

ВОДОСНАБЖЕНИЕ. ЧАСТЬ 2. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Глава 2.1. Виды источников водоснабжения

Подземные источники

Подземные воды подразделяются на: верховодку, грунтовые, артезианские, шахтные воды.

В северных районах страны подземные воды встречаются в виде: надмерзлотных, межмерзлотных и подмерзлотных.

Запасы подземных вод различают: естественные и эксплуатационные.

Естественные запасы – это объемы воды, заключенные в порах и трещинах горных пород (статические и упругие запасы) и расходы вод, протекающих через рассматриваемое сечение (створ) водоносного пласта (динамические запасы).

Эксплуатационные запасы определяют практические возможности отбора подземных вод и характеризуют собой количество воды, которое может быть получено из пласта рациональными в технико-экономическом отношении водозаборными сооружениями при заданном режиме эксплуатации и качестве воды, удовлетворяющем требованиям потребителей в течение расчетного срока водопотребления.

Поверхностные источники

Водотоки – реки, каналы

Водоемы – озера, моря, океаны

Ледники

Условия залегания подземных вод

По условиям залегания (рис. 1) различают два основных типа подзем вод – безнапорные и напорные. Горизонты безнапорных вод не имеют сплошного непроницаемого покрытия. Воды первого от поверхности сплошного водоносного горизонта называются **грунтовыми**. Линзообразные скопления воды на водоупорах или слабопроницаемых слоях имеющие локальные распространение, образуют **верховодку**, которая расположена над грунтовыми водами.

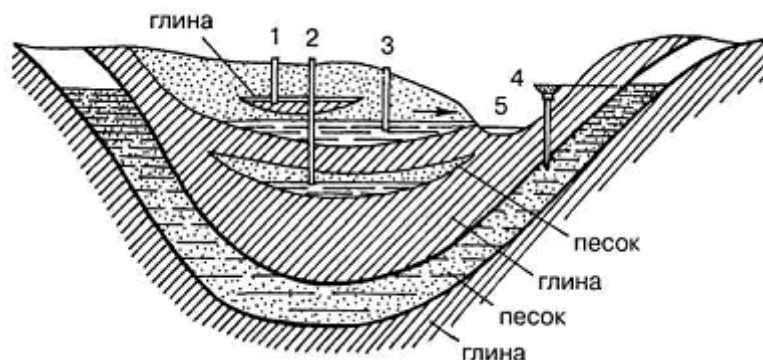


Рис. 2.1. Схема залегания подземных вод:

1 – верховодка; 2 – межпластовые безнапорные воды; 3 – грунтовые воды; 4 – межпластовые напорные воды; 5 – поверхностный водоем

Грунтовые воды – это, как правило, воды безнапорные, залегают они обычно на небольшой глубине и поэтому подвергаются воздействию гидрометеорологических факторов. В зависимости от сезона, количества осадков и температуры изменяются как уровень грунтовых вод, так и их химический состав. Питание грунтовых вод происходит посредством инфильтрации атмосферных осадков и речных вод, а в некоторых случаях за счет поступления напорных вод из нижележащих горизонтов. Вследствие неглубокого залегания и отсутствия водоупорных покрытий грунтовые воды могут легко подвергаться загрязнению.

Напорные воды заключены между водонепроницаемыми слоями. В буровой скважине, вскрывшей напорный водоносный горизонт, вода поднимается выше кровли этого горизонта. Если напорный (пьезометрический) уровень расположен над поверхностью земли, то скважина фонтанирует. Поэтому для получения самоизливающей воды скважины необходимо бурить на участках с пониженным рельефом. Проницаемый пласт, ограниченный двумя водоупорами, может быть заполнен водой не полностью. При этом образуются полупнапорные или безнапорные межпластовые воды. Напорные воды зачастую называют **артезианскими**, независимо от того, изливаются эти воды на поверхность или нет.

Водоносный горизонт является напорным, если он имеет область питания, расположенную на более высоких отметках, чем водоупорная кровля этого горизонта.

Артезианские воды залегают обычно на более или менее значительной глубине. От поверхности они изолированы водоупорными слоями и поэтому менее подвержены загрязнению, чем грунтовые воды.

Оценивая возможность использования подземных вод, определяют их естественные и эксплуатационные запасы.

При эксплуатации водоносного горизонта нарушается естественный режим и баланс подземных вод, вследствие чего в области отбора воды возникает зона

пониженного давления и создаются благоприятные условия для перетока воды из смежных водоносных пластов.

Вопросы для самопроверки к главе 2.1:

1. Виды источников водоснабжения
2. Классификация подземных вод
3. Напорные и безнапорные воды

Глава 2.2. Виды водозаборов подземных вод. Условия их применения

Водозаборы подземных вод состоят как из отдельных сооружений (каптажных) для получения подземных вод, так и из их системы (водозаборов). Краткая характеристика и классификация водозаборов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Краткая характеристика и примерная область применения водозаборных сооружений из подземных источников

Виды сооружений	Область применения	Краткая характеристика
Водозаборные скважины	Для забора воды из напорных и безнапорных водоносных пластов, залегающих на глубине более 15 - 50 м от поверхности земли	Вертикальная выработка диаметром от 50 до 600 мм и более, глубиной до 500 м и более
Шахтные колодцы	Для забора воды из маломощных пластов, залегающих на глубинах до 40 м от поверхности земли	Вертикальная выработка диаметром до 1 – 2 м и глубиной до 30 – 40 м
Горизонтальные водосборы	Для забора воды из маломощных пластов, залегающих на глубине 6 - 8 м от поверхности земли, вблизи водотоков и водоемов	Горизонтальные дырчатые водосборные трубы или галереи, оборудованные гравийным фильтром; через 30 – 50 м на них установлены смотровые колоды
Лучевые водозаборы	Для забора воды из маломощных (до 10 м) водоносных пластов, залегающих на глубинах до 15 – 20 м от поверхности земли в песчано-галечниковых отложениях с содержанием валунов менее 10%, а 60%	Шахта, в нижней части которой в водоносные пласты вдавлены горизонтальные скважины, оборудованные фильтрующей поверхностью из сеток

	фракций в грунте должно быть менее 70 мм	или зернистых обсыпок
Каптажи родниковых вод	Применяются при наличии концентрированного выхода подземных вод на поверхность земли	Каменные или бетонные камеры с водоприемными отверстиями с гравийным фильтром, оборудованные водоотводными трубами

Забор подземных вод с помощью буровых скважин является наиболее распространенным способом в практике водоснабжения. Он используется в широком диапазоне глубин залегания подземных вод. Вода из водозаборов по сборным водоводам транспортируется до резервуаров либо до магистральных водоводов. Водоводы могут также объединяться с внутримплощадочной сетью водопровода; по гидравлическому режиму они могут быть напорными, самотечными и самотечно-напорными. В схемах сифонного водозабора используются водоводы особого вида – сифонные сборные. Схемы сборных водоводов в плане весьма разнообразны (линейные, тупиковые, кольцевые, парные).

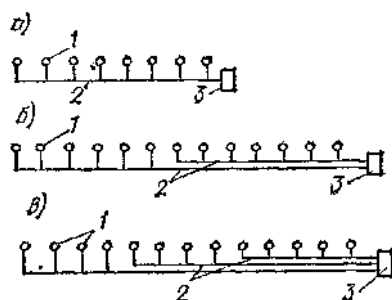


Рис. 2.2. Схемы линейных сборных водоводов при линейном расположении водозаборных сооружений и концевом расположении сборного узла
а – в одну нитку; б – в две нитки; в – в три нитки; 1 – водозаборы; 2 – сборные водоводы; 3 – сборный узел

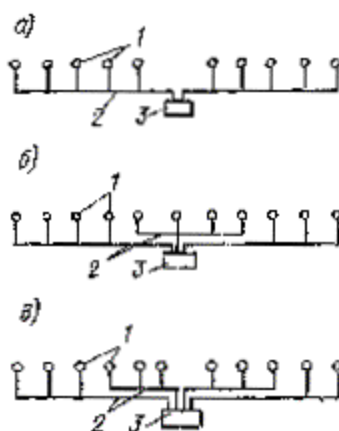


Рис. 2.3. Схемы линейных сборных водоводов при линейном расположении водозаборных сооружений и центральном расположении сборного узла

а – в две нитки; б – в три нитки; в – в четыре нитки 1 – водозаборы; 2 – сборные водоводы; 3 – сборный узел

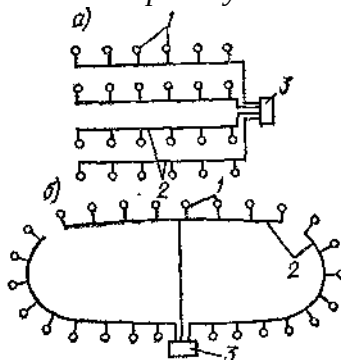


Рис. 2.4. Схемы линейных (тупиковых) сборных водоводов при площадном (а) и кольцевом (б) расположении водозаборов

1 – водозаборы; 2 – сборные водоводы; 3 – сборный узел

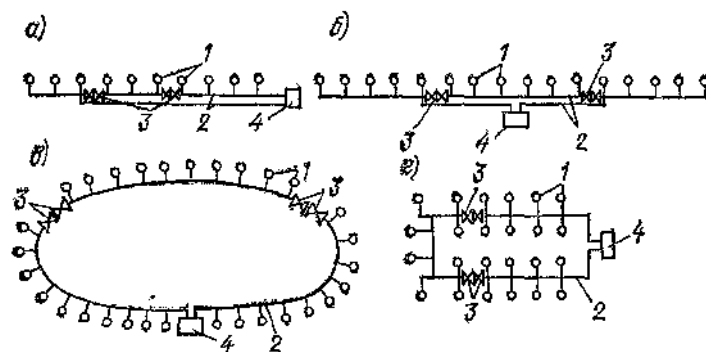


Рис. 2.5 Схемы кольцевых сборных водоводов

а – при линейном расположении водозаборных сооружений и концевом расположении сборного узла; б – при линейном расположении водозаборных сооружений и центральном расположении сборного узла; в – при кольцевом расположении водозаборных сооружений; г – при площадном расположении водозаборных сооружений; 1 – водозаборы; 2 – сборные водоводы; 3 – задвижки; 4 – сборный узел

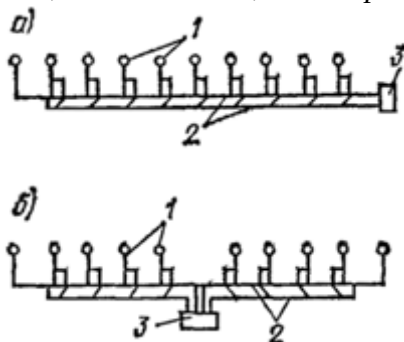


Рис. 2.6. Схемы парных сборных водоводов

а – при концевом расположении сборного узла; б – при центральном расположении сборного узла; 1 – водозаборы; 2 – сборные водоводы; 3 – сборный узел

Схема транспортирования воды зависит от способа ее получения. Наибольшее распространение получили напорные сборные водоводы, что вызвано использованием скважинных систем, оборудованных погружными насосами. Самотечные системы сборных водоводов применяются при заборе воды из каптажей, самоизливающихся скважин, а также из скважин, оборудованных насосными установками или эрлифтами.

Глава 2.3. Водозаборные скважины

Водозаборная скважина в соответствии с требованиями бурения (рис. 2.7) имеет телескопическую конструкцию. Самая нижняя часть скважины служит отстойником. Над отстойником находится водоприемная часть скважины – фильтр, через который вода из водоносного пласта попадает в ее рабочую зону. Выше водоприемной части скважины располагаются колонны эксплуатационных и обсадных труб, которые, с одной стороны, удерживают стенки скважины от обрушения, а с другой – служат для размещения в них водоподъемных труб и насосов. Над эксплуатационной колонной находится кондуктор, который задает направление проходящей через него трубе при бурении. Вокруг кондуктора устраивается цементный или глиняный замок, защищающий водоносный горизонт от загрязнений, попадающих с поверхности через затрубное пространство обсадных труб. Верхняя часть скважин называется устьем или оголовком. Оголовок в зависимости от заглубления может располагаться как в павильоне, так и в колодце, где находится механическое и электрическое оборудование.

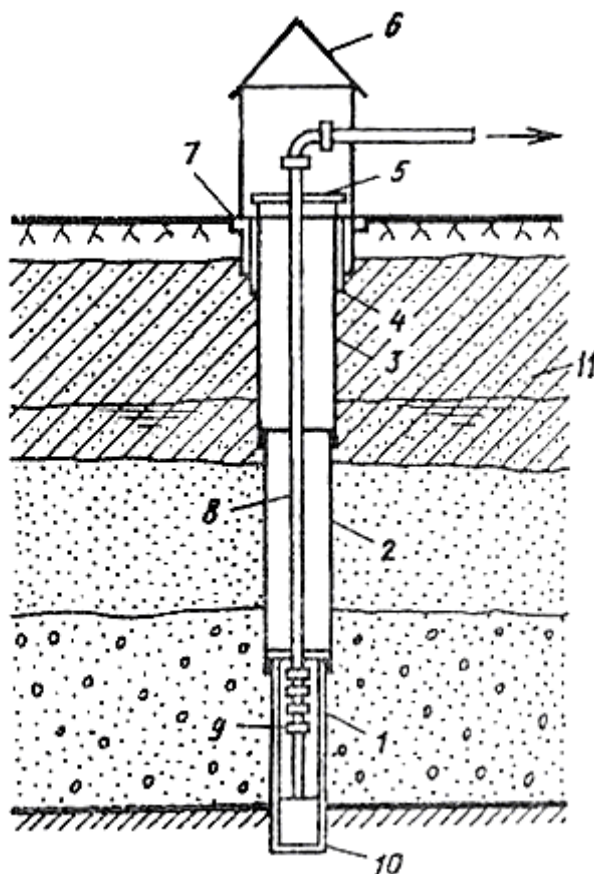


Рис. 2.7. Водозаборная скважина:

1 – фильтр скважины; 2 – эксплуатационная колонна; 3 – колонна обсадных труб; 4 – кондуктор; 5 – устье скважины (оголовок); 6 – павильон; 7 – цементный или глиняный замок; 8 – водоподъемные трубы; 9 – погружной насос; 10 – отстойник; 11 – статический уровень воды

В практике сооружения скважин на воду получили распространения следующие способы бурения (см. табл. 2): вращательный с прямой промывкой, вращательный с обратной промывкой, вращательный с продувкой воздухом, ударно-канатный, реактивно-турбинный и комбинированный.

