

Приложение 6

Лабораторная работа № 2

1. Выполнить схему расположения вала (валов) при следующих данных:

Объем стока  $W_{10\%} = \dots \text{м}^3$   
Объем смыва почвы  $W_{см,10\%} = \dots \text{м}^3$   
Расход воды  $Q_{5\%} = \dots \text{м}^3/\text{с}$   
Высота верхинного перенала оврага  $h_0 = \dots \text{м}$

2. Рассчитать высоту вала ( $h_{вал}$ ).

3. Рассчитать ширину порога водослива ( $b$ ).

4. Выполнить схему поперечного сечения вала и водослива в масштабе 1:25.

Приложение 7

Лабораторная работа № 3

1. Выделить план балки. Описать необходимые изыскания при выборе места под пруд.

2. Определить объемы воды в пруду.

3. Выполнить топографическую характеристику пруда.

4. Выполнить водохозяйственный расчет пруда.

5. Выполнить гидравлический профиль пруда с указанием высоты плотины, уровня воды (УМС, НПП, ГВВ) и объемов ( $V_{об}$ ,  $V_{наполн}$ ,  $V_{форс}$ )

6. Выяснить поперечный профиль пруда.

7. Выполнить схему плотины в описанном в пункте 6 условии применения данный вид плотины.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

УРАЛЬСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКАЯ  
АКАДЕМИЯ

Кафедра лесных культур и мелиораций

М.А.Матвеева  
А.С.Чиняев

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕЛИОРАЦИИ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ  
Раздел «Орошение и водоснабжение»

Методические указания к выполнению лабораторно-практических работ  
для студентов факультета лесного хозяйства (специальность 260400)

Екатеринбург  
2000

грунтовыми водами). В основу биоклиматического метода расчета положена общность между суммарным водон потреблением и испаряемостью. По разнице между суммарным водон потреблением культуры и ее естественной влагообеспеченностью определяется оросительная норма.

Оросительная норма или дефицит водон потребления за вегетационный период – количество воды, подаваемое на 1 га орошаемой площади за весь период вегетации. Она равна разнице между суммарным водон потреблением культуры и естественной влагообеспеченностью.

$$M = E_v - (V_n + 10 P \cdot \alpha + \Gamma), \quad (2)$$

$M$  – оросительная норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$E_v$  – суммарное водон потребление культуры за вегетационный период,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$V_n$  – активный запас влаги в почве на начало вегетации,  $\text{м}^3/\text{га}$  (колеблется от 600 до 1400 в зависимости от механического состава грунтов и типа почвы);

$P$  – сумма осадков за вегетационный период,  $\text{мм}$ ;

$\alpha$  – коэффициент испарения атмосферных осадков, 0,5-1,0;

$\Gamma$  – количество грунтовых вод, используемых за расчетный период,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

По формуле И.А.Шарова оросительная норма определяется как разность суммы суточных температур за период вегетации и активных запасов влаги в почве.

$$M = 2 \sum t - W_{ak}, \quad (3)$$

$\sum t$  – сумма среднесуточных температур за период вегетации,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$W_{ak}$  – активные запасы влаги в почве,  $\text{м}^3/\text{га}$ , образующиеся за счет осенних и весенних осадков (их величина принимается равной 50 % полевой влагоемкости) (прил. 4).

Например, для тяжелых суглинков оросительная норма составит

$$M = 2 \cdot 1980,2 - 3200 \cdot 2 = 3960,4 - 6400 = 1360,4 \text{ м}^3/\text{га}$$

Обычно оросительная норма принимается по данным опытных зональных станций, государственных сортучастков и данным существующих питомников (прил. 5).

При современных способах полива воду на орошающую площадь подают отдельными поливами. Поливной нормой называется объем воды, который требуется подавать на 1 га орошающей площади за один полив. Она зависит от свойств и строения почвы в зоне аэрации, расчетной глубины увлажнения (мощность корневой системы) и степени иссушения почвы перед поливом.

$$\beta_1 = 100 \cdot h \cdot \gamma \cdot (\beta_{max} - \beta_0), \quad (4)$$

$\beta_1$  – поливная норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$h$  – слой промачивания,  $\text{м}$ ;

$\gamma$  – объемная масса почвы,  $\text{г}/\text{см}^3$  или  $\text{t}/\text{м}^3$ ;

$\beta_{max}$  – предельная полевая влагоемкость почвы, % от объемной массы;

$\beta_0$  – предполивная влажность почвы, % от объемной массы.

Установливая слой промачивания в питомниках, следует учитывать, что увеличение глубины промачивания способствует развитию глубокой корневой системы. При выкопке посадочного материала значительная часть корней подрезается, что при глубокой корневой системе снижает приспособляемость посадочного материала на лесокультурной площади или при посадке в инокуляные отделения питомников. Поэтому в питомниках по выращиванию сеянцев древесно-кустарниковых пород глубина промачивания почвы принимается равной 0,1-0,3 м в зависимости от фазы развития и вида растений. В инокуляных отделениях глубина промачивания увеличивается до 0,4-0,5 м; в молодых садах 0,5-0,6 м; в плодоносящих – 0,7-1,0 м; в парках и лесопосаждениях – 1,0-1,2 м. Однако при глубине грунтовых вод 1-2 м глубина промачивания должна составлять 0,4-0,75 м.

Примерные значения объемной массы почвы ( $\gamma$ ), предельной ( $\beta_{max}$ ) и предполивной ( $\beta_0$ ) влажности почвы приведены в приложении 4.

Например, в посевном отделении питомника для 3-х летних сеянцев на тяжелосуглинистых почвах поливная норма составит

$$m = 100 \cdot 0,3 \cdot 1,45 \cdot (30 - 22,5) = 30 \cdot 1,45 \cdot 7,5 = 326,25 \text{ м}^3/\text{га}$$

По назначению различают промывные, влагозарядковые, предпосевные, вегетационные, освежительные и подкормочные поливы.

В зоне избыточного увлажнения поливы в питомниках требуются только после посева, в фазе развития всходов, перед выкопкой посадочного материала, а также периодически в засушливые периоды и годы. Обычно достаточно 2-4 поливов в год.

Расчетные расходы воды из каналов оросительной сети определяют на основе потребности в воде растений с учетом рельефа местности, характера почвогрунтов и возможностей источника орошения.

$$Q_{\text{нр}} = \frac{f m \cdot 1000}{86400 t}, \quad (5)$$

$Q_{\text{нр}}$  – расход воды (нетто), требуемой для полива (без учета потерь на испарение и фильтрацию), л/с;

$m$  – поливная норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$f$  – площадь полива, га;

$t$  – продолжительность полива, сут.

Поливы обычно производятся круглогодично и продолжаются 1-6 суток и более. Например, для полива 3-х летних сеянцев в течение 0,5 суток расход воды по каналу составит

$$Q_{\text{нр}} = \frac{3 \cdot 326 \cdot 1000}{86400 \cdot 0,5} = \frac{978000}{43200} = 22,6 \text{ л/с}$$

Расчет параметров ( $b$ ,  $h$ ) оросительных каналов при расходах 20-100 л/с аналогичен гидравлическому расчету каналов осушительной сети. При орошении дождевальными установками, забирающими воду из оросителей, расчетные расходы определяют по расходам дождевальных устройств.

Чтобы определить размеры водоисточника (пруда) необходимо рассчитать среднюю оросительную норму нетто для культуры питомника

$$M_{\text{ср}}^{\text{нр}} = \sum n_i M_i^{\text{нр}}, \quad (6)$$

$n_i$  – доля культуры в севообороте;

$M_i^{\text{нр}}$  – оросительная норма на одно поле,  $\text{м}^3/\text{га}$ .

Средняя оросительная норма брутто ( $M_{\text{ср}}^{\text{бр}}$ ) зависит от КИД оросительной сети ( $\eta$ ) и потерь на испарение во время полива ( $k_n$ ).

$$M_{\text{ср}}^{\text{бр}} = \frac{M_{\text{нр}}^{\text{нр}} \cdot k_n}{\eta}, \quad (7)$$

$k_n$  – для лесной зоны – 1,1; для лесостепной – 1,2;

$\eta$  – в среднем 0,6-0,8.

