

доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22200091>. - Дата доступа 03.12.2024.

4. Водные ресурсы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/c-vodnye-resursy/>. - Дата доступа 03.12.2024.

УДК: 504.4.062.2

Сравнительный анализ технических решений по сбору дождевых вод для их последующего использования

Шавейко К.Н., Крицкая Т.А.

Научный руководитель Дубенок С.А., к.т.н.,

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Концепция комплексного подхода к управлению дождевыми и тальми водами на селитебных территориях городов заключается в интеграции управления дождевыми и тальми водами в процессы городского планирования и развития.

Основные территории образования дождевых вод – это твердые покрытия, которые на селитебной территории представлены жилыми зданиями, объектами социальной инфраструктуры, дорогами, тротуарами, стоянками и парковками.

Самым простым решением, повсеместно реализуемым на территории республики, является сбор дождевых вод через дождеприемники в дождевую канализацию (закрытую или открытую) и их последующее отведение в поверхностные водные объекты, в том числе и в пределах городской черты. Вместо возможного дальнейшего использования вода просто неэффективно сбрасывается в ближайший водный объект, проходя предварительную механическую очистки или зачастую вообще без очистки.

Из-за высокой плотности застройки особенно в крупных городах дождеприёмниками в период ливней не справляются, что приводит к подтоплениям городских территорий. Например, только за два летних месяца 2024 г. город Минск был существенно подтоплен трижды; 24 июля 2024 г. в период выпадения интенсивных осадков существенному подтоплению подвергся город Пинск, а 20 августа 2024 г. - город Гродно. Необходимо отметить, что в последние годы в летний период при выпадении интенсивных осадков число подтоплений в крупных городах существенно участилось.

Современными мировыми тенденциями в градостроительстве является использование различных технических решений по сбору дождевых вод и их преимущественному использованию в пределах городских территорий, на которых они образовались. Такие технические решения носят название «синяя» и «сине-зеленая» инфраструктура. Принципиальное различие между ними заключается в том, что технические решения синей инфраструктуры направлены на сбор и удержание дождевых и талых вод для их последующего использования или сброса в окружающую среду после окончания осадков, причем эти сооружения конструктивно максимально близки к естественным водным объектам и интегрированы в городские территории.

«Сине-зеленая» инфраструктура основывается на элементах «синей» инфраструктуры, добавляя к ним различные виды и формы растительности (деревья, кустарники, травяной покров, газоны), которая использует задержанную воду для роста и развития.

Использование различных технических решений по сбору дождевой воды для ее последующего использования прямо в месте ее образования может снизить инвестиционные затраты на сбор дождевой воды через строительство систем дождевой канализации, особенно в случаях одиночно стоящих зданий, если рядом отсутствуют системы дождевой канализации, а также в районах индивидуальной жилой застройки. Такие конструкции могут быть спроектированы, например, для таких учреждений, как школы, больницы, театры, кинотеатры, административные здания и другие общественные учреждения.

В статье рассмотрены возможности применения такого элемента «синей» инфраструктуры, как подземные накопители дождевых вод, в сравнении с элементом «сине-зеленой» инфраструктуры – плантаторами.

Подземные накопители

Подземные накопители представляют собой емкости, расположенные ниже уровня земли, для накопления (аккумуляции) дождевых и талых вод в целях снижения их пикового объема (расхода) и последующего использования накопленных объемов воды в период отсутствия осадков.

Подземные накопители монтируются из отдельных конструктивных элементов или выполняются путем заводского изготовления.

Габариты накопителя варьируются от его объема. Наиболее часто применяемые модели накопителей в городской среде находятся в следующих диапазонах: высота – 1800-2430мм, ширина – 1440-1740мм, длина – 2130-3500мм, объем – 3000-12000л [1].

Предположим, что нам надо отвести дождевую воду в накопитель с крыши площадью 100 м². В соответствии с СН 4.01.02-2019 [2] объем дождевых сточных вод от расчетного дождя, $W_{оч}$, м³, определяют по формуле

$$W_{\text{оч}} = 10h_a * F * y_{\text{mid}},$$

где h_a – максимальный слой осадков за дождь, мм, сток от которого аккумулируется и подвергается очистке в полном объеме (принимаем среднее значение для г. Минска 50мм);

y_{mid} – средний коэффициент стока для расчетного дождя (по СН принимаем 0,95 для кровли);

F – общая площадь стока, га (в нашем случае 100 м² или 0,01 га).

Таким образом, объем дождевых сточных вод от расчетного дождя с площади 100 м² составит 4,75 м³ и нам понадобится накопитель объемом не менее 4750 литров. Если, например, принимать критическое значение осадков, h_a , которое 18 июля 2024 г. в г. Минске составило 91,7 мм, соответственно объем дождевой воды составит 8,71 м³ и для сбора всего объема дождевых вод нужен будет накопитель не менее 8710 литров либо 2-4 накопителя меньшего объема, установленные по периметру здания с нескольких водосточных желобов.

