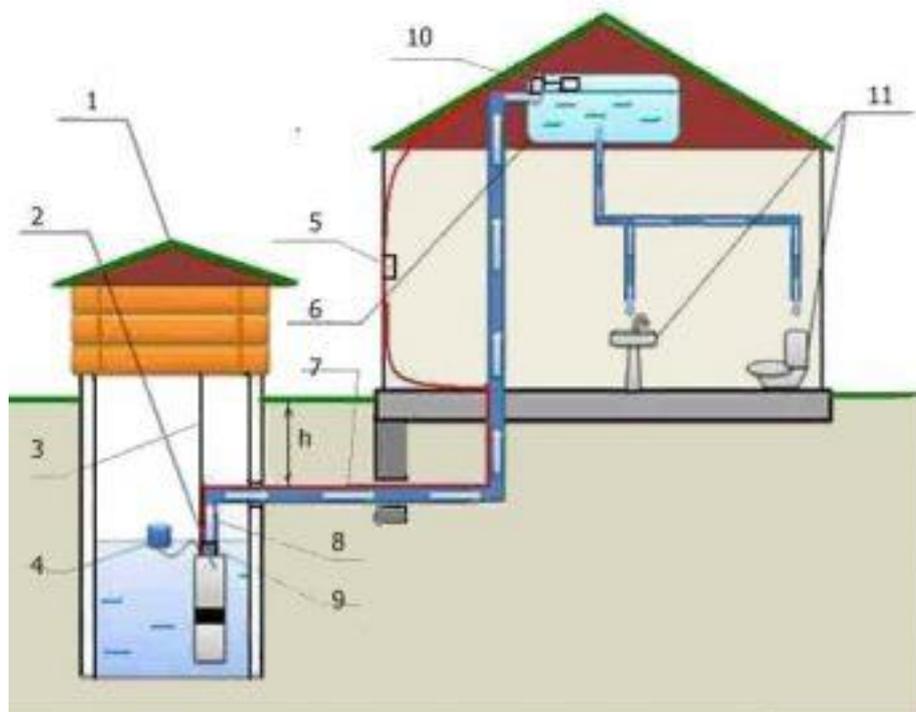
Из накопительного бака вода поступает в водопроводную систему дома. Во втором случае используют насосную станцию с баком-гидроаккумулятором и системой автоматического управления. Оба способа имеют свои преимущества и недостатки, выбор следует делать в зависимости от ситуации.

Предлагается рассмотреть метод подъема воды поверхностным насосом с водораздачей из накопительного бака и с помощью насосной станции.

### **3.2 Система с накопительным баком**

Накопительный бак следует устанавливать как можно выше. Обычно выбирают подходящее место на верхнем этаже или же устанавливают его на чердаке (рисунок 3.1). Если чердак не отапливается, необходимо утеплить накопительный бак, иначе зимой вода в нем может просто замерзнуть.

Чем выше расположен бак, тем больше будет давление в водопроводной сети дома. Кроме бака понадобится насос – погружной или поверхностный.



- |                                                     |                                   |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>1 - колодец;</b>                                 | <b>7 - эл. кабель;</b>            |
| <b>2 - насос;</b>                                   | <b>8 - труба;</b>                 |
| <b>3 - трос;</b>                                    | <b>9 - обратный клапан;</b>       |
| <b>4 - поплавковый выключатель;</b>                 | <b>10 - конечной выключатель;</b> |
| <b>5 - включение насоса;</b>                        | <b>11 - точки разбора воды.</b>   |
| <b>6 - накопительный бак;</b>                       |                                   |
| <b>h - расстояние от трубы до поверхности земли</b> |                                   |

Рисунок 3.1 – Схема водоснабжения с накопительным баком

Однако следует помнить, что такая система обычно обеспечивает минимально допустимые показатели давления. Каждый метр высоты водяного столба даст примерно 0,1 атм. давления в системе.

Насос, с помощью которого бак заполняется водой, можно включать вручную или автоматизировать его работу. В любом случае необходимо предусмотреть монтаж специальной трубки, которая защитит бак от переполнения.

Система с накопительным баком хороша тем, что в доме создается значительный запас воды, которую можно использовать в обычном режиме,

даже если подача электропитания к насосу по каким-то причинам прекращена.

### **3.3 Водоснабжение с насосной станцией**

Насосная станция представляет собой устройство, в котором объединены насос, гидроаккумулятор и автоматическое реле, управляющее работой этого насоса (рисунок 3.2).

Если подавать воду в водопровод непосредственно после забора ее насосом, оборудование будет включаться каждый раз, когда в доме кто-нибудь пользуется водой. Разумеется, в таких условиях любое насосное оборудование вскоре выходит из строя.

