

## Водоснабжение и инженерная мелиорация

### *Лекция «ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ»*

Водозаборными сооружениями (сокращенно - водозабором) называют комплекс гидротехнических сооружений, служащих для забора воды из источника водоснабжения, ее предварительной очистки (обычно процеживанием воды через сетки) и подачи под необходимым напором в водоводы (к потребителю или на очистные сооружения системы водоснабжения).

Водозаборные сооружения одни из наиболее ответственных и дорогих сооружений системы водоснабжения. Бесперебойное снабжение водой потребителей в значительной степени зависит от бесперебойного функционирования водозаборных сооружений соответствующей производительности, что возможно только при осуществлении водозабора с учетом всех природных условий водоисточника.

#### **Водозаборные сооружения классифицируют:**

по назначению: хозяйственно-питьевого или производственного водоснабжения;

по роду водоисточника: речные, морские, водохранилищные, водозаборы подземных вод;

по месту расположения водоприемника (при заборе воды из поверхностного водоисточника. Водоприемником называют сооружение, предназначенное для приема воды и непосредственно взаимодействующее с речным потоком): береговые и русловые;

по производительности — малой (менее 1 м<sup>3</sup>/с), средней (от 1 до 6 м<sup>3</sup>/с) и большой (более 6 м<sup>3</sup>/с) производительности;

по степени обеспеченности подачи воды: I, II и III категорий;

по компоновке основных сооружений водозабора: совмещенные (компонуются в одном сооружении) и отдельные (комплекс сооружений);

по степени стационарности: стационарные и нестационарные (плавающие, фуникулерные, передвижные);

по сроку эксплуатации: постоянные и временные.

**Для поверхностных источников** выделяют, следующие виды водозаборных сооружений:

Береговые водозаборные сооружения применяются при относительно крутых берегах реки, представляет собой бетонный или железобетонный колодец большого диаметра, вынесенный передней стенкой в реку. Вода поступает в него через отверстия, защищенные решётками, а затем проходит через сетки, осуществляющие грубую механическую очистку воды.

Русловые водозаборные сооружения применяются обычно при пологом берегу, имеют оголовки, вынесенные в русло реки. Конструкции оголовков весьма разнообразны. Из оголовка вода подаётся по самотёчным трубам к береговому колодцу; последний часто совмещен с насосной станцией первого подъёма.

Плавающие водозаборные сооружения — это понтон или баржа, на которых устанавливаются насосы, забирающие воду непосредственно из реки. На берег вода подаётся по трубам (с подвижными стыками), уложенным на соединительном мостике.

Ковшовые водозаборные сооружения. Вода поступает из реки сначала в расположенный у берега ковш (искусственный залив), в конце которого размещается собственно В. с. Ковш используется для осаднения наносов, а также для борьбы с ледовыми помехами — шугой и глубинным льдом.

Т а б л и ц а Категории водозаборных сооружений

Категория	Характеристика обеспеченности подачи воды	Обеспеченность, %		
		расчетного расхода воды в водосточнике	расчетного уровня воды в водисточнике	
			максимального	минимального
I	Допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более 30 % расчетного расхода воды и на производственные нужды до предела, устанавливаемого аварийным графиком работы предприятий, длительность снижения подачи не должна превышать 3 сут. Перерыв в подаче воды или подача ниже указанного предела допускается не более чем на 10 мин.	95	1	97
II	Допускаемое снижение подачи воды то же, что и при I категории, длительность снижения подачи не более 10 сут. Перерыв в подаче воды или подача ниже указанного предела — до 6 ч.	90	3	95
III	Допускаемое снижение подачи воды то же, что и при I категории, длительность снижения подачи воды не должна превышать 15 сут. Перерыв в подаче воды или подача ниже указанного предела — до 24 ч.	85	5	90

Примечание Объединенные хозяйственно-питьевые и производственные системы водоснабжения населенных пунктов при числе жителей в них более 50 тыс. человек следует относить к I категории, от 5 до 50 тыс. человек — к II категории, менее 5 тыс. человек — к III категории.