Таблица 2

Способ бурения	Условия применения
Ударно-канатный	В рыхлых и скальных породах при глубине скважин до 150 м
Роторный с прямой промывкой	1. В рыхлых и скальных породах при любой глубине скважин с начальным диаметром до 500 мм на горизонты подземных вод, обладающие большими напорами, с промывкой глинистым или водогипановым раствором. 2. В скальных породах на ненапорные водоносные горизонты при условии применения в качестве промывной жидкости чистой воды
Комбинированный (ударно-канатный и роторный с прямой промывкой)	При глубине скважин более 150 м на ненапорные или слабонапорные водоносные горизонты, представленные рыхлыми отложениями. До кровли водоносного горизонта – роторный с глинистым раствором; по водоносному горизонту – ударно-канатный
Роторный с обратной промывкой	В породах I-IV категорий с содержанием в рыхлых и связных отложениях при глубине скважин до 200 м
Колонковый	В скальных породах диаметром до 150 – 200 мм при глубине бурения до 150 м
Реактивно-турбинный	При больших глубинах (500-1000 м и более) и больших диаметрах скважин

При вращательном способе бурения скважин следует предусматривать промывку, при этом:

а) **при прямой промывке забоя** в скальных и полускальных породах применять чистую воду, а в песчаных породах – безглинистые промывочные жидкости, например водогипановый раствор. Глинистый раствор допускается применять при бурении по напорному водоносному горизонту и по непродуктивным интервалам. Параметры промывочной жидкости надлежит подбирать с учетом гидрогеологических условий проходимых пород.

б) **при обратной промывке забоя** буровую установку необходимо обеспечивать водой на весь период бурения в количестве, определяемом мощностью и проницаемостью проходимых пород. Разность отметок между установившимся уровнем воды в скважине и поверхностью земли должна быть не менее 3 м. При залегании уровня воды на глубине менее 3 м от поверхности земли проходку скважин следует осуществлять буровыми станками с поднимающимся ротором и выводом кондуктора выше поверхности земли, чтобы обеспечить необходимое превышение полного гидростатического давления столба в скважине над пластовым.

Простейшая схема конструкции буровой скважины приведена на рис. 2.8. Скважина крепится обсадными трубами 1. Труба опускается до верха границы залегания водоносных пород 6. В обсадную трубу опускается труба меньшего диаметра 2, которая заглубляется в подстилающий водонепроницаемый слой. Затем в трубу 2 при помощи штанги со специальным замком 4 опускается фильтр 3, после чего труба 2 удаляется, зазор 5 между стенками фильтровой и обсадной труб герметизируется. При большой глубине скважины (в зависимости от способа бурения) достичь требуемой отметки обсадной трубой одного диаметра не удастся. В этом случае в обсадную трубу диаметром D_1 (рис. 2.8а), достигшую глубины h_1 , опускается другая труба меньшего диаметра D_2 , которая заглубляется на глубину h_2 . Заглубление трубы определяют исходя из сопротивления пород ее продвижению и технологических соображений. Путь, пройденный колонной обсадных труб одного диаметра, называется выходом колонны. Дальнейшее углубление скважины достигается с помощью обсадных труб меньшего диаметра D_3 и т.д. Разница между диаметрами предыдущей и последующей колонн обсадных труб должна быть не менее 50 мм. Выход колонны зависит от гранулометрического состава породы и способа бурения. При ударно-канатном способе он составляет 30 – 50 м и лишь для устойчивых пород может достичь 70 – 100 м.

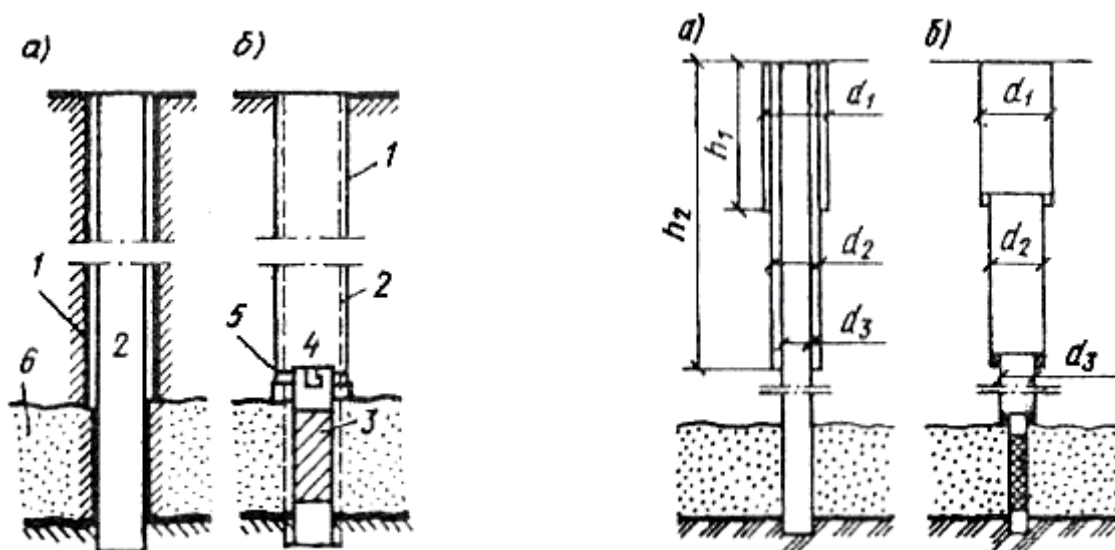


Рис. 2.8. Схема буровой скважины при малых и больших глубинах

Верхний обрез обсадной трубы, остающейся в скважине, должен находиться выше башмака предыдущей колонны не менее чем на 3 м. Кольцевой зазор между оставшейся частью колонны вырезанных труб и предыдущей колонной обсадных труб цементируют, либо заделывают, устраивая сальник.

При прохождении скважиной двух водоносных горизонтов первый верхний, который не эксплуатируется, необходимо перекрыть глухой колонной, при этом она должна быть заглублена в водоупор. Для крепления скважин применяют обсадные стальные муфтовые и электросварные трубы, для скважин глубиной до 250 м – иногда неметаллические трубы.

Для подъема воды из скважин используют **насосы**. Насосы типа ЭЦВ применяют для оборудования скважин глубиной 10 – 700 м и более. Они могут работать в искривленных скважинах при разнообразных гидрогеологических условиях. Насосные установки с трансмиссионным валом применяют для скважин глубиной до 120 м, они могут работать только в вертикальных скважинах. Воду при расчетном динамическом уроне не более 5-6 м от поверхности земли можно забирать горизонтальными насосами. Для подъема воды из скважин используют эрлифты, позволяющие поднимать воду из искривленных скважин, а также воду, содержащую механические примеси в количествах, превышающих пределы, установленные для насосов других типов.

Над устьем водозаборных скважин строят **павильоны** для размещения оголовка скважины, электродвигателя, горизонтального центробежного насоса, приборов пусковой и контрольно-измерительной аппаратуры и приборов автоматики. Кроме того, в них располагают части напорного трубопровода, оборудованного запорно-регулирующей арматурой, вантузом, пробоотборным краном. Каждую скважину оборудуют расходомером.

Павильоны над скважинами могут быть подземного и наземного типа. Подземные павильоны строят обычно в сухих грунтах, для сокращения строительных объемов их выполняют двухкамерными, в виде водопроводных колодцев.

Если водозаборные скважины располагаются в местах, затапливаемых паводковыми водами пойменных рек, то павильон строят на подсыпке или под защитой дамб обвалования высотой, превышающей максимальный паводковый горизонт.

Фильтры во многом определяют надежность работы водозаборного сооружения, так как должны обеспечивать свободный доступ воды в скважину, устойчивую работу скважин в течение длительного времени, защищать от пескования при минимальных гидравлических потерях, а в случае кольматации его поверхности допускать возможность проведения восстановительных мероприятий. Кроме того, они должны обладать устойчивостью против химической и электрохимической коррозии.

Основные потери напора в фильтре приходятся на водоприемную поверхность (каркас) и гравийную обсыпку (водовмещающую породу). Фильтры можно классифицировать так, как показано на рис. 2.9.

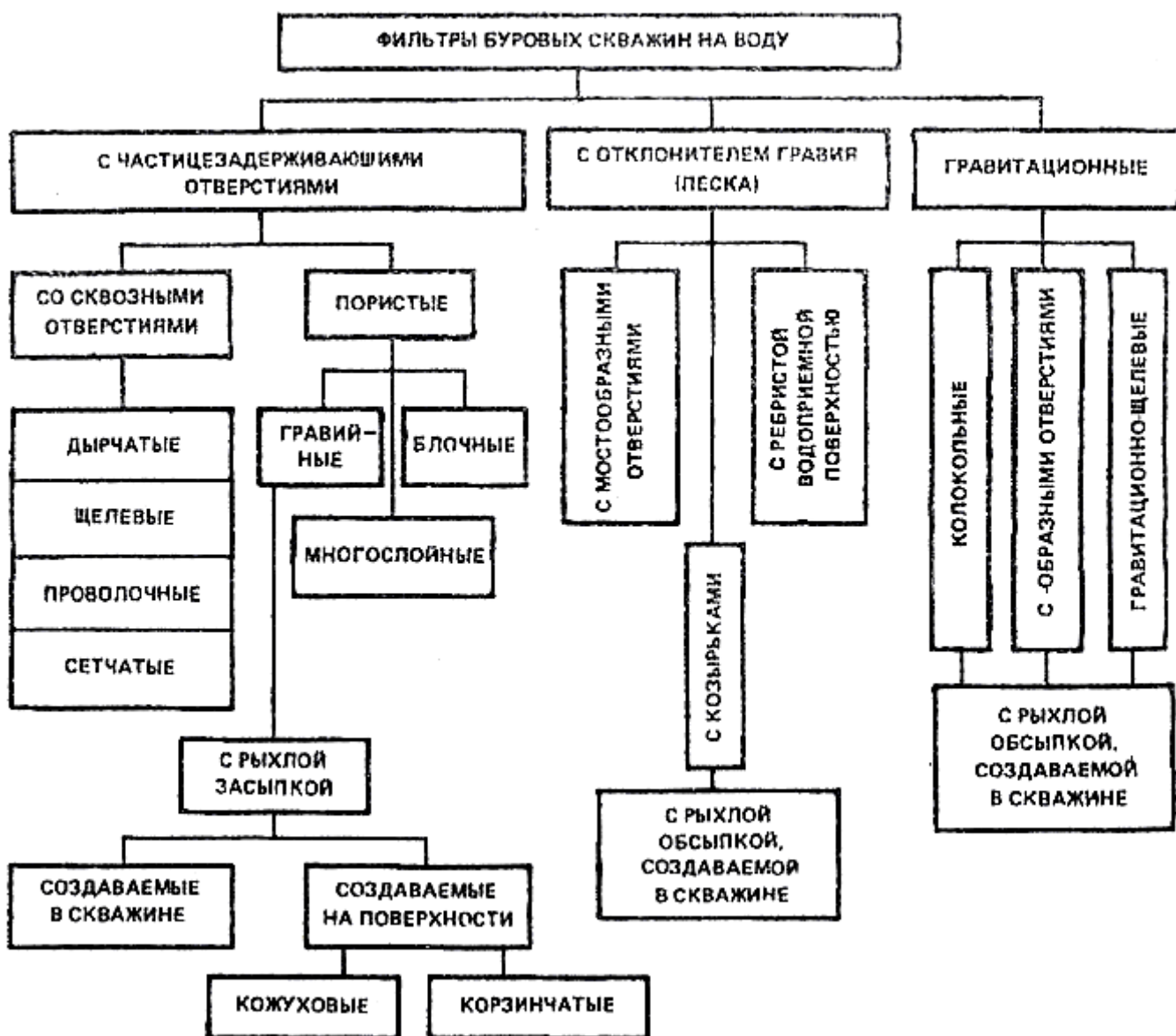


Рис. 2.9. Классификация фильтров водозаборных скважин

Фильтр состоит из рабочей (водоприемной) части, надфильтровых труб и отстойника. Длина надфильтровых труб зависит от конструкции скважины. Если фильтр располагается на колонне, то надфильтровые трубы являются ее продолжением. При меньшем диаметре надфильтровые трубы входят внутрь эксплуатационной колонны не менее чем на 3 м при глубине скважины до 50 м и не менее чем на 5 м при большей глубине. В зазор, образовавшийся между ними, устанавливается сальник из резины, пеньки, цемента и др. При определенных условиях роль сальника выполняет слой гравия, засыпанного между эксплуатационной колонной и фильтром. Высота отстойников в фильтрах, как правило, принимается равной 0,5 – 2 м.

Наибольшее распространение нашли частицесодержащие фильтры, которые включают фильтры каркасы и фильтры с дополнительной водоприемной поверхностью. Основными элементами фильтра являются опорный каркас и водоприемная поверхность. Каркас обеспечивает

необходимую механическую прочность и служит поддерживающей конструкцией для фильтрующей поверхности. Различают следующие типы каркасов: стержневые, трубчатые с круглой и щелевой перфорацией, штампованные из стального листа. В качестве фильтрующей поверхности применяют проволочную обмотку, штампованный лист, штампованный лист с одно- или двухслойной песчано-гравийной обсыпкой, сетки квадратного и галунного плетения. При заборе небольших количеств воды могут применяться фильтры из пористого бетона (так называемые пористые). Конструкции фильтров приведены на рис. 2.10.

