

УДК 628.112

Основы оборудования подземных источников водоснабжения в сельской местности

Липкович И.Э., Украинцев М.М., Егорова И.В., Пятикопов С.М., Петренко Н.В.

Азово-Черноморский инженерный институт Донского ГАУ

Аннотация

В статье рассмотрены основы организации оборудования подземных источников водоснабжения в сельской местности. Необходимо отметить, что основная цель этого – обеспечить бесперебойную подачу воды потребителям необходимого качества. Предложенный нами материал поможет организовать подземные источники водоснабжения и создать теоретическое мировоззрение по движению воды в грунте и при эксплуатации артезианских скважин.

Ключевые слова: ВОДОСНАБЖЕНИЕ, СЕЛЬСКАЯ МЕСТНОСТЬ, ВОДА, ВОДОПРОВОД, АРТЕЗИАНСКИЕ ВОДЫ, БЕЗНАПОРНЫЕ ВОДЫ, ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ, ВОДОЗАБОРНЫЕ СКВАЖИНЫ, НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Трудно переоценить значение воды для человека [1]. Она нужна для многих жизненных процессов, происходящих в организме. С развитием техники, строительством водопровода стала возможной подача воды для удовлетворения физиологических потребностей из отдельных источников водоснабжения.

Все сложные процессы обмена веществ в организме происходят в водной среде. Водный обмен организма неразрывно связан с солевым обменом. Необходимым условием нормальной жизнедеятельности является правильное соотношение между содержанием в организме воды и различных солей. Просачиваясь через органические мембраны, разделяющие ткани и отдельные клетки, вода с растворенными в ней солями движется от более слабого раствора к более концентрированному, пока концентрации этих растворов не

выравниваются. Этот процесс, который называется осмосом, играет очень важную роль в жизнедеятельности организма, так как с его помощью клетки получают необходимые питательные вещества.

С особой точностью в организме поддерживается водно-солевой состав крови, который регулируется специальными системами. Когда человек пьет воду, происходит разбавление крови. Это вызывает набухание осморецепторов – особых клеток, воспринимающих изменения суммарной концентрации солей крови. При этом в нервной системе возникает сигнал о необходимости усиления выведения воды из организма [2].

Наоборот, если человек потерял много воды или в кровь поступил избыток солей, осморецепторы дают сигнал о необходимости экономии воды организмом. При этом уменьшается выделение воды почками, а человек начинает испытывать чувство жажды.

Вода имеет большое значение в регуляции температуры нашего тела. Известно, что при нормальной температуре окружающего воздуха отдача тепла с поверхности тела человека происходит в основном двумя путями: конвекцией и радиацией. При конвекционном пути тепло отдается движущемуся воздуху, имеющему более низкую температуру, чем поверхность тела, а при радиационном пути теплопередачи отдача тепла происходит излучением от более нагретого тела человека в сторону поверхностей с более низкой температурой. При высокой температуре окружающего воздуха, например при работе в поле в жаркий день, отдача избыточного тепла происходит главным образом путем испарения пота. При этом происходит значительная потеря не только воды, но и необходимых организму минеральных солей. Поэтому удовлетворить возникающую в таких условиях жажду пресной водой невозможно. Чем больше человек будет пить пресной воды, тем больше он будет терять с потом солей, в основном хлористого натрия, который, как известно, способствует удержанию влаги в организме.

Одним из основных условий преобразования сельскохозяйственного производства и быта является комплексное решение вопросов производственного и хозяйственно-питьевого водоснабжения, что наиболее рационально в технико-экономическом и санитарном отношении и неразрывно связано с централизацией водоснабжения, возможной лишь при строительстве водопроводных сооружений и систем. Одним из перспективных путей улучшения санитарно-технического состояния водоснабжения сельских населенных пунктов является строительство групповых водопроводов.

Таблица 1. Нормативы по микробиологическим и паразитологическим показателям питьевой воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл <1>	Отсутствие
Общие колиформные бактерии <2>	Число бактерий в 100 мл <1>	Отсутствие
Общее микробное число <2>	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги <3>	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий <4>	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий <3>	Число цист в 50 л	Отсутствие

Таблица 2. Нормативы содержания вредных химических веществ, поступающих в источник водоснабжения в результате хозяйственной деятельности человека

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК)), не более	Показатель вредности <1>	Класс опасности
1	2	3	4	5
Обобщенные показатели				
Водородный показатель	единицы рН	в пределах 6 - 9		
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000 (1500) <2>		
Жесткость общая	мг·эquiv/л	7 (10) <2>		
Окисляемость перманганатная	мг/л	5,0		
Нефтепродукты, суммарно	мг/л	0,1		
Поверхностно - активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/л	0,5		
Фенольный индекс	мг/л	0,25		
Неорганические вещества				
Алюминий (Al ³⁺)	мг/л	0,5	с.-т.	2
Барий (Ba ²⁺)	мг/л	0,1	с.-т.	2
Бериллий (Be ²⁺)	мг/л	0,0002	с.-т.	1
Бор (В, суммарно)	мг/л	0,5	с.-т.	2
Железо (Fe, суммарно)	мг/л	0,3 (1,0) <2>	орг.	3
Кадмий (Cd, суммарно)	мг/л	0,001	с.-т.	2
Марганец (Mn, суммарно)	мг/л	0,1 (0,5) <2>	орг.	3

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК)), не более	Показатель вредности <1>	Класс опасности
1	2	3	4	5
Медь (Cu, суммарно)	мг/л	1,0	с.-т.	3
Молибден (Mo, суммарно)	мг/л	0,25	с.-т.	2
Мышьяк (As, суммарно)	мг/л	0,05	с.-т.	2
Никель (Ni, суммарно)	мг/л	0,1	с.-т.	3
Нитраты (по NO ₃ -)	мг/л	45	с.-т.	3
Ртуть (Hg, суммарно)	мг/л	0,0005	с.-т.	1
Свинец (Pb, суммарно)	мг/л	0,03	с.-т.	2
Селен (Se, суммарно)	мг/л	0,01	с.-т.	2
Стронций (Sr ²⁺)	мг/л	7,0	с.-т.	2
Сульфаты (So ²⁻⁴)	мг/л	500		4
Фториды (F ⁻)	мг/л			
Для климатических районов				
- I и II	мг/л	1,5	с.-т.	2
- III	мг/л	1,2	с.-т.	2
Хлориды (Cl ⁻)	мг/л	350	орг.	4
Хром (Cr ⁶⁺)	мг/л	0,05	с.-т.	3
Цианиды (CN ⁻)	мг/л	0,035	с.-т.	2
Цинк (Zn ²⁺)	мг/л	5,0	орг.	3
Органические вещества				
гамма-ГХЦГ (линдан)	мг/л	0,002 <3>	с.-т.	1
ДДТ (сумма изомеров)	мг/л	0,002 <3>	с.-т.	2
2,4-Д	мг/л	0,03 <3>	с.-т.	2

