

**Силенкова Александра Андреевна,**  
магистрант, Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
e-mail: sashasilenkova@yandex.ru

**Шустов Павел Александрович,**  
к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: ShustovPA@mail.ru

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ВОДОПОНИЖЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

**Silenkova A.A., Shustov P.A.**

## **FEATURES OF APPLICATION OF METHODS OF LOWERING THE GROUNDWATER LEVEL IN THE CONSTRUCTION AND REPAIR OF ENGINEERING COMMUNICATIONS**

**Аннотация.** Возведение зданий и сооружений, а также прокладка инженерных сетей часто сопровождается проведением комплекса мероприятий по снижению уровня грунтовых (подземных) вод. В статье рассматриваются основные способы водопонижения, с целью выбора оптимального и рационального метода производства работ при ремонте или реконструкции инженерных коммуникаций.

**Ключевые слова:** водопонижение, водоотлив, дренаж, методы понижения уровня грунтовых вод.

**Abstract.** The construction of buildings and structures, as well as the laying of engineering networks, often accompanied by a series of measures to reduce the level of ground (underground) waters. The article discusses the main methods of lowering the groundwater level, with the aim of choosing the optimal and rational method of work during the repair or reconstruction of utilities.

**Keywords:** water reduction, water-outflow, drainage, methods of lowering the groundwater level.

Расположение сооружений в котлованах, а также прокладка инженерных коммуникаций, отметка которых располагается ниже уровня грунтовых вод, приводят к необходимости применения различных способов водопонижения. Водопонижение – искусственное понижение уровня подземных вод. Оно достигается откачкой или отводом вод к пониженным местам и носит название «строительное водопонижение».

Строительное водопонижение – это искусственное понижение уровня грунтовых вод, применяемое при производстве земляных и других строительных работ по возведению фундаментов, гидротехнических сооружений, различных подземных сооружений и коммуникаций, а также при разработке горных выработок в строительный период [3].

Целью работ по водопонижению является либо понижение естественного уровня подземных вод, либо отвод поступающей в котлован (траншею) воды различными способами, которые обеспечивают его защиту от затопления [2].

Система строительного водопонижения представляет собой совокупность упорядоченных и предназначенных для приема, откачки и отвода

подземных вод в строительный период устройств и средств, а также выполняемых последовательно работ по их сооружению, вводу в действие и содержанию [3].

Формирование систем понижения грунтовых вод происходит с применением водоотлива из котлованов и траншей, дренажа, открытых и вакуумных скважин для водопонижения, иглофильтров и электроосушения, используемых в различных сочетаниях в виде линейных, неполнокольцевых, кольцевых, систематических, отдельных и групповых устройств для водопонижения [3].

Водоотлив – это откачивание грунтовой воды из котлованов (траншей) или другие способы ее удаления.

Различают открытый водоотлив и грунтовый или глубинный. Открытый водоотлив наиболее целесообразно устраивать в следующих случаях:

- в связных грунтах с включениями тонких песчаных слоев и линз;
- в несвязных плотных грунтах, которые не будут разрыхляться или вымываться (под действием грунтовых вод или фильтрационных течений);
- в слоистых грунтах со средним расходом грунтовых вод и т. д. [1].

Чтобы правильно выбрать метод для осушения, необходимо изучить гидрогеологические особенности, рельеф местности, размеры котлована (траншеи) и другие параметры.

Принятый метод механизированной разработки котлованов и траншей может оказывать влияние на работы по строительному водопонижению. Обычно применяют два метода производства земляных работ:

- разработка грунта землеройными машинами и механизмами с предварительным его осушением;
- разработка грунта средствами гидромеханизации с последующим осушением котлованов и траншей [6].

Соответственно назначают очередность работ не только по разработке котлованов и траншей, но и по монтажу водоотливных и водопонижающих установок, их эксплуатации.

Способы водопонижения. Выделяют три способа водопонижения, в зависимости от места, где оно осуществляется:

- поверхностный (необходимое оборудование закладывается с поверхности грунта);
- подземный (необходимое оборудование закладывается из подземных выработок);
- комбинированный (оборудование закладывается с поверхности грунта и с подземных выработок) [5].

Подземный и комбинированный способы водопонижения чаще всего применяются в горной отрасли, а также при строительстве линий

метрополитенов. Поверхностный способ, в свою очередь, является наиболее распространенным.

Основными методами защиты котлованов (траншей) от проникновения в них грунтовых и других вод являются:

- открытые способы водопонижения;
- закрытые способы водопонижения;
- специальные способы задержания грунтовых вод;
- уплотнение (трамбование) грунта [1].

Открытый и закрытый методы относятся к поверхностному способу водопонижения. Закрытый метод подразделяется на: гравитационное водоудаление, вакуумное водоудаление и электроосмотическое водоудаление. Специальный способ задержания подземных вод подразумевает способ пневматического водоудаления, а метод уплотнения грунта представляет собой уплотнение стенок или дна котлована.