Оросительная способность водоисточника ( $\Omega$ , га) находится по формуле

$$\Omega^{\text{нр}} = \frac{F_{\text{нарезы}}}{M_{\text{ср}}^{\text{бр}}} \quad (8)$$

Например, определить оросительную способность водоисточника, если полезный объем пруда, расположенного в лесной зоне, составляет 5 тыс.  $\text{м}^3$ . Орошаются питомник с шестипольным оборотом: 1 – яблоня чистый пар; 2 – яблоня 1 года ( $M_{\text{нр}}^{\text{1}}=650 \text{ м}^3/\text{га}$ ); 3 – яблоня 2 года ( $M_{\text{нр}}^{\text{2}}=300 \text{ м}^3/\text{га}$ ); 4 – бересклет 1 года ( $M_{\text{нр}}^{\text{3}}=600 \text{ м}^3/\text{га}$ ); 5 – бересклет 2 года ( $M_{\text{нр}}^{\text{4}}=400 \text{ м}^3/\text{га}$ ).

$$M_{\text{ср}}^{\text{нр}} = 1/6M_1 + 1/6M_2 + 1/6M_3 + 1/6M_4 + 1/6M_5 + 1/6M_6 = 650/6 + 300/6 + 600/6 + 400/6 = 108,3 + 50 + 100 + 60,7 = 319 \text{ м}^3/\text{га}$$

$$M_{\text{ср}}^{\text{бр}} = 319 \cdot 1,1 / 0,8 = 350,9 / 0,8 = 438,6 \text{ м}^3/\text{га}$$

$$\Omega^{\text{нр}} = V_{\text{нарезы}} / M_{\text{ср}}^{\text{бр}} = 5000 / 438,6 = 11,4 \text{ га}$$

Таким образом, в заданном районе из пруда можно оросить питомник площадью 11,4 га.

Выполнить лабораторную работу по заданию (прил. 1).

### Мелиорация овражно-балочных систем. Расчет противоэрзинных гидroteхнических сооружений

Отрицательные формы рельефа, или понижения, почти всегда соединены между собой и в плане подобны ветвищемуся дереву. Сеть понижений, по которой проходит сток поверхностных вод, называется *гидрографической сетью*. Она образовалась в ледниковый период, когда огромные массы воды, образовавшиеся при таянии льда, размыли земную поверхность. Древняя гидрографическая сеть начинается *ложбиной* (рис. 1,а). Это симметричное углубление местности небольшой протяженности и глубины (0,5-2,0 м) с пологими боковыми склонами. Ложбина, постепенно углубляясь, переходит в следующее звено гидрографической сети – *лонцину* (рис. 1,б). От ложбины отличается четко выраженной корытообразностью и большей крутизной (3-15°) склонов. Следующим звеном является *балка* (рис. 1,в), это глубокое понижение местности с крутыми склонами, обычно сформированными и покрытыми растительностью. Ложбины и лонции входят в систему той или иной балки. Балка обычно входит в речную долину с постоянным речным потоком. От древней гидрографической сети следует отличать уступления, являющиеся результатом эрозии. К ним относятся промоины и овраги, которые составляют около 8 % современной гидрографической сети.

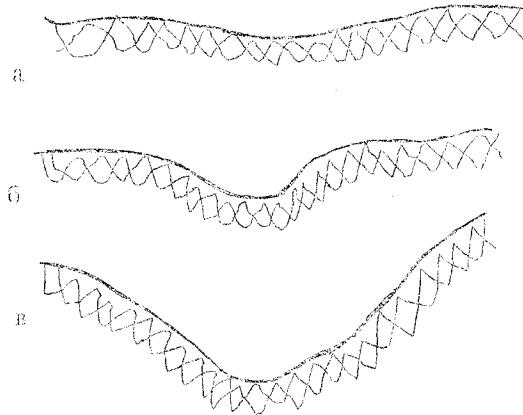


Рис. 1. Схема поперечного профиля звеньев древней гидрографической сети: а – ложбина; б – лонцина; в – балка

Сосредоточенный сток поверхностных вод в продольных понижениях местности приводит к размывам в нижней части ложбин, которые считаются начальной стадией оврага. Развитие оврага обычно начинается с промоины. Со временем под действием эрозии эта промоина постепенно углубляется, расширяется, разветвляется и образуются овраги, которые также подвержены эрозии.

**Овраги** – узкие углубления с незадернованными крутыми склонами. В каждом овраге выделяют вершину, стверинки, дно, русло, устье, конус выноса, откосы и бровку. **Вершина оврага** – самая верхняя его часть, через которую поступает в овраг большая часть стока. Многие овраги имеют несколько вершин, в этом случае боковые вершины называют *антивершинами*. Нижняя часть оврага по которой течет вода, называется *доном*. В недавно образовавшихся оврагах вода течет по всей ширине оврага. В старых оврагах имеющих большую ширину дна, поток протекает по выработанному им *руслу*. Конец оврага, который сливается с долиной реки или балки, называется его *устьем*. В устье оврага скорость потока воды уменьшается, отложения песка или ила здесь располагаются в виде веера и называются *конусом выноса*. Боковые стенки оврага называют *откосами*. На земле поверхность оврага ограничивается *брюкой*.

**Водосборная площадь** у ложбии не более 10 га. Водосбор балок более сложен по контуру и достигает 50-2500 га. Размер и форма водосборного бассейна также влияют на развитие водной эрозии.

В системе противоэрэозионных мероприятий, особенно в начальной стадии их реализации, важное место принадлежит гидротехническим сооружениям (ГТС). Они делятся на несколько видов: сооружения на водосборной площади, головные овражные, русловые и донные.

К сооружениям на водосборной площади относятся: 1) земляные сооружения, задерживающие поверхностный сток. Это валы-террасы с широким основанием и водозадерживающие валы. Они полностью или частично задерживают сток и смыв почвы; 2) сооружения, обеспечивающие безопасный сброс поверхностного стока. Это распылители стока, водоотводные (направляющие) валы и нагорные каналы. Они служат для ликвидации опасной концентрации стока в различных понижениях (ложбины, колеи дорог и т.д.).

**Головные овражные (вершинные) сооружения** применяют в тех случаях, когда надо задержать развитие вершины оврага, особенно если это угрожает мостам, железным и шоссейным дорогам, капитальным зданиям и т.д. К ним относятся перепады, быстротоки и консольные сбросы. Эти сооружения позволяют весь сток с водосборной площади, прилегающей к вершине оврага, безопасно транспортировать на дно оврага и далее отводить в ближайшую реку.

**Русловые и донные сооружения** предназначены для борьбы с углублением оврага. Выполняют их в виде запруд, которые уменьшают скорость движения воды по дну оврага и, в конечном счете, способствуют стабилизации поперечного сечения оврага, закреплению его растительностью.

Все ГТС подразделяют на простые (простейшие), устраиваемые из земли и местных строительных материалов (во капитальности относятся к IV классу и временным сооружениям), и сложные. К ним относят пруды, берегоукрепляющие (террасирование и выполнение склонов, возведение подпорных стенок и др.), сопрягающие (перепады, быстротоки) и другие сооружения.

Проектирование всех противоэрэозионных ГТС (ПГТС) предполагает выполнение гидрологических расчетов (нахождение объемов стока или расхода воды), а дальше в зависимости от воздействия на сток (задержание или транзит), гидравлический расчет безаварийных параметров ГТС.

### Водозадерживающие валы в вершине оврага

Водозадерживающие валы (В.М.Борткевича) применяют, главным образом, для приостановки роста оврагов. Их размещают на приовражном участке, по горизонтальным выносам растущей вершины оврага (рис. 2), а также на водохранилищах с целью задержания стока и защиты склонов водообора от интенсивных эрозионных процессов.

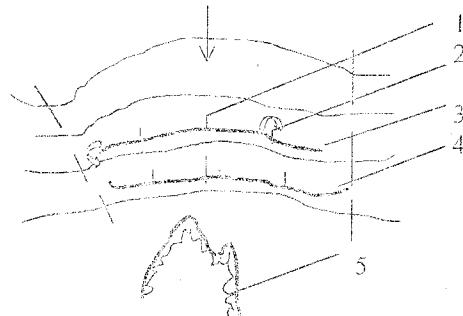


Рис. 2. Размещение водозадерживающих валов у вершины оврага:  
1 - глухая перемычка; 2 - открытая перемычка; 3 - открытая щора; 4 - глухая щора; 5 - овраг

Параметры водозадерживающих валов (рис. 3) назначаются после гидрологических расчетов по определению объемов и расходов воды с учетом механического состава грунта и топографических особенностей местности.