Для предотвращения переливов дождевых и талых вод в составе конструкции подземных накопителей предусматриваются устройства переливной или дренажной системы. Для контроля накопления осадков в процессе оттаивания воды в накопителе предусматриваются смотровые отверстия (колодцы), к которым обеспечивается свободный доступ для обслуживания. Техническое обслуживание подземных накопителей предусматривает наблюдение за количеством образующихся в них осадков и своевременного его удаления [3].

Общий вид применения подземных накопителей дождевых вод приведен на рисунке 1.



Рис. 1. Общий вид применения подземных накопителей дождевых вод [4]

Как показывают проведенные исследования, подземные накопители могут быть выполнены из различных материалов, при этом, наиболее популярным является пластик (полиэтилен).

Большинство компаний, изготавливающих полиэтиленовые накопители дождевых вод, определяют следующие основные преимущества использования данного технического решения именно из этого материала:

- повышенная устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды;
- низкая теплопроводность, благодаря чему конструкции не требуют дополнительного утепления;
- при правильной эксплуатации срок службы пластиковых накопителей может составлять более 50 лет [5].

При этом существует ряд основных рекомендаций по использованию и монтажу подземных накопителей:

- площадка под накопитель должна располагаться на расстоянии не менее 5 метров от дорожного полотна и не менее 3 метров от деревьев;
- глубина заложения накопителя зависит от глубины подводящего трубопровода, от глубины промерзания грунта, от уровня залегания грунтовых вод. Если уровень грунтовых вод расположен выше чем отметка низа накопителя, то необходимо закрепление накопителя, которое производится, как правило, пластмассовым или капроновым канатом к бетонной плите.

По технологии установки полимерных емкостей в грунт, засыпка пазух между стенками котлована и стенками накопителя производится не вынутым грунтом, а песком без крупных твердых включений либо смесью песка и цемента (в пропорции 5:1), с одновременным постепенным заполнением накопителя водой. Песок укладывается послойно с обязательным трамбованием [1].

Основным преимуществом подземных накопителей является вариативность их использования. Однако отрицательным фактором является то, что спектр возможных решений больше для загородных участков в плане использования системы в качестве подпитки системы. В зоне высотной жилой застройки система больше актуальна для поливки древесно-кустарниковой растительности и газонов на прилегающих территориях, что в свою очередь позволит значительно сократить затраты питьевой воды что используется периодически для поливки. Если же вода по каким-либо причинам не подходит для тех или иных целей, она может быть отведена в систему дождевой канализации в период отсутствия интенсивных осадков, что в свою очередь снизит нагрузку на систему.

Плантаторы дождевых вод

Плантаторы представляют собой линейные резервуары, предназначенные для сбора и удерживания дождевых и талых вод и их использования на полив растений, а при избыточном объеме дождевых вод – с возможностью отведения их в систему канализации.

Плантаторы располагают вдоль зданий для сбора воды с крыш, а также в тротуарной (пешеходной) зоне и вдоль дорожного покрытия, отделяя их вертикальным бордюром. Для отведения в плантаторы дождевых и талых вод с тротуаров, пешеходных зон и дорожного покрытия предусматриваются врезки в бордюрах, через которые под небольшим наклоном дождевые и талые воды поступают на каменную подложку для снижения скорости [2].

В Республике Беларусь с учётом повсеместного применения в городах в зимний период песчано-соляной смеси использование плантаторов для сбора воды с дорог и пешеходных зон будет затруднительно, растения скорее всего погибнут. Поэтому эту технологию наиболее целесообразно использовать при сборе воды с крыш зданий.

Данное техническое решение получило большую популярность в странах европейского союза и Великобритании. Например, в наиболее затопляемых районах Англии, смонтировано и эксплуатируется более 500 установок плантаторов дождевых вод (рисунок 2) [6].



Рис. 2. Общее применение дождевых плантаторов [6]

Как показали проведенные исследования, габариты плантаторов, используемых для сбора воды с крыш зданий, имеют следующие технические характеристики:

- размеры по длине 1200 – 2000мм, по ширине – 400-600мм, по высоте – 700-950 мм;

- влагоёмкость плантатора может достигать 94% в зависимости от вида грунта и типов высаживаемых растений; объём вмещаемой воды различен в зависимости от загрузки и её пропускной способности;

- конструкция, саккумулировав часть воды в дренажном слое, подпитывает растения на протяжении 14-28 дней.

По вышеприведенной формуле можно рассчитать, что в среднем для поглощения дождевой воды в полном объеме от расчетного дождя с площади 100 м² понадобится около 6-10 дождевых плантаторов размером 2000х600х800мм в зависимости от принятой загрузки и количества фильтрующей слоёв.

Основные материалы, из которых выполняются корпус (каркас) плантатора, – сталь и дерево. Фильтрующий материал – корневая зона 50%, почва и песок и 50%, гонт 20 мм, дренажный геотекстиль 300 г/м², серый переработанный полипропиленовый рулон, впитывающий гидрокамень (опционально). Минимальный срок применения данной технологии – 15 лет [7;8].