При использовании насосной станции устройство включается только для того, чтобы наполнить бак-гидроаккумулятор, когда количество воды в нем достигает минимального уровня. Как только бак заполнен, реле в автоматическом режиме отключает насос. Снова он включится только после того, как бак будет опустошен и т.д.

Насосную станцию можно собрать самостоятельно, но в продаже имеются готовые агрегаты с различными характеристиками и по вполне доступным ценам. Их комплектуют как погружными, так и поверхностными насосами разной мощности.

Следует помнить, что в случае поломки погружного насоса, его придется сначала достать с довольно значительной глубины. А вот с поверхностными моделями возникает другая проблема – они сильно шумят.

Такую насосную станцию лучше всего поставить как можно дальше от дома. Или стоит позаботиться о дополнительной шумоизоляции помещения, если оборудование будет установлено в доме.

Насосная станция – устройство не слишком большое, много место такой агрегат не займет. Но емкость гидроаккумулятора тоже невелика, поэтому при отключении электричества вода почти сразу же перестанет поступать в систему, придется использовать ведро на веревке.

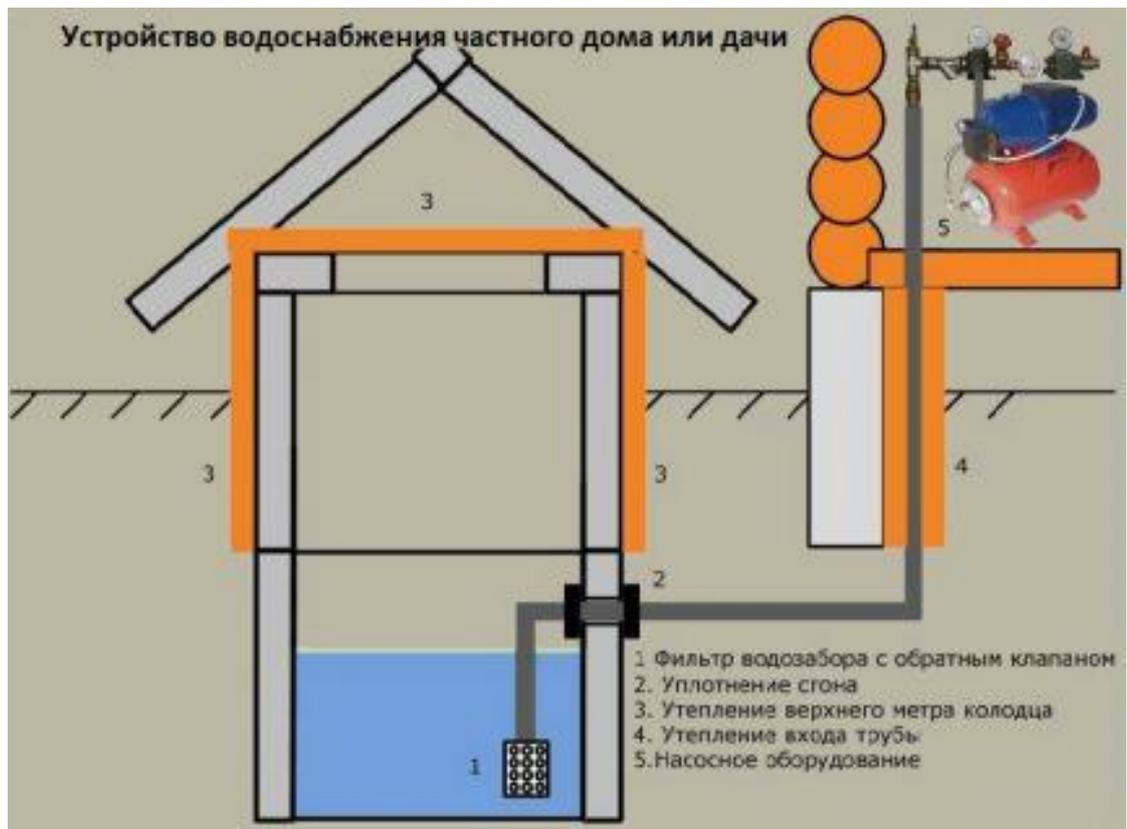


Рисунок 3.2 – Схема водоснабжения с насосной станцией

Выбирая подходящую насосную станцию, следует обращать внимание на мощность оборудования, высоту подачи воды, производительность агрегата, а также объем мембранного бака – гидроаккумулятора (рисунок 3.3). Дополнительно следует убедиться, что агрегат оборудован системами защиты от перегрева и сухого хода.