При открытом способе водопонижения грунтовая вода собирается в специально устроенные водосборники (зумфы), из которых она откачивается с помощью необходимого оборудования.

Метод применим в устойчивых несвязных грунтах и связных рыхлых грунтах в тех случаях, если:

- в крупнозернистых грунтах приток воды в котлован может быть удален техническими средствами;
- в мелкозернистых грунтах возможно необходимое водопонижение;
- не возникает никаких недопустимых механических деформаций грунта.

Открытый способ не следует применять тогда, когда средний размер частиц грунта меньше 0,1 мм (иначе могут произойти обрушения откосов котлованов, возможны изменения структуры грунта или гидравлический прорыв воды в котлован, вероятны осадки имеющихся сооружений, расположенных вблизи котлована) [1].

Как правило, открытый способ водопонижения применяется при необходимости незначительного понижения уровня грунтовых вод.

Закрытый способ водопонижения. При этом способе водопонижения вода откачивается из приемных колодцев, в результате чего происходит понижение уровня подземных вод вокруг котлована и уменьшение притока в котлован грунтовой воды. Сам процесс удаления грунтовой воды из водопроницаемых слоев может осуществляться различными методами:

- гравитационным (если приток осуществляется под действием напора грунтовых вод и вода поступает в приемные колодцы под действием сил гравитации);
- вакуумным (удаление воды из грунта производится при помощи дополнительного понижения давления);

- электроосмотическим (в мелкозернистых водопроницаемых грунтах движение грунтовой воды может быть усилено созданием постоянным электрическим током магнитного поля) [1].

Способ закрытого водопонижения, по сравнению с открытым, является наиболее эффективным при существенном понижении уровня грунтовых вод. Также при его применении маловероятны суффозия и эрозия грунта. Этот метод в основном зависит от водопроницаемости грунтов.

Гравитационный способ водопонижения состоит в том, что в результате откачки воды насосами из специальных колодцев (скважин) возникает перепад уровней, который вызывает приток воды в колодец, под действием гравитационных сил, и соответствующее понижение уровня подземных вод. Это достигается удалением (откачкой) грунтовой воды из системы трубчатых колодцев, скважин или иглофильтров.

Система, в состав которой входят водоприемные колодцы и водоотводящая система труб, является установкой для понижения уровня грунтовых вод. За счет работы насосов обеспечивается движение грунтовой воды.

В проницаемых грунтах с коэффициентом фильтрации от 2 до 50 м/сут применяется иглофильтровый способ гравитационного водопонижения.

Применение водопонижающих колодцев в мелкозернистых грунтах средней водопроницаемости является среднеэффективным, так как понижение уровня грунтовых вод существенно только вблизи колодцев, а глубина водопонижения между ними небольшая. Поэтому в таких случаях необходимо использовать другой метод водопонижения. В связи с этим считается, что применение метода гравитационного водопонижения неэффективно, если средний размер зерен грунта менее 0,06 мм [1].

Однако гравитационный способ водопонижения может быть использован с большей эффективностью в средних и крупных илистых и мелкозернистых песках, при значениях коэффициента фильтрации от  $10^{-4}$  до  $10^{-5}$  м/с.

В тех случаях, когда гравитационный способ водопонижения, по техническим и технологическим причинам, не может обеспечить необходимого уровня понижения подземных вод в мелкозернистых песках, то используют метод удаления грунтовой воды вакуумированием.

Приток грунтовой воды к скважине, при применении вакуумного метода, обеспечивается за счет образования в ней зоны пониженного давления одним из следующих способов:

- скважинами с вакуум-насосами;
- иглофильтрами и вакуум-насосами;
- эжекторной системой водопонижения;
- установками электроосмотического водопонижения — иглофильтрами с вакуум-насосами [1].

Оптимальная область применения метода вакуумирования, когда он наиболее эффективен, в средних и крупных илистых и мелкозернистых песках соответствует условиям, при которых значение коэффициента фильтрации лежит в пределах от  $10^{-5}$  до  $10^{-7}$  м/с. При значениях коэффициента фильтрации от  $10^{-4}$  до  $10^{-5}$  м/с с одинаковой эффективностью могут использоваться как вакуумный, так и гравитационный способы.

В малопроницаемых грунтах, в зависимости от коэффициента фильтрации, рационально использовать:

- с коэффициентом фильтрации до 2 м/сут следует реализовывать вакуумный способ водопонижения с помощью вакуумных скважин;

- с коэффициентом фильтрации от 2 до 0,2 м/сут применяют иглофильтровый способ вакуумного водоудаления (при необходимости может быть применен в грунтах с коэффициентом фильтрации до 5 м/сут, но с меньшей эффективностью);

- с коэффициентом фильтрации от 2 до 0,2 м/сут при глубине понижения уровня подземных вод до 10÷12 м, а при определенном обосновании - до 20 м применяют иглофильтровый эжекторный способ водопонижения [2].