Водозаборное сооружение берегового типа устраивают при сравнительно крутых берегах рек. Оно состоит из водоприемного берегового колодца и насосной станции. По фронту водоприемный колодец разделяется на отдельные секции, число которых принимается равным двум или числу всасывающих линий. Каждая секция водоприемного колодца разделена перегородкой на две камеры: приемную и всасывающую. Верх водоприемного колодца должен располагаться выше самого высокого уровня воды не менее чем на 0,5 м. Над колодцем располагают сооружение с блоком управления оборудованием.

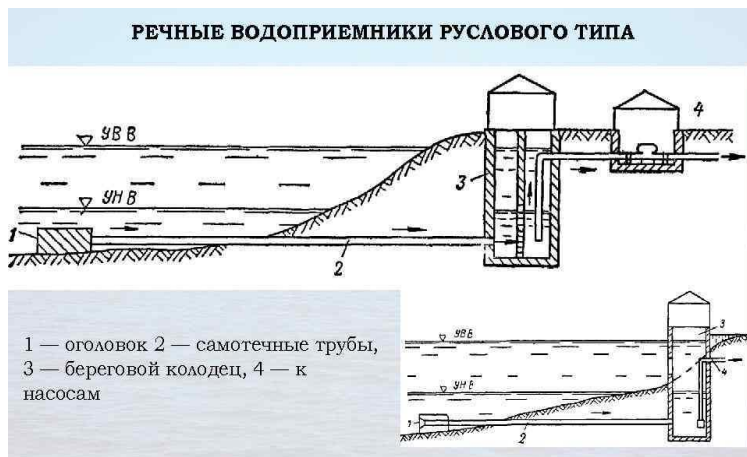
Водозаборное сооружение руслового типа устраивают при сравнительно пологих берегах, слабых грунтах и малых глубинах воды в реке. Водозабор состоит из оголовка, который служит для закрепления концов самотечных линий и приема воды из источника, расположенного на дне русла реки, самотечных линий к заглубленному береговому колодцу и насосной станции. Самотечные линии (не менее двух) устраивают из стальных, железобетонных труб, а также в виде железобетонных галерей и др. Скорость движения воды в самотечных линиях во избежание их засорения следует принимать не менее 0,7...0,9 м/с.

Специальные водозаборы применяют в особых случаях. При образовании в реке глубинного льда или при высокой мутности воды целесообразно забирать воду не непосредственно из реки, а из искусственного залива, так называемого ковша, который может быть вырыт в русле реки или вдаваться в ее берег. Размеры ковшей определяют из условия всплывания глубинного льда или выпадения взвесей. Проточная скорость в них принимается 0,2... 0,5 м/с. Конструкция сооружений для забора воды из ковшей аналогична конструкции обычных речных водозаборных сооружений.

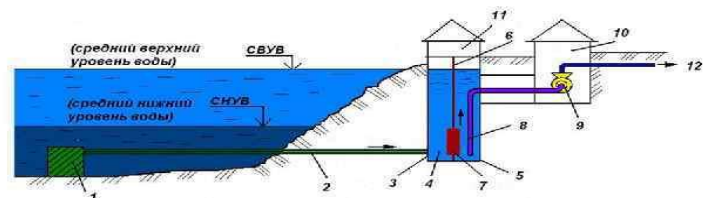
Инфильтрационные водозаборные сооружения представляют собой скважины, шахтные колодцы или горизонтальные водозаборы, располагаемые вдоль реки с песчаными или песчано-гравелистыми берегами. Их целесообразно применять при необходимости получения хорошо осветленной воды и на реках с интенсивным образованием глубинного льда.

Для временных водопроводов устраивают передвижные или плавучие водозаборы. Передвижной водозабор представляет собой насосную станцию легкого типа, которая может передвигаться соответственно изменению уровня воды в реке по наклонному рельсовому пути, проложенному на берегу. При плавучих водозаборах насосные агрегаты размещаются на плавучих средствах: баржах, понтонах и т.п. Достоинствами таких сооружений являются независимость приема воды от колебания уровня воды в реке и возможность быстрого их устройства. Существенные недостатки – необходимость применения гибких соединений трубопроводов, тяжелые условия эксплуатации зимой и в период паводков.

Для забора воды из водохранилищ можно использовать водозаборные сооружения двух типов: совмещенные с плотинами, водоспусками или водосбросами и отдельно стоящие.