Рисунок 3.3 – Гидроаккумулятор

В продаже имеются устройства с ручным, автоматическим и даже дистанционным управлением, нужно заранее определиться с собственными пожеланиями в этом отношении.

Для постоянного использования обычно выбирают полностью автоматизированные системы, а вот для дачи, которую используют только в летний период, вполне подойдет недорогое оборудование с ручным управлением.

Мощность и производительность насосной станции определяются потребностью в воде. Так, для небольшой дачи вполне хватит устройства с производительностью 600-1000 л/ч, а вот для частного дома, в котором постоянно проживает семья из четырех человек, имеет смысл выбрать более мощное устройство – 3000-6000 л/ч.

Чем больше объем гидроаккумулятора, тем меньше дискомфорта вызовет отключение электроэнергии, поскольку в воды в системе останется больше. Но такая станция и обойдется дороже, и установить ее будет немного сложнее.

На цену влияет и материал, из которого изготовлен бак. Пластик дешевле, а чугун, отличающийся повышенным сроком эксплуатации, дороже. Наличие защитных систем также заметно сказывается на цене, но отказываться от них и рисковать дорогостоящим оборудованием неразумно.

### **3.4 Разработка универсальной схемы очистки воды**

Предлагается рассмотреть возможность устройства следующих схем водоподготовки воды:

1. колонна с компрессором для напорной аэрация, колонна с фильтром для обезжелезивания, колонна умягчения с ионообменной смолой, солевой бак с раствором NaCl для регенерации умягчителя, напорная установка УФО (рисунок 3.4).

2. колонна с компрессором для напорной аэрация, колонна с фильтром для обезжелезивания, напорная установка УФО (рисунок 3.5).