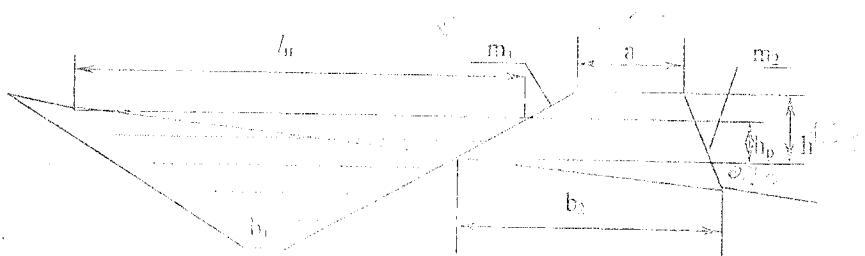


Рис. 3. Поперечное сечение водозадерживающего вала  
 $l_p$  - длина прудка;  $b_a$  - ширина основания вала

В гидрологических расчетах определяют суммарный объем стока ( $W$ ), который должен задержать проектируемый вал. Он равен сумме объема стока воды во время весеннего половодья ( $W_{10\%}$ ) и объема смыва почвы при весеннем снеготаянии ( $W_{см 10\%}$ ) при обеспеченности  $P=10\%$ . Максимальный расход воды во время весеннего половодья ( $Q_{5\%}$ ) рассчитывается на обеспеченность 5 %.

$$W = W_{10\%} + W_{см 10\%} \quad (9)$$

Например, при максимальном расходе талой воды  $Q_{5\%}=0,051 \text{ м}^3/\text{s}$ , объеме воды  $W_{10\%}=1014 \text{ м}^3$ , объеме смытой почвы  $W_{см 10\%}=2,85 \text{ м}^3$  суммарный объем стока составит

$$W = 1014 + 2,85 = 1016,85 \text{ м}^3$$

Расстояние от вершины оврага до границы сухого откоса вала ( $L_v$ ) вычисляют по формуле

$$L_v = 3 h_0 K_3 = 3 \cdot 2,1 \cdot 1,2 = 7,6 \text{ м}, \quad (10)$$

$h_0$  - высота вершинного перепада оврага, м;

$K_3$  - коэффициент запаса (для лесосовых пород - 1,4; для супесей и суглинков - 1,2; для глины - 1,0).

Далее из плана откладывают эту величину от вершины оврага и через полученную точку параллельно горизонталям проводят линию до пересечения с боковыми водоразделами, определяющими поступление воды к вершине оврага. Эта линия соответствует длине водозадерживающего вала (например,  $l_v = 51 \text{ м}$ ).

Объем стока, который должен задержать 1 погонный метр вала ( $W_{lm}$ ) вычисляют по зависимости

$$W_{lm} = \frac{W}{l_v} = \frac{1016,85}{51} = 19,94 \text{ м}^3/\text{м} \quad (11)$$

Далее определяют рабочую высоту водозадерживающего вала

$$h_p = \sqrt{2W_{lm}} = \sqrt{2 \cdot 0,0524 \cdot 19,94} = 1,44 \text{ м}, \quad (12)$$

$i$  - уклон в зоне строительства вала (определяется по плану).

Общую высоту вала находят с учетом запаса ( $h_s$ ), который принимают исходя из рабочей высоты вала (при  $h_p < 1,5 \text{ м}$  -  $h_s = 0,3 \text{ м}$ ; при  $h_p = 1,6-2,0 \text{ м}$  -  $h_s = 0,4 \text{ м}$ ; при  $h_p > 2 \text{ м}$  -  $h_s = 0,5 \text{ м}$ ).

$$h_{общ} = h_p + h_s = 1,44 + 0,3 = 1,74 \text{ м} \quad (13)$$

Валы высотой более 2 м в большей мере подвержены разрушению. В этом случае первый вал принимают высотой 2 м и проектируют второй. Для этого рассчитывается, какой объем стока задерживает первый вал.

$$W_{im} = \frac{H^2}{2i} \quad (14)$$

После этого высоту второго вала определяют на оставшуюся величину стока.

Через 50-100 м длины вала проектируются перемычки (глухие или открытые). На концах вала устраивают одну глухую и одну открытую «нипоры». В открытой «нипоре» проектируют водослив, гидравлический расчет которого проводят по основной формуле водослива с определением ширины порога ( $b$ )

$$b = \frac{Q_{sp}}{mH\sqrt{2gH}}, \quad (15)$$

$m = 0,3$  коэффициент расхода водослива;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с;

$H$  - напор воды на пороге водослива, принимается равный 0,1-0,2 м

Для определения ширины порога водослива можно использовать формулу для водослива прямоугольного сечения с широким порогом.

$$b = \frac{Q_{sp}}{1,4H\sqrt{H}} = \frac{0,051}{1,4 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{0,2}} = 0,41 \text{ м} \quad (16)$$

Остальные размеры вала принимаем по рекомендациям: ширина гребня  $a = 2,5$  м (для обеспечения прохода трактора по гребню при уплотнении тела вала при строительстве); заложение мокрого откоса  $m_1 = 2$ , сухого  $m_2 = 1$ ; «нипоры» на концах вала устраиваются под углом 100-120°; перемычку не предусматриваем, так как длина вала не превышает 100 м.

Выполнить лабораторную работу по заданию (прил. 7).

### Проектирование пруда и плотины

Комплекс противозорионных мероприятий в бассейнах балок завершается постройкой прудов. После образования пруда донные размывы в балке прекращаются. Кроме того, разрушение берегов балок прекращается, и они покрываются растительностью.

Пруды (искусственные водоемы) являются распространенными источниками обводнения. В лесном хозяйстве вода из прудов может быть использована для бытовых нужд населенного пункта, для

орошения крупных интомников, для рыболовства, тушения лесных пожаров.

Плотинные пруды обычно проектируют на постоянном водотоке или в балках с наполнением водой за счет весеннего снеготаяния. После выбора места под пруд проводят соответствующие изыскания (СНиП 11-А, 2-62), которые позволяют установить возможность создания плотинного пруда в выбранном месте. При выборе места особое значение имеет геологическое строение чаши водоема. Необходимо убедиться, что чаша будущего пруда не обладает большой фильтрационной способностью и сможет держать накопленный объем воды.

На плане с горизонталиями (рис. 4) намечается расположение плотины и рассчитываются объемы воды между каждой парой горизонталей (табл. 1).

Таблица 1

| Спределение объемов воды в пруду |   |                                 |                      |   |   |
|----------------------------------|---|---------------------------------|----------------------|---|---|
| Отметки горизонталей             | Площадь ограниченной горизонтальною, м <sup>2</sup> | Средняя площадь, м <sup>2</sup> | Толщина слоя воды, м | Объем воды между плоскостями 2-х смежных горизонталей, м <sup>3</sup> | Объем воды соответствующий отметке данной горизонтали, м <sup>3</sup> |
| 54                               | 5439  |                                 | 0,5                  | 906   | 906   |
| 55                               | 9875  | 7657                            | 1                    | 7657  | 8563  |
| 56                               | 14101   | 11988                           | 1                    | 11988   | 20551   |
| 57                               | 26210   | 20155                           | 1                    | 20155   | 32143   |
| 58                               | 34689   | 30649                           | 1                    | 30649   | 62792   |
| 59                               | 46764   | 40727                           | 1                    | 40727   | 103519  |
| 60                               | 70225   | 58494                           | 1                    | 58494   | 162013  |
| 61                               | 80869   | 75547                           | 1                    | 75547   | 237560  |

Объемы воды рассчитывают по формуле

$$V_{54-55} = S_{op} \cdot 54-55 \cdot H \quad (17)$$

Ниже самой нижней горизонтали объем воды определяется по формуле  $V_m = 1/3 S_{51} \cdot H$  (И условно принимаем 0,5 м) (18)

Топографическая характеристика пруда представляет собой 2 батиметрические кривые, совмещенные на одном графике: кривая площадей (колонка 2) и кривая объемов (колонка 6).

