

Водоотлив и понижение уровня грунтовых вод.

Водоотвод необходим для защиты котлованов и траншей от затопления их ливневыми и талыми водами. Для водоотвода обычно используют расположенные с нагорной стороны резервы, кавальеры, а также специально устанавливаемые оградительные обвалования, водоотводящие канавы, лотки и системы дренажей (см. Лекцию №3.4). Канавы или лотки устраивают с продольным уклоном 0,002-0,003, а их размеры и виды креплений принимают в зависимости от расхода ливневых или талых вод и предельных значений не размывающих скоростей их течения. Воду из всех водоотводящих устройств, а также от резервов и кавальеров отводят в пониженные места, удаленные от возводимых и существующих сооружений.

Водоотлив. Предварительное осушение часто осуществляется при устройстве котлованов и траншей, поскольку большинство сооружений и сетей водоснабжения и водоотведения возводят либо в непосредственной близости от водоемов, либо в условиях обводненных и неустойчивых грунтов. Выемки (котлованы и траншеи) при небольшом притоке грунтовых вод разрабатывают с применением *открытого водоотлива*, а если приток значителен и толщина водонасыщенного слоя, подлежащего разработке, большая, то до начала производства работ уровень грунтовых вод (УГВ) искусственно понижают с использованием различных способов закрытого, т.е. грунтового, водоотлива, называемого еще строительным водопонижением.

Работы по строительному водопонижению во многом зависят от принятого метода механизированной разработки котлованов и траншей. Соответственно устанавливают очередность работ как по монтажу водоотливных и водопонижительных установок, их эксплуатации, так и по разработке котлованов и траншей. Например, если котлован размещен на берегу, в пределах поймы реки, то разработку его начинают только после монтажа водопонижительного оборудования, причем так, чтобы понижение уровня грунтовых вод опережало заглубление котлована на 1-1,5 м. Если котлован расположен непосредственно в русле реки (при строительстве, например, водозабора или насосной станции первого подъема), то до работ по водопонижению котлован ограждают со стороны воды специальными дамбами (перемычками). Работы по осушению при этом складываются из удаления воды из отгороженного котлована и последующей откачки воды, фильтрующей в котлован.

Начальное осушение котлованов требуется после ограждения их перемычками. При этом объем воды, подлежащий откачке,

$$W = V + qt,$$

где V - объем воды в котловане, м^3 ; q - приток воды в котловане, $\text{м}^3/\text{ч}$; t - продолжительность осушения котлована, ч.

По величине объема начального водоотлива подбирают тип и количество насосных агрегатов. Обычно для откачки воды из неглубоких котлованов, когда глубина воды в них не превышает высоты всасывания, применяют стационарные центробежные насосы, в том числе консольного типа К, размещаемые на перемычке, а при больших глубинах используют плавучие или передвижные насосные установки.

В процессе осушения котлована очень важно правильно выбрать скорость откачки воды, так как очень быстрое осушение может вызывать повреждение перемычек, откосов и дна котлована. Опыты показывают, что в первые дни откачки интенсивность понижения уровня воды в котлованах из крупнозернистых и скальных грунтов не должна превышать 0,5-0,7 м/сут, из среднезернистых - 0,3-0,4 и в котлованах из мелкозернистых грунтов 0,15-0,2 м/сут. В дальнейшем откачку можно увеличить до 1-1,5 м/сут, но на последних 1,2-2 м глубины откачку воды следует замедлить.

Открытый водоотлив предусматривает откачку притекающей воды непосредственно из котлована или траншей. Способ применим в скальных, обломочных, галечниковых и гравийных грунтах, устойчивых против фильтрационных деформаций.