### Береговой водозабор руслового типа



Водозабор руслового типа. 1 — оголовок; 2 — самотечные трубы; 3 — береговой колодец; 4 — приемная камера; 5 — всасывающая камера; 6 — перегородка; 7 — съемная сетка; 8 — всасывающий патрубок; 9 — центробежный насос; 10 — насосная станция первого подъема; 11 — павильон; 12 — напорные водоводы.

### Схема берегового водозабора раздельного типа

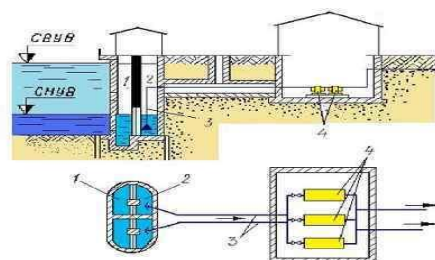
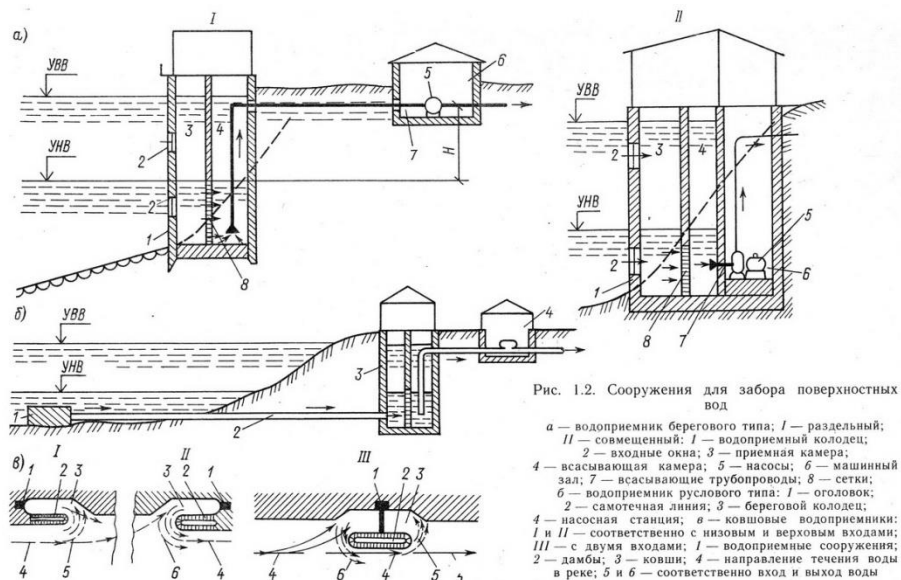


Схема берегового водозабора раздельного вида. 1- приемная камера; 2- всасывающая камера; 3- всасывающий трубопровод; 4- насосы насосной станции 1-го подъема



## Сооружения для забора подземных вод

Выбор типа и схемы размещения водозаборных сооружений следует производить исходя из геологических, гидрогеологических и санитарных условий района. При проектировании новых и расширении существующих водозаборов должны учитываться условия взаимодействия их с существующими и проектируемыми водозаборами на соседних участках, а также их влияние на окружающую природную среду (поверхностный сток, растительность и др.).

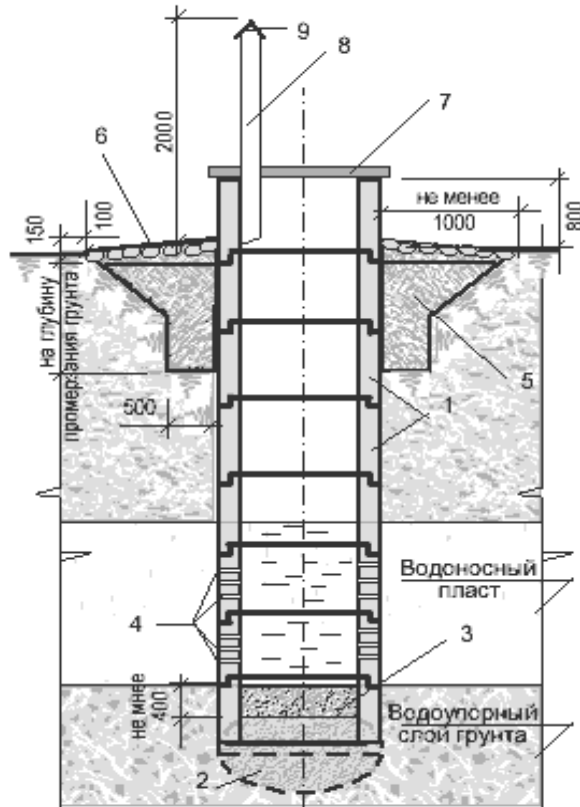
В водозаборах подземных вод применяются следующие водоприемные сооружения: водозаборные скважины, шахтные колодцы, горизонтальные водозаборы, комбинированные водозаборы, лучевые водозаборы, каптажи родников.