*Подача воды из колодца*

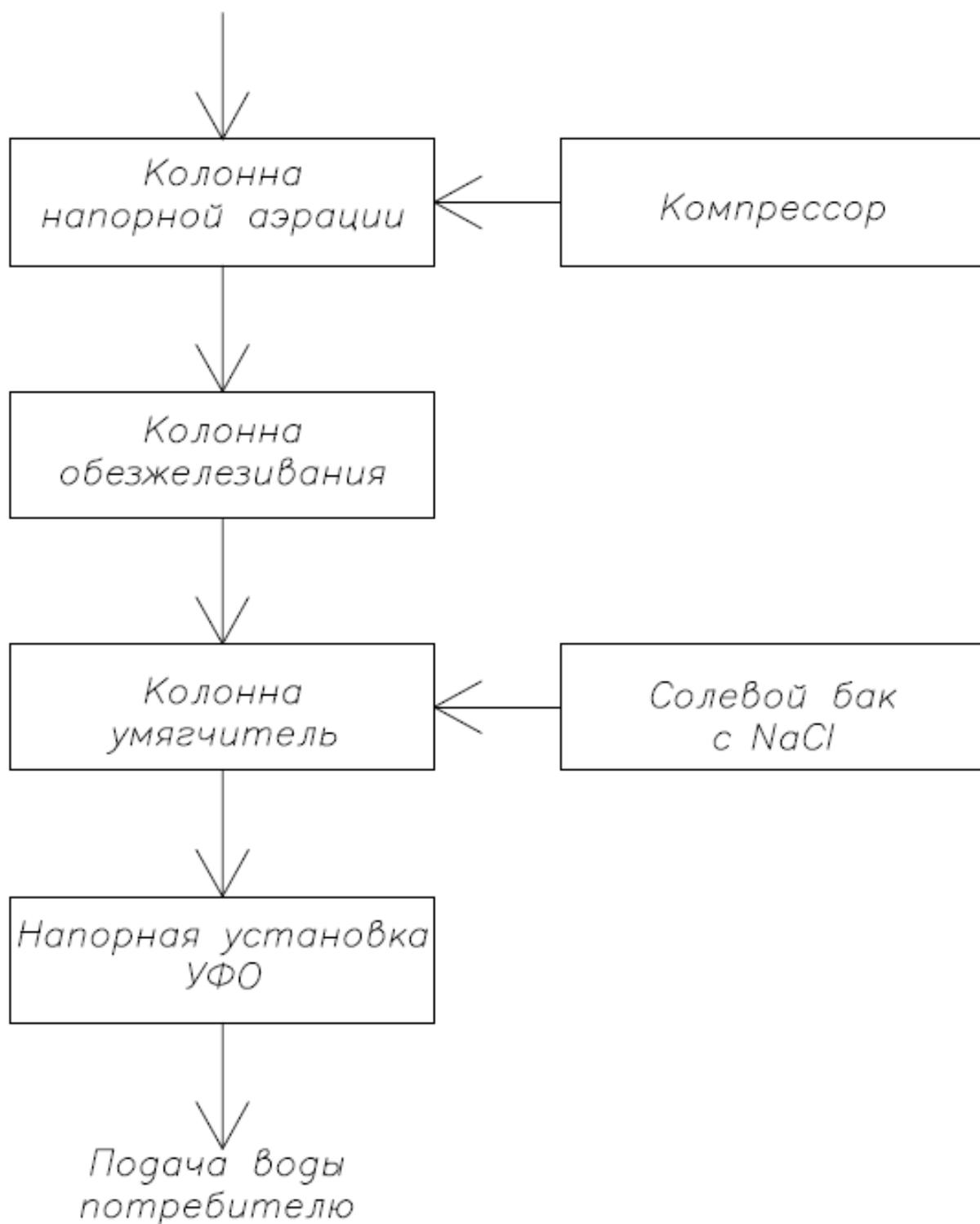


Рисунок 3.4 – Схема воподготовки №1

Подача воды из колодца

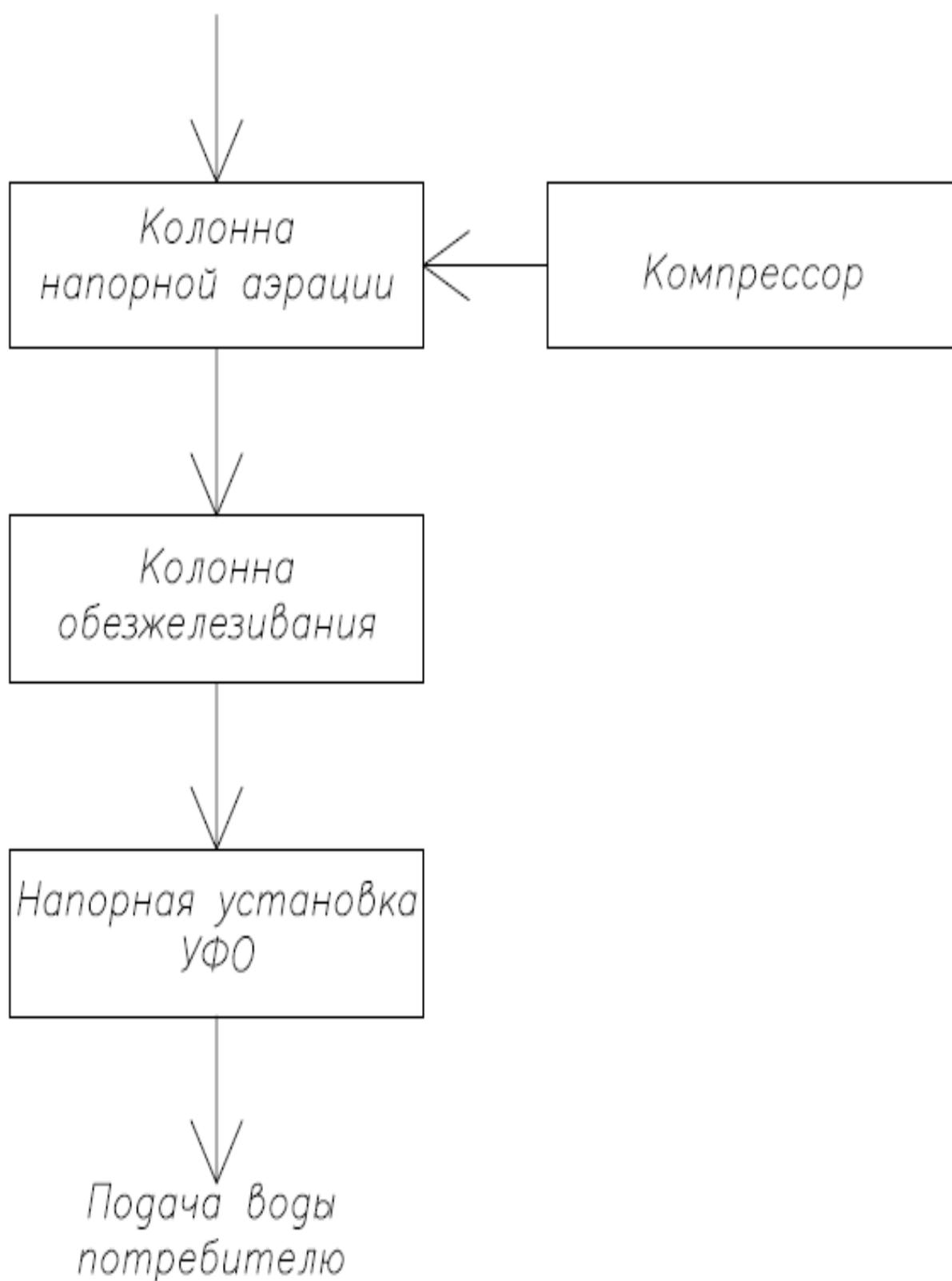


Рисунок 3.5 – Схема водоподготовки №2

### **Описание работы колонны напорной аэрации (рисунок 3.6)**

1. Вода подается в колонну аэрации.
2. Воздух подается в трубу перед колонной аэрации с помощью компрессора, который включается по сигналу реле протока, установленному после обезжелезивателя, когда возникает проток воды (открывают воду в доме).
3. Вода с воздухом устремляются в колонну множеством струй через рассекатель, находящийся в воздушном пузыре.
4. Высота воздушного пузыря регулируется длиной воздухоотводной трубки (20-35 см).
5. Если количество воздуха, поступающего в колонну будет больше, чем расход растворяемого воздуха, тогда лишний воздух будет выходить через автоматический воздухоотводчик на верху колонны.
6. В верхней половине колонны воздух смешивается с водой, пузырьки воздуха всплывают наверх, не достигая дна.
7. Вода насыщенная кислородом забирается из колонны аэрации через самую длинную трубку со дна емкости.
8. Насыщенная растворенным кислородом вода, отделенная от пузырьков направляется дальше по системе очистки воды на фильтр обезжелезивания.



Рисунок 3.6 – Колонна аэрации

## Описание работы колонны обезжелезивания с фильтрующей загрузкой (рисунок 3.7)

1. Вода, насыщенная кислородом, поступает на фильтр обезжелезиватель.
2. Внутри колонны засыпана фильтрующая каталитическая загрузка (1/2, либо 2/3 от высоты колонны).
3. Фильтрация воды происходит сверху вниз, в процессе которой происходит окисление железа. Железо становится твёрдым в виде хлопьев и застревает в верхних слоях сорбента.
4. Очищенная вода идёт дальше.
5. Периодически происходит обратная промывка, во время которой вода поступает через центральную трубку снизу вверх. Загрузка взрыхляется, между частицами образуется свободное пространство, они начинают плавать в потоке и тереться друг о друга. Загрязненная вода с окисленным железом и марганцем по дренажному шлангу сбрасывается в канализацию.
6. После обратной промывки происходит прямая промывка – вода подаётся сверху вниз, уплотняя загрузку, и также через дренажный шланг удаляется в канализацию.
7. Вода поступает в колонну умягчитель.