При обнаружении в питьевой воде нескольких химических веществ, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по санитарно-токсикологическому признаку вредности, сумма отношений обнаруженных концентраций каждого из них в воде к величине его ПДК не должны быть больше 1. Расчет ведется по формуле [4]:

$$\frac{C_{\text{факт}}^1}{C_{\text{доп}}^1} + \frac{C_{\text{факт}}^2}{C_{\text{доп}}^2} + \dots + \frac{C_{\text{факт}}^n}{C_{\text{доп}}^n} \leq 1 \quad (1)$$

где C^1, C^2, C^n – концентрации индивидуальных химических веществ 1 и 2 класса опасности: факт (фактическая) и доп (допустимая)

Количество и периодичность проб воды в местах водозабора устанавливаются с учетом требований, приведенных в таблице 3.

Таблица 3. Количество и периодичность проб воды в местах водозабора

Виды показателей	Количество проб в течение одного года, не менее	
	Для подземных источников	Для поверхностных источников
Микробиологические	4 (за сезон года)	12 (ежемесячно)
Паразитологические	не проводятся	12 (ежемесячно)
Органолептические	4 (за сезон года)	12 (ежемесячно)
Обобщенные показатели	4 (за сезон года)	12 (ежемесячно)
Неорганические и органические вещества	1	4 (за сезон года)
Радиологические	1	1

Виды определяемых показателей и количество исследуемых проб воды перед ее поступлением в распределительную сеть устанавливаются с учетом требований приведенных в таблице 4.

Таблица 4. Некоторые показатели и количество исследуемых проб воды перед ее поступлением в распределительную сеть

Виды показателей	Количество проб в течение одного года, не менее				
	Для подземных источников			Для поверхностных источников	
	Численность населения, обеспечиваемого водой из данной системы водоснабжения, тыс. чел.				
	До 20	20-100	Свыше 100	100	Свыше 100
Микробиологические	50(1)	150 (2)	365(3)	365(3)	365(3)
Паразитологические	не проводятся			12(4)	12(4)
Органолептические	50(1)	150 (2)	365(3)	365(3)	365(3)
Обобщенные показатели	4(4)	6(5)	12(6)	12(6)	24(7)
Неорганические и органические вещества	1	1	1	4(4)	12(6)
Показатели, связанные с технологией водоподготовки	Остаточный хлор, остаточный озон - не реже одного раза в час, остальные реагенты не реже одного раза в смену				
Радиологические	1	1	1	1	1

Производственный контроль качества питьевой воды в распределительной водопроводной сети проводится по микробиологическим и органолептическим показателям с частотой, указанной в таблице 5.

Таблица 5. Периодичность производственного контроля качества питьевой воды в распределительной водопроводной сети

Количество обслуживаемого населения, тыс. человек	Количество проб в месяц
До 10	2
10–20	10
20–50	30
50–100	100
Более 100	100 + 1 проба на каждые 5 тыс. человек, свыше 100 тысяч населения

В сельской местности при выборе источника централизованного водоснабжения предпочтение всегда отдается подземным водам. Подземные воды в зависимости от условий их залегания разделяются на грунтовые и межпластовые воды (рис. 1).

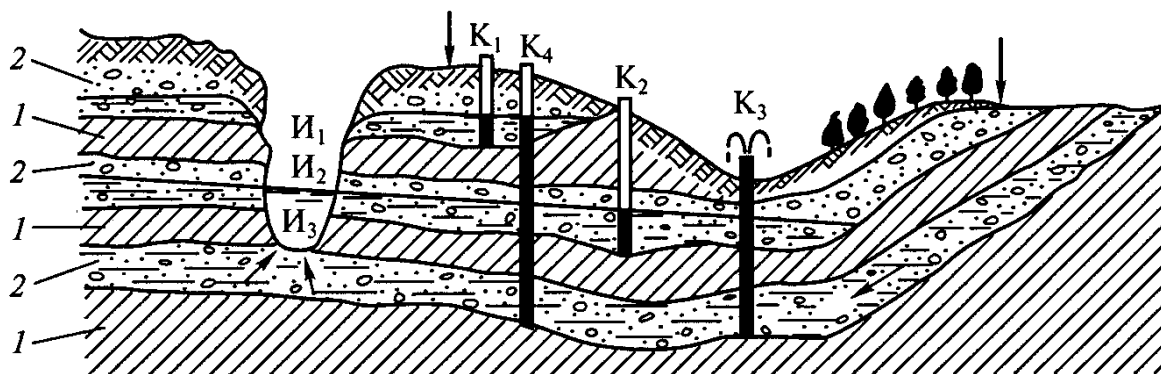


Рис. 1. Схема образования и залегания подземных вод

Примечание: 1 – водоупорные породы; 2 – водоносные породы; K₁ – K₄ – колодцы; И₁ – И₃ – источники (родники).

Также подземные воды могут быть безнапорными и напорными (артезианскими) [5].

Безнапорные воды заполняют водоносные горизонты неполностью и имеют свободную поверхность. Примером безнапорных вод может служить вода в водоносных горизонтах, вскрытых колодцами K₁ и K₂ (рис. 1). Вода устанавливается в этих колодцах на уровнях, совпадающих с уровнем подземных вод. Безнапорные подземные воды первого от поверхности водоносного горизонта называются грунтовыми. Грунтовые воды характеризуются повышенной загрязненностью, поэтому при использовании для целей водоснабжения их в большинстве случаев подвергают очистке.

Напорные (артезианские) воды заполняют водоносные горизонты полностью.

Примером напорных вод может служить вода в водоносном горизонте, вскрытом колодцами K_3 и K_4 (рис. 1). Артезианские воды характеризуются высоким качеством и могут использоваться для хозяйственно-питьевых целей без очистки.

Будем полагать в дальнейшем, что водонепроницаемый подстилающий слой горизонтальный, а мощность водоносного пласта t постоянная (рис. 2).