**Водозаборные скважины.** В проектах скважин должен быть указан способ бурения и определены конструкции скважины, ее глубина, диаметры колонн труб, тип водоприемной части, водоподъемника и оголовка скважины, а также порядок их опробования. В конструкции скважины необходимо предусматривать возможность проведения замеров дебита, уровня и отбора проб воды.

**Шахтные колодцы.** Шахтные колодцы следует применять, как правило, в первых от поверхности безнапорных водоносных пластах, сложенных рыхлыми породами и залегающих на глубине до 30 м. При мощности водоносного пласта до 3 м следует предусматривать шахтные колодцы совершенного типа с вскрытием всей мощности пласта; при большей мощности допускаются совершенные и несовершенные колодцы с вскрытием части пласта. При расположении водоприемной части в песчаных грунтах на дне колодца необходимо предусматривать обратный песчано-гравийный фильтр или фильтр из пористого бетона, а в стенках водоприемной части колодцев — фильтры из пористого бетона или гравийные.

Верх шахтных колодцев должен быть выше поверхности земли не менее чем на 0,8 м. При этом вокруг колодца должна предусматриваться отмостка шириной 1—2 м с уклоном 0,1 от колодца; вокруг колодцев, подающих воду для хозяйственно-питьевых нужд, кроме того, следует предусматривать устройство замка из глины или жирного суглинка глубиной 1,5—2 м и шириной 0,5 м. В колодцах необходимо предусматривать вентиляционную трубу, выведенную выше поверхности земли не менее чем на 2 м. Отверстие вентиляционной трубы должно защищаться колпаком с сеткой.

Колодец шахтного типа  
с опорой на водоупорный слой грунта

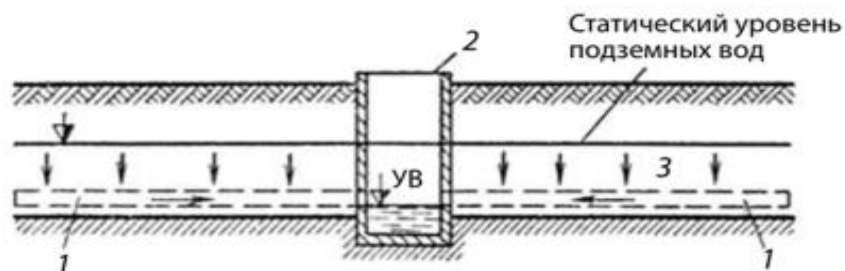


- 1- железобетонные кольца; 2- нож;  
3- донный фильтр из щебня; 4- отверстия в шахматном порядке через 20-30 см; 5- защитный пояс из жирной глины;  
6- каменная отмостка; 7- крышка; 8- вентиляционная труба;  
9- вентиляционный козырек или сетка

Горизонтальные водозаборы. Горизонтальные водозаборы следует предусматривать, как правило, на глубине до 8 м в безнапорных водоносных пластах, преимущественно вблизи поверхностных водотоков. Они могут проектироваться в виде каменно-щебеночной дрены, трубчатой дрены, водосборной галереи или водосборной штольни.

Водозаборы в виде каменно-щебеночной дрены рекомендуется предусматривать для систем временного водоснабжения. Трубчатые дрены надлежит проектировать на глубине до 5...8 м для водозаборов II — III категорий. Для водозаборов I и II категорий должны приниматься, как правило, водосборные галереи. Водозаборы в виде штольни следует принимать в соответствующих орографических условиях.