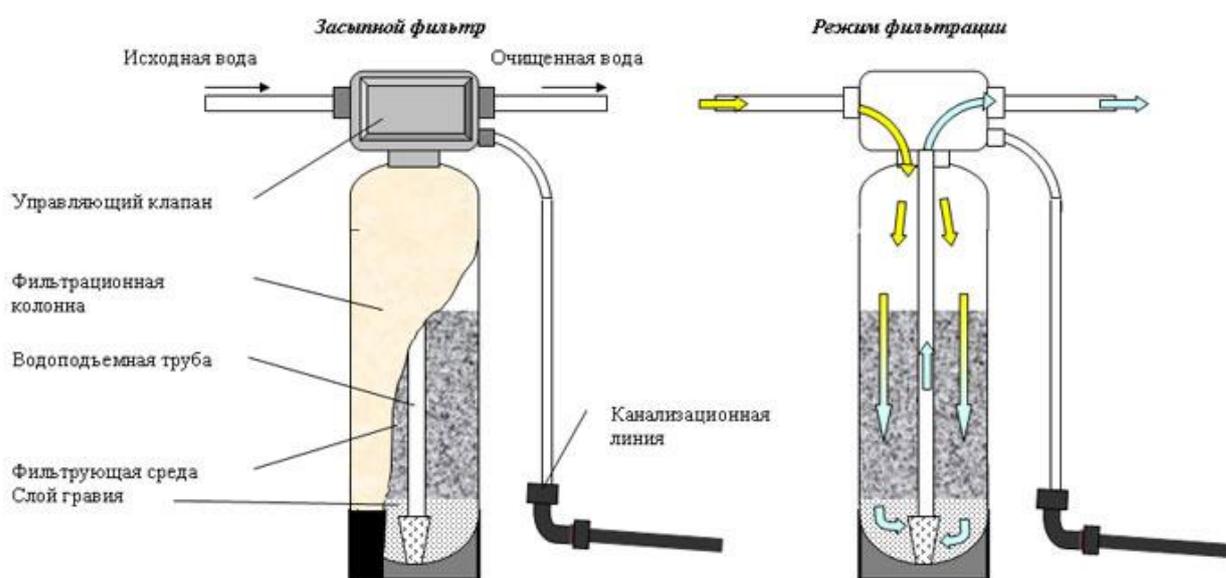


Рисунок 3.7 – Колонна обезжелезивания

### Описание работы колонны умягчителя (рисунок 3.8)

1. Вода поступает в колонну умягчитель.
2. Внутри колонны находится ионообменная смола, гранулы которой покрыты ионами натрия. Ионы натрия при взаимодействии с жесткой водой заменяются на ионы кальция. Ионы кальция поглощаются гранулами, а ионы натрия переходят в воду.
3. Умягченная вода поступает на обеззараживание в напорную лампу УФО.
4. Периодически происходит регенерация - заранее подготовленный раствор  $\text{NaCl}$  поступает из солевого бака в колонну умягчения и просачивается через смолу в течение 40 минут. Происходит обратный процесс, ионы кальция отлипают от смолы, удаляясь через дренаж в канализацию, и заменяются ионами натрия.



Рисунок 3.8 – Колонна с ионообменной смолой

## Описание работы установки ультрафиолетового обеззараживания (рисунок 3.9)

1. Вода поступает в установку с лампами УФ. Для обеззараживания применяют средний ультрафиолет с длиной волн от 200 до 400 нм. Наилучший результат при очистке воды достигается за счет ультрафиолетового излучения с длиной волны от 250 до 270 нм, поэтому чаще всего длина волны равна 260 нм.

2. После обеззараживания вода подаётся потребителю.

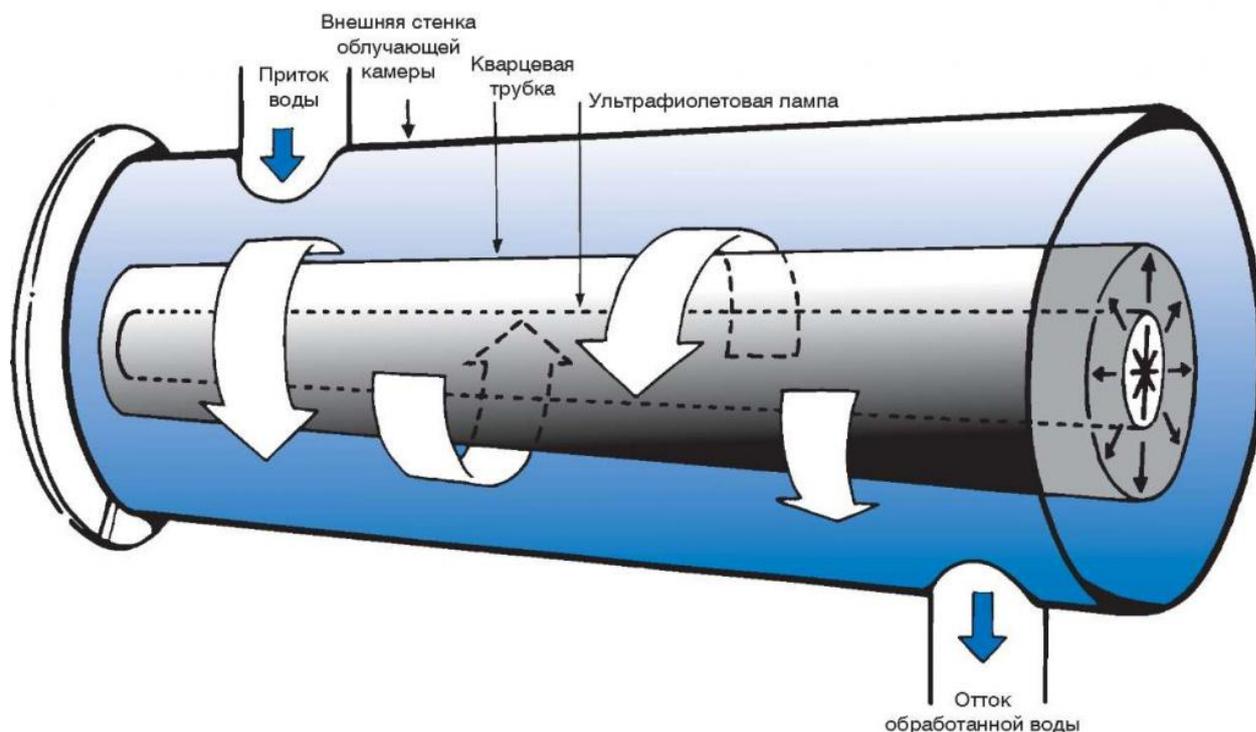


Рисунок 3.9 – установка УФ-обеззараживания

### 3.5 Выводы по главе 3

Один из самых востребованных вариантов организации водопровода в частном доме – использование колодезной воды. По сравнению со скважиной затраты на устройство колодца выглядят вполне умеренными. Да и в эксплуатации это издревле известное сооружение значительно проще.