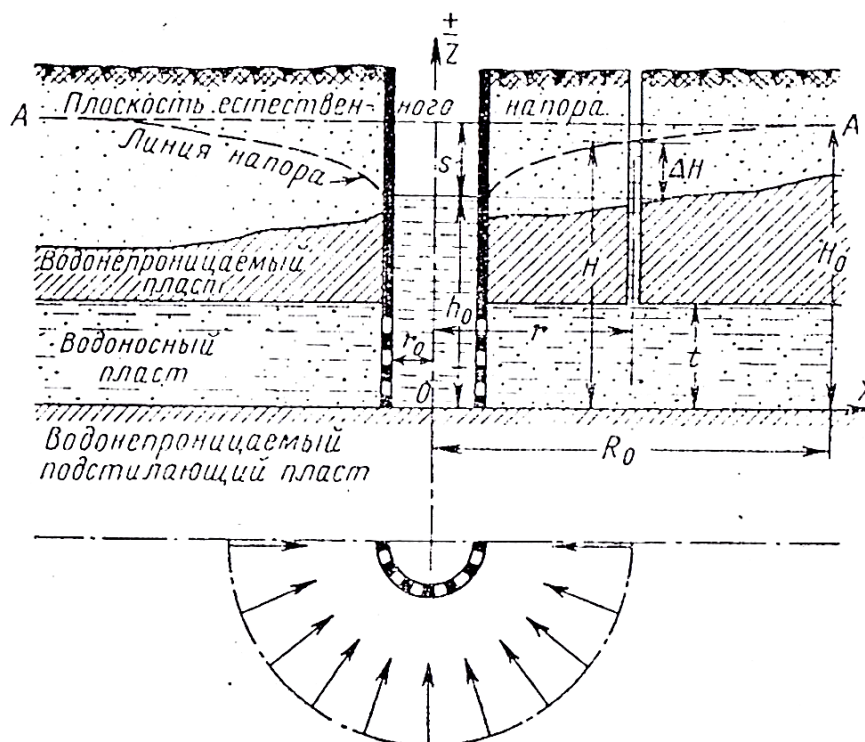


Рис. 2. Водонепроницаемый подстилающий пласт

Уравнение для построения линии напоров имеет следующий вид [4]:

$$H - h_0 = 0,37 \frac{Q}{kt} \lg \frac{r}{r_0} \quad (2)$$

где H – напор в рассматриваемом сечении, отстоящем на расстоянии r от оси колодца;

h_0 – глубина воды в колодце;

Q – расход (дебит) колодца;

k – коэффициент фильтрации;

t – мощность водоносного пласта;

r_0 – радиус колодца.

Если рассматриваются два произвольных сечения на расстояниях r_1 и r_2 от оси колодца, то уравнению (2) можно придать следующий вид:

$$H_2 - H_1 = 0,37 \frac{Q}{kt} \lg \frac{r_2}{r_1}$$

где H_1 и H_2 – соответственно напоры на расстояниях r_1 и r_2 от оси колодца.

Расход (дебит) артезианского совершенного колодца вычисляется по формуле

$$Q = 2,73 \frac{kt(H_o - h_o)}{\lg \frac{R_o}{r_o}} \quad (3)$$

где H_o – мощность водоносного пласта в естественных условиях;

R_o – радиус действия колодца, т.е. радиус цилиндрической поверхности, где уже не наблюдается понижения напора и $H = H_o$

При заданной глубине откачки $s = H_o - h_o$ дебит артезианского совершенного колодца может вычисляться также по формуле

$$Q = 2,73 \frac{kts}{\lg \frac{R_o}{r_o}}$$

Уровень воды устанавливается в колодце при отсутствии водоразбора, называют статическим. Статический уровень безнапорных вод совпадает с уровнем подземных вод, а напорных вод – с пьезометрической линией (рис. 3). При откачке воды из колодца уровень ее снижается. Такой уровень называют динамическим.

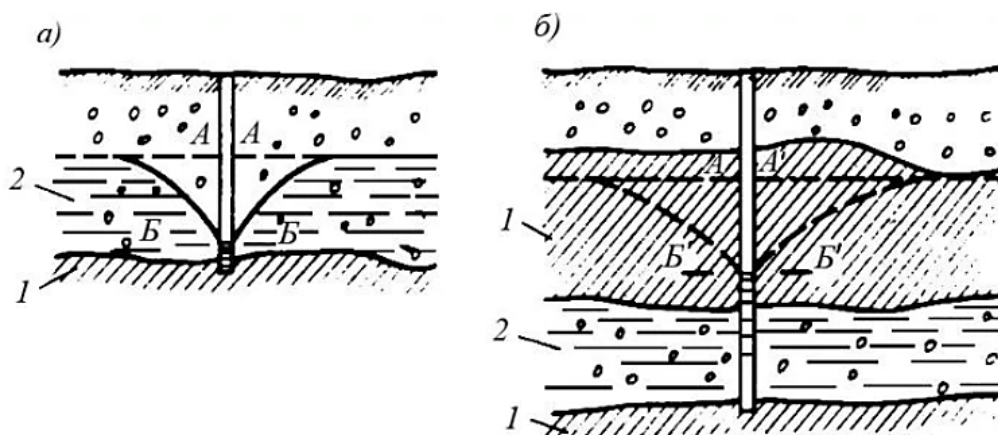


Рис. 3. Депрессионные воронки

Примечание: а – безнапорных вод; б – напорных вод; 1 – водоупорные породы; 2 – водоносные породы; АА – статический уровень; А'А' – пьезометрическая линия при отсутствии откачки; ББ и Б'Б' – динамические уровни.

Безнапорные и напорные воды могут выходить на дневную поверхность (родники). Выход безнапорных вод называют нисходящим ключом, а выход напорных вод – восходящим ключом [6].

Выбор типа сооружения для приема подземных вод зависит в основном от глубины их залегания и мощности водоносного горизонта. Сооружения для приема подземных вод могут быть подразделены на четыре вида: 1) водозаборные скважины; 2) шахтные колодцы; 3) горизонтальные водозаборы; 4) каптажные камеры.

Водозаборные скважины служат для приема безнапорных и напорных подземных вод, залегающих на глубине более 10 м. Водозаборные скважины – наиболее распространенный вид водозаборных сооружений для систем водоснабжения городов, сельских населенных пунктов и промышленных предприятий.