Водоприемную часть водозаборов из трубчатых дрен следует принимать из керамических, асбестоцементных, железобетонных и пластмассовых труб с круглыми или щелевыми отверстиями с боков и в верхней части трубы; нижняя часть трубы (не более 1/3, по высоте) должна быть без отверстий. Минимальный диаметр труб надлежит принимать 150 мм.



Определение диаметров трубопроводов горизонтальных водозаборов следует производить для периода низкого стояния уровня грунтовых вод, расчетное наполнение при-

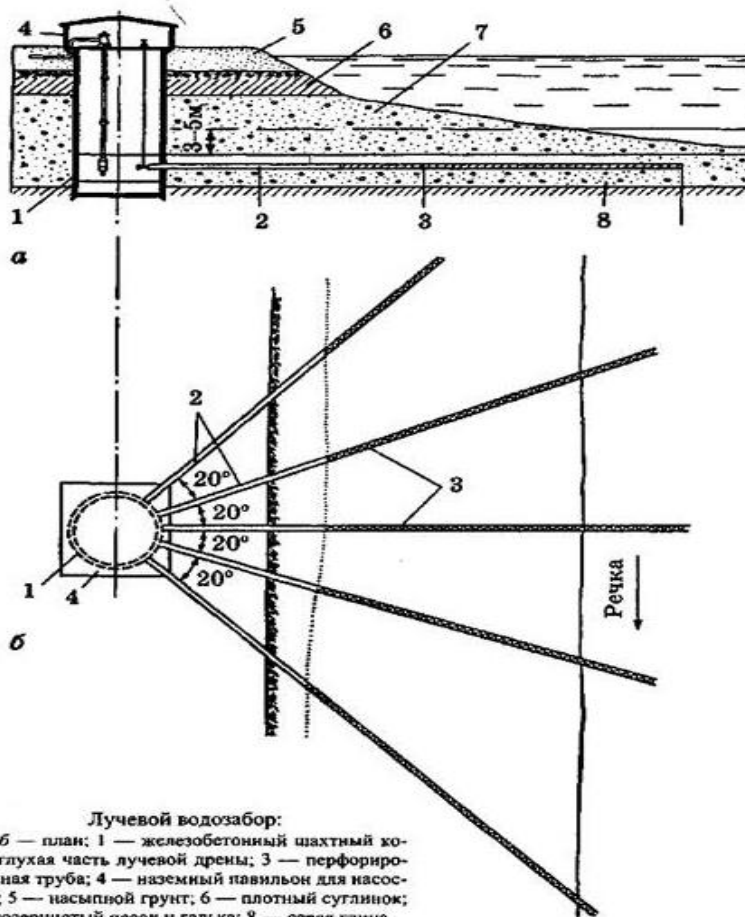
нимать 0,5 диаметра трубы. Уклоны труб в сторону водосборного колодца должны быть не менее: 0,007 — при диаметре 150 мм; 0,005 — 200 мм; 0,004 — 250 мм; 0,003 — 300 мм; 0,002 — 400 мм; 0,001 — 500 мм. Скорость течения воды в трубах должна приниматься не менее 0,7 м/с.

Водоприемные галереи надлежит принимать из сборного железобетона с щелевыми отверстиями или окнами с козырьками. Горизонтальные водозаборы должны быть защищены от попадания в них поверхностных вод. Для наблюдения за работой трубчатых и галерейных водозаборов, их вентиляции и ремонта надлежит принимать смотровые колодцы, расстояние между которыми должно быть не более 50 м для трубчатых водозаборов диаметром от 150 до 500 мм и 75 м при диаметре более 500 мм; для галерейных водозаборов — 100...150 м. Смотровые колодцы следует предусматривать также в местах изменения направления водоприемной части в плане и вертикальной плоскости.

Смотровые колодцы следует принимать диаметром 1 м; верх колодцев должен возвышаться не менее чем на 0,2 м над поверхностью земли; вокруг колодцев должна быть сделана водонепроницаемая отмостка шириной не менее 1 м и глиняный замок. Насосные станции горизонтальных водозаборов следует, как правило, совмещать с водосборным колодцем.

Лучевые водозаборы. Лучевые водозаборы надлежит предусматривать в водоносных пластах, кровля которых расположена от поверхности земли на глубине не более 15...20 м и мощность водоносного пласта не превышает 20 м. В неоднородных или мощных однородных водоносных пластах следует применять многоярусные лучевые водозаборы с лучами, расположенными на разных отметках.