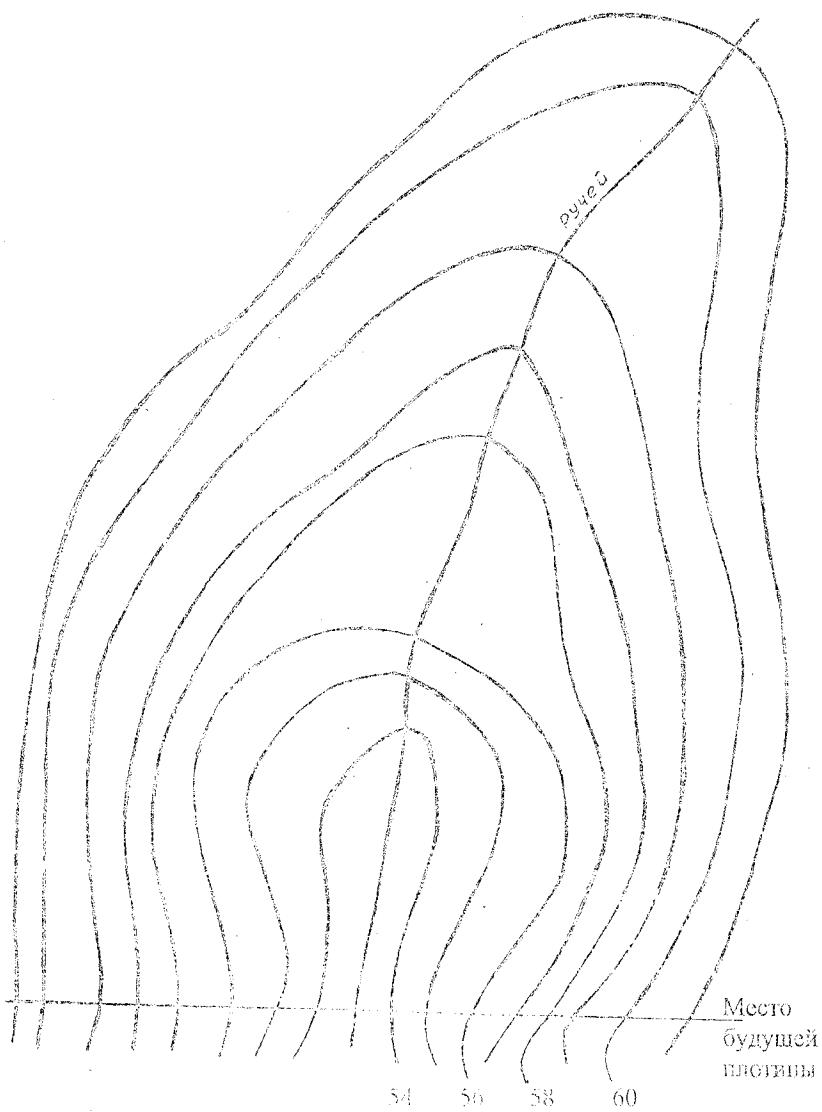


Рис. 4. План балки с постоянным водотоком. М 1:2500

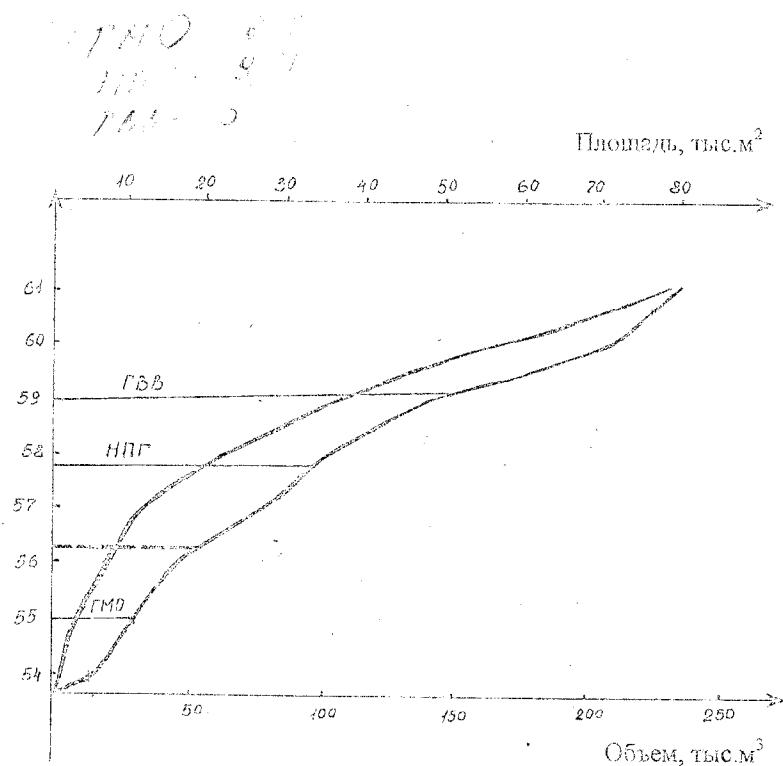


Рис. 5. Топографическая характеристика пруда

Далее следует водохозяйственный расчет пруда, который включает в себя несколько этапов.

#### 1. Определение полного объема пруда.

Требуемый объем пруда определяется расходами воды на орошение и водоснабжение и называется полезной водоотдачей пруда.

$$V_{\text{полез}} = V_{\text{орон}} + V_{\text{пож}} + V_{\text{быт}}, \text{ м}^3 \quad (19)$$

$$V_{\text{орон}} = F \cdot M_{\text{ор}}^{\text{бр}}, \quad (20)$$

$F$  — орошаемая площадь, га;

$M_{\text{ор}}^{\text{бр}}$  — оросительная норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$\eta$  — КПД оросительной системы (0,6-0,8).

Например, на орошение питомника площадью 10 га и оросительной норме 2360 м<sup>3</sup>/га потребуется

$$V_{\text{орон}} = \frac{10 \cdot 2360}{0,8} = 29500 \text{ м}^3$$

Объем на водоснабжение и тушение пожаров рассчитывается по нормам водонагребления СИБП Н-30-76.

В данном примере пруд проектируется только для целей орошения.

$$V_{\text{полезн}} = V_{\text{орон}}$$

### 2. Определение мертвого объема.

При предварительном расчете мертвый объем ( $V_{\text{мо}}$ ) принимается около 15 % от полезного объема.

$$V_{\text{мо}} = 0,15 \cdot V_{\text{полезн}} = 0,15 \cdot 29500 = 4425 \text{ м}^3$$

Рассчитанная величина мертвого объема откладывается на топографической характеристике по кривой объемов. По санитарным нормам в целях уменьшения прогревания воды в летнее время и снижения процессов разложения и гниения растительных и животных остатков в пруду постоянно должно быть не менее 1,5-2,0 м воды. Для перезимовки рыбы при рыборазведении с учетом льдообразования необходимо увеличить слой мертвого запаса до 2,5-3,0 м.

В случае, если при рассчитанном мертвом объеме глубина воды составит менее 1,5 м, горизонт мертвого объема (ГМО) устанавливается на уровне 1,5-2,0 м и отмечается на топографической характеристике.

$$V_{\text{мо}} = 8563 \text{ м}^3 \quad 8563 + 29500 = 38063 \text{ м}^3$$

Добавив к мертвому объему полезный, откладываем на топографической характеристике следующий горизонт и определяем по батиграфической кривой площадь зеркала воды на линиях горизонтах.

$$S_{\text{ГМО}} = 9875 \text{ м}^2 \quad S_{\text{полезн}} = 28000 \text{ м}^2$$

### 3. Определение объемов потерь.

При определении объема потерь учитываются потери на испарение, фильтрацию, заливание и льдообразование.

$$V_{\text{потерь}} = V_{\text{исп}} + V_{\text{фи}} + V_{\text{зл}} + V_{\text{льд}}$$

Потери воды на испарение ( $V_{\text{исп}}$ ) с водной поверхности (испаряемость) зависят от температуры воды и воздуха, влажности воздуха и скорости ветра.

Потери на испарение при облесении территории вокруг пруда сокращаются на 15-20 % вследствие снижения скорости ветра и повышения влажности воздуха в зоне пруда.