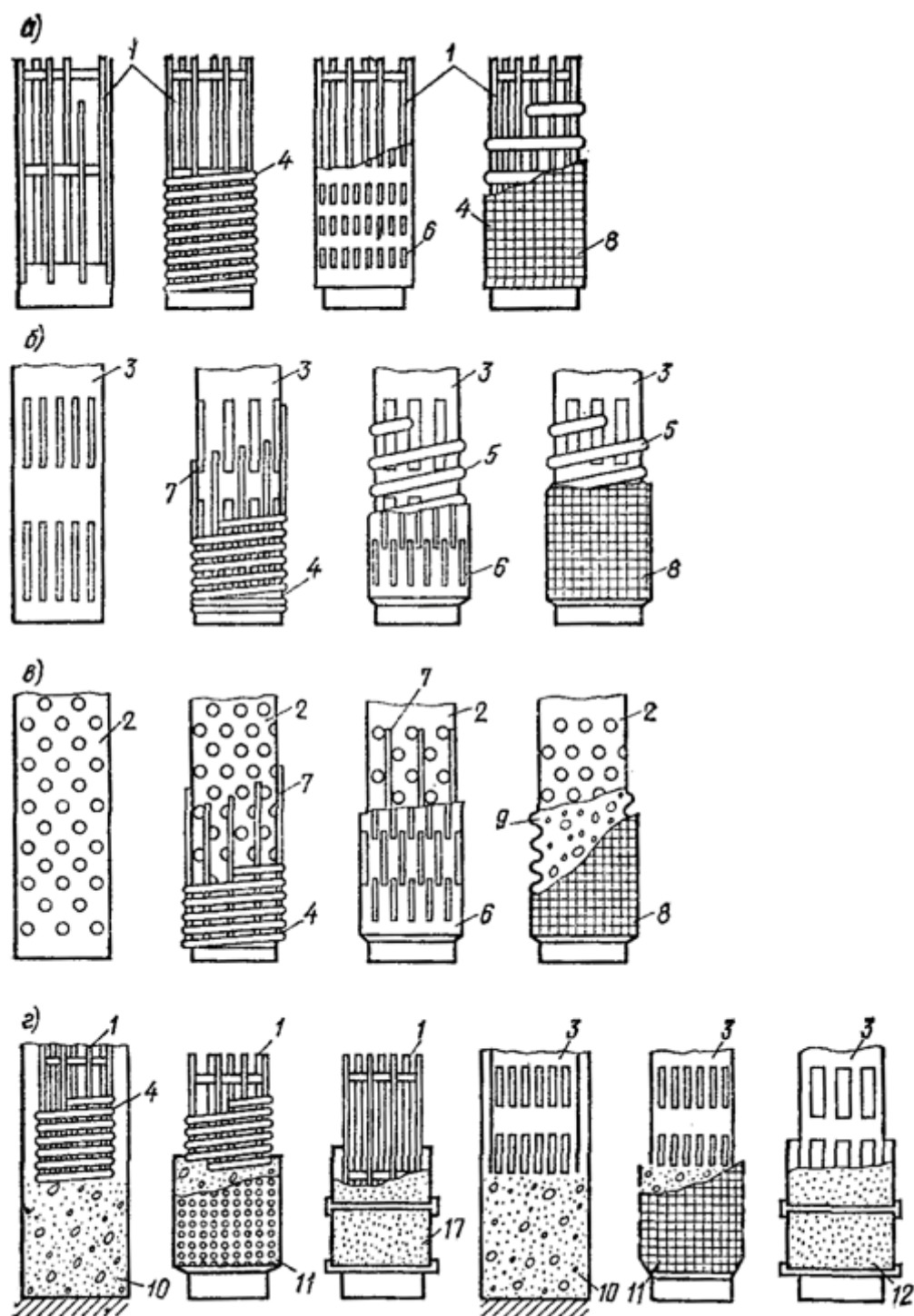


Рис. 2.10. Основные схемы конструкций фильтров водозаборных скважин:

а – на основе стержневых каркасов; б – на основе трубчатых каркасов со щелевой перфорацией; в – на основе трубчатых каркасов с круглой перфорацией; г – гравийные фильтры;

1 – стержневой каркас на опорных кольцах; 2 – трубчатый каркас с круглой перфорацией; 3 – щелевой трубчатый каркас; 4 – проволоочная обмотка из нержавеющей стали; 5 – опорная проволоочная спираль; 6 – лист, штампованный из нержавеющей стали; 7 – опорные проволоочные стержни под проволоочную обмотку и лист; 8 – сетка из нержавеющей стали или латуни; 9 – сетка подкладная, синтетическая; 10 – рыхлая обсыпка; 11 – гравийная обсыпка в кожухе; 12 – гравийный блок

Вопросы для самопроверки к главам 2.2 и 2.3:

1. Виды водозаборных сооружений
2. Конструкции и устройство артезианских скважин
3. Методы бурения скважин
4. Классификация фильтров

Глава 2.4. Расчет водозаборных скважин

Водозаборные скважины используют для забора как напорных, так и безнапорных подземных вод (рис. 2.11). Различают скважины двух типов: совершенные и несовершенные. Под совершенной понимается такая скважина, которая вскрывает водоносный горизонт до подстилающего водоупорного пласта. Если скважина заканчивается в толще водоносного пласта, то она называется несовершенной. Основная задача проектирования состоит в выборе рационального типа и схемы скважинной системы, т.е. определении оптимального числа скважин, расстояний между ними, их взаимного расположения на местности, конструкций фильтра, диаметров и трассировки трубопроводов, характеристик насосного оборудования с учетом возможного понижения уровня воды в скважинах.

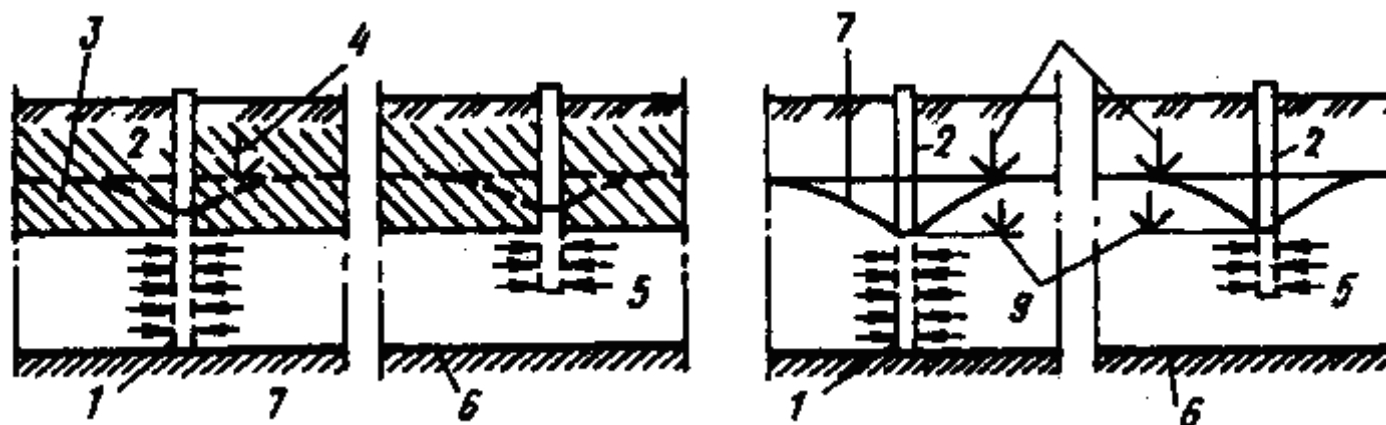


Рис. 2.11. Типы скважин:

1 – фильтр; 2 -- колодец; 3 – водонепроницаемый пласт (кровля); 4 – напорная плоскость; 5 – водоносный пласт; 6 – водоупор; 7 – депрессионная кривая; 8 – статический уровень воды; 9 – уровень воды при откачке

На основании вариантных гидрогеологических расчетов рассматриваемых схем выбирают оптимальную. Во всех вариантах расчетные понижения уровня сопоставляют с допустимыми. Гидрогеологические расчеты водозаборных сооружений проводят на основе законов фильтрации. Поскольку эти расчеты (см. пособие к СНиП 2.04.02-84 по проектированию сооружений для забора подземных вод) весьма приблизительны на практике дебит скважин оценивается методом опытных откачек воды из скважин, с учетом величины удельного дебита $q_{уд}$ и $S_{доп}$ – допустимого понижения уровня подземных вод в скважине.

При расчете водозаборов необходимо учитывать дополнительное фильтрационное сопротивление ξ , обусловленное степенью вскрытия скважиной водоносного пласта.

Численное значение коэффициента ξ зависит от параметров m/r_o и l_ϕ/m , где m – мощность водоносного горизонта; r_o – радиус скважины; l_ϕ – длина фильтра.

Для безнапорных вод

$$m = h_e - S_o / 2; l_\phi = l_{\phi n} - S_o / 2,$$

где h_e – первоначальная мощность безнапорного потока;

S_o – понижение уровня воды в скважине;

$l_{\phi n}$ – общая длина незатопленного фильтра.

Численные значения ξ приведены в таблице 3.

Таблица 3

l_ϕ / m	Значения сопротивления ξ при m/r_o , равном							
	3	10	30	100	200	500	1000	2000
0,05	1,2	6,3	17,8	40	47	63	74,5	84,5
0,1	1	5,2	12,2	21,8	27,4	35,1	40,9	46,8
0,3	0,65	2,4	4,6	7,2	8,8	10,9	12,4	14,1
0,5	0,33	1,1	2,1	3,2	3,9	4,8	5,5	6,2
0,7	0,12	0,44	0,84	1,3	1,6	2	2,3	2,6
0,9	0,01	0,06	0,15	0,27	0,34	0,43	0,5	0,58

Допустимое понижение воды в скважине $S_{доп}$ определяется по данным опытных откачек. Приблизительно допустимое понижение уровня воды можно определить:

- для безнапорных водоносных горизонтов

$$S_{доп} = (0,5 \div 0,7) \cdot h_e - \Delta h_{нас} - \Delta h_\phi,$$

- для напорных водоносных горизонтов

$$S_{дон} = H_e - [(0,3 \div 0,57)] \cdot m + \Delta H_{нас} - \Delta H_{\phi},$$

где H_e и h_e – напор над подошвой горизонта (в напорных пластах) и первоначальная глубина воды до водоупора (в безнапорных горизонтах);

$\Delta h_{нас}$, $\Delta H_{нас}$ – максимальная глубина погружения насосов (нижней его кромкой под динамический уровень);

Δh_{ϕ} , ΔH_{ϕ} – потери напора на входе в скважину, m – мощность водоносного пласта.

Комплексный расчет водозаборов подземных вод

Водозаборные скважины, объединенные между собой сборными водоводами, представляют единую гидравлическую систему. При эксплуатации таких систем четко прослеживается взаимосвязь между изменением дебита скважин (и водозабора в целом) при изменении гидродинамического режима подземных вод, а также гидравлических параметров отдельных сооружений. Поэтому уже на стадии разработки проекта следует оценивать работоспособность системы. Такая оценка производится на основе комплексных расчетов водозаборов подземных вод.

Основной задачей комплексного расчета водозаборов подземных вод является определение истинных значений расходов скважин и понижений в них уровня воды, а также расходов и потерь напора в сборных водоводах и параметров работы водоподъемного оборудования. Поэтому такие расчеты следует проводить при различных расчетных режимах и на различные периоды эксплуатации водозаборов (т.е. с учетом сезонных колебаний уровней и сработки запасов подземных вод, кольматажа и выхода скважин из строя, отключения отдельных линий сборных водоводов и т.п.) и на основе этого намечать сроки проведения мероприятий, направленных на поддержание стабильной работы системы. Исходным материалом для выполнения расчетов водозаборов являются: а) гидрогеологическая расчетная схема расположения водозаборных и инфильтрационных сооружений; б) расчетная схема сбора воды от скважин; в) высотная схема подачи воды потребителю.

Графоаналитические методы гидравлического расчета режимов работы одиночных скважин.

При отборе воды из скважины (рис. 2.12) напор насоса H затрачивается на преодоление геометрической высоты подъема воды z , понижения уровня S и потерь напора в водоводе Δh от скважины до точки подачи воды. В этом случае насос, установленный в скважине, развивает напор, равный:

$$H = (V_p - V_{ст.гор.}) + S + \Delta h_{в},$$

где H – полная высота подъема воды из скважины;

∇_p – отметка уровня воды в резервуаре;

$\nabla_{ст. гор.}$ – отметка статического уровня грунтовых вод;

S – понижение уровня в скважине;

Δh_b – потери напора в водоводе от скважины до резервуара, включая потери напора в водоподъемных трубах.

Разность отметок ($\nabla_p - \nabla_{ст. гор.}$) – это геометрическая высота подъема воды из скважины. Если эти отметки не изменяются, то $(\nabla_p - \nabla_{ст. гор.}) = \text{const} = z$.

С другой стороны, насос развивает напор в соответствии с его рабочей характеристикой $H-Q$ которая в диапазоне оптимальных значений КПД может быть аппроксимирована уравнением вида: $H = A - BQ^2$, где A и B – параметры характеристики $H-Q$ насоса.

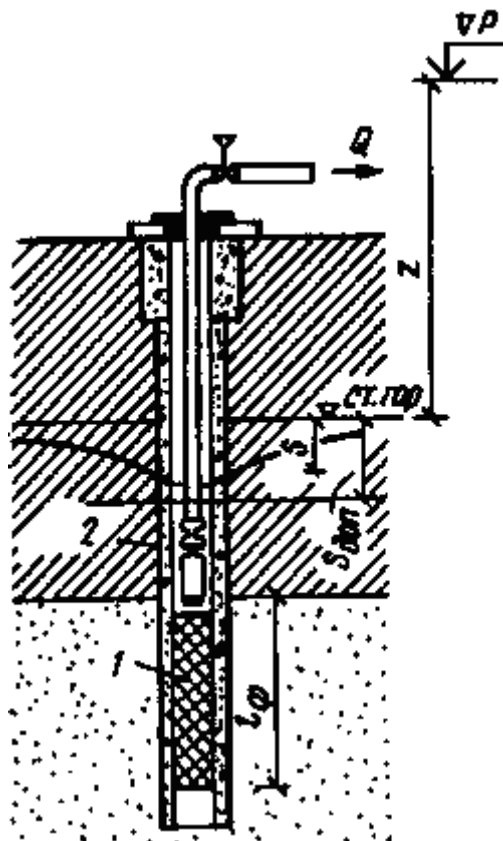
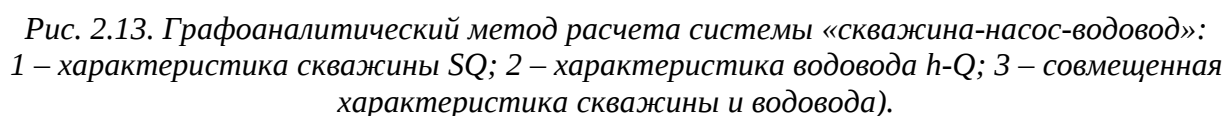


Рис. 2.12. Схема подачи воды от скважины:
1 – фильтр; 2 – насос


$$Z + \frac{Q(R + \xi)}{2\pi km} + lAQ^2 = A - BQ^2,$$

A – удельное сопротивление водовода.