Водосборный колодец при производительности водозабора до 150...200 л/с и в благоприятных гидрогеологических и гидрохимических условиях следует предусматривать односекционным; при производительности водозабора свыше 200 л/с водосборный колодец должен быть разделен на две секции. Лучи длиной 60 м и более следует принимать телескопической конструкции с уменьшением диаметра труб.

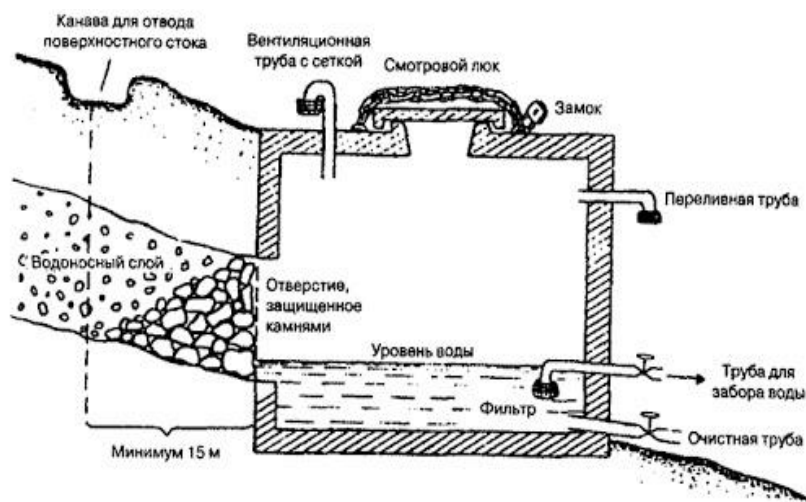


**Лучевой водозабор:**  
*a* — разрез; *b* — план; 1 — железобетонный шахтный колодец; 2 — глухая часть лучевой дрены; 3 — перфорированная стальная труба; 4 — наземный павильон для насосной станции; 5 — насыпной грунт; 6 — плотный суглинок; 7 — крупнозернистый песок и галька; 8 — серая глина

При длине лучей меньше 30 м в однородных водоносных пластах угол между лучами должен быть не менее 30°.

Водоприемные лучи должны приниматься из стальных перфорированных или щелевых труб со скважностью не более 20 %.

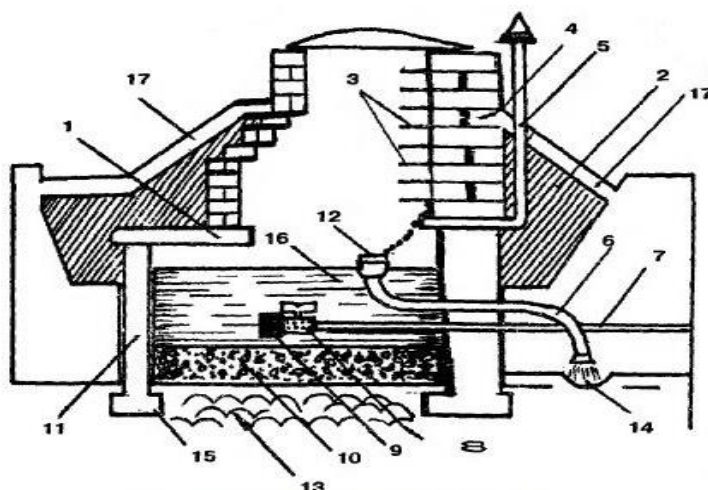
Каптаж родников. Каптажные устройства (водосборные камеры или неглубокие опускные колодцы) следует применять для захвата подземных вод из родников. Захват воды из восходящего родника следует осуществлять через дно каптажной камеры, из нисходящего — через отверстия в стене камеры.



При каптаже родников из трещиноватых пород прием воды в каптажной камере допускается осуществлять без фильтров, а из рыхлых пород — через обратные фильтры.

Каптажные камеры должны быть защищены от поверхностных загрязнений, промерзания и затопления поверхностными водами.

В каптажной камере следует предусматривать переливную трубу, рассчитанную на наибольший дебит родника, с установкой на конце клапана-захлопки, вентиляционную трубу и спускную трубу диаметром не менее 100 мм. Для освобождения воды родника от взвеси каптажную камеру следует разделять переливной стенкой на два отделения: одно — для отстаивания воды с последующей очисткой его от осадка, второе — для забора воды насосом.