Шахтные колодцы служат для приема подземных вод, залегающих на глубине не более 30 м.

Горизонтальные водозаборы устраивают для приема грунтовых вод, залегающих на небольшой глубине (до 8 м), при малой мощности водоносного горизонта.

Каптажные камеры применяют при необходимости использования для целей водоснабжения ключевой воды.

Водозаборные скважины устраивают путем бурения в земле скважин, стенки которых крепят обсадными стальными трубами. По мере заглубления скважины диаметр обсадных труб уменьшают. В результате скважина приобретает телескопическую форму (рис. 4). Концентрические зазоры между отдельными обсадными трубами заделывают (тампонируют) цементным раствором. В скальных грунтах стенки скважин обсадными трубами не крепят. Над верхом водозаборной скважины делают кирпичную, бетонную или железобетонную камеру. В нижней части скважины устанавливают фильтр, состоящий из надфильтровой, водоприемной и отстойной частей. Водозаборные скважины могут оборудовать фильтрами следующих типов: дырчатыми, щелевыми, сетчатыми, проволочными, гравийными.

В зависимости от требуемого расхода и мощности водонасосного горизонта устанавливают одну или несколько водозаборных скважин, располагаемых перпендикулярно направлению потока подземных вод (рис. 5).

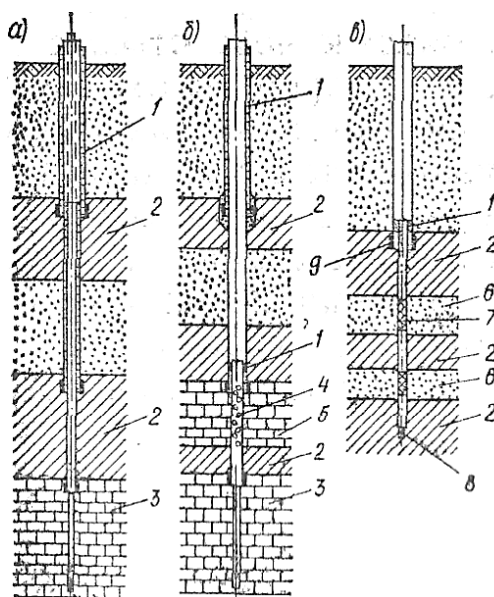


Рис. 4. Схемы устройств водозаборных скважин

Примечание: а и б – при заборе воды в трещиноватых породах; в – то же, в песках; 1 – заделка цементным раствором межтрубного пространства; 2 – глины; 3 – твердые трещиноватые породы; 4 – перфорированные трубы; 5 – известняк; 6 – водоносный песок; 7 – фильтр; 8 – пробка; 9 – башмак.

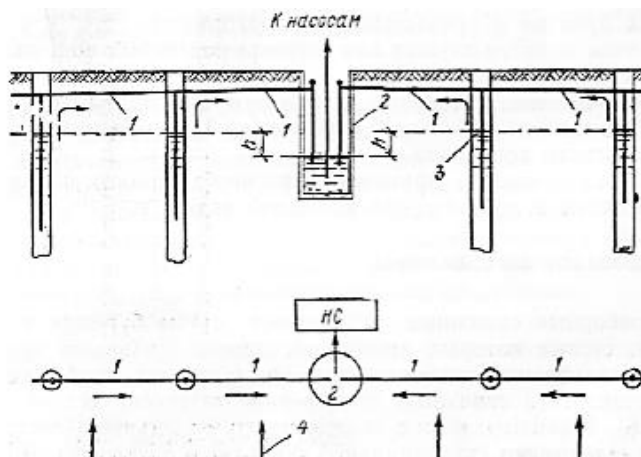


Рис. 5. Схема расположения водозаборных скважин

Способ получения воды из скважин зависит от глубины залегания динамического уровня воды. При самоизливе воду отводят из скважин самотеком в сборный резервуар, из которого ее откачивают насосами. При сравнительно неглубоком залегании динамического уровня подземные воды отводят из скважин по самотечным или сифонным трубопроводам 1 в сборный колодец 2, из которого их откачивают насосами (см. рис. 5). Применение сифонных трубопроводов позволяет уменьшать глубину заложения сборных трубопроводов. При глубоком залегании динамического уровня 3 (более 20 м от поверхности земли)

каждую водозаборную скважину оборудуют насосом.

Шахтные колодцы могут выполняться из бетона, железобетона кирпича, бутового камня и дерева. Чаще всего шахтные колодцы строят опускным способом, поэтому обычно они имеют круглую форму в плане. Деревянные колодцы, выполняемые в виде сруба из бревен, имеют квадратную форму в плане.

Для приема воды дно шахтных колодцев устраивают в виде так называемых обратных фильтров путем послойной засыпки крупнозернистых материалов с постепенным увеличением крупности зерен снизу вверх (рис. 6).

В боковых стенках бетонных и железобетонных колодцев создают водоприемные отверстия путем закладки в них труб при бетонировании.

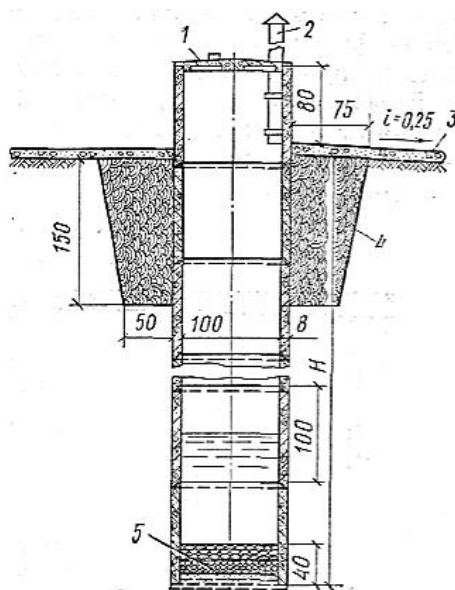


Рис. 6. Шахтный колодец из железобетонных колец

Примечание: 1 – железобетонная крышка; 2 – вентиляционная асбестоцементная труба диаметром 150 мм; 3 – отсыпка щебнем, втрамбованным в грунт, слоем 10 см; 4 – глиняный замок; 5 – обратный фильтр.

В кирпичных и бутовых колодцах водоприемными отверстиями служат незаполненные раствором сквозные швы. При мелкозернистых грунтах водоприемные отверстия в стенках шахтных колодцев целесообразно выполнять V-образной или наклонной формы (гравитационные фильтры), заполняя их песком или гравием по типу обратных фильтров. Такая загрузка не вымывается в колодец [7].