При открытом водоотливе грунтовая вода, просачиваясь через откосы и дно котлована, поступает в водосборные канавы и по ним в приемки (зумпфы), откуда ее откачивают насосами (рис. 1а). Размеры приемков в плане в целях удобства их очистки принимают 1х1 или 1,5х1,5 м, а глубину от 2 до 5 м, в зависимости от требуемой глубины погружения водоприемного рукава насоса. Минимальные размеры приемка назначают из условия обеспечения непрерывной работы насоса в течение 10 мин. Приемки в устойчивых грунтах крепят деревянным срубом из бревен (без дна), а в оплывающих - шпунтовой стенкой и на дне его устраивают обратный фильтр. Примерно также крепят траншеи в неустойчивых грунтах при использовании открытого водоотлива (рис. 1б). Число приемков зависит от расчетного притока воды к котловану и производительности насосного оборудования.

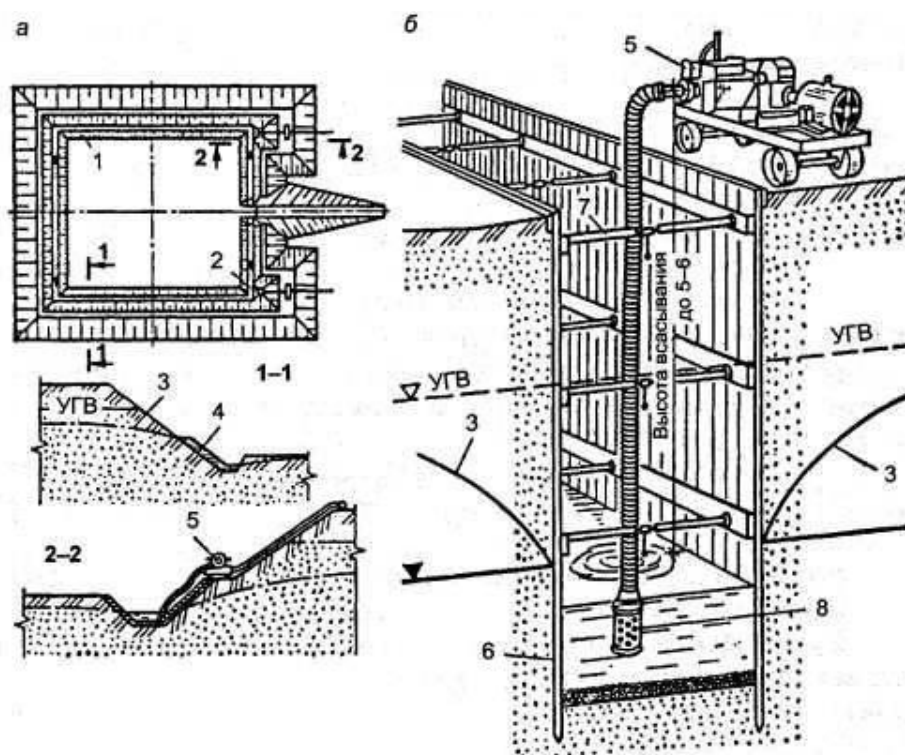


Рисунок 1. Открытый водоотлив из котлована (а) и траншеи (б): 1 - дренажная канава; 2 - приемок (зумпф); 3 - пониженный уровень грунтовых вод; 4 - дренажная пригрузка; 5 - насос; 6 - шпунтовое крепление; 7 - инвентарные распорки; 8 - всасывающий рукав с сеткой (фильтром).

Системой насосных установок качают воду в водосборный коллектор и по нему отводят ее за пределы котлована. Открытый водоотлив довольно эффективный и простой способ осушения котлованов и траншей. Однако возможно разрыхление или разжижения грунтов в основании и унос части грунта фильтрующейся водой. Поэтому на практике во многих случаях чаще применяют различные способы искусственного понижения уровня грунтовых вод, т.е. **грунтового водоотлива**, исключающего просачивание воды через откосы и дно котлованов и траншей.

Искусственное понижение уровня грунтовых вод предполагает устройство системы дренажей, трубчатых колодцев, скважин, использование иглофильтров.

В качестве средств водопонизительного оборудования широко используются легкие иглофильтровые установки (ЛИУ), эжекторные водопонизительные установки (ЭВУ), системы скважин (СС) с артезианскими и глубинными насосами и установки вакуумного водопонижения (УВВ). Все перечисленные средства предусматривают забор воды из грунта через цепь расположенных скважин с трубчатыми водоприемниками, соединенных коллектором, насосами (насосными станциями) для откачки воды и отводящим трубопроводом.