Каптаж восходящего родника:

- 1 - плита перекрытия; 2 - глиняный замок; 3 - скобы;
- 4 - кладка; 5 - вентиляционная труба; 6 - переливная труба;
- 7 - водозаборная труба; 8 - вентиль; 9 - фильтр; 10 - обратный гравийный фильтр; 11 - бетонное кольцо; 12 - слив с пробкой;
- 13 - водоносный слой; 14 - водоотводная канава;
- 15 - фундамент; 16 - накопитель; 17 - отмостка

### **«Выбор источника водоснабжения и расчет водозаборных сооружений»**

Цель работы: познакомиться с требованиями к выбору источника водоснабжения; освоить основные принципы расчета водозабора.

Источник водоснабжения должен удовлетворять следующим требованиям: обеспечивать требуемое суточное количество воды с учетом перспективного развития объекта, бесперебойность водоснабжения, необходимое качество воды; обеспечивать возможность подачи воды объекту с наименьшей затратой средств.

Выбор типа и схемы размещения сооружений для забора подземных вод следует производить исходя из геологических, гидрогеологических и санитарных условий района. Водозаборный узел может состоять из одного или нескольких вертикальных трубчатых колодцев-скважин, оборудованных соответствующим фильтром и насосом. Каждая из скважин может подавать воду непосредственно в сеть или в промежуточный резервуар и далее через насосную станцию II подъема в сеть или напорный водовод.

При проектировании водозаборов подземных вод вначале оценивается производительность одной скважины с учетом допустимого снижения уровня или напора и граничных условий пласта. Решение прогнозной задачи осуществляется в следующей последовательности:

- 1) задается дебит одиночной скважины, исходя из данных опытных работ и возможности насосного оборудования;
- 2) определяется количество водозаборных скважин и система их расположения при определенных граничных условиях. Если одиночная скважина не обеспечивает требуемый дебит при допустимом понижении, водозабор следует проектировать из двух и более скважин. В этом случае, следует учитывать их взаимное влияние. Расстояние между скважинами водозабора следует задавать в пределах 50 - 200 м. Скважины водозабора в безграничном пласте обычно располагают по площадной или круговой схеме, а в полуограниченном пласте – параллельно границам.
- 3) рассчитывается понижение уровня в скважинах на конец принятого срока эксплуатации (25 лет) по формулам, отвечающим определенным граничным условиям. Расчет следует проводить для скважины, находящейся в наихудших условиях взаимодействия;
- 4) полученное расчетным путем понижение уровня сопоставляется с допустимым понижением. Допустимое понижение устанавливается в зависимости от технических условий откачки и гидрогеологических условий. В безнапор-

ных водоносных горизонтах оно принимается равным 0,5...0,7 мощности водоносного горизонта; в напорных - величина пьезометрического напора плюс 0,5...0,7 мощности эксплуатируемого горизонта.

### З а д а н и е

Определить необходимую производительность водозабора по результатам лабораторной работы № 1. Проанализировав геологические, гидрогеологические и санитарные условия района выбрать тип и схему размещения водозаборных сооружений. Воды напорные; мощность водоносного горизонта  $m$ , м; высота избыточного напора над кровлей пласта 120 м; коэффициент фильтрации 10 м/сут; коэффициент пьезопроводности  $10^5$  м<sup>2</sup>/сут.

	Вариант									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$m$ , м	8	10	20	15	12	18	16	14	16	8
$Q_{скв.}$ , л/сек	12,5	14,5	10,5	9,0	8,5	9,5	10,5	8,5	12,5	8,5

Составить прогноз условий работы проектируемого водозаборного сооружения при различных схемах расположения скважин: линейная; площадная; кольцевая.

Отчёт по лабораторной работе оформлять в соответствии с требованиями: МИ 01-02-2018 Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации.

Отчёт по лабораторной работе и конспект лекций отправить на проверку: [lyudmila-vasyuti@mail.ru](mailto:lyudmila-vasyuti@mail.ru)

Доцент кафедры ПГ и ТГР, канд. геол.-мин. наук  
Васютин Людмила Александровна