Для повышения дебита шахтных колодцев увеличивают площадь донного фильтра

путем уширения их основания. Значительного увеличения дебита можно достигнуть, устроив радиально расположенные горизонтальные трубчатые фильтры. Такие водозаборы называют лучевыми.

Вокруг колодцев рекомендуется делать глиняный замок и отмостку из булыжника на песчаном основании. Стенки колодца следует возводить выше поверхности земли не менее чем на 0,8 м. Это исключает засорение колодца и поступление в него поверхностных стоков.

Для получения значительных расходов воды устраивают несколько шахтных колодцев, которые располагают перпендикулярно направлению потока грунтовых вод. Воду из каждого колодца отводят по сифонным, а иногда и по самотечным линиям в сборный колодец, из которого ее перекачивают насосами на очистную станцию или к потребителям.

Горизонтальные водозаборы выполняют из железобетонных, бетонных или керамических труб с круглыми или щелевыми отверстиями. Для горизонтальных водозаборов целесообразно использовать трубы овоидального сечения, у которых больше площадь водоприемной поверхности (рис. 7).

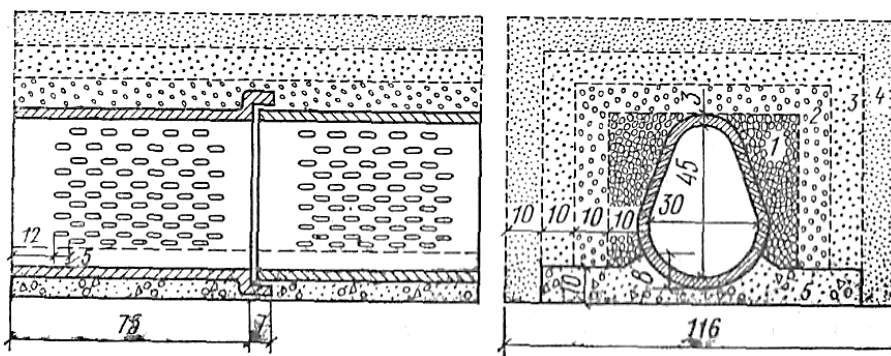


Рис. 7. Горизонтальный водозабор из железобетонных труб овоидального сечения
Примечание: 1 – слой с крупностью зерен 12–15 мм; 2 – то же, 5–7 мм; 3 – то же, 1,5–2 мм; 4 – то же, 0,4–0,6 мм; 5 – бетон.

Для предотвращения вымывания водой частиц грунта, в водозаборных насыпают фильтрующей песчано-гравийной загрузкой. Чтобы исключить поступление в водозаборы загрязненных поверхностных стоков на поверхности земли над ними устраивают глиняную подушку.

Простейшие горизонтальные водозаборы могут выполняться из коротких труб с зазорами в местах соединений, из кирпичной или бутовой кладки без раствора и т.п. Для

осмотра и очистки горизонтальных водозаборов через каждые 50–150 м по их длине устраивают смотровые колодцы.

Использование ключевой воды для целей водоснабжения (каптаж ключей) осуществляется с помощью каптажных камер. Для захвата вод восходящих ключей устраивают каптажные камеры по типу шахтных колодцев, располагая их над местами выходов воды, а для захвата вод нисходящих ключей выполняют каптажные камеры с приемом воды через боковые стенки. Для увеличения водопримемной поверхности каптаж осуществляют в виде горизонтальных водозаборов.

Уравнение кривой свободной поверхности для совершенного грунтового колодца имеет вид [4, 6]:

$$h^2 - h_0^2 = 0,73 \frac{Q}{k} l g \frac{r}{r_0} \quad (4)$$

где h – глубины грунтового потока на расстояниях r от оси колодца (рис. 8).

Для произвольных сечений, отстоящих на расстояниях r_1 и r_2 от оси колодца, формула (4) может быть записана в следующем виде:

$$h_2^2 - h_1^2 = 0,73 \frac{Q}{k} l g \frac{r_2}{r_1} \quad (5)$$

где h_1 и h_2 – соответственно глубины грунтового потока на расстояниях r_1 и r_2 от оси колодца.

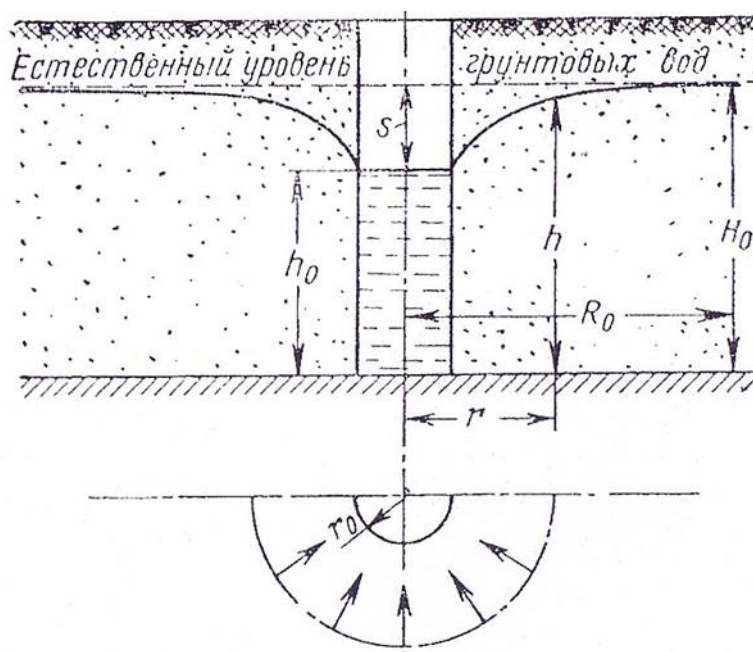


Рис. 8. Глубина грунтового потока на расстояниях r от оси колодца

Дебит совершенного грунтового колодца находится по формуле

$$Q = 1,36 \frac{k(H_o^2 - h_o^2)}{\lg \frac{R_o}{r_o}} \quad (6)$$

Радиус действия колодца может быть вычислен по эмпирическим формулам, приводимым в соответствующих справочниках.

Для предварительных расчетов при отсутствии опытных данных радиус действия R_o принимают обычно в следующих пределах [7, 8]:

$R_o = 100 - 200$ м – для мелкозернистых грунтов;

$R_o = 250 - 500$ м – для среднезернистых грунтов;

$R_o = 700 - 1000$ м – для крупнозернистых грунтов.