Коэффициент фильтрации k , радиусы влияния и коэффициенты водоотдачи μ для безнапорных водоносных пластов

17

Глинистые грунты, суглинки		0,01–0,1		0,01–0,05
Пески пылеватые, супеси	0,01–0,05	0,1–1,0		0,1–0,15
Пески:				
- тонкозернистые	0,05–0,25	0,1–10,0	25–100	0,15–0,20
- средней крупности	0,25–0,5	10–25	100–300	0,20–0,25
- крупные	0,5–1,0	25–75	300–400	0,25–0,3
- гравелистые	1–2	50–100	400–500	0,3–0,35
Гравий:				
- мелкий	2–3	75–100	400–600	0,3–0,35
- средний	3–5	100–200	600–1500	0,3–0,35
- крупный	5–10	200–300	1500–3000	0,3–0,35
Известняки	–	20–50	150–400	0,05–0,1
Песчаники	–	10–20	100–300	0,001–0,03

Вопросы для самопроверки к главе 2.4:

- 1. Аналитические методы определения дебита скважины*
- 2. Графоаналитические методы определения дебита скважины*
- 3. Практические методы определения дебита скважины*

Глава 2.5. Шахтные колодцы. Горизонтальные водозаборы

Шахтные колодцы представляют собой вертикальные выработки с большими размерами поперечного сечения по сравнению с водозаборными скважинами.

Шахтные колодцы состоят из следующих конструктивных элементов: надземной части – оголовка, ствола, водоприемной части, водосборной части – зумпфа (рис. 2.14).

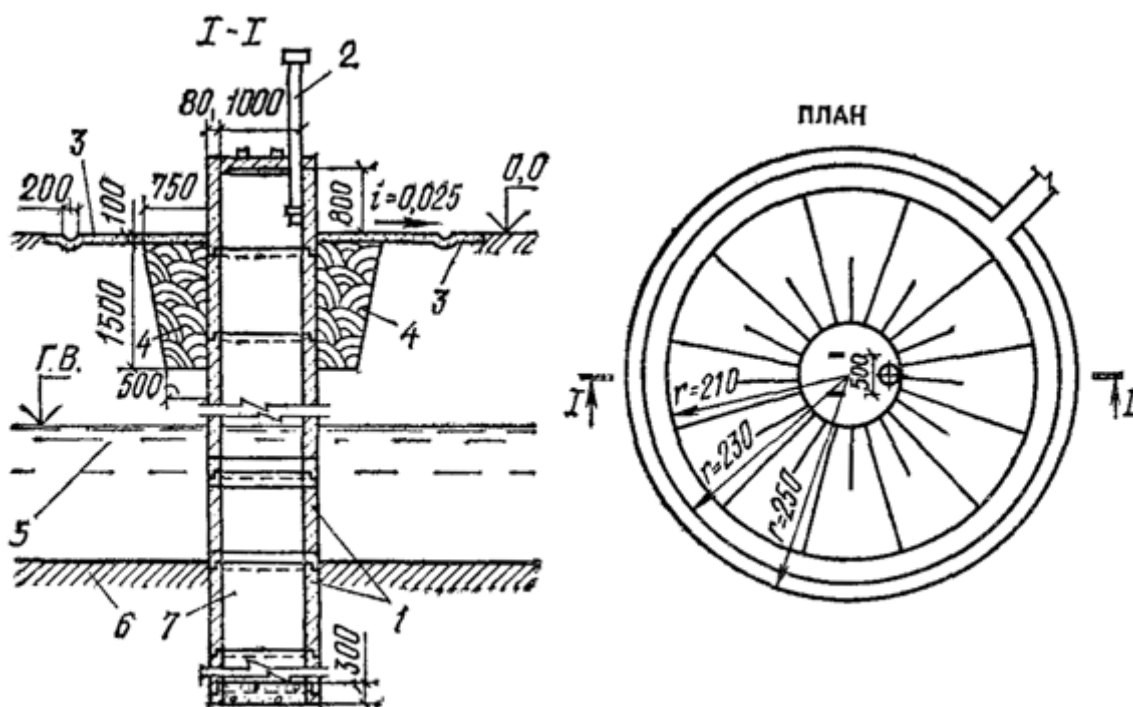


Рис. 2.14. Схема совершенного шахтного колодца из сборных железобетонных колец: 1 – кольца; 2 – вентиляционная труба; 3 – щебеночное крепление; 4 – глиняный замок; 5 – водоносный грунт; 6 – водоупорный грунт; 7 – зумпф

Возвышение оголовка колодца над поверхностью земли по санитарным условиям должно приниматься не менее 0,8 м. Для предохранения от загрязнений оголовки перекрывается крышкой, над ним устраивают навесы или будки. Вокруг колодца (в земле) укладывают глиняный замок, а поверхность земли для лучшего отвода воды замазывается или асфальтируется с уклоном в сторону от колодца.

Оголовок и ствол должны быть непроницаемы, чтобы вода (поверхностная или грунтовая) из самых верхних водоносных горизонтов не могла проникать в колодец.

Водоприемная часть шахтных колодцев в зависимости от гидрогеологических условий и глубины устраивается только в дне или стенках или же в дне и стенках колодца. Дно колодца при приеме воды через него должно быть снабжено гравийным фильтром или оборудовано плитой из пористого бетона. В стенках при приеме воды через них должны быть устроены специальные окна из пористого бетона или окна, заполненные гравийным фильтром.

Зумпф устраивается в том случае, когда в колодцах необходимо иметь некоторый запас воды; его размеры определяются величиной необходимого запаса воды.

В зависимости от рода материала, используемого для крепления стенок, существующие конструкции шахтных колодцев могут быть подразделены на деревянные, из каменной и кирпичной кладки, бетонные и железобетонные.

Водоприемная часть выполняется в виде кольца из пористого бетона, армированного такой же сеткой, как и обсадные железобетонные кольца ствола

колодца, причем для придания большей прочности в кольцах верхней и нижней частей имеются пояса из бетона. В нижней части колодца укладывается трехслойный обратный фильтр.

При вскрытии песчаных и плывунных грунтов крепление колодца осуществляется кольцами диаметром 0,65 м. В этом случае в несовершенных колодцах донный фильтр устраивается в виде бетонной армированной плиты, укладываемой на щебеночно-гравийную обсыпку, толщина которой принимается равной 30 см.

Совершенные колодцы глубиной 20 и 30 м имеют несколько иную конструкцию, включающую устройство зумпфа из железобетонных колец.

Горизонтальные водозаборы наиболее эффективны в тех случаях, когда следует перехватить широкий поток подземных вод при небольшой (до 8 – 10 м) его мощности (например, при использовании подземных вод аллювиальных отложений в речных долинах).

Траншейные водозаборы (каменно-щебеночные, трубчатые, галерейные) устраиваются при залегании подошвы водоносного пласта до 8 м. При необходимости эксплуатации водоносных горизонтов, залегающих на большей глубине, возможно применение водозаборов бестраншейного типа (водосборных галерей и штолен), для чего, в общем случае, требуется соответствующее обоснование. В скальных породах водозаборы бестраншейного типа могут применяться при любой глубине залегания подземных вод.

При питании водоносного горизонта из открытого водотока или водоема горизонтальный водозабор следует располагать параллельно урезу воды. При наличии выраженного потока подземных вод со склонов балки (оврага) водозабор необходимо трассировать вдоль ее тальвега, а при эксплуатации подруслового потока – поперек оврага (балки) или речной долины.

При благоприятных гидрогеологических и гидрологических условиях с целью получения большого расхода воды следует отдавать предпочтение горизонтальному подрусловому водозабору, расположенному под дном водотока.

Проектирование водозаборов должно осуществляться с учетом качества речной воды, размываемости берегов открытых водотоков, изменения уровня воды в них во времени, промерзания донных и береговых участков русла, степени их закольматированности и возможности усиления кольматации при эксплуатации.

В состав горизонтального водозабора входят (рис. 2.15):

а) водоприемная часть, предназначенная для приема воды из водоносного горизонта (собственно водозабор);

б) водопроводящая (коллекторная) часть, служащая для отвода воды в водосборный колодец (в некоторых водозаборах водоотводящая часть может

отсутствовать, тогда вода поступает в водосборный колодец непосредственно из водоприемной части);

в) водосборный колодец;

г) смотровые колодцы, служащие для осмотра, вентиляции и ремонта водоприемной и водоотводящей частей горизонтальных водозаборов;

д) насосная станция первого подъема, которую целесообразно совмещать с водосборным колодцем. В отдельных случаях (например, высоко в горах) насосная станция может отсутствовать, и вода из водосборного колодца будет поступать в сеть самотеком.

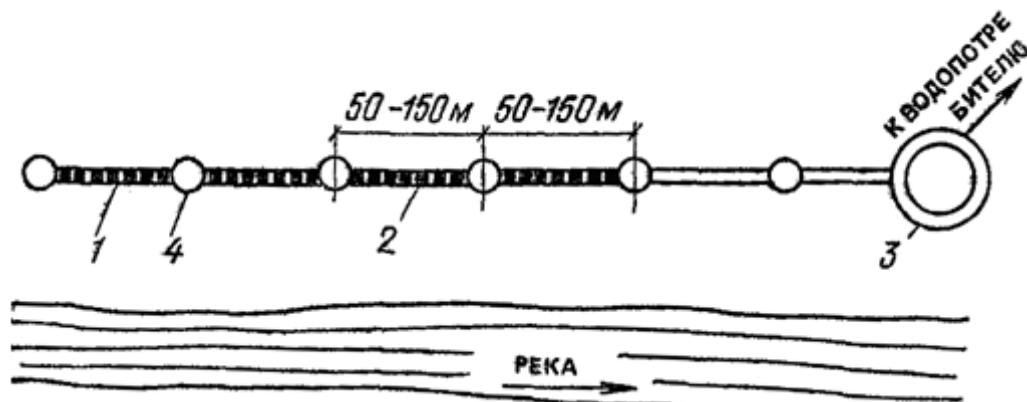


Рис. 2.15. Схема горизонтального водозабора:

1 – водоприемная часть; 2 – водопроводящая (коллекторная) часть; 3 – водосборный колодец с насосной станцией; 4 – смотровые колодцы

Конструкции и способы устройства горизонтальных водозаборов

В зависимости от гидрогеологических условий и категории надежности могут применяться следующие виды водоприемных устройств горизонтальных водозаборов:

- каменно-щебеночный;
- трубчатый;
- водосборная галерея;
- водосборная штольня;
- комбинированный (галерея со скважинами-усилителями).

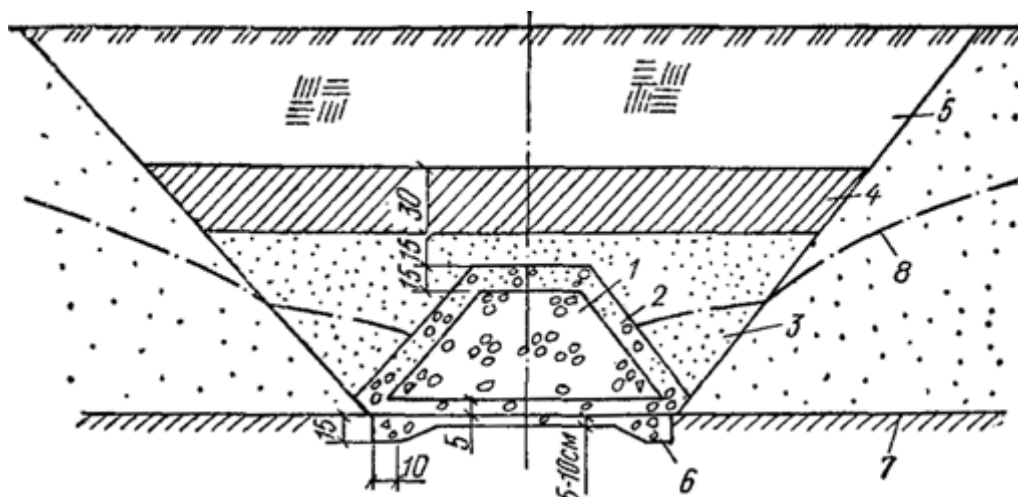


Рис. 2.16. Каменно-щебеночный водозабор:

1 – каменно-щебеночная призма; 2 – первый слой обратного фильтра из гравия средней крупности; 3 – обсыпка из крупнозернистого песка; 4 – экран из утрамбованной глины; 5 – обратная засыпка местным грунтом; 6 – бетонная подготовка; 7 – водонепроницаемые слои; 8 – депрессионная кривая грунтовых вод

Каменно-щебеночный водозабор выполняется путем устройства траншеи, на дно которой укладывается каменно-щебеночная призма. Эта призма окружается двухслойной обсыпкой в виде обратного фильтра. В водозаборах систем питьевого водоснабжения фильтрующая обсыпка сверху закрывается экранирующим слоем глинистого грунта. Высота каменно-щебеночной призмы принимается равной $(0,3-0,4) \Delta$, где Δ – вскрытая дреной мощность водоносного горизонта. Каменно-щебеночная призма укладывается с уклоном 0,01-0,05 в сторону водосборного колодца (камеры).