Потери на фильтрацию складываются из объемов фильтрации через тело плотины, в обход нее, под плотиной и через дно пруда и рассчитываются с учетом гидрологических условий в зависимости от

водопроницаемости грунтов. По рекомендациям проф. М.В.Поганова приближенно слой фильтрационных потерь в год можно принимать по табл. 2.

Таблица 2

| Потери воды на фильтрацию из прудов  |                           |                    |
|--|---------------------------|--------------------|
| Гидрологические условия балки  | Величина фильтрации в год |                    |
|  | Слой воды, м              | От объема пруда, % |
| Водонепроницаемые грунты при близком залегании грунтовых вод (хорошие условия) | 0,5                       | 5-10               |
| Слабоводонепроницаемые грунты (средние условия)                                | 0,5-1,0                   | 10-20              |
| Хорошо водопроницаемые неводоносные грунты (плохие условия)                    | 1,0-2,0                   | 20-40              |

Потери воды за счет заилиения зависят от состояния водообора, степени его распаханности и облесенности. При облесенном нераспаханном водооборе средний слой заилиения равен 1,7-4,0 см в год, С при распаханном водооборе заилиение может достигать 20-22 см в год. С целью уменьшения твердого стока и заилиения прудов целесообразно оставлять нераспаханную 20-30 м полосу вокруг пруда и проводить облесение берегов балки.

Потери на льдообразование рассчитывают в том случае, если пруд рассчитан для бытовых нужд и водопотребления.

При расчетах потерь используют формулу

$$V_{\text{исп}} = P_{\text{исп}} \cdot \frac{S_{\text{исп}} + S_{\text{полезн}}}{2} \text{ м}^3, \quad (21)$$

$P_{\text{исп}}$  - слой на испарение (фильтрацию, заливание, льдообразование);

$S_{\text{исп}}$  - площадь зеркала воды на горизонте мертвого объема, м<sup>2</sup>;

$S_{\text{полезн}}$  - площадь зеркала воды на горизонте полезного объема, м<sup>2</sup>.

$$V_{\text{исп}} = 0,5 \cdot \frac{9875 + 28000}{2} = 9468 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{потерь}} = 17044 \text{ м}^3$$

Расчетный объем пруда составит

$$V_{\text{расч}} = V_{\text{мо}} + V_{\text{полезн}} + V_{\text{потерь}} = 8563 + 29500 + 17044 = 55107 \text{ м}^3$$

Найденный объем откладывается на топографической характеристике, уровень воды называют *нормальным подпорным горизонтом (НПГ)*. Выписывают площадь зеркала воды

$$S_{\text{НПГ}} = 32000 \text{ м}^2$$

#### 4. Определение резервного объема.

Объем форсировки (резервный объем) располагается выше НПГ и служит для сохранения паводковых вод, пропускаемых через водообъемные сооружения. Наивысший горизонт при пропуске наибольшего весеннего паводка называют *горизонтом высоких вод (ГВВ)*.

При объеме пруда ниже НПГ менее 30 тыс. м<sup>3</sup> на форсировку добавляют 0,5 м; при объеме 30-100 тыс. м<sup>3</sup> – добавляется 1,0 м; при объеме более 100 тыс. м<sup>3</sup> – до 1,5 м.

Таким образом, полный объем пруда складывается из расчетного и резервного объемов.

По топографической характеристике пруда определяются площадь и объем на ГВВ.

$$S_{ГВВ} = 50000 \text{ м}^2$$

$$V_{ГВВ} = 110000 \text{ м}^3$$

Высота плотины рассчитывается с учетом глубины пруда по формуле

$$h_{пл} = h_{ГВВ} + h_{зап} + h_{ос}, \quad (22)$$

$h_{пл}$  – высота плотины, м;

$h_{ГВВ}$  – глубина пруда, м;

$h_{зап}$  – запас на волновой, м;

$h_{ос}$  – запас на осадку плотины (5-10 % от  $h_{ГВВ}$ ).

Запас на волновой рассчитывается по формуле Е.А. Замарина

$$h_{зап} = 0,7 + 0,1 Z = 0,7 + 0,1 \cdot 0,355 = 0,74 \text{ м}, \quad (23)$$

$Z$  – длина по оси пруда, км.

$$h_{пл} = 5,5 + 0,74 + 0,1 \cdot 5,5 = 6,79 \text{ м}$$

На продольном профиле пруда (рис. 6) указаны характерные уровни и объемы воды.

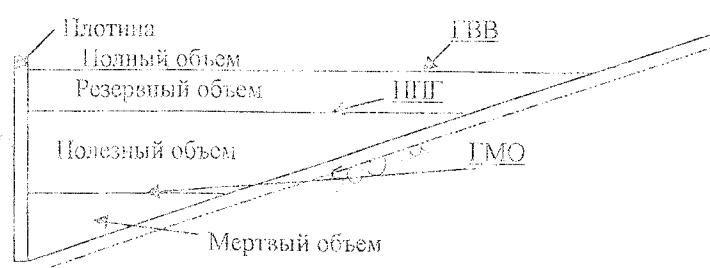


Рис. 6. Характерные уровни и объемы воды

#### Обоснование параметров и конструктивных элементов плотины

Выбор типа плотины производится в зависимости от топографических, инженерно-геологических, гидрологических, климатических условий, величины напора, максимального расхода воды, хозяйствственно-строительных условий и технической эксплуатации плотины (табл. 5).

Таблица 5

Рекомендуемые типы низкогорных земляных плотин и противофильтрационных устройств

|   | Строительные грунты, К – коэффициент фильтрации, м/сут.      |  |  |                                       |
|---|--|--|--|---------------------------------------|
|   |  | Грунты оснований, мощность, м                  | Пески крупно-, средне-, мелкозернистые<br>К=1,00-0,75                      | Легкий суглинок, супесь<br>К=0,05-0,7 |
| Водонепроницаемые (глинистые), 10 м и более                                     | Плотина с ядром, зубом и дренажем                            | Однородная плотина с дренажем                  | Однородная плотина с дренажем и защитным покрытием откосов                 |                                       |
| Водонепроницаемые до 2 м, водопроницаемые ниже песчаные или трепановатые грунты | Плотина с ядром, замком и дренажем                           | Однородная плотина с дренажем                  | Однородная плотина с замком, дренажем и защитным покрытием откосов         |                                       |
| Если водонепроницаемость меньше 2 м, возможен шпунтовый ряд                     |  |  |  |                                       |
| Водонепроницаемые до 2 м  | Плотина с ядром, замком и дренажем                           | Однородная плотина с замком и дренажем         | Однородная плотина с замком, дренажем и защитным покрытием откосов         |                                       |
| Водонепроницаемые от 0 до 5 м   | Плотина с ядром, зубом, шпунтовым рядом (понуром) и дренажем | Однородная плотина с зубом, понуром и дренажем | Однородная плотина с зубом, понуром, дренажем и защитным покрытием откосов |                                       |
| Водонепроницаемые более 5 м   | Плотина с ядром, зубом, понуром и дренажем                   | Однородная плотина с зубом, понуром и дренажем | Однородная плотина с зубом, понуром, дренажем и защитным покрытием откосов |                                       |

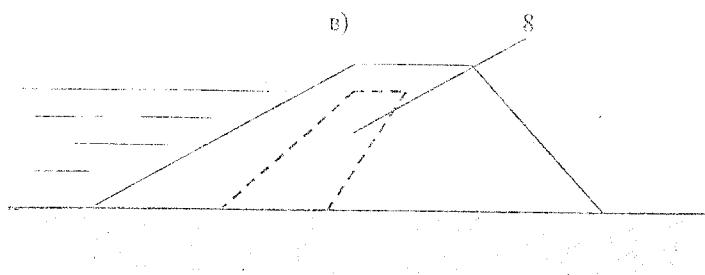
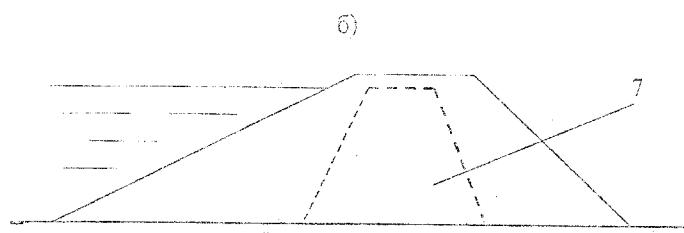
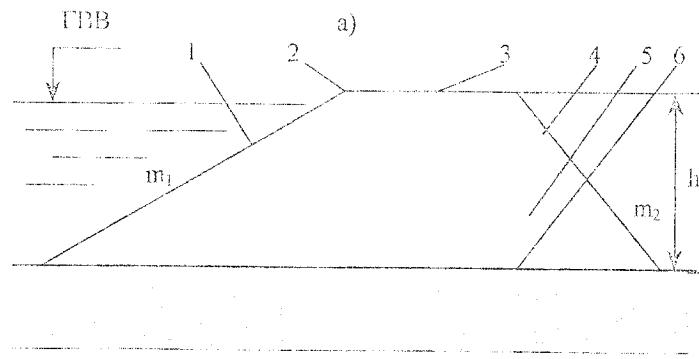


Рис. 7. Типы земляных насыпных плотин: а) из однородного грунта; б) с ядром; в) с экраном.