При выводе уравнений предполагалось, что в первом граничном створе (рис. 8) глубина h совпадает с глубиной воды в колодце, т. е. $h = h_o$. Теоретические исследования и опыты показывают, что и действительности кривая депрессии выклинивается выше уровня воды в колодце, поэтому глубина h'_o у его стенки в граничном сечении больше h_o . Следовательно, между уровнем воды в колодце и местом выхода кривой депрессии у стенки колодца существует так называемый промежуток высачивания δ .

Неучет промежутка высачивания δ при подсчете дебита совершенного грунтового колодца не отражается на величине вычисленного расхода и формула (6) дает точные результаты.

При построении кривой депрессии промежуток высачивания δ по рекомендации Р. Р. Чугаева [9, 10] можно пренебречь, когда глубина воды в колодце h_o достаточно велика; при $h_o < 0,5H_o$ неучет промежутка высачивания приведет к сильному искажению кривой депрессии в ее концевой части.

При оборудовании подземных источников водоснабжения в комплект входят насосные станции и резервуары.

В зданиях водопроводных насосных станций размещают насосы и двигатели к ним, трубопроводы, задвижки, контрольно-измерительные приборы, водомеры, электрооборудования и т.д.

Здания насосных станций бывают круглыми или прямоугольными в плане.

Агрегаты (насос и двигатель) располагают перпендикулярно или параллельно продольной оси здания в один или два ряда, а также в два ряда в шахматном порядке.

Вблизи насосных станций с большой подачей на напорных трубопроводах устраивают камеру, в которой размещают задвижки, расходомеры, предохранительные и обратные клапаны. Это позволяет уменьшить размеры зданий самих станций.

По расположению в общей схеме водоснабжения насосные станции подразделяют на станции I подъема, II подъема, повысительные и циркуляционные.

Насосные станции I подъема подают воду из источника водоснабжения на очистные сооружения или, если не требуется очистка воды, непосредственно в распределительную сеть, водонапорную башню и другие сооружения.

Насосные станции II подъема служат для подачи воды с очистных сооружений к потребителям. Повысительные насосные станции предназначены для повышения напора в водопроводной сети. Циркуляционные насосные станции устраиваются в промышленных системах водоснабжения и служат для подачи отработавшей воды на охлаждающее устройства и возврата этой воды на предприятие.

При заборе воды из артезианских скважин обычно насосы станции I подъема подают воду в резервуары, откуда ее забирают и подают потребителям насосы станции II подъема. Режим работы насосов станции II подъема зависит от графика водопотребления. Подача воды в течение суток может быть равномерной и ступенчатой. При ступенчатой подаче уменьшаются необходимый объем бака водонапорной башни и полный рабочий напор насосов. При подборе насосов для ступенчатой подачи учитывают очередность развития станции. На насосной станции целесообразно устанавливать однотипные насосы с одинаковой подачей. Режим работы насосной станции выбирают на основе анализа графиков водопотребления и совместной работы насосов, водоводов и водопроводной сети.

Насосные станции I подъема, принимающие воду из открытого источника, обычно заглубляют для уменьшения высоты всасывания насосов. При заглублении насосных станций более чем на 4 – 5 м на них чаще всего устанавливают вертикальные центробежные насосы.

На станциях I подъема должно быть предусмотрено не менее двух рабочих насосов и один или два резервных. Каждый насос, как правило, имеет отдельный всасывающий трубопровод.

Для учета работы отдельных агрегатов и всей станции устанавливают расходомеры. Наиболее распространены скоростные турбинные счетчики воды, сопла Вентури и трубы Вентури.

На рис. 9 приведена конструкция насосной станции I подъема, совмещённой с

водоприемником. Наземная часть станции выполнена из кирпича, а подземная – из железобетона. Здание разделено стеежкой на машинный зал и водоприемную часть. В машинном зале установлены под заливом три вертикальных насоса марки 20НДсВ (два рабочих и один резервный) с подачей по 950 л/с каждый и напором 70 м. Водоприемная часть разделена на три самостоятельные секции. Для монтажа и демонтажа оборудования в насосной станции установлен мостовой кран грузоподъемностью 10 т. Верхнее перекрытие станции устроено из сборных железобетонных балок и плит.

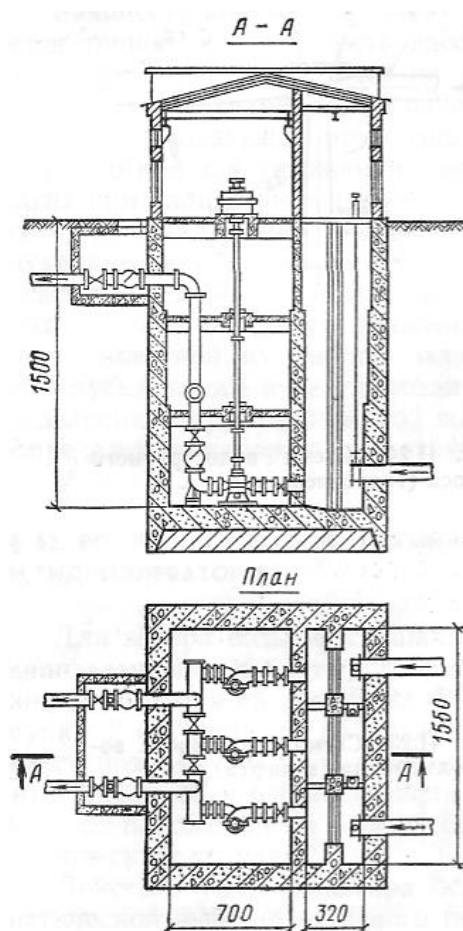


Рис. 9. Насосная станция I подъема с вертикальными насосами

Резервуары служат для хранения запасов воды и в зависимости от назначения могут быть расположены в различных местах системы водоснабжения. Резервуары сооружают преимущественно в следующих целях [11]:

а) прием и хранение воды, поступающей от насосных станций подъема, фильтровальных станций или районных водопроводов и подаваемой далее насосными станциями II (или последующего) подъема;

- б) прием «свежей» воды, питающей системы оборотного водоснабжения;
- в) хранение регулирующего объема воды и поддержание напора в сети (водонапорный резервуар);
- г) хранение противопожарных и аварийных запасов воды.