Обратная засыпка траншеи горизонтального водозабора после укладки фильтра в пределах водоносной толщи и экранирующего слоя производится вынутым ранее, но незагрязненным грунтом. Поверхность земли на участке расположения горизонтального водозабора планируется с обеспечением стока воды за его пределы.

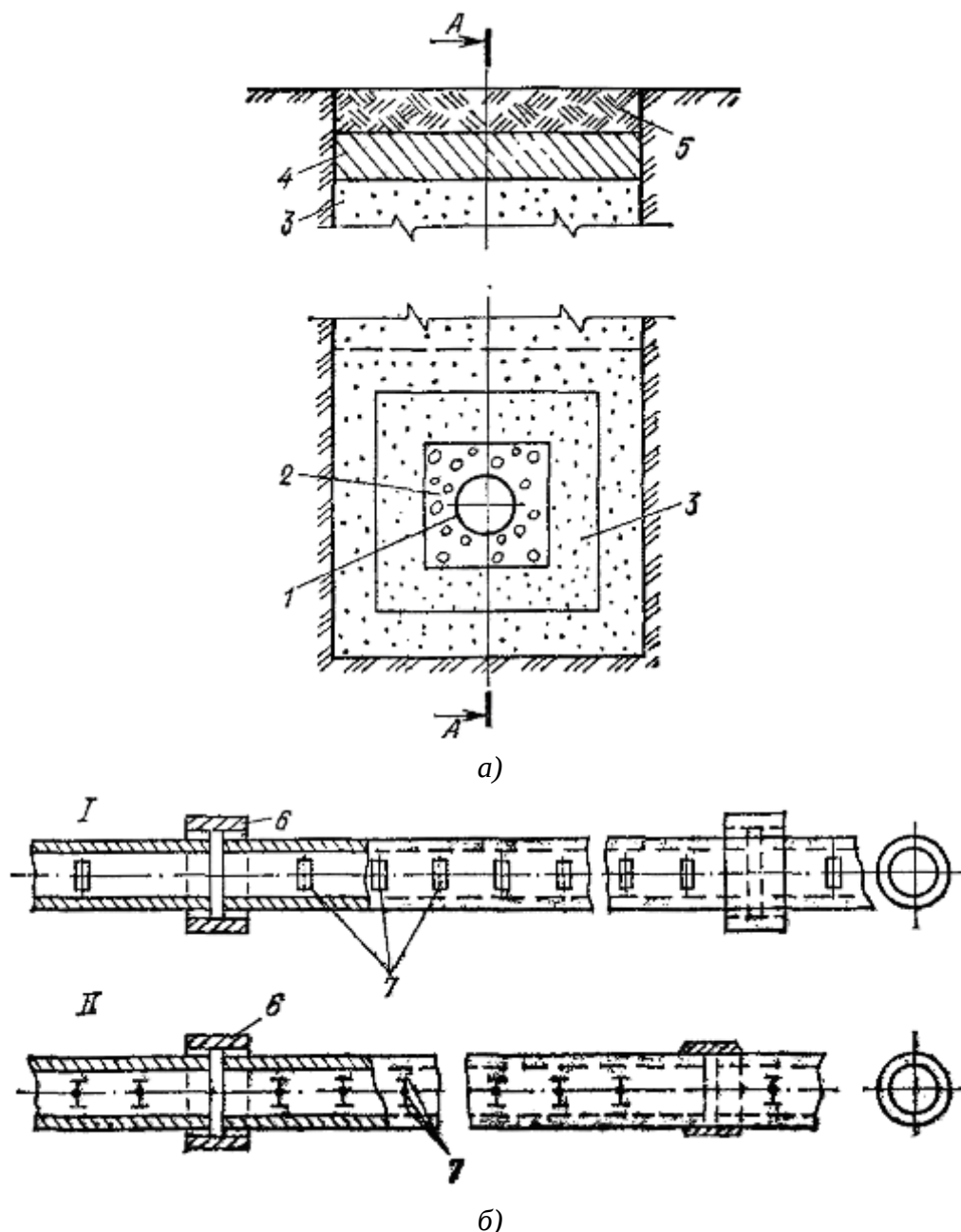


Рис. 2.17. Трубчатый водозабор в траншее с вертикальными стенками
 а – поперечный и продольный разрезы по оси водозабора; б – схема стыковки
 асбоцементных труб (I – с щелевыми отверстиями, II – с круглой или продольной
 перфорацией); 1 – водоприемная труба; 2 – песчано-гравийный фильтр; 3 – песчаная
 засыпка; 4 – глинистый экран; 5 – обратная засыпка местным грунтом; 6 – муфты
 стыковые; 7 – водоприемные отверстия

Трубчатые горизонтальные водозаборы (рис. 2.17) устраиваются на глубине 5-8 м от поверхности и применяются для жилищно-коммунального и сельскохозяйственного водоснабжения мелких и средних потребителей в системах водоснабжения II-III категорий. Конструктивно они представляют собой водоприемную трубу, уложенную в траншею и окруженную фильтрующей обсыпкой (обратным фильтром).

В трубчатых водозаборах в качестве водоприемных используются керамические, асбоцементные, железобетонные и пластмассовые трубы. Прием

воды в керамических трубах осуществляется через зазоры на их стыках, остальные трубы для этого снабжаются круглыми или щелевидными отверстиями. Отверстия делаются в верхней и боковой части труб.

Для предотвращения выноса частиц водоносных пород вокруг водоприемных труб устраивается фильтрующая обсыпка из одного или нескольких слоев песчано-гравийного материала, состав которого подбирается по специальной методике в соответствии с гранулометрическим составом грунта.

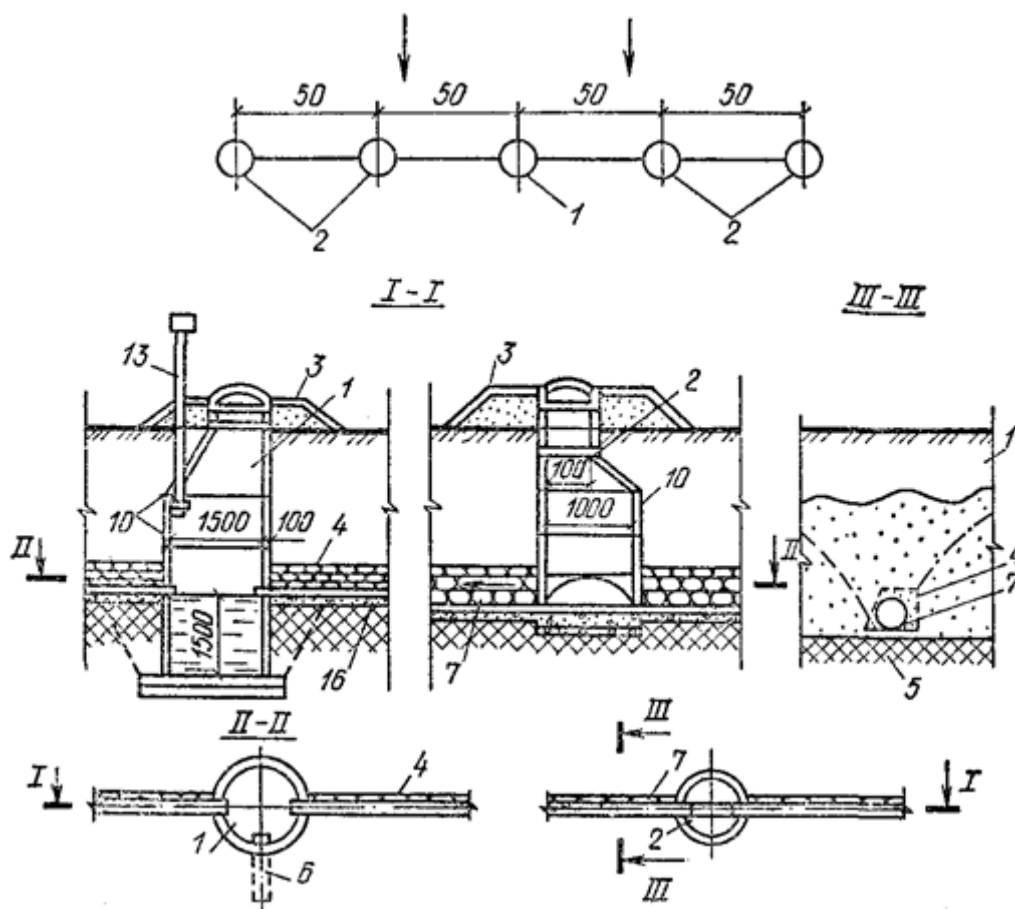
Минимальный внутренний диаметр труб принимается равным 150 мм.

Скорость течения воды в трубах должна обеспечивать перемещение водой в водосборный колодец частиц водовмещающих пород, вымытых в водоприемные трубы. Водоприемные трубы укладываются в траншеи по песчано-гравийной подготовке и лишь при слабых грунтах основания – на специальном основании, принимаемом в соответствии с нагрузкой от трубы.

[подробнее...](#)

[<дополнение 1 - начало>](#)

На рис. 2.18 представлены типовые конструкции горизонтального водозабора трубчатого типа для двухстороннего (рис. 2.18, а) и одностороннего (рис. 2.18, б) приема воды.



б)

Рис. 2.18. Горизонтальные водозаборы трубчатого типа:

а – при двустороннем притоке воды; б – при одностороннем притоке воды; 1 – водосборный колодец; 2 – смотровые колодцы; 3 – одерновка; 4 – дренажная обсыпка; 5 – щебень, втрамбованный в грунт; 6 – переливная труба; 7 – водоприемная труба; 8 – расходная труба; 9 – железобетонная плита; 10 – железобетонные кольца; 11 – кольцо опорное; 12 – железобетонный люк; 13 – вентиляционная труба; 14 – крышка из досок; 15 – лотковая часть; 16 – водоупор; 17 – водоносный пласт

Водосборные галереи (рис. 2.19) применяются для систем водоснабжения (I-II категории надежности подачи воды), а также в тех случаях, когда по гидрогеологическим или другим условиям необходимо обеспечить проходимость водоприемной части для наблюдения в период эксплуатации.

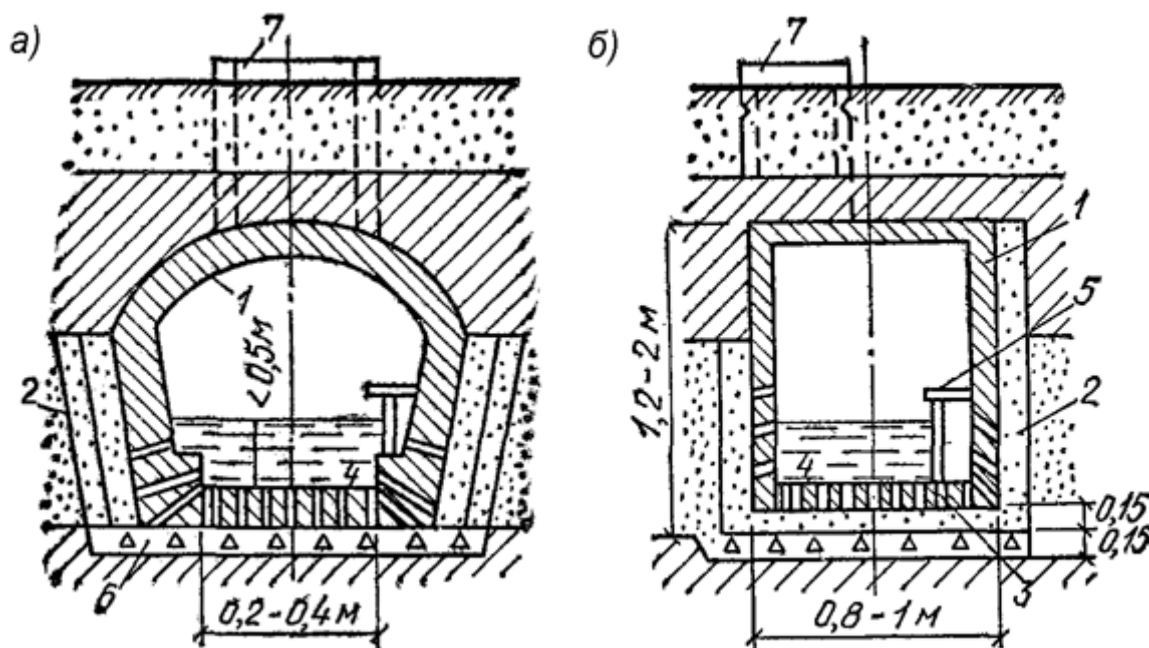


Рис. 2.19. Водосборная галерея:

а – оваловидной формы; б – прямоугольной формы; 1 – железобетонные сборные звенья галереи; 2 – песчано-гравийный обратный фильтр; 3 – водоприемные отверстия; 4 – лотковая часть галереи; 5 – мостик для прохода эксплуатационного персонала; 6 – песчано-гравийная подготовка основания галереи; 7 – смотровой (вентиляционный) колодец

Водоприемная часть галереи выполняется из сборных железобетонных звеньев оваловидной (рис. 2.19, а) или прямоугольной (рис. 2.19, б) формы. Габариты принимаются с учетом эксплуатации; ширина 0,8 – 1 м, высота в непроходных галереях 1,2 – 1,7 м, в проходных для обеспечения возможности прохода по галерее 1,8 – 2,2 м.

При благоприятных условиях (например, на крутых склонах речных долин) применяются водосборные штольни, проходимые подземным способом (рис. 2.20).