1 – верховой (мокрый) откос,  $m_1=2$ ; 2 – бровка; 3 – гребень; 4 – низовой (сухой) откос,  $m_2=1$ ; 5 – тело плотины; 6 – подошва; 7 – ядро; 8 – экран

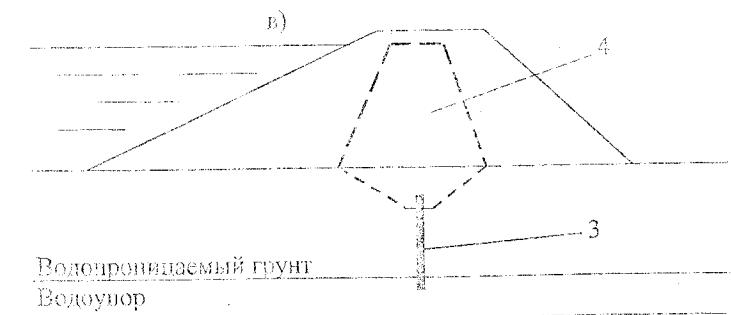
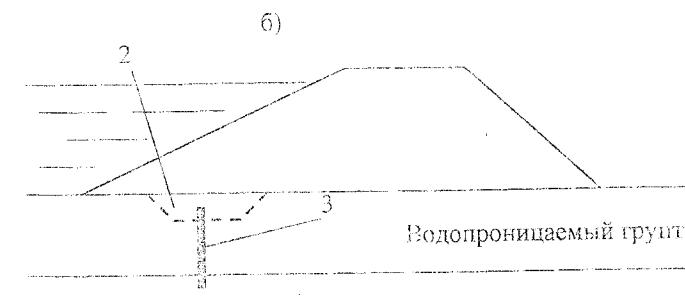
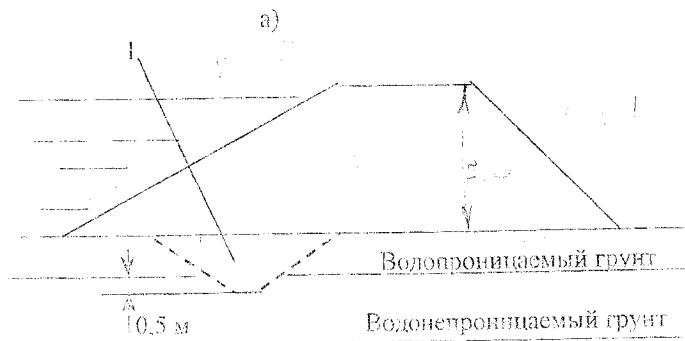


Рис. 8. Типы земляных плотин с противофильтрационными устройствами: а) однородная плотина с замком; б) однородная плотина с зубом и шпунтовым рядом; в) плотина с ядром, зубом и шпунтовым рядом. 1 – замок; 2 – зуб; 3 – шпунтовый ряд; 4 – ядро

## Расчет объема водоснабжения

Водоснабжение проводят с целью доставки необходимого количества высококачественной воды потребителям. Для водоснабжения используют открытые источники - реки, ручьи, водохранилища и грунтовые воды. Лучшими бактерицидными качествами обладают грунтовые воды, однако использование поверхностных источников часто оказывается предпочтительнее, поскольку в большинстве случаев позволяет доставлять потребителям большие воды. Требования к качеству воды определяются стандартами.

При использовании для водоснабжения открытых источников необходимо заключение органов санитароохранения о пригодности воды для потребления. Водозаборы необходимо располагать выше населенного пункта. В местах отбора воды выделяют санитарную зону и запрещают всякую хозяйственную деятельность. В прибрежной полосе проводят облесение. В местах водозаборов глубина воды в водном источнике должна быть не менее 2,5 м. Берега в местах отбора воды должны быть устойчивыми. С удобными подъездами. Отбор воды целесообразно проводить с помощью металлических водозаборных труб. Трубу укладывают на 1,0-1,5 м ниже горизонта бытовых вод.

Для задержания крупных предметов место расположения водозаборной трубы ограждают металлической решеткой. Для задержания мелких предметов и мусора на оголовок трубы устанавливают сетку. По трубе вода подается в помещение насосной станции.

При водоснабжении небольших населенных пунктов, усадеб, лесхозов и лесничеств забор воды из открытых источников можно проводить с помощью колодцев-фильтров (рис. 9).

**Колодец-фильтр** устраивают в виде ванты в коренном берегу на удалении от уреза воды за пределами затопляемой водами низоводий и паводков. Колодец-фильтр состоит из ствола (верхняя часть) и водоприемной камеры с фильтром. Стени колодца крепят железобетонными кольцами толщиной 8-10 см, диаметром 100 см в стволовой и 130-140 см в водоприемной части. Глубина водоприемной части 2,0-2,5 м. В нижней части водоприемника ставят фильтр, состоящий внизу из слоев гальки и крупного гравия мощностью по 20 см, выше располагают слой мелкого песка мощностью до 1 м. Вода в колодце поступает из открытого водного источника по трубе. Оголовок трубы в водном источнике располагают на 1,0-1,5 м ниже горизонта бытовых вод. Труба входит в колодец-фильтр на 0,5-0,7 м выше фильтрующей засыпки (фильтра). Труба, отводящая воду к водозаборному сооружению или водопроводу, отходит от нижней части

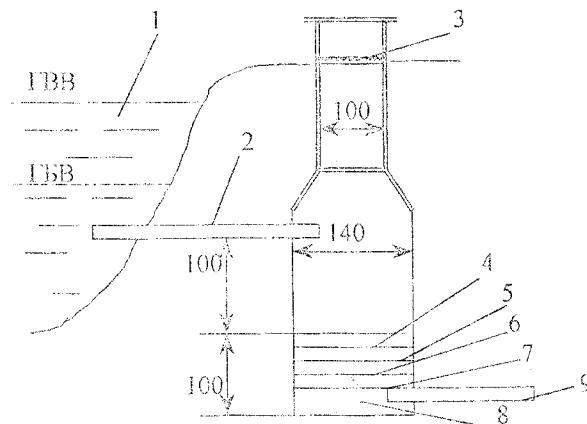


Рис. 9. Схема колодца-фильтра: 1 – источник водоснабжения; 2 – самотечная труба; 3 – крышка из досок; 4 – мелкий песок, 15 см; 5 – крупный песок, 15 см; 6 – мелкий гравий, 20 см; 7 – крупный гравий, 20 см; 8 – крупная галька, 30 см; 9 – труба к водозаборному сооружению или водопроводу

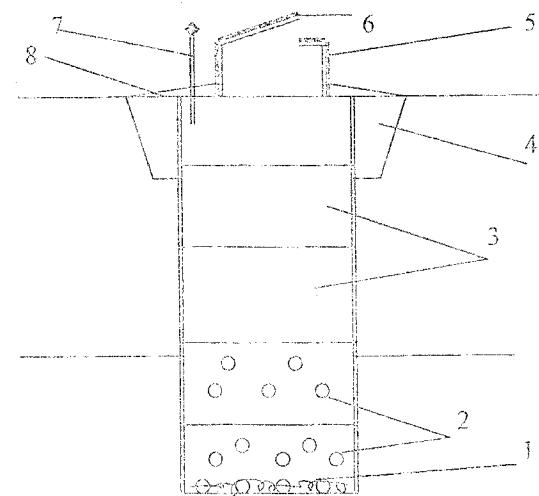


Рис. 10. Схема шахтного колодца: 1 – слой гравия и гальки; 2 – водоприемные отверстия; 3 – железобетонные кольца; 4 – глиняный замок; 5 – оголовок; 6 – крышка; 7 – вентиляционная труба; 8 – каменная отмостка

фильтра, начинаясь в слое из гальки. Шахтную часть глубиной 1,5-2,0 м приподнимают над уровнем земли на 0,7-1,0 м, ставят настил из досок внутри колодца на уровне земли и накрывают крыникой.