Часто резервуары служат одновременно для нескольких из указанных целей.

Объем резервуаров зависит от их назначения и производительности системы водоснабжения. Так, объем водонапорных резервуаров для хранения регулирующего объема воды, устраиваемых вместо водонапорных башен в тех случаях, когда имеется значительное естественное возвышение, определяется так же, как объем баков водонапорных башен. Объем резервуаров чистой воды при фильтровальных станциях обуславливается регулирующим объемом V_p , необходимым для возмещения разницы между равномерной подачей воды фильтровальной станцией и откачкой ее насосами станции II подъема. Регулирующий объем резервуара V_p определяют по совмещенному ступенчатому или интегральному графику подачи воды фильтровальной станцией и откачки ее насосами II подъема. В резервуарах чистой воды обычно хранится также запас воды V_ϕ для технологических целей очистной станции (промывки фильтров и др.) и запас воды V_Π для целей пожаротушения. Таким образом, общий объем резервуара должен равняться:

$$V = V_p + V_\phi + V_\Pi \quad (7)$$

Продолжительность пожара по нормам составляет 3 ч. В течение этого времени из резервуара будет откачиваться расход Q_Π на противопожарные нужды и максимальный расход на хозяйственно-питьевые нужды (предполагается, что в момент пожара в резервуаре может не быть регулирующего объема воды), а поступать в резервуар при условии бесперебойной работы насосной станции I подъема будет расход Q_1 . Следовательно,

$$V_{ц} = 3Q_\Pi + \sum Q_x - 3Q_1 \quad (8)$$

где $\sum Q_x$ – расход воды на хозяйственно-питьевые нужды за 3 ч наибольшего водопотребления (по графику).

На рис. 10 приведена схема оборудования трубопроводами резервуара чистой воды фильтровальной станции. По трубе 1 вода подается в резервуар, а через трубу 3 разбирается. Кроме того, резервуар оборудуется переливной трубой 2 и грязевой трубой 4. При двух и большем числе резервуаров между ними устраивают камеры переключения, в которых размещают узлы с арматурой, образуемые ответвлениями труб к отдельным резервуарам.

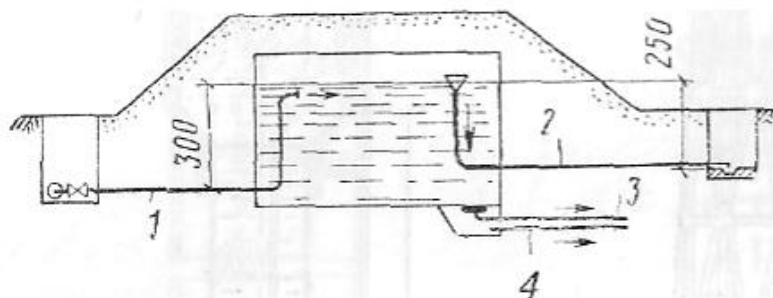


Рис. 10. Схема оборудования резервуара чистой воды трубопроводами

Резервуары выполняют преимущественно из железобетона. При объеме до 2000 м^3 железобетонные резервуары сооружают круглой формы в плане (рис. 11), а при большем объеме – прямоугольной формы в плане. Перекрытие цилиндрических резервуаров устраивают плоским безбалочным, а прямоугольных резервуаров – плоским безбалочным или балочным. Железобетонные резервуары могут выполняться монолитными или сборными из отдельных элементов. Для обеспечения водонепроницаемости резервуаров их стенки и днище следует торкретировать, а внутренние поверхности стенок, кроме того, железнить.

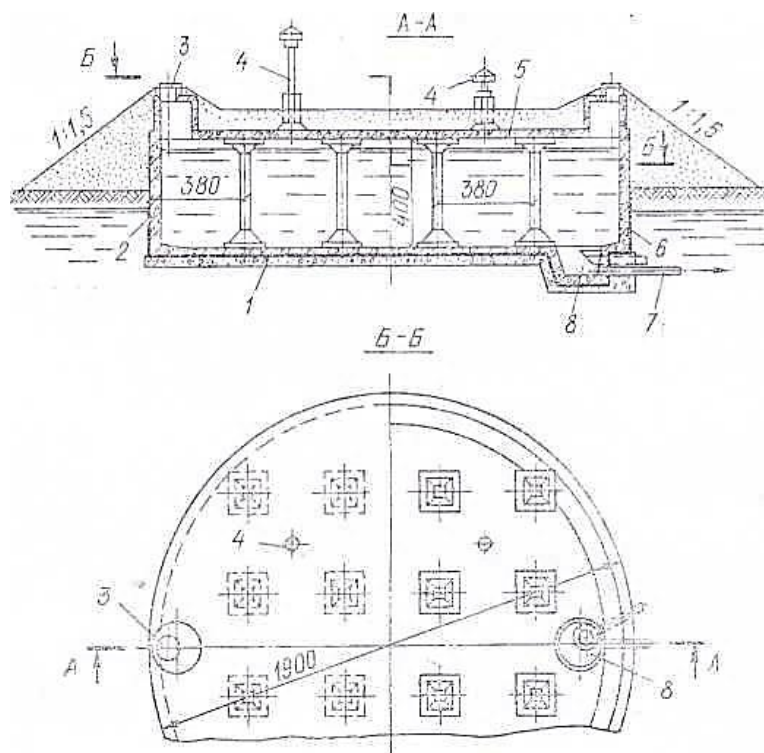


Рис. 11. Железобетонный резервуар объемом 1000 м^3 , выполняемый в мокрых грунтах
Примечание: 1 – днище на утрамбованном грунте, гидроизоляция битумом, бетонная подготовка; 2 – стенка; 3 – люк с лазом; 4 – вентиляционные трубы; 5 – перекрытие; 6 – гидроизоляция битумом; 7 – грязевая труба; 8 – приямок.

Подземные источники водоснабжения – артезианские скважины должны иметь зоны санитарной охраны. В такую зону входят территория, на которой расположен водозабор и все головные водопроводные сооружения (скважины, насосные станции, установки для обработки воды и резервуаров). Размеры зоны санитарной охраны артезианских скважин устанавливают около 0,25 га, причем радиус территории должен быть не менее 30 м вокруг скважин. При использовании грунтовых вод размеры зоны санитарной охраны увеличиваются до 1 га, а радиус до 50 м [4, 6, 11].