Способы водопонижения и тип применяемого оборудования выбирают в зависимости от глубины разработки котлована (траншеи), инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки, сроков строительства, конструкции сооружения и технико-экономических показателей. Для такого выбора можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в таблице 1.

Таблица 1. Выбор способов водопонижения

Характеристика грунта	Коэффициент фильтрации k , м/сут	Рекомендуемые способы водопонижения при глубине понижения уровня грунтовых вод, м		
		до 4 - 5	до 18 - 20	свыше 20
Глина	---	Электроосушение		
Суглинок	0,005 - 0,4	Легкие одноярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	Многоярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры	---
Супеси	0,2 - 0,7			
Песок: мелкозернистый мелкий средний крупный гравелистый	1,2 - 2,0 2,0 - 10,0 10,5 - 25,0 25,0 - 75,0 50 - 100	Одноярусные ЛИУ Буровые скважины с центробежными насосами	Многоярусные ЛИУ и эжекторные иглофильтры ---	Буровые колодцы с артезианскими погружными насосами
Гравий: с песком чистый	75 - 150 100 - 200	Поверхностный водоотлив	Буровые скважины с погружными насосами	

Грунтовый водоотлив, или искусственное водопонижение осуществляют, когда осушаемые породы имеют достаточную водопроницаемость, характеризующуюся коэффициентами фильтрации (обычно не менее 1 - 2 м/сут). Применить его в грунтах с коэффициентами фильтрации менее 1 - 2 м/сут нельзя из-за малых скоростей движения грунтовых вод. В этих случаях используют вакуумирование или способ электроосушения (электроосмос).

Иглофильтровый способ предусматривает использование для откачки воды из грунта часто расположенных скважин с трубчатыми водоприемниками малого диаметра - *иглофильтров*, соединенных общим всасывающим коллектором с общей (для группы иглофильтров) насосной станцией. Для искусственного понижения УГВ на глубину 4 - 5 м в песчаных грунтах применяют *легкие иглофильтровые установки*. При этом для осушения траншей шириной до 4,5 м используют однорядные иглофильтровые установки (рис. 2а), а при устройстве более широких траншей (например, для прокладки коллекторов) - двухрядные (рис. 2б). Для осушения котлованов применяют замкнутые по контуру установки (рис. 2в). При необходимости понижения уровня воды на глубину более 5 м применяют двух- и трехъярусные иглофильтровые установки (рис. 2г).

В этом случае вначале вводят в действие первый (верхний) ярус иглофильтров и под его защитой отрывают верхний уступ котлована, после чего монтируют второй (нижний) ярус иглофильтров и отрывают второй уступ котлована и т.д. После ввода в действие каждого последующего яруса иглофильтров, предыдущие можно отключить и демонтировать. Применение иглофильтров может оказаться эффективным и для водопонижения в слабопроницаемых грунтах, если под ними залегает более водопроницаемый слой. При этом иглофильтры заглубляют в нижний слой (рис. 2д) с обязательной их обсыпкой.

Легкие иглофильтровые установки (рис. 3а) помимо иглофильтров включают также водосборный коллектор, объединяющий их в одну водопонижительную систему, центро-

бежные насосные агрегаты и отводящий трубопровод. Игольчатый фильтр (рис. 3в) состоит из фильтрового звена, через которое из грунта поступает вода, надфильтровой колонны (трубы) и наконечника с зубчатой коронкой. К надфильтровой стальной трубе диаметром 50 мм и длиной 7 - 8,5 м внизу присоединяют фильтровое звено, а сверху - гибкий рукав. Фильтровое звено длиной 1,25 м состоит из двух труб (рис. 3в,г): внутренней сплошной диаметром 38 мм и наружной диаметром 50 мм с отверстиями. Наружная труба обернута фильтрующей и защитной сеткой и выполнена внизу в виде наконечника, внутри которого размещаются кольцевой и шаровой клапаны.

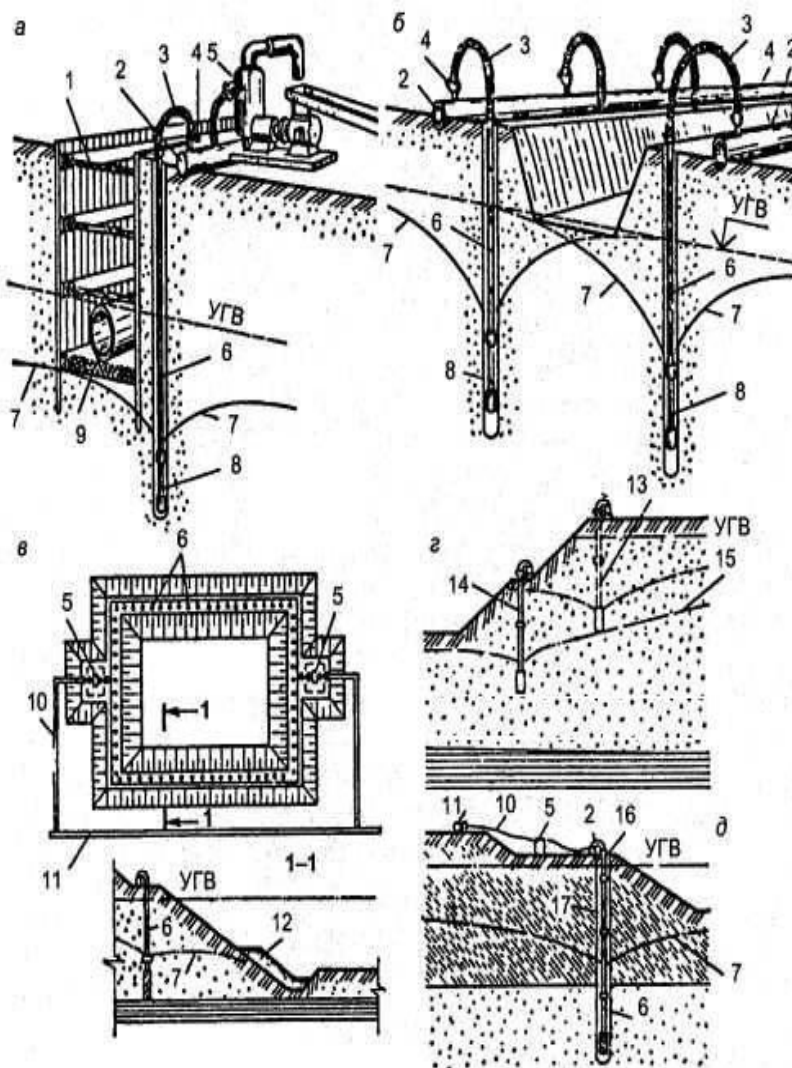


Рисунок 2. Водопонижение легкими игольчатыми установками: а – однорядные установки; б – двухрядные установки; в – замкнутые установки; г – двухъярусные установки; д – заглубление игольчатого фильтра; 1 - траншея с креплениями; 2 - всасывающий коллектор; 3 - соединительные патрубки (шланги); 4 - кран или вентиль; 5 - насосный агрегат; 6 - игольчатые фильтры; 7 - пониженный уровень грунтовых вод; 8 - водоприемное фильтровое звено игольчатого фильтра; 9 - проложенный трубопровод в траншее; 10 - напорный трубопровод; 11 - сборный трубопровод; 12 - дренажная пригрузка; 13 - игольчатые фильтры верхнего яруса; 14 - то же, нижнего яруса; 15 - конечное положение депрессионной поверхности грунтовых вод; 16 - глиняный тампон; 17 - песчано-гравийная обсыпка.

Погружают легкие игольчатые фильтры на глубину 7-8 м чаще всего гидравлическим способом. При этом собранный игольчатый фильтр с присоединенным к нему шлангом от насоса поднимают краном в вертикальное положение (рис. 3б), после чего включают насос. Вода, нагнетаемая по внутренней трубе игольчатого фильтра (рис. 3г), отталкивает шаровой клапан 23 (кольцевой клапан 21 при этом закрывает доступ в пространство между наружной и внутренней трубами) и поступает к наконечнику 25, выйдя из которого с большой скоростью размывает грунт. В результате образуется скважина, в которую опускают игольчатый фильтр. Расстояния между игольчатыми фильтрами принимают в зависимости от схемы их расположения (кольцевой или линейный), глубины водопонижения, типа насосного агрегата и гидрогеологических условий, но обычно эти расстояния равны 0,75; 1,5, а иногда и 3 м.

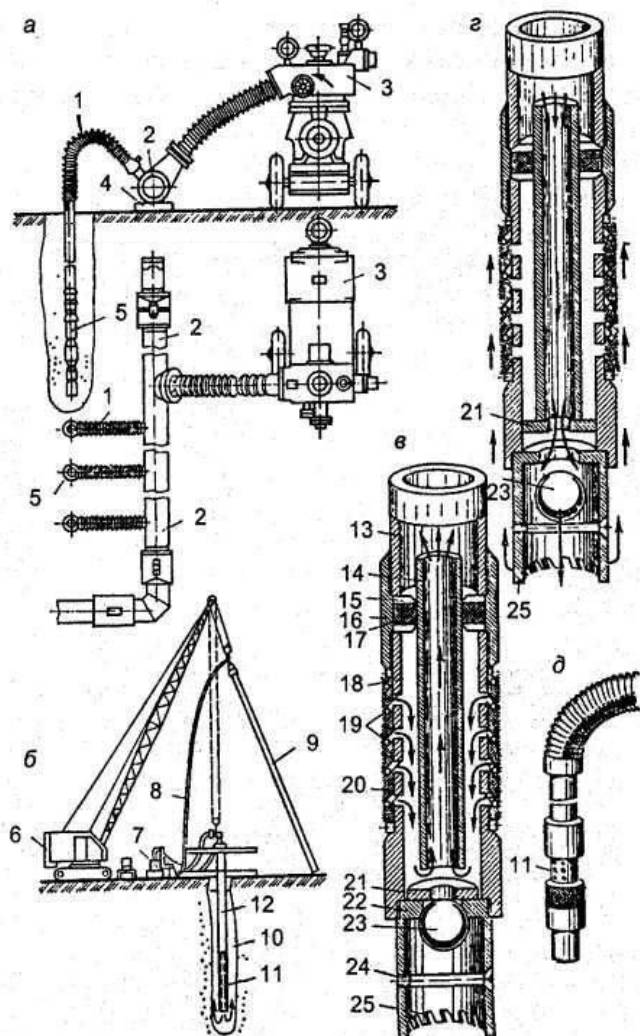


Рисунок 3. Оборудование легких иглофильтровых установок: а - общий вид иглофильтровой установки; б - погружение иглофильтра; в - водоприемное фильтровое звено иглофильтра в процессе откачки воды; г - то же, при гидравлическом погружении иглофильтра; д - иглофильтр в собранном виде; 1 - гибкое соединение иглофильтра со всасывающим коллектором; 2,3 - насосный агрегат; 4 - опора; 5 - иглофильтры; 6 - кран; 7 - коллектор; 8 - шланг; 9 - колонна для наращивания; 10 - скважина; 11 - фильтровое звено иглофильтра; 12 - надфильтровая труба; 13 - конец надфильтровой трубы; 14 - внутренняя труба; 15 - шайба; 16 - муфта; 17 - резиновое кольцо; 18 - наружная перфорированная труба; 19 - проволоочная обмотка; 20 - сетка; 21 - кольцевой клапан; 22 - седло клапана; 23 - шаровой клапан; 24 - ограничитель; 25 - наконечник с зубчатой коронкой.

Откачку воды из системы с легкими иглофильтрами производят насосным агрегатом, состоящим из центробежного насоса, соединенного с вакуум-насосом или вихревым самовсасывающим насосом. При откачке воды шаровой клапан 23 иглофильтра (рис. 3в) под влиянием вакуума поднимается, а кольцевой клапан 21 опускается, открывая грунтовой воде, поступающей во внутреннюю трубу через отверстия наружной трубы фильтра.

На практике применяют легкие иглофильтровые установки различных типов, но наибольшее распространение получили ЛИУ-3, ЛИУ-5 и ЛИУ-6 производительностью соответственно 60, 120 и 140 м³/ч с комплектом 60-100 иглофильтров.

Эжекторные иглофильтровые установки (рис. 4а) откачивают воду из скважин с помощью водоструйных насосов-эжекторов, работающих по принципу передачи энергии одним потоком воды другому. ЭИУ используются для понижения УГВ одним ярусом на глубину от 8 до 20 м в грунтах с $k > 2-3$ м/сут. Установки состоят из иглофильтров с эжекторными водоподъемниками (рис. 4б), распределительного трубопровода (коллектора) и центробежных насосов. Эжекторные водоприемники, помещенные внутри иглофильтров (рис. 4в), приводятся в действие струей рабочей воды, нагнетаемой в них насосом под давлением 0,6-1,0 МПа через коллектор.

Рабочая вода поступает в кольцевой зазор между внутренней и наружной колонной труб иглофильтра и далее к входному окну эжектора 12, состоящего из насадки, камеры смещения, горловины и диффузора. Рабочая вода, выходя из насадки с большой скоростью, вследствие внезапного расширения струи создает разрежение и подсасывает из внутренней трубы грунтовую воду, смешиваясь с ней, и подает ее вверх. Как видно из схемы эжекторной установки (рис. 4а), вода, выбрасываемая из иглофильтров, поступает в

лоток и затем сливается в циркуляционный резервуар, откуда часть воды вновь засасывается насосом, а остальная часть сбрасывается за пределы строительной площадки.

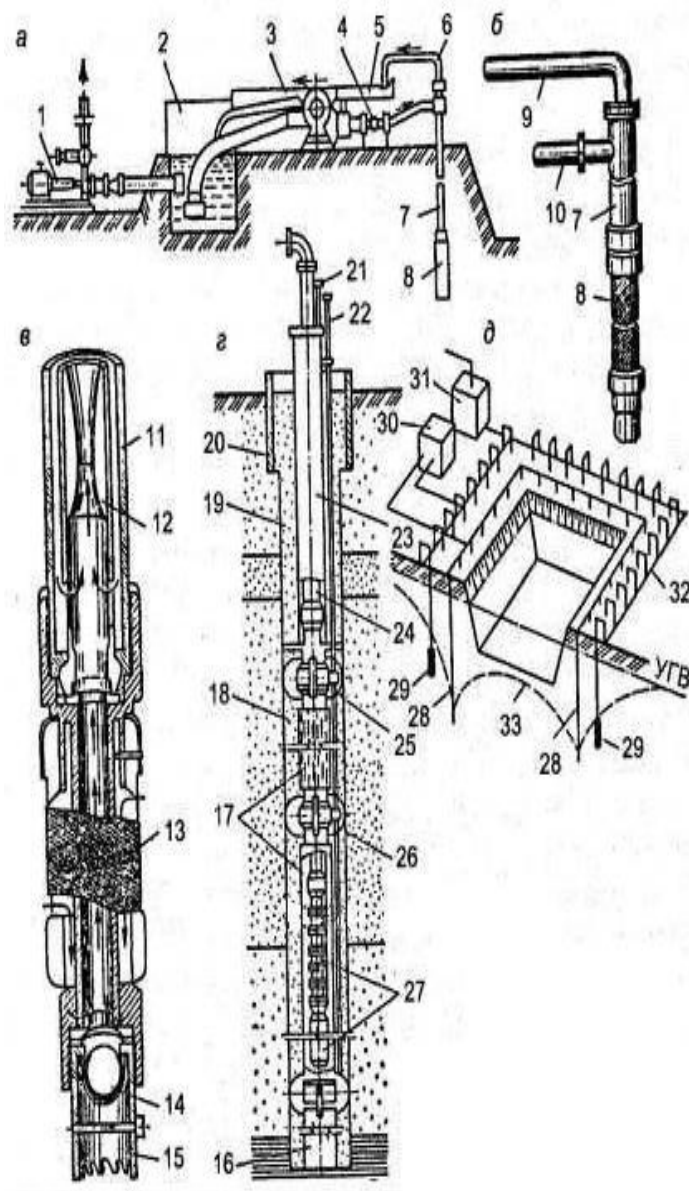


Рисунок 4. Водопонижение эжекторными иглофильтрами, водопонижительными скважинами и электроосмотическим способом: а - эжекторная иглофильтровая установка; б - эжекторный иглофильтр; в - его фильтровое звено; г - открытая водопонижительная скважина; д - схема электроосмотического водопонижения; 1 - низконапорный насос; 2 - циркуляционный резервуар; 3 - высоконапорный насос; 4 - распределительный трубопровод; 5 - сливной лоток; 6 - трубопровод; 7 - эжекторный иглофильтр; 8 - водоприемное фильтровое звено; 9 - водоотводящая труба; 10 - труба от насоса; 11 - наружная труба; 12 - диффузор с насадкой; 13 - сетка; 14 - шаровый клапан; 15 - наконечник с зубчатой коронкой; 16 - отстойник; 17 - просеченный лист; 18 - песчано-гравийная обсыпка; 19 - местный песчаный грунт; 20 - кондуктор; 21 - пьезометр для замера уровня воды в скважине; 22 - то же, в обсыпке; 23 - надфильтровая труба; 24 - водоподъемные трубы; 25 - направляющие фонари; 26 - муфта; 27 - насосный агрегат; 28 - трубы-аноды; 29 - иглофильтры-катоды; 30 - двигатель-генератор; 31 - насосный агрегат; 32 - всасывающий коллектор; 33 - пониженный уровень грунтовых вод.

Эжекторный иглофильтр (рис. 4б) состоит из надфильтровых труб диаметром 2,5 (ЭИ-2,5) или 4 дюйма (ЭИ-4), фильтрового звена (рис 4в), из внутренних колонн водоподъемных труб, к нижнему концу которых прикреплен эжекторный водоподъемник. Производительность эжекторных иглофильтров ЭИ-2,5 и ЭИ-4 при напоре рабочей воды 0,6-1 МПа составляет соответственно 0,1-1,8 и 2,9-5,1 л/с.

Погружают эжекторные иглофильтры, так же как и легкие, гидравлическим способом. Расстояние между иглофильтрами определяется расчетом, но в среднем оно равно 5-15 м.

Выбор оборудования иглофильтровых установок, а также типа и числа насосных агрегатов производят в зависимости от величины ожидаемого притока грунтовых вод Q и требований ограничения длины коллектора, обслуживаемого одним насосом.

Электроосмотическое водопонижение, или **электроосушение**, основано на использовании в целях усиления эффекта водоотдачи явления электроосмоса, т.е. способности воды двигаться под воздействием поля постоянного тока в порах грунта от анода к катоду. Его используют в слабопроницаемых (глинистых, илистых, суглинистых) грунтах,

имеющих коэффициенты фильтрации менее 1 м/сут при ширине котлована до 40 м. При этом вначале по периметру котлована на расстоянии 1,5 м от его бровки и с шагом 0,75-1,5 м погружают иглофильтры-катоды соединенные с отрицательным полюсом источника постоянного тока, а затем с внутренней стороны контура этих иглофильтров на расстоянии 0,8 м от них с таким же шагом, но со смещением, т.е. в шахматном порядке, погружают стальные трубы или стержни-аноды, соединенные с положительным полюсом (рис. 4д). Причем и иглофильтры, и трубы (стержни) погружают на 3 м ниже необходимого уровня водопонижения. Рабочее напряжение системы, исходя из требований техники электробезопасности, не должно превышать 40-60 В.

При пропускании постоянного тока вода, заключенная в порах грунта, передвигается от анода к катоду, благодаря чему коэффициент фильтрации его возрастает в 5-25 раз, а уровень напора в массиве грунта снижается, что в целом значительно повышает эффективность работы иглофильтровой установки. Котлованы начинают разрабатывать обычно через трое суток после включения системы электроосушения, а в дальнейшем работы в котловане можно вести при работе этой системы.

Водопонижительные скважины, оборудованные насосами, применяют в тех случаях, когда требуются большие глубины понижения УГВ, а также когда использование иглофильтров затруднительно из-за больших притоков, необходимости осушения больших площадей и стесненности территории. Основным конструктивным элементом скважины-колодца является фильтровая колонна (рис. 4г), состоящая из фильтра, отстойника, надфильтровых труб, внутри которых размещен насос. Для откачки воды из скважин применяют артезианские турбинные насосы типа АТН, а также глубинные насосы погружного типа (с погружным электродвигателем).

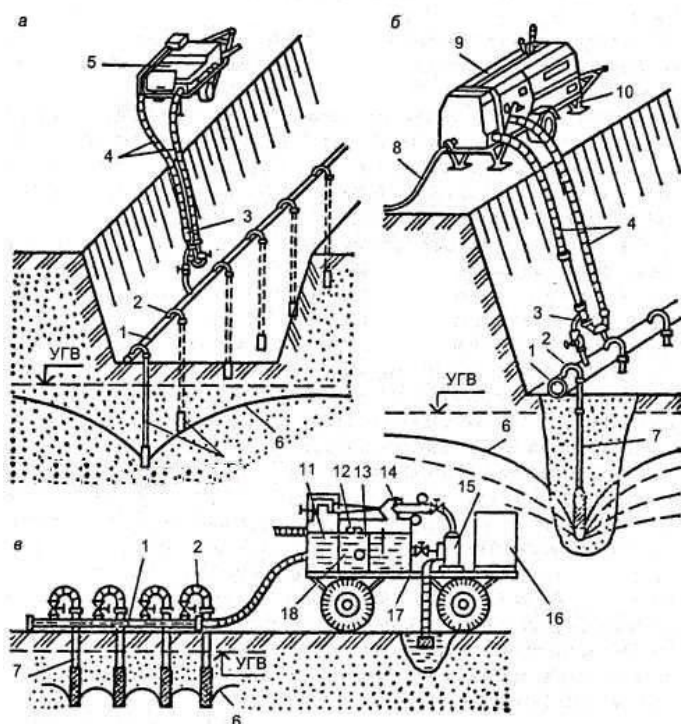


Рисунок 5. Передвижные установки вакуумного водопонижения: а - схема водопонижения с помощью установки ПУВВ-1М; б - то же, установки ПУВВ-3Д; в - установка ПУВВ-4; 1 - водосборный коллектор; 2 - соединительный рукав; 3 - водоструйный насос; 4 - рукава; 5 - передвижной насосный агрегат; 6 - кривая депрессии; 7 - иглофильтры; 8 - сбросной рукав; 9 - приводная станция; 10 - опоры; 11 - распределительная камера; 12 - датчик уровня; 13 - вакуумная камера; 14 - агрегат водоструйного насоса; 15 - центробежный насос; 16 - двигатель внутреннего сгорания; 17 - ходовая часть; 18 - клапан

Вакуумный способ водопонижения, при котором в зоне иглофильтра создается устойчивый вакуум, применяют для осушения мелкозернистых грунтов (пылеватых и глинистых песков, супесей, легких суглинков, илов, лессов), имеющих малые коэффициенты фильтрации (0,01-3 м/сут). При необходимости понижения УГВ до 7 м применяют установки вакуумного водопонижения (рис.5) типа УВВ с легкими иглофильтрами, снабженными воздушными трубками, а при глубине понижения до 10-12 м - эжекторными иглофильтрами с обсыпкой. Эжекторные вакуумные водопонижительные установки типа

ЭВВУ с вакуумными концентрическими скважинами позволяют достигать понижения уровня грунтовых вод до 20-22 м.

В установках УВВ для создания во всасывающем коллекторе устойчивого вакуума применяют водовоздушный эжектор, а для откачки воды - водоводяной эжектор. Они питаются рабочей водой, поступающей от центробежного насоса.