Плановое обслуживание должно включать в себя прополку, обрезку и мульчирование, а также удаление мусора и осадка, скопившихся в плантаторе и в отводной трубе. На период укореняя растений при отсутствии осадков может понадобиться полив. Периодическая замена верхних 5 см фильтрующего материала вокруг входных отверстий (каждые 5–10 лет) поможет сохранить эффективность очистки [9].

Также существует гибрид двух систем, который технически является плантатором дождевой воды, но при этом аккумулирует воду как накопитель вместо слива излишка в дождевую канализацию. Емкость резервуаров для накопления воды в плантаторе зависит непосредственно от его размера и конструкции и может изменяться в диапазоне от 0,1 до 1 м³. Благодаря модульной конструкции устройства можно соединить несколько плантаторов в зависимости от требуемого объема сбора дождевых и талых вод [10].

Пример комбинированного плантатора приведен на рисунке 3.



Рис. 3. Пример комбинированного плантатора [10]

Руководствуясь предыдущими расчётами, для отвода дождевой воды с крыши объёмом в 4,75 м³ при аккумулирующей способности в среднем в 0,35 м³ для плантатора размером 2000х600х800мм нам потребуется установка 6-8 плантаторов по периметру здания.

Таким образом, сравнение таких технологических решений по обращению с дождевыми водами, как подземные накопители и плантаторы, позволило сделать следующие основные выводы:

- системы могут широко использоваться для накопления и повторного использования сравнительно незагрязнённых вод (в основном, с крыш зданий);

- системы позволяют снизить нагрузку на дождевую канализацию, а при ее отсутствии – избежать подтопления прилегающих территорий;

- системы могут эксплуатироваться совместно (аккумуляция + использование);

- данные технические конструкции не имеют особых специфических особенностей для их монтажа, т.е. они могут быть установлены сравнительно легко и быстро.

Климатические характеристики Республики Беларусь позволяют применять оба рассмотренных технических решения, при этом наиболее целесообразным будет их комбинированное применение.

Литература

1 Накопительные ёмкости [Электронный ресурс] / Сайт Евроталер – <https://e-taler.by/katalog/emkosti-podzemye/nakopitelnyie/emkost-d-3000-litrov-dlya-vodyi-polimer-grupp.html>

2 СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения»

3 Наилучшие доступные технические методы сбора, транспортировки, очистки и использования поверхностных сточных вод в населенных пунктах [Электронный ресурс] / Сайт Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2024 – <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/NTDM-20.02.2024.pdf>

4 Подземные накопители [Электронный ресурс] / Сайт GRAF – <https://www.graf.info/en/rainwater-harvesting/tanks-underground.html>

5 Подземные ёмкости [Электронный ресурс] / Сайт MIRPLAST – <https://mirplast.by/izdeliya-iz-plastika/katalog-tovarov/emkosti/podzemnye-emkosti/>

6 Плантаторы школы Meristem [Электронный ресурс] / Сайт Meristem design – <https://www.meristemdesign.co.uk/news/meristems-school-suds-planters-win-flood-coast-award/>

7 Плантаторы [Электронный ресурс] / Сайт SuDSPlanter – <https://www.sudsplanter.com/product-range>

8 Стальные плантаторы [Электронный ресурс] / Сайт NBS Source – <https://source.thenbs.com/product/aquaplanter-sustainable-drainage-systems-suds-planters-steel/usahbDKD5QGbmPqovxzJd5/iBN3Cv4kxrhWr7mpXnkeiA>

9 Плантаторы дождевой воды [Электронный ресурс] / Сайт EMSWCD – https://wiki.sustainabletechnologies.ca/wiki/Stormwater_planters

10 Плантаторные установки BNG [Электронный ресурс] / Сайт BioScapes – <https://bioscapes.co.uk/suds-unit/>

УДК: 504.4.062.2

Анализ методов обеззараживания природных вод

Шилкова Е. М.

Научный руководитель Лемеш М. И., ст. преподаватель

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Выбор метода обеззараживания природных вод связан с необходимостью оценки влияния множества факторов (например, пролонгированное антимикробное действие; безопасность для человека и животных; экономическая выгода), а также проведения предварительных технико-экономических расчетов с учетом производительности станции, качества природной воды, технологии водоподготовки, размещения сооружений водоподготовки, автоматизации процессов.

Природные воды, используемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения, должны иметь благоприятные органолептические свойства, быть безвредными по химическому составу и безопасными в санитарно-эпидемиологическом отношении. Перед производителями питьевой воды стоит задача обеспечения ее эпидемической безопасности, т. е. достаточной степени обеззараживания.

Питьевая вода – это вода, которая соответствует установленным нормативам качества как в своем естественном состоянии, так и после водоподготовки и предназначена для потребления человеком в питьевых и бытовых целях. Для питьевых целей используются поверхностные и подземные воды. В Республике Беларусь в основном в качестве источника водоснабжения применяют подземные воды, но