Как известно, вопрос противопожарной защиты в сельской местности стоит достаточно остро. Поэтому противопожарное водоснабжение играет большую роль в системе тушения пожара.

На рис. 12 приведена схема противопожарного водоснабжения при подземных источниках водоснабжения.

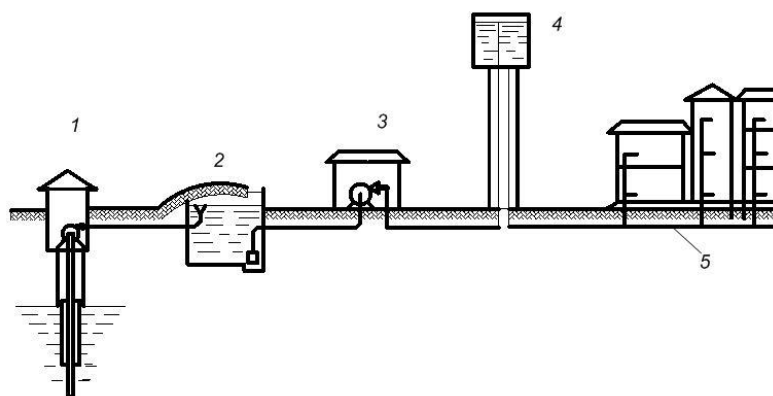


Рис. 12. Схема противопожарного водовода при подземных водоисточниках
Примечание: 1 – артезианская скважина; 2 – запасной резервуар; 3 – насосная станция; 4 – водонапорная башня; 5 – водопроводная сеть.

Для питания водопровода при подземном водоснабжении устраивают шахтные колодцы, артезианские скважины, из которых воду забирают насосные установки. Из артезианских скважин вода поступает в запасной резервуар (рис. 12). Из него воду подают насосами насосной станции второго подъема 3, в водонапорную башню 4 и наружную водопроводную сеть. Насосы для подачи воды, как правило, работают длительный период времени, однако неправильное использование может привести к перегреву и выходу их из строя. Для предотвращения такого вида неисправности и повышения надежности работы их оснащают термодатчиками, которые встраивают в обмотку [12]. Таким образом, при превышении

максимальной температуры обеспечивается безопасность работы.

На водопроводной сети устанавливают пожарные гидранты, которые служат для отбора воды на противопожарные нужды. Правильное содержание гидрантов гарантирует их безотказную работу во время тушения пожаров.

Расстояние между ними принимают не более 150 м, а наибольшее расстояние от гидрантов до обслуживаемых зданий – 120 и 150 м соответственно при противопожарных водоемах высокого и низкого давления. Гидранты располагают не ближе 5 м от стен здания и не более 2,5 м – от бровки дорог.

Мы рассмотрели основы организации оборудования подземных источников водоснабжения в сельской местности. Необходимо отметить, что основная цель этого – обеспечить бесперебойную подачу воды потребителям необходимого качества. Предложенный нами материал поможет организовать подземные источники водоснабжения и создать теоретическое мировоззрение по движению воды в грунте и при эксплуатации артезианских скважин.

Список использованных источников:

1. Липкович И.Э. Обеспечение безопасности в сельскохозяйственной отрасли / И. Э. Липкович, С. Л. Пушенко, М. М. Украинцев [и др.]; Министерство сельского хозяйства РФ; Азово-Черноморский инженерный институт - филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственной аграрный университет" в г. Зернограде. Том Часть 1. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственной аграрный университет" в г. Зернограде, 2020. – 330 с. – EDN MGNVX.

2. Кисина Т. Н. Технологические мероприятия по решению проблем водоснабжения малых населенных пунктов из подземных источников / Т. Н. Кисина, И. А. Троценко // Каталог выпускных квалификационных работ ФГБОУ ВО Омский ГАУ: серия "Природообустройство и водопользование": Сборник работ. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 465-470. – EDN CVQUAU.

3. Головинов В.А. Электромагнитные насосы для сельскохозяйственного производства // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве, Ставрополь, 12 сентября – 05 декабря 2016 года. – Ставрополь: Издательство "АГРУС", 2016. – С. 738-741. – EDN YHKPSZ.

4. Luong V.A. Rural Water Supply Solution in Climate Change Conditions in Quang Ngai Province // Безопасность жизнедеятельности. – 2019. – No. 1(217). – P. 50-56. – EDN

УТНКWT.

5. Клемешов Д.В. Система водоснабжения и водоотведения животноводческих ферм, отдаленных от централизованных инженерных сетей // Master's Journal. – 2020. – № 2. – С. 86-98. – EDN EOTPSF.

6. Цаликов, Р. Х. Оценка природной, техногенной и экологической безопасности России: Научное издание / Р. Х. Цаликов, В. А. Акимов, К. А. Козлов; Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2009. – 464 с. – ISBN 978-5-93970-040-5. – EDN MQQNRZ.

7. Цыганов А.А. Экологическая экспертиза и проектирование: Электронный ресурс: учебное пособие; Министерство образования и науки Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тверской государственный университет». Том Книга 1. – 4-е издание, переработанное и дополненное. – Тверь: Тверской государственный университет, 2017. – 525 с. – EDN ZUBJLD.

8. Экологические проблемы природо- и недропользования: Материалы XIX международной молодежной научной конференции, Санкт-Петербург, 02–07 июня 2019 года. Том XIX. – Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского государственного университета, 2019. – 450 с. – ISBN 978-5-00105-349-1. – EDN GFOEOK.

9. Чугаев Р.Р. Расчет общей устойчивости откосов земляной плотины с учетом фильтрационных сил. – Гидротехническое строительство. – 1965. – № 5.

10. Чугаев Р.Р. Земляные гидротехнические сооружения (теоретические основы расчета). – Л. – Энергия. – 1967.

11. Глава 3. Водоснабжение и водоотведение // Риски аварий в сфере жилищно-коммунального хозяйства России. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России, 2013. – С. 94-149. – EDN YKXHWX.

12. Повышение надежности электроприводов канализационных станций / С. В. Оськин, А. А. Кумейко, З. Х. Нагучев, М. М. Украинцев // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 2(308). – С. 41-44. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-2-41-44. – EDN DNRTAM.

Цитирование:

Липкович И.Э., Украинцев М.М., Егорова И.В., Пятикопов С.М., Петренко Н.В. Основы оборудования подземных источников водоснабжения в сельской местности [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2025. – № 1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2025/1/st_105.pdf
DOI: <https://doi.org/10.51419/202151105>.