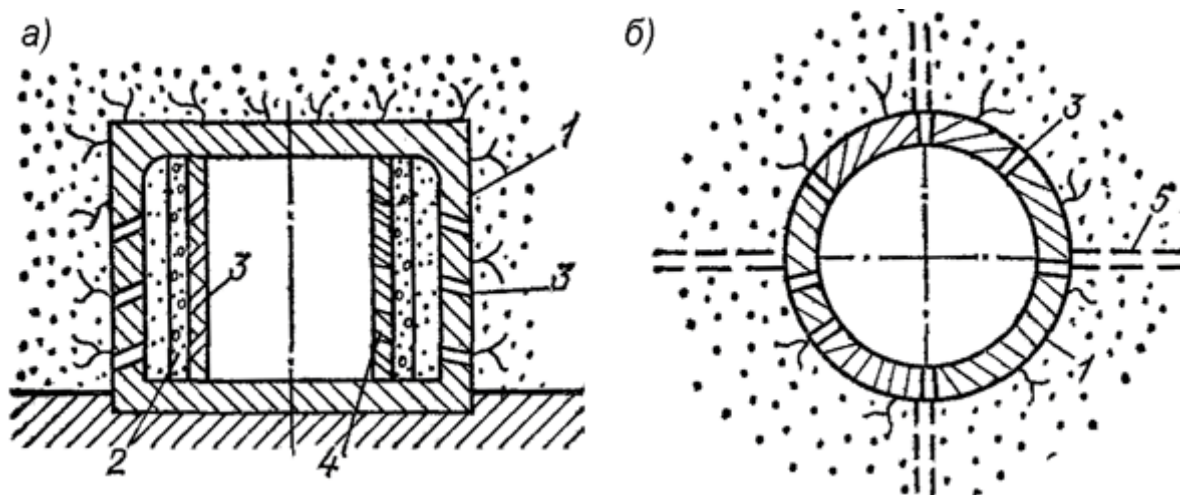


Рис. 2.20. Водосборная штольня:

а – прямоугольной формы с внутренним песчано-гравийным фильтром; б – круглой (овальной) формы с радиальными скважинами-усилителями; 1 – железобетонная обделка штольни; 2 – песчано-гравийный обратный фильтр; 3 – водоприемные окна; 4 –

удерживающая стенка (решетка) с сеткой; 5 – скважины, оборудованные фильтром для приема воды из пласта

Штольня выполняется прямоугольной, оваловидной или круглой в сечении конфигурации. Водоприемные отверстия в обделке, так же, как и в водосборной галерее, могут иметь щелевую или круглую форму или представлять собой окна с фильтровыми вставками.

Для наблюдения за работой горизонтальных водозаборов, их вентиляции, профилактической прочистки и ремонта устраиваются смотровые колодцы (рис. 2.21). Расстояния между смотровыми колодцами принимаются:

50 м – для трубчатых водозаборов диаметром 150-500 мм;

75 м – то же, диаметром более 500 мм;

100-150 м – для галерейных водозаборов.

Смотровые колодцы устраиваются также в местах изменения направления водоприемной части как в плане, так и в вертикальной плоскости. Смотровые колодцы устраиваются круглого сечения из сборного железобетона.

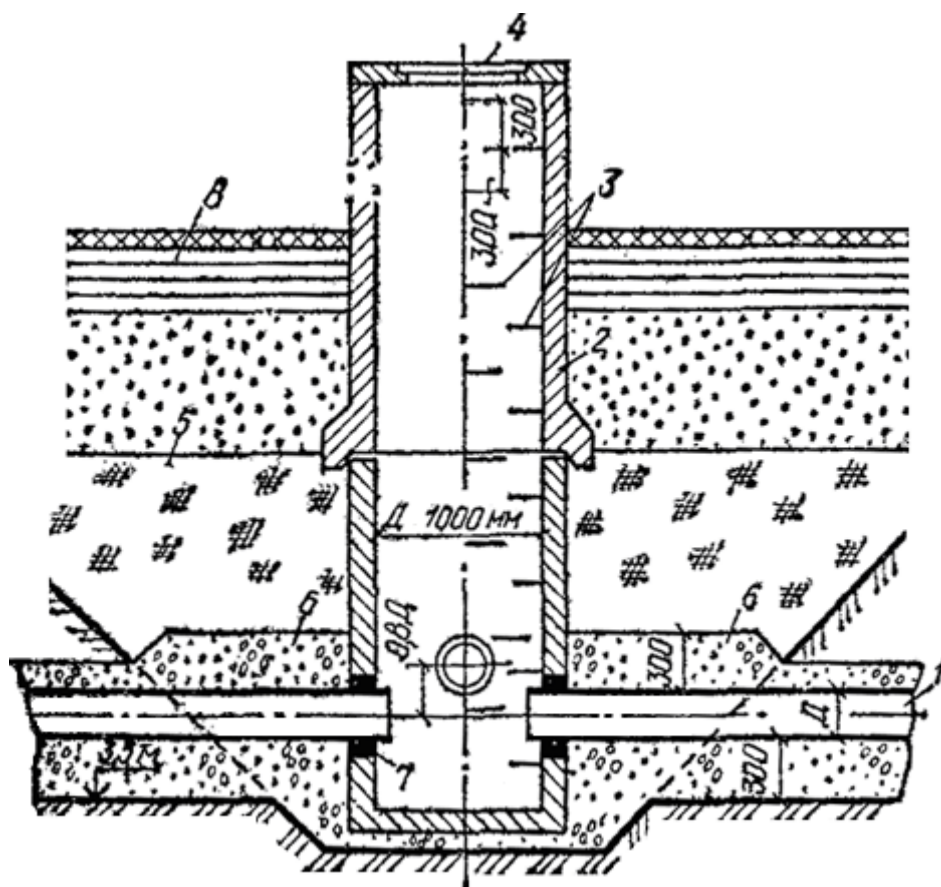


Рис. 2.21. Смотровой колодец:

- 1 – горизонтальная дрена; 2 – сборные железобетонные кольца; 3 – ходовые скобы; 4 – люк;
5 – обратная засыпка с послойным уплотнением трамбованием; 6 – сортированный гравий;
7 – заделка стыков цементным раствором; 8 – водонепроницаемый экран с отмошкой

Гидрогеологические и гидравлические расчеты горизонтальных водозаборов

Основной задачей фильтрационных расчетов горизонтальных водозаборов является определение притока воды в них. Для береговых водозаборов встает задача о нахождении необходимого удаления их от реки, обеспечивающего отбор требуемого расхода Q , или определения необходимой для этой цели длины водозабора.

Расчет горизонтальных водозаборов производится для условий установившейся фильтрации, так как только этот случай в силу сравнительно малой мощности водоносных пород и длительной работы водозаборов представляет практический интерес.

В случае однослойного водоносного пласта, ограниченного с одной стороны прямолинейным контуром питания, например рекой (рис. 2.22), приток воды в водозабор рассчитывается по формуле

$$Q = kl \frac{H_1^2 - H_0^2}{2(L + \Phi + \Delta L)},$$

где Q – полный приток в горизонтальный водозабор длиной l ,

k – коэффициент фильтрации водоносных пород;

H_1 – мощность грунтовых вод на урезе воды в реке;

H_0 – то же, на линии водозабора;

L – расстояние от реки до водозабора;

Φ – фильтрационное сопротивление, обусловленное гидродинамическим несовершенством водозабора;

ΔL – сопротивление, учитывающее несовершенство прямолинейного контура питания, т. е. неполную врезку реки в водоносный горизонт.

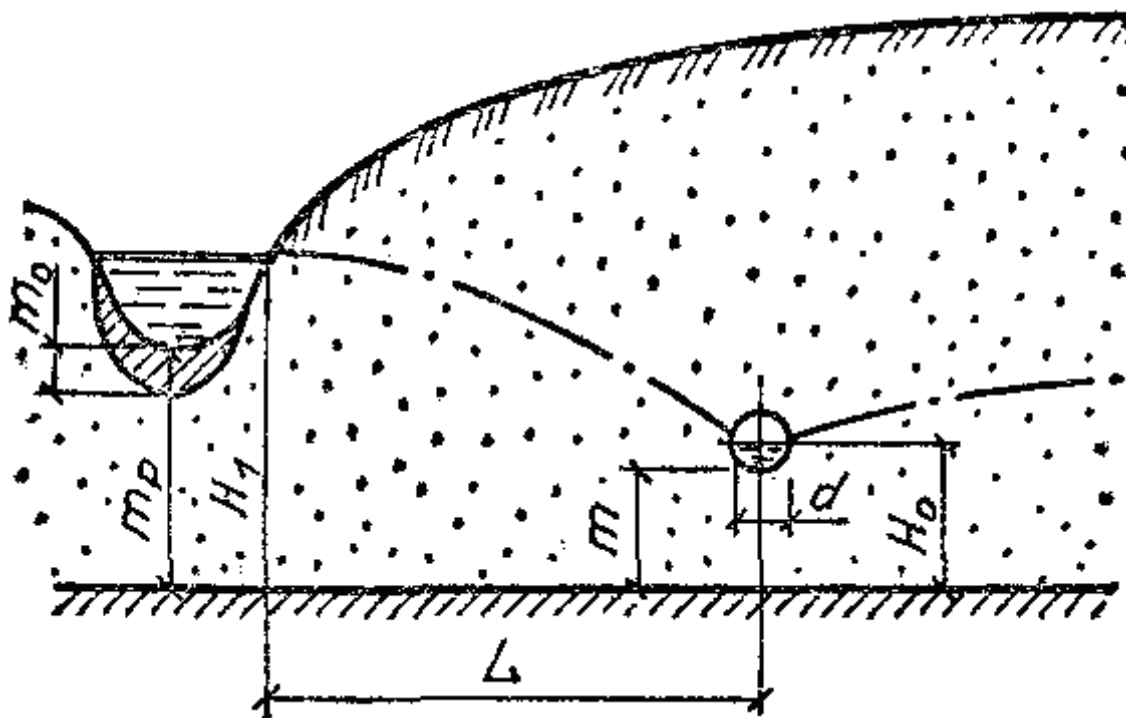


Рис. 2.22. Схема к расчету горизонтального водозабора в однослойном полуограниченном водоносном пласте

Фильтрационное сопротивление Φ , учитывающее несовершенство дренажа, определяется выражением

$$\Phi = \frac{H_0}{\pi} \ln \sin \frac{\pi d}{2(m+d)},$$

где d – приведенный диаметр водоприемной части горизонтального водозабора;

m – расстояние от приемной части водозабора до водоупора.

Приведенный диаметр водозабора рассчитывается по формуле

$$d = 0,56P,$$

где P – периметр смоченной части водоприемного элемента водозабора.

Сопротивление на несовершенство границы области питания зависит от степени заиления дна водоема. В случае чистого дна определение ΔL производится по формуле:

$$\Delta L = 0,44m_p,$$

где m_p – расстояние от дна реки до водоупора.

Приток воды в подрусловый водозабор (рис. 2.23) находится по формуле

$$Q = 2\pi kl \frac{H - H_0}{R}.$$

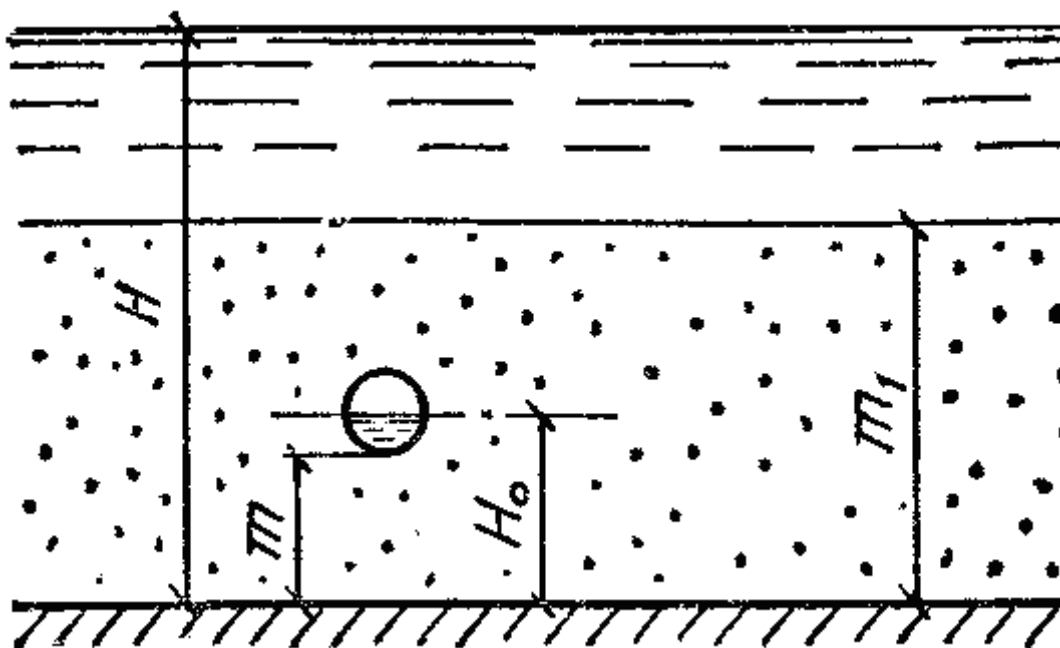


Рис. 2.23. Схема к расчету подруслового водозабора в однослойном водоносном

Гидравлическое сопротивление R в случае совершенной в фильтрационном отношении реки (т. е. при отсутствии на дне заиленного слоя) определяется следующим образом:

$$R = \ln \left[\operatorname{tg} \frac{\pi(\Delta m - d)}{2m_1} \operatorname{ctg} \frac{\pi d}{8m_1} \right],$$

где m_1 – мощность водоносного горизонта от дна водоема до водоупора;

d – приведенный диаметр водозабора;

m – расстояние от низа дрен до водоупора.

При определении расстояния $L_{\text{тр}}$ от реки до водозабора для обеспечения требуемого расхода $Q_{\text{тр}}$ можно использовать зависимость (для схем, ограниченных одним прямолинейным контуром питания):

$$L_{\text{тр}} = \frac{Q}{Q_{\text{тр}}} L + (\Phi + \Delta L) \frac{Q - Q_{\text{тр}}}{Q_{\text{тр}}}.$$

Здесь сохранены прежние обозначения.