Перед началом такого масштабного проекта следует оценить его плюсы и минусы. Помимо относительно низких затрат на сооружение, стоит

отметить возможность использовать колодец даже при отключениях электроэнергии, просто набирая воду ведром.

Но не стоит оставлять без внимания и некоторые проблемы, связанные с водоснабжением из колодца. Вода в верхнем горизонте редко бывает высокого качества, что неизменно скажется на работе оборудования. Для технических нужд она вполне приемлема, но для питья и приготовления пищи обычно не пригодна.

Колодец нуждается в регулярной чистке, которую следует проводить один-два раза в год. Чтобы повысить качество колодезной воды, рекомендуется установить систему надежных фильтров.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Шахтные колодцы — востребованные и надежные водозаборные сооружения. Они помогают освоить грунтовые воды с глубины до 30 метров. Они могут использоваться как для садовых и бытовых целей, так и для питьевого снабжения нескольких домов. Дебит воды (производительность колодца) составляет от 0,5 до 3 м<sup>3</sup>/ч. Они доступны для чистки, изолированы от поверхностных ливневых стоков, просты в эксплуатации, легко ремонтируются. Воду из них можно забирать с помощью ведер и электронасосов, устанавливаемых на поверхности или опускаемых в колодцы.

Недостаток шахтных колодцев — эксплуатация только грунтовой воды, качество которой не всегда отвечает санитарно-гигиеническим нормам питьевой воды. В шахтных колодцах при малой интенсивности водоотбора вода часто застаивается, приобретает затхлый запах. В открытый ствол колодца могут попадать посторонние предметы и он может загрязняться. Но во всех случаях колодец обеспечивает полив и технические нужды хозяйства, а также служит надежным источником при пожаротушении.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гигиенические требования к устройству шахтных колодцев [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://turboreferat.ru/medicine/gigienicheskie-trebovaniya-k-ustrojstvu-shahtnyh/56704-290989-page1.html> (дата обращения: 20.12.17).
2. Как сделать колодец на дача своими руками [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://psk-remont.ru/2017/11/24/как-сделать-колодец-на-даче-своими-рук/> (дата обращения: 20.12.17).
3. ПОСОБИЕ к СНИП 2.04.02-84 ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАБОРА ПОДЗЕМНЫХ ВОД [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850581.htm> (дата обращения: 20.12.17).
4. Строительство колодца с деревянной шахтой [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.stroymens.ru/783/строительство-колодца-с-деревянной-шахтой> (дата обращения: 20.12.17).
5. Что такое шахтный колодец [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://jsnip.ru/vodosnabzheniya/shaxtnyj-kolodec.html> (дата обращения: 20.12.17).
6. Донный фильтр для колодца [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://sovet-ingenera.com/vodosnab/kolod-skvazh/filtr-dlya-kolodca.html> (дата обращения: 20.12.17).
7. Технологический процесс кладки колодцев из кирпича [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://fb.ru/article/334767/tehnologicheskij-protsess-kladki-kolodtsev-iz-kirpicha> (дата обращения: 20.12.17).
8. Устройство колодца из бетонных колец [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://masterabetona.ru/montazh/103-ustrojstvo-kolodca-iz-betonnyh-kolec> (дата обращения: 20.12.17).

9. Что такое шахтный колодец [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://jsnip.ru/vodosnabzheniya/shaxtnyj-kolodec.html> (дата обращения: 20.12.18).
10. Как построить колодец из бетонных колец [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dachadizain.ru/voda/kolodcy/kak-postroit-kolodec-iz-betonnyh-kolec.html> (дата обращения: 20.12.18) .
11. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84 (с Изменениями N 1, 2, 3) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293801/4293801307.htm> (дата обращения: 20.12.18).
12. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294845/4294845719.htm> (дата обращения: 20.12.18).
13. СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения" (с изменениями на 2 апреля 2018 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Data1/9/9742/> (дата обращения: 20.12.18).
14. ГОСТ 2874-82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294848/4294848348.htm> (дата обращения: 20.12.18).
15. Как смягчить воду из скважины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://rusbyr.ru/kak-smyagchit-vodu-iz-skvazhiny.html> (дата обращения: 20.12.18).