При использовании для водоснабжения в сельских районах грунтовых вод забор шахты из подземных источников производится с помощью колодцев (шахтных или трубчатых) или кантажных сооружений.

Шахтные колодцы (рис. 10) устраивают при заборе воды с глубины не более 10-20, реже 30 м. Шахтный колодец состоит из трех частей: оголовка, шахты или ствола, водоприемника. Основной частью колодца является шахта, которая должна иметь квадратное сечение размером 1,5 x 1,5 (2,0 x 2,0) м. Стенки шахты крепят деревянным срубом, а также железобетонными кольцами толщиной 8 см, диаметром 0,9-2,0 м. При проходке неглубоких (до 10 м) колодцев в легких грунтах шахту строят ручным способом. В этом случае на выбранном месте выравнивают площадку и на ней устанавливают бетонное кольцо. Внутри колодца в под его стенками вынимают грунт. Кольцо под действием собственной силы тяжести опускается. После погружения кольца на него устанавливают новое, и так постепенно колодец погружается на нужную глубину.

Глубокие колодцы (до 30-40 м) с диаметром шахты до 1300 мм устраивают специальными копателями КШК-30А и КШС-40. Водоприемную часть колодца заглубляют в водоносный слой. По глубине заглубления колодцев в водоносный слой они подразделяются на совершенные (полные) и несовершенные (исполненные). Совершенным является колодец, прорезающий весь водоносный слой до водоупора. Если колодец прорезает только верхнюю часть водоносного горизонта, его называют несовершенным. В стенах водоприемной части колодца делают отверстия для поступления воды. Для защиты от заполнения грунтом из водоносного горизонта дно колодца засыпают крупнозернистым песком, а сверху гравием и мелким камнем слоем 0,3-0,4 м. Иногда на дно колодца укладывают сборную железобетонную решетку. Для защиты от проникновения в колодец поверхностных вод вокруг верхней части шахты прокладываются трапеции глубиной 1,5 м и шириной 1 м, заполняя их грунтом из хорошо утрамбованной жирной глины. Верхнюю часть шахты закрывают оголовком, выступающим над поверхностью земли, закрываемым крыникой. Поверхность грунта вокруг колодца покрывают бетоном или асфальтом с уклоном 0,1 в сторону от колодца, обеспечивающим отток воды от оголовка колодца.

Один колодец рассчитан на обеспечение водой не более 100-250 человек при доставке воды от колодца не далее 100 м.

При откачке воды из колодца уровень грунтовых вод вокруг него понижается, и образуется депрессионная воронка. Расстояние от центра колодца до точки, где не наблюдается понижение уровня грунтовых вод, называется *радиусом влияния* (действия) (рис. 11).

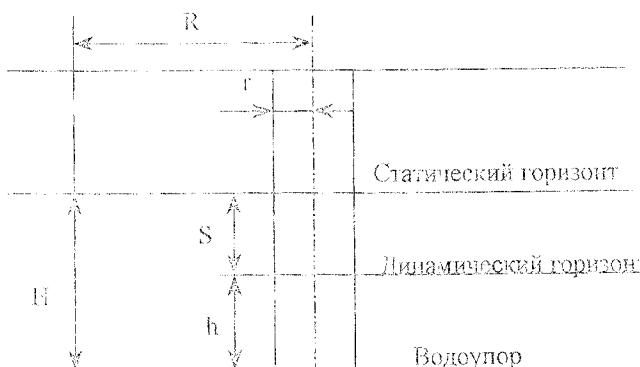


Рис. 11 Схема притока воды к совершенному колодцу: Н - мощность водоносного слоя, м; h - глубина воды в колодце, м; S - величина понижения уровня воды после откачки, м; r - радиус скважины, м; R - радиус влияния, м

Чем больше радиус, тем больше приток воды к колодцу. Приближенное значение радиуса находится по формуле И.Н.Кусакина.

$$R = 1,953 \sqrt{H K_f}, \quad (24)$$

R - радиус влияния, м;

H - мощность водоносного слоя, м;

K<sub>f</sub> - коэффициент фильтрации, м/сут.

Приток воды к полному совершенному колодцу в беззапорных водах можно определить по формуле Дюпюи

$$Q_c = 1,36 K_f \frac{H^2 - h^2}{R} \quad \text{или} \quad Q_c = 1,36 K_f \frac{(2H + S)S}{\lg \frac{r}{R}} \quad (25)$$

Приток воды в несовершенный колодец (рис. 12) определяется по формуле для совершенных колодцев с введением поправок.

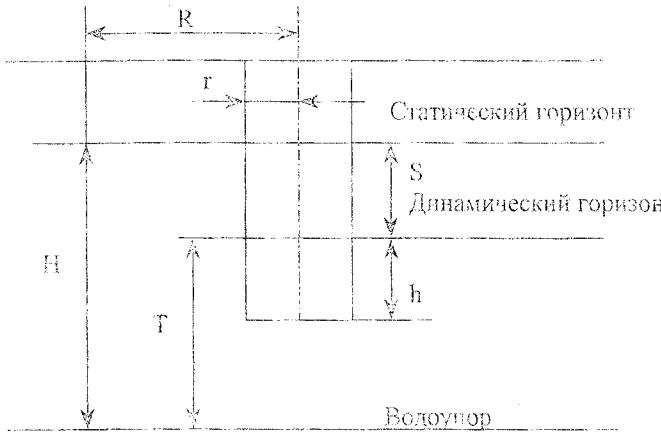


Рис. 12 Схема несовершенного колодца: Т -расстояние от уровня воды в колодце до водоупора, м

Приток воды из ненапорного водоносного горизонта в несовершенный колодец, работающий

а) через стенки и дно определяется по формуле

$$Q_n = Q_c \sqrt{\frac{h+0,5}{T}} \cdot \sqrt{\frac{2T-h}{T}} ; \quad (26)$$

$$б) \text{ через стенки} \quad Q_n = Q_c \sqrt{\frac{h}{T}} \cdot \sqrt{\frac{2T-h}{T}} . \quad (27)$$

Приток воды через дно из напорного водоносного пласта большой мощности (при каптане восходящих источников) рассчитывается по формуле

$$Q_n = 4K_f r S \quad (28)$$

Задача 1. Из горизонта грунтовых вод производилась откачка. Понижение горизонта при откачке  $S=4$  м, мощность водоносных грунтов  $H=14,8$  м, коэффициент фильтрации - 8,4 м/сут. Определить радиус влияния.

Задача 2. Водоносный пласт мощностью 12 м сложен разнозернистыми песками с коэффициентом фильтрации 8 м/сут. Водоносный слой пройден буровой скважиной диаметром 203 мм. Понижение уровня воды в скважине - 3 м. Определить дебит скважины.

Задача 3. Определить дебит совершенной скважины при понижении уровня воды при откачке на 2 м. Коэффициент фильтрации

мелкозернистых песков - 5,0 м/сут., мощность водоносных песков 10 м, диаметр скважин 203 мм, радиус влияния 200 м.

Задача 4. Вычислить дебит совершенного ненапорного колодца, если мощность водоносного слоя 10 м, коэффициент фильтрации 6,3 м/сут., радиус колодца - 10 см, понижение уровня воды в колодце при откачке - 1 м.

Задача 5. Вычислить дебит несовершенного колодца с непроницаемым дном. Скважина имеет радиус 0,5 м, мощность водоносных среднозернистых песков - 4 м, коэффициент фильтрации 16 м/сут., глубина понижения уровня воды - 1 м, уровень воды в колодце - 1,5 м.