<дополнение 1 - конец>

Вопросы для самопроверки для главы 2.5:

1. Конструкции и способы устройства горизонтальных водозаборов
2. Конструкции и способы устройства шахтных колодцев
3. Гидравлический расчет горизонтальных водозаборов

Глава 2.6. Лучевые водозаборы

Лучевые водозаборы – это система горизонтальных или наклонных скважин, которые собирают воду из водоносного пласта и отводят ее в центральную водосборную камеру (шахту), откуда ведется откачка. Водозабор этого типа устраивают как в маломощных пластах (до 5 м), так и в пластах мощностью до 20 м, кровля которых находится на глубине до 15 – 20 м от поверхности земли.

В зависимости от условий расположения лучевые водозаборы бывают различных типов (рис. 2.24):

а) подрусловый – под дном реки с шахтой на берегу (рис. 2.24, а) или в русле (рис. 2.24, а');

б) береговой – при расположении лучевого водозабора на берегу вблизи реки (рис. 2.24, б);

в) комбинированный – когда водозабор находится на берегу реки, а лучевые фильтры размещаются в береговой зоне и под руслом (рис. 2.24, в);

г) водораздельный при расположении лучевого водозабора на значительном удалении от источников питания (рис. 2.24, г).

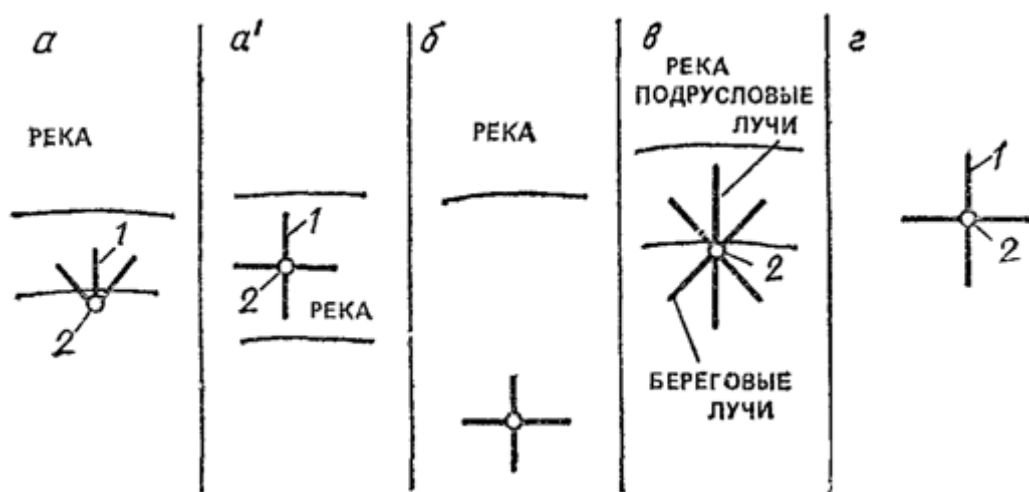


Рис. 2.24. Схемы лучевых водозаборов в плане:

а – подрусловый, с водосборной шахтой на берегу; а' – то же, с водосборной шахтой в русле реки; б – береговой; в – комбинированный; г – водораздельный; 1 – горизонтальная радиальная скважина; 2 – водосборный колодец (шахта)

В различных гидрогеологических условиях могут применяться следующие схемы лучевых водозаборов (рис. 2.25).

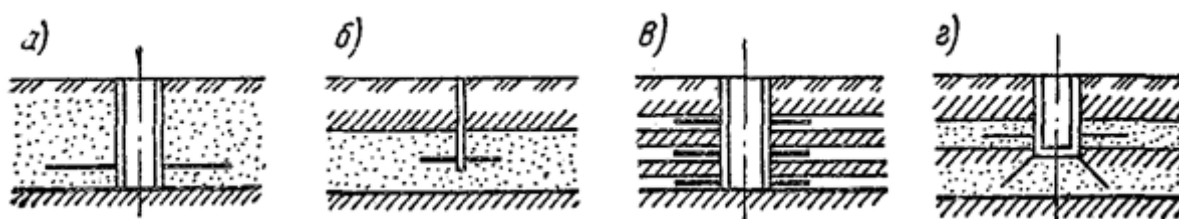


Рис. 2.25. Схемы лучевых водозаборов в разрезе:

а – лучевой водозабор обычного типа; б – малый лучевой водозабор с центральной водосборной буровой скважиной; в – многоярусный водозабор; г – комбинированный лучевой водозабор с вертикальными и наклонными скважинами-усилителями

При плановой фильтрационной неоднородности водоносного пласта направление, число и длина отдельных лучей должны соответствовать расположению наиболее проницаемых слоев. При этом возможно наклонное размещение лучевых скважин (восходящих или нисходящих).

Число, направление, глубина расположения и длина лучевых дренажных скважин принимаются в зависимости от конкретных гидрогеологических, строительных и эксплуатационных условий.

При длине лучей водозабора меньше 20 м в однородных пластах угол между лучами по фильтрационным условиям принимать менее 20° не рекомендуется.

Оборудование лучевых водозаборов состоит из водоподъемной установки, соединительных, всасывающих и напорных водоводов, задвижек и контрольно-измерительной аппаратуры.

Для подъема воды применяются центробежные погружные насосы типа ЭЦВ, ЭПН, вакуумные системы с подключением вакуум-насосов к устьям горизонтальных скважин. Это особенно важно при работе водозаборов в маловодообильных пластах, в грунтах с низкой водоотдачей.

Для наблюдения за расходом и напором воды устьевые части скважин оборудуются водомерными и пьезометрическими приборами. Помимо этого в водосборном колодце (шахте) водозабора устанавливается уровнемер.

Водосборный шахтный колодец служит для сбора воды, забираемой из каптируемого водоносного пласта через лучевые горизонтальные фильтры-скважины. В колодце устанавливается насос для откачки воды, а до начала эксплуатационного периода в процессе строительства – оборудование для проходки горизонтальных скважин (рис. 2.26).

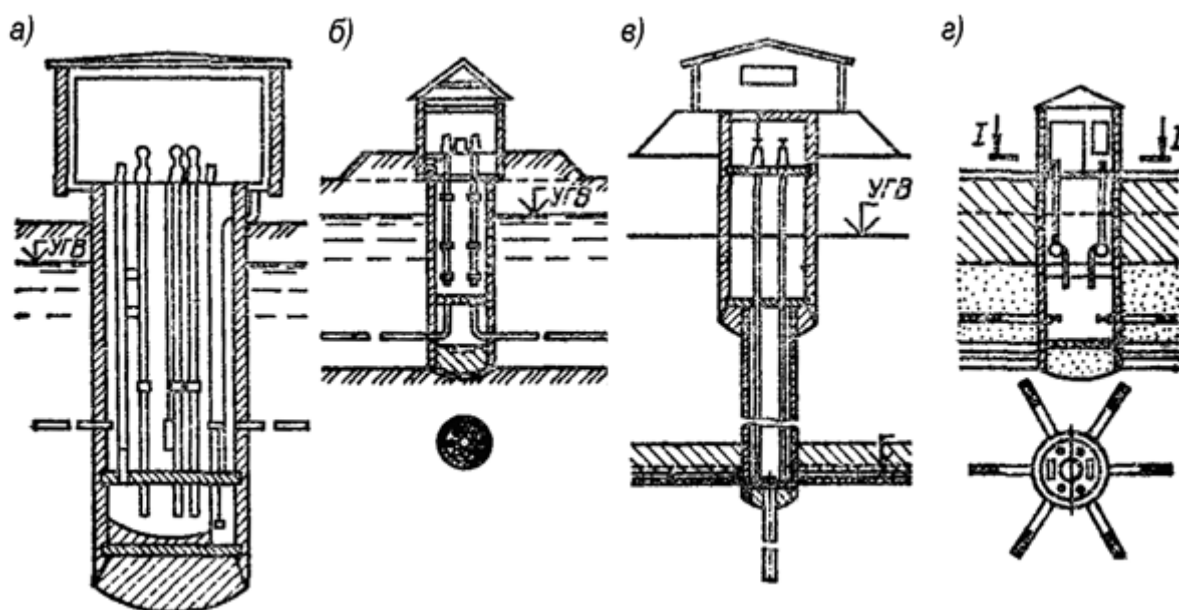


Рис. 2.26. Водосборные шахты (колодцы) лучевых водозаборов

а – водозабор с нижней водосборной камерой; б – водозабор с верхней водосборной камерой; в – водосборная телескопическая шахта комбинированного водозабора с вертикальной скважиной-усилителем; г – водозаборная шахта с насосами горизонтального типа

Внутренний диаметр водосборного колодца (шахты) принимается от 1 – 2 до 4 – 6 м в зависимости от метода устройства горизонтальных скважин и габаритов строительного и эксплуатационного оборудования.

Водосборные колодцы сооружаются из железобетона (бетона) сборного или монолитного. В случае малого диаметра при специальном обосновании возможно применение стальных труб:

Строительство водосборного шахтного колодца, может осуществляться способом опускного колодца, методом секущихся свай (траншейных стенок), бурением и др.

[Расчет лучевых водозаборов](#)

<дополнение 2 - начало>

Расчет лучевых водозаборов

Производительность лучевого водозабора зависит от гидрогеологических условий, понижения уровня воды в водосборном колодце, длины, числа, диаметра и глубины заложения лучевых горизонтальных скважин.

При выборе основных параметров лучевых водозаборов нужно учитывать следующее:

- по фильтрационным соображениям оптимальное число лучей, равномерно расположенных по периметру водосборного колодца, находится в пределах $3 \leq N \leq 7$;
- производительность лучевого водозабора не прямо пропорциональна увеличению длины лучей;

- диаметр лучевых дрен и наружный диаметр водосборного колодца меньше влияют на производительность водозабора, чем длина, число и глубина заложения дрен.

Производительность лучевого водозабора определяется по формуле:

$$Q = 2\pi kmS \left(\frac{1}{R_{\delta}} + \frac{1}{R_n} \right),$$

где R_{δ} и R_n – фильтрационные сопротивления радиальной системы соответственно береговых и подрусовых горизонтальных скважин;

S – понижение уровня воды в водосборном колодце лучевого водозабора $S = H_e - H_o$;

где H_e и H_o – напор воды соответственно в водоносном пласте до начала откачки и в водосборном колодце при эксплуатации лучевого водозабора (статический и динамический уровни воды);

k – коэффициент фильтрации;

m – мощность пласта (для безнапорных пластов $m \approx h_{cp} \approx 0,8H_e$).

Фильтрационное сопротивление радиальной системы береговых скважин (рис. 2.27, а), можно определять по формуле:

$$R_{\delta} = (\ln V_r + 2\eta \ln V_T) \frac{m}{lk_n N_{\delta}},$$

где $V_r = \frac{lV}{1,36r_0}$; $V_T = \frac{l + \sqrt{l^2 + 4m^2}}{2m}$, $V = \sqrt{\frac{4L - l}{4L + l}}$;

N_{δ} – число лучей водозабора, расположенных равномерно по кругу;

L – расстояние от вертикальной оси водосборного колодца до уреза воды в водоеме (водотоке);

l – длина луча;

r_0 – радиус луча.

Коэффициент взаимодействия k_n лучевых дрен зависит от соотношений N_{δ} и l/m и находится в пределах 0,3 – 0,7. Коэффициент η зависит от соотношений величин L/m и l/m и изменяется в диапазоне 3 – 8.

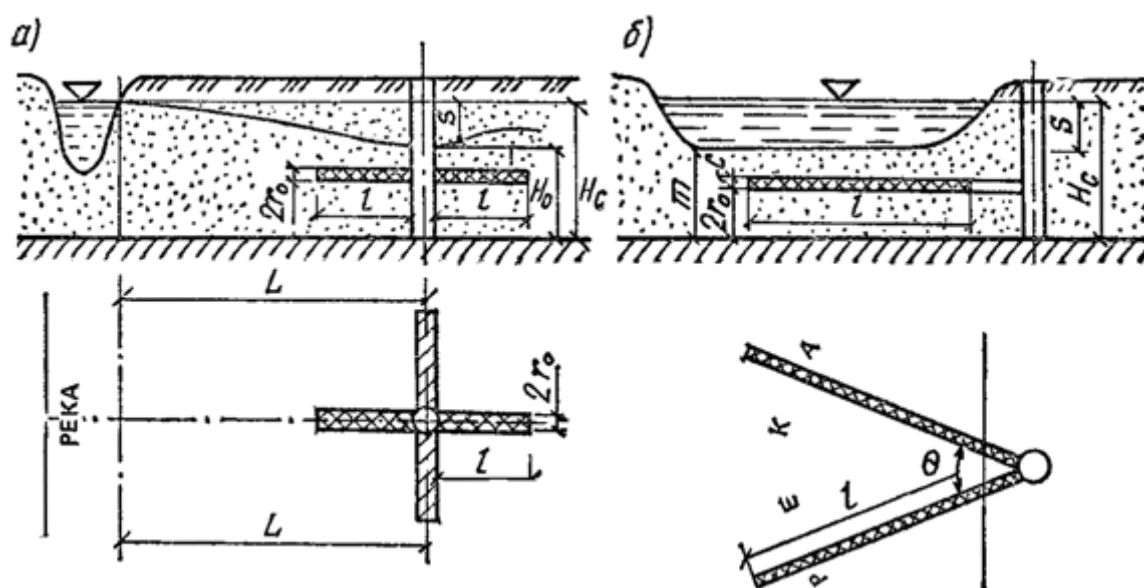


Рис. 2.27. Схемы к расчету производительности лучевых водозаборов:
а – береговой; б – подрусловый

Для подруслового водозабора с водосборным колодцем, расположенным на берегу (рис. 2.27, б и рис. 2.28), величина $R_6 \rightarrow \infty$, т.е. $1/R_6 = 0$,