16. Фильтры для умягчения воды из скважины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vodakanazer.ru/vodosnabzhenie/skvazhiny/filtry-dlya-umyagcheniya-vody-iz-skvazhiny.html> (дата обращения: 20.12.18).
17. Шахтные колодцы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gardenweb.ru/shakhtnye-kolodtsy> (дата обращения: 20.06.19).
18. УФ-обеззараживание воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://biokit.ru/video-instructions/uf-obezzarazhivanie-vody/> (дата обращения: 20.06.19).
19. УФ-установка обеззараживания воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.uv-systems.ru/cleanwater/clearwater> (дата обращения: 20.06.19).
20. Принцип работы установки умягчения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://aquagrad74.ru/оборудование-для-водоочистки/установки-умягчения-комплектные/принцип-работы-установки-умягчения/> (дата обращения: 20.06.19).
21. Напорная аэрация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ochistkavodi.ru/oborudovanie-vodoochistki-2/aeraciya/aeraciya.html> (дата обращения: 20.06.19).
22. Фильтр для обеззараживания воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://enkomws.ru/catalog/filtr-dlya-obezzhelozivaniya-vody-iz-skvazhiny-uo-runxin/> (дата обращения: 20.06.19).
23. Фильтр для обезжелезивания воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://filteru.ru/filtr-dlja-obezzhelozivaniya-vody/> (дата обращения: 20.06.19).
24. Фильтры насыпного типа [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://test.tireland.com.ua/rus/nportal/view/227> (дата обращения: 20.06.19).
25. Колодцы и скважины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://7dach.ru/NatashaPetrova/kolodcy-i-skvazhiny-kakie-byvayut-vodonosnye-sloi-96760.html> (дата обращения: 20.06.19).

26. Мембранная система очистки воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.bwt.ru/useful-info/1024/> (дата обращения: 20.06.19).
27. История эволюции колодцев [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.kopkakolodcev.ru/istoriya-kolodcev.html> (дата обращения: 20.06.19).
28. История колодцев [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ecostroy69.ru/istoria-kolodcev.html> (дата обращения: 20.06.19).
29. История колодцев [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.kopkakolodcev.ru/istoriya-kolodcev.html> (дата обращения: 20.06.19).
30. СанПиН 2.1.4.544-96 Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1400015> (дата обращения: 20.06.19).
31. Проходка шахтных колодцев [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://students-library.com/library/read/81657-prohodka-shahtnyh-kolodcev> (дата обращения: 27.06.19).
32. Строительство колодцев [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://kolodetsoved.ru/kolodtsi/stroitelstvo-kolodtsev-shahtnyj-kolodets-svoimi-rukami.html> (дата обращения 27.06.19).
33. Dug wells [Electronic resource]. - URL <https://sswm.info/water-nutrient-cycle/water-sources/hardwares/groundwater-sources/dug-wells> (date of access: 27.06.19).
34. Best Practices for Dug Wells [Electronic resource]. – URL [https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/air-land-water/water/water-wells/bc\\_gov\\_dugwell\\_brochure.pdf](https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/air-land-water/water/water-wells/bc_gov_dugwell_brochure.pdf) (date of access: 27.06.19).
35. Hand dug wells and other manual methods to dig a well have been in existence for thousands of years [Electronic resource]. – URL <http://www.clean-water-for-laymen.com/hand-dug-wells.html> (date of access: 27.06.19).
36. How to easily dig a well on your property [Electronic resource]. – URL <https://www.survivalsullivan.com/how-to-dig-a-well/> (date of access: 27.06.19).

37. Desinfection of bored of dug wells after an emergency [Electronic resource].  
- URL <https://www.survivalsullivan.com/how-to-dig-a-well/> (date of access: 27.06.19).
38. Ground-water wells [Electronic resource]. - URL <http://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/water/groundwater-wells/informationfor-property-owners> (date of access: 27.06.19).
39. Laws rules [Electronic resource]. - URL <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/water/laws-rules> (date of access: 27.06.19).
40. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://booksee.org/book/631805> (дата обращения: 20.06.19).
41. Фильтры для умягчения воды из скважины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vodakanazer.ru/vodosnabzhenie/skvazhiny/filtry-dlya-umyagcheniya-vody-iz-skvazhiny.html> (дата обращения: 20.12.18).
42. Колодцы. Долин В.Н. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://modernlib.net/books/dolin\\_v\\_n/kolodci/read\\_1/](http://modernlib.net/books/dolin_v_n/kolodci/read_1/) (дата обращения: 20.12.18).