Задача 6. Вычислить величину притока воды в шахтный ствол, заглушенный в водоносные пески на 3 м. Коэффициент фильтрации - 30 м/сут. Вода поступает в шахтный ствол через стенки и дно. Понижение уровня при откачке - 2 м, радиус депрессии - 100 м, диаметр шахты - 20 см.

### Гидравлический расчет фонтанов

При гидравлическом расчете фонтанов обычно требуется определить расход воды и высоту фонтанной струи (рис. 13).

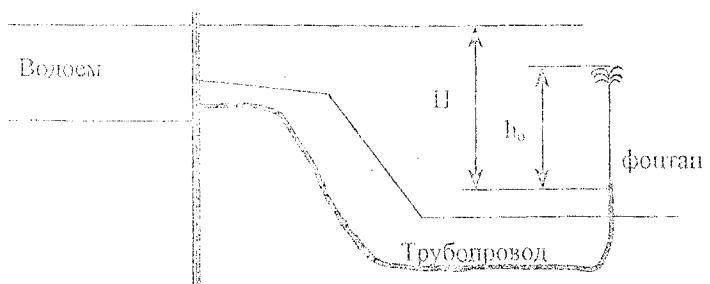


Рис. 13. Схема фонтана: Н - общая напор или превышение уровня воды в водосливе над выходным отверстием фонтана;  $h_0$  - высота фонтанной струи

Для решения задач применяются следующие формулы:

расход воды фонтанной струи

$$Q = \mu \omega_n \sqrt{\frac{2gH}{2gA\mu^2 \omega_n^2 + 1}}, \quad (29)$$

$\mu$  - коэффициент расхода насадки (для цилиндрических - 0,82);

$\omega_n$  - площадь живого сечения насадки (труба), м;

$g$  - ускорение свободного падения, 9,81 м/с;

$H$  - общий напор, м;

$A$  - удельное сопротивление трубы;

общий напор

$$H = A I Q^2 + \frac{Q}{2g\mu^2 \omega_n^2}, \quad (30)$$

высота фонтанной струи

$$h_o = \frac{H}{2gA\mu^2 \omega_n^2 + 1}. \quad (31)$$

Действительная высота фонтанной струи вследствие сопротивления воздуха и сжатия струи будет несколько меньше, определяется ее величина по формуле Люгера

$$h_o' = \frac{h_o}{1 + \varphi h_o}, \quad (32)$$

где коэффициент  $\varphi$  определяется по формуле

$$\varphi = \frac{0.25}{d_n + (0.1d_n)^2}, \quad (33)$$

$d_n$  - диаметр выходного отверстия насадки, м.

Диаметр фонтанной трубы можно вычислить по формуле

$$d = 2 \sqrt{\frac{Q}{\pi g}}, \quad (34)$$

$v$  - скорость воды в трубах (для фонтанов принимается 0,5-0,6 м/с).

Задача 1. Определить превышение уровня водоема над выходным отверстием трубы фонтана. Длина трубопровода 1680 м, диаметр насадки 0,075 м, коэффициент расхода насадки  $\mu=0,857$ , удельное сопротивление трубы 0,17, расход воды 0,3 м<sup>3</sup>/с.

Задача 2. Определить диаметр фонтанной трубы при расходе воды 0,42 м<sup>3</sup>/с.

Задача 3. Определить высоту действительной фонтанной струи и расход воды при общем напоре - 35 м, длине трубопровода - 2800 м, диаметре трубы  $d=0,30$  м, насадки  $d_n=0,075$ ,  $\mu=0,945$ .

### Приложение 1

#### Лабораторная работа № 1

1. Определить коэффициент увлажнения ( $K_{w,1}$ ) по месяцам вегетации и в целом за сезон 19....г. (прил. 2, 3).

2. Определить оросительную норму (М) для культур на почвах по формуле И.А.Шарова (прил. 4).

3. Определить поливную норму (м) для ..... древесных пород.

4. Определить расход воды из каналов оросительной сети ( $Q_{net}$ ) для полива питомника площадью ..... га.

5. Определить оросительную способность водисточника ( $\Omega$ , л/зета), полезной емкостью ( $V_{полез}$ ) ..... м<sup>3</sup> в ..... зоне при орошении ..... севаоборота:

1-е поле...

2-е поле...

3-е поле... (прил. 5).

### Приложение 2

#### Количество осадков по годам, мм (метеостанция Северка)

| Год     | Месяц вегетации |     |     |      |     | Итого |
|---------|-----------------|-----|-----|------|-----|-------|
|         | V               | VI  | VII | VIII | IX  |       |
| 1985    | 29              | 61  | 89  | 37   | 36  | 252   |
| 1986    | 62              | 100 | 72  | 69   | 69  | 372   |
| 1987    | 27              | 63  | 80  | 71   | 186 | 427   |
| 1988    | 36              | 27  | 42  | 32   | 103 | 240   |
| 1989    | 50              | 76  | 11  | 79   | 59  | 275   |
| 1990    | 62              | 111 | 60  | 113  | 114 | 499   |
| 1991    | 16              | 44  | 171 | 98   | 60  | 389   |
| 1992    | 17              | 26  | 185 | 88   | 10  | 326   |
| 1993    | 63              | 57  | 197 | 107  | 48  | 474   |
| 1994    | 24              | 69  | 154 | 135  | 28  | 410   |
| Среднее | 43              | 70  | 99  | 73   | 58  | 343   |

Приложение 3

Среднемесячная температура воздуха в период вегетации, °С  
(метеостанция Северка)

| Год     | Месяц вегетации |      |      |      |      | Итого |
|---------|-----------------|------|------|------|------|-------|
|         | V               | VI   | VII  | VIII | IX   |       |
| 1985    | 7,3             | 14,7 | 14,9 | 15,2 | 8,7  | 12,2  |
| 1986    | 6,8             | 14,6 | 14,5 | 12,8 | 9,4  | 11,7  |
| 1987    | 14,9            | 17,7 | 19,6 | 14,2 | 7,9  | 14,9  |
| 1988    | 8,8             | 17,8 | 20,7 | 17,0 | 8,9  | 14,6  |
| 1989    | 10,2            | 19,2 | 20,7 | 13,1 | 8,5  | 14,3  |
| 1990    | 7,8             | 16,1 | 17,1 | 14,5 | 7,3  | 12,6  |
| 1991    | 13,5            | 18,8 | 16,5 | 12,5 | 9,8  | 14,2  |
| 1992    | 8,0             | 12,8 | 14,8 | 16,0 | 10,0 | 12,3  |
| 1993    | 9,7             | 16,8 | 17,8 | 15,2 | 5,3  | 13,0  |
| 1994    | 10,8            | 16,4 | 14,9 | 13,5 | 9,9  | 13,1  |
| Среднее | 9,3             | 15,4 | 17,2 | 13,7 | 8,7  | 12,9  |

Характеристика свойств почвы

Приложение 4

| Почва            | Объемная масса, г/см <sup>3</sup> | Предельная полевая влагоемкость первого метра почвы |        | Предполагаемая влажность почвы, % от P <sub>пред</sub> |
|------------------|-----------------------------------|---|--------|--|
|                  |                                   | м/га  | % от γ |  |
| Супеси           | 1,38                              | 1880-2000   | 4-12   | 60-65  |
| Легкие суглинки  | 1,40                              | 2200-2600   | 12-18  | 65-70  |
| Средние суглинки | 1,42                              | 2600-2800   | 18-25  | 70-75  |
| Тяжелые суглинки | 1,45                              | 2800-3200   | 25-30  | 75-80  |

Приложение 5

Ориентировочные величины оросительных норм в лесных типичных Уральского региона, м<sup>3</sup>/га

| Породы  | Подзола средней тайги | Степная зона        |                      |
|---|-----------------------|---------------------|----------------------|
|   |                       | Подзола южной тайги | Подзола южных степей |
| Ель, сосна, кедр, лиственница, лина, сирень, бирючина, бересклет, груша, яблоня, ольха, вяз, агрония, смородина, облепиха | 600                   | 920                 | 1300                 |
| Ясень, яблоня, груша, клен, рабина, вишня, вяз, боярышник, яблоня, яблоня (акация), кардамон, орех                        | 400                   | 550                 | 700                  |
|   | -                     | 335                 | 600                  |
|   |                       |                     | 600                  |