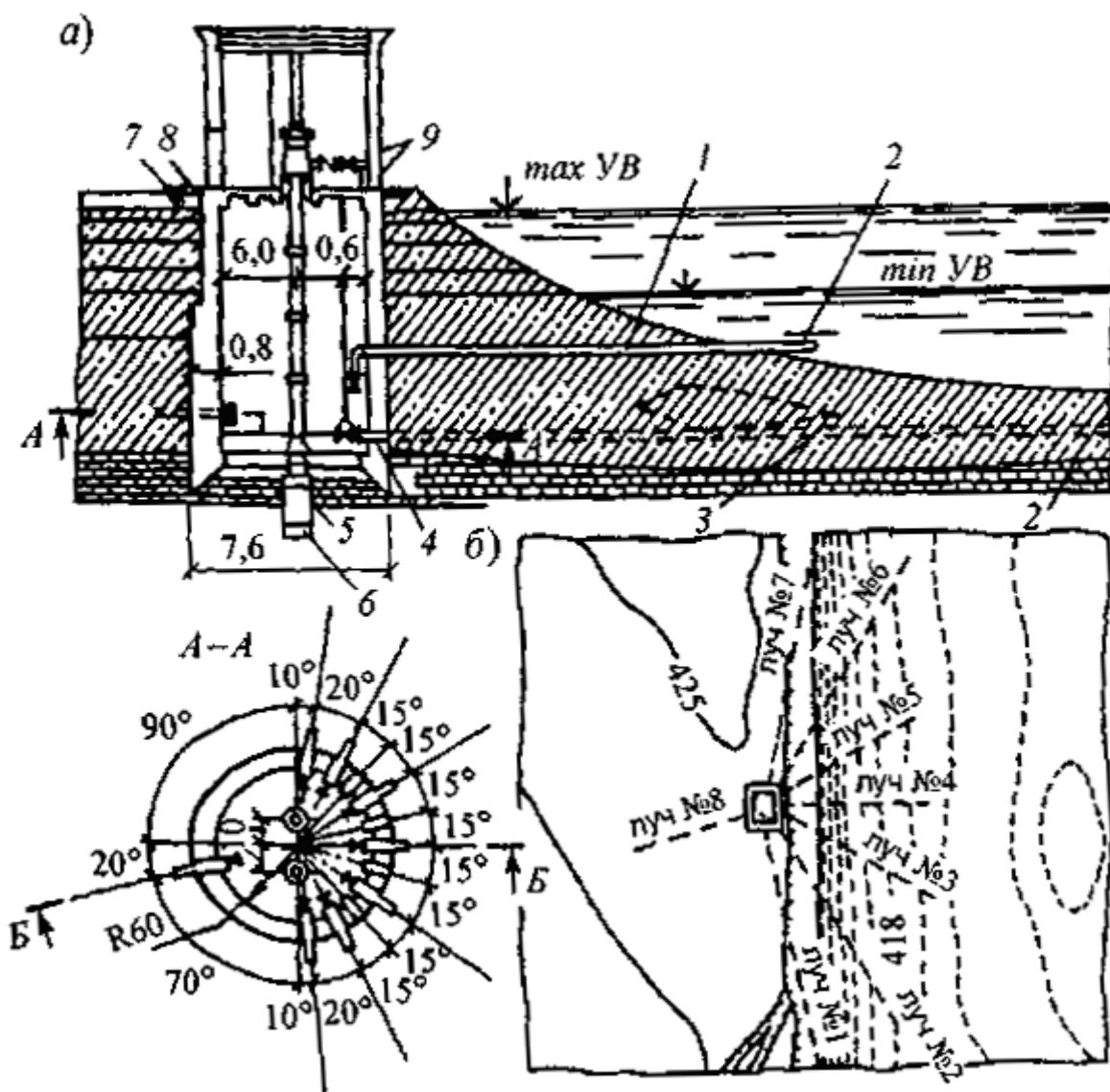


Рис. 2.28. Лучевой водозабор на берегу реки:
 а – план и разрез; б – общая схема; 1 – глухая труба; 2 – конец трубы с буровой головкой– 3 – перфорированная стальная труба; 4 – закладной патрубок; 5 – обсадная труба; 6 – бетонная пробка; 7 – шлак; 8 – покрытие (асфальт 3 см, песок 10 см, гравий 10 см); 9 – бетонная опора под водовод

Фильтрационное сопротивление R_n определяется по формуле:

$$R_n = (U_o + U_n) \frac{m}{l \cdot N_n},$$

$$\text{где } U_o = l_n \frac{3cm[l + \sqrt{l^2 + 16(m-c)^2}]}{r_o(m-c)(l + \sqrt{l^2 + 16m^2})(l + \sqrt{l^2 + 16c^2})}.$$

<дополнение 2 - конец>

Вопросы для самопроверки к главе 2.6:

1. Конструкции и способы устройства лучевых водозаборов
2. Гидравлический расчет лучевых водозаборов

Глава 2.7. Каптаж родников

Каптаж источников (родников) представляет собой сооружение для захвата подземных вод, выходящих на дневную поверхность.

При сосредоточенном выходе подземных вод каптажное сооружение устраивается в виде камеры-колодца, расположенного над выходом восходящего источника или перед выходом нисходящего источника.

При рассредоточенном выходе подземных вод на поверхность земли в виде отдельных источников, отстоящих один от другого на расстоянии более 5 м, каптаж их осуществляется отдельно со сбором воды в общую водосборную камеру.

В природных условиях выходы подземных вод на дневную поверхность проявляются в виде нисходящих и восходящих источников.

Нисходящие источники приурочены обычно к склонам горных возвышенностей и долин оврагов, балок, рек.

Конструкция железобетонных камер для каптажа восходящих и нисходящих источников показана на рис. 2.29.

Камеры монтируются из сборных железобетонных колец диаметром 1,5 м, горловины и люка. Между горловиной и камерой устанавливается железобетонный конус. Камера для каптажа нисходящих источников снабжена водонепроницаемым днищем. Наружные стенки камер гидроизолируются.

Поступление воды в камеры из восходящих источников осуществляется через днище (рис. 2.29, а), а из нисходящих – через отверстия в стенках камер (рис. 2.29, б). Для предотвращения выноса грунта из водоносного пласта перед входным отверстием укладывается обратный фильтр, каптажные камеры оборудуются расходной и переливной трубами.

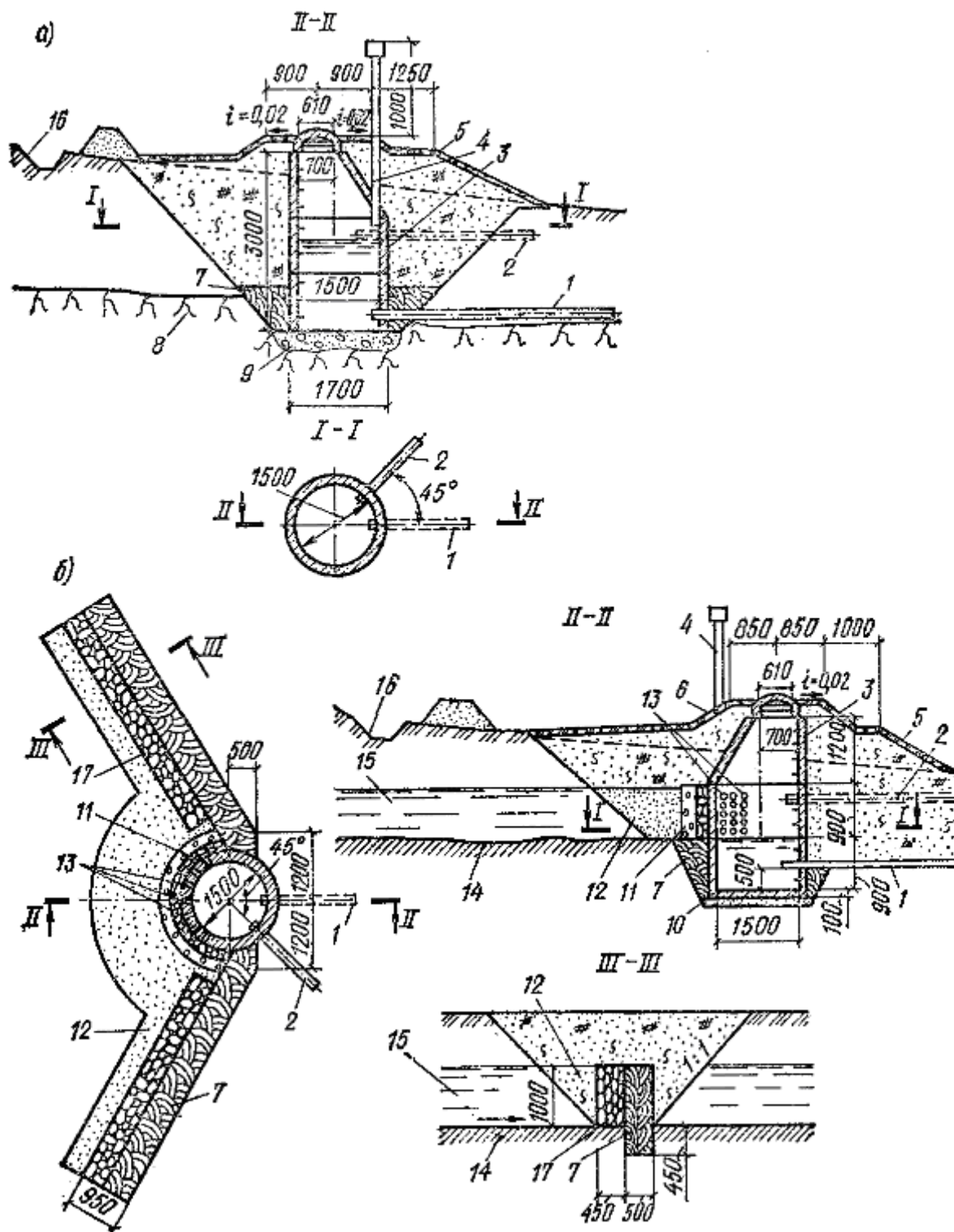


Рис. 2.29. Железобетонная каптажная камера:

а – для восходящего источника; б – для нисходящего источника; 1 – расходная труба; 2 – переливная труба; 3 – кольца; 4 – вентиляционная труба; 5 – растительный слой; 6 – глиняно-щебеночная отмостка; 7 – плотно утрамбованный глинистый грунт; 8 – скальный грунт; 9 – слой гравия; 10 – железобетонная плита днища; 11 – фильтр из гравия и гальки; 12 – засыпка песком; 13 – водоприемные отверстия; 14 – водоупорный пласт или нижняя граница каптируемой части водоносного пласта; 15 – водоносный пласт; 16 – нагорная канава; 17 – гравийная дренажная отсыпка

Дебит каптажных сооружений на источниках (родниках) в случае, когда используется только их естественный расход, устанавливается на основе наблюдений за режимом подземных вод.

Глава 2.8. Зоны санитарной охраны водозаборов подземных вод

Для сохранения качества воды водозаборы подземных вод должны располагаться, как правило, вне территории промышленных предприятий и населенных пунктов. Кроме того, для предотвращения загрязнения подземных вод окрестности водозабора устанавливается зона санитарной охраны (ЗСО), в которой осуществляются специальные мероприятия, исключающие возможность поступления загрязнений в водозабор и в водоносный пласт.

В состав ЗСО входят три пояса: первый – строгого режима, второй и третий – ограничений. Первый пояс ЗСО включает территорию расположения водозаборов, площадок расположения всех водопроводных сооружений, при искусственном пополнении – инфильтрационные сооружения и водоподводящий канал. Он устанавливается в целях устранения возможности случайного или умышленного загрязнения воды источника в месте расположения водозаборных и водопроводных сооружений.

Граница **первого пояса** ЗСО устанавливается в зависимости от защищенности подземных вод в пределах первого и второго поясов ЗСО: на расстоянии не менее 30 м от водозабора – при использовании защищенных подземных вод, и на расстоянии не менее 50 м – при использовании недостаточно защищенных вод. При использовании группы подземных водозаборов граница первого пояса должна быть удалена на тоже расстояния (не менее 30 или 50 м) от крайних скважин (шахтных колодцев) водозаборных групп.

Если расстояние между водозаборными скважинами превышает 100 м, первый пояс ЗСО допустимо устанавливать отдельно для каждой скважины.

В отдельных случаях для водозаборов, расположенных на территории объекта, исключающего возможность загрязнения почвы и подземных вод, а также для водозаборов, расположенных в благоприятных санитарно-технических и гидрогеологических условиях, границу первого пояса ЗСО допускается приблизить к водозабору по согласованию с местными органами санитарно-эпидемиологической службы на расстояние до 15 или 25 м соответственно для защищенных или недостаточно защищенных водоносных пластов.

При искусственном пополнении запасов подземных вод граница первого пояса должна устанавливаться на расстоянии не менее 50 м от водозабора и на расстоянии не менее 100 м от инфильтрационных сооружений (бассейнов, каналов и др.). Для береговых (инфильтрационных) водозаборов подземных вод в границы первого пояса необходимо включать территорию между водозабором и поверхностным водоемом, если расстояние между ними менее

150 м. Для подрусовых водозаборов первый пояс ЗСО следует предусматривать как для водозаборов из поверхностных источников водоснабжения.

Второй пояс ЗСО предназначен для защиты водоносного горизонта от микробных загрязнений; поскольку второй пояс расположен внутри третьего пояса, он предназначен также для защиты и от химического загрязнения.

Основным параметром, определяющим расстояние от границы второго пояса ЗСО до водозабора, является расчетное время 7 месяцев продвижения микробного загрязнения с потоком подземных вод к водозабору, которое должно быть достаточным для утраты жизнеспособности и вирулентности патогенных микроорганизмов, т. е. для эффективного самоочищения воды.

Третий пояс ЗСО предназначен для защиты подземных вод от химических загрязнений. Расположение границы третьего пояса ЗСО также определяется гидродинамическими расчетами исходя из условия, что, если за ее пределами в водоносный пласт поступят химические загрязнения, они или не достигнут водозабора, перемещаясь с подземными водами вне области питания, или достигнут водозабора, но не ранее расчетного времени T_x . Время продвижения загрязненной воды от границы третьего пояса ЗСО до водозабора должно быть больше проектного срока эксплуатации водозабора (25-50 лет). Если запасы подземных вод обеспечивают неограниченный срок эксплуатации водозабора, третий пояс должен обеспечить соответственно длительное сохранение качества подземных вод.

Учет нестабильности химического загрязнения, позволяющий сократить размеры третьего пояса ЗСО, возможен только при наличии соответствующих экспериментальных данных.