Метод вакуумного водопонижения особенно эффективен в грунтах, которые расположены к образованию плывунов.

Для илистых мелкозернистых и среднезернистых грунтов, обладающих небольшой пластичностью, электрохимические изменения которых не превышают 15÷20 %, применяется электроосмотический способ водопонижения. Такие грунты ведут себя аналогично грунтам с большим содержанием илистых частиц, которые расположены к образованию плывунов, но при этом не могут быть осушены методом вакуумного водопонижения.

Оборудование и материалы, необходимые для электроосмотического водопонижения:

- металлические аноды;
- иглофильтр, являющийся катодом;
- электрическая установка и оборудование;
- источник постоянного тока;
- насосы и трубопроводы [1].

Движение грунтовой воды, при применении электроосмотического водопонижения, осуществляется под действием электрического поля, образуемого постоянным током. Для технического использования этого физического принципа в грунт по периметру котлована опускаются трубы-аноды (или стержни), а в качестве катодов используются иглофильтры.

Следует помнить, что изменение положения уровня грунтовых вод оказывает негативное влияние на состояние грунтов. Последствия водопонижения проявляются в различной степени, в зависимости от условий водопонижения и характеристик грунта, например:

- изменение несущей способности грунта вследствие действия установок, осуществляющих изменение уровня грунтовых вод;

- при глубоких понижениях уровня грунтовых вод, осадки территории и возведенных на ней сооружений могут оказаться значительными;

- при глубинном водопонижении происходит местное уплотнение грунта, которое может оказать влияние на основания соседних сооружений (вызвать их осадку);

- при производстве работ возможно разрыхление грунтов и нарушение прочностных связей в них (нарушение природных свойств грунтов);

- при открытом водоотливе возможна значительная фильтрация через откосы котлована, что ослабляет прочностные связи в грунте и вызывает вынос частиц грунта и др. [1, 2].

В июне 2019 года в Иркутской области произошло наводнение (затопление), вызванное повышением уровня воды в реках. В зону подтопления попали такие районы, как Нижнеудинский, Тулунский, Тайшетский и другие. Вследствие паводка, пострадали такие объекты, как административные здания, больницы, школы, детские сады, автомобильные дороги, а также инженерные коммуникации.

Из-за подтопления изменился водный режим и баланс территории, что привело к повышению уровня подземных вод и влажности грунтов. В свою очередь, повышенный уровень грунтовых вод вызывает проблему производства работ по ремонту и реконструкции инженерных сетей.

Решением этой проблемы будет являться выбор рационального метода водопонижения или поиск альтернативного способа понижения уровня грунтовых вод.

На практике чаще применим иглофильтровый способ водопонижения не только при строительстве, но и при ликвидации аварий и ведении восстановительных работ на сетях водоотведения, расположенных в обводненных и слабоустойчивых грунтах. Откачка грунтовой воды осуществляется с помощью специальных иглофильтровых установок вакуумного водопонижения [4].

Следует помнить, что при выборе наиболее эффективного и оптимального способа водопонижения необходимо учитывать не только физические свойства грунтов, но также технические, технологические и экономические аспекты решаемой задачи. Например, геологический и гидрогеологический профиль; необходимая глубина водопонижения; продолжительность водопонижения; условия движения грунтовых вод до начала работ; наличие рядом с котлованом (траншеей) уже имеющихся сооружений; имеющиеся технические средства и установки для водопонижения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кнаупе В. Устройство котлованов и водопонижение/ Пер. с нем. М.Ф. Губина; под ред. В. Н. Бурлакова и В. В. Сорокина. – М.: Стройиздат, 1988. – 376 с.
2. СП 250.1325800.2016 Здания и сооружения. Защита от подземных вод: Утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 08 июля 2016 г. № 484/пр – М.: Минстрой России 2016. – 47 с.
3. Типовая технологическая карта. Устройство водопонижения (вариантная проработка) – Санкт-Петербург, 2006. – 53 с.
4. Болотских Н.С. Водопонижение при производстве аварийно-восстановительных работ на сетях водоотведения в условиях плотной городской застройки // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. Выпуск № 5 (148) – Харьков: Изд-во Национальный технический университет Харьковский политехнический институт, 2016. – 47 с.
5. Строительное водопонижение: [сайт], 2013. URL: <http://sokolgeo.com/stati/vodoponizhenie> (дата обращения 06.04.2020)
6. Организация водоотлива, водоотвода и искусственного понижения уровня грунтовых вод:[сайт], 2014. URL: [https://studopedia.ru/3\\_170453\\_organizatsiya-vodootliva-vodootvoda-i-iskusstvennogo-ponizheniya-urovnya-gruntovih-vod.html](https://studopedia.ru/3_170453_organizatsiya-vodootliva-vodootvoda-i-iskusstvennogo-ponizheniya-urovnya-gruntovih-vod.html) (дата обращения: 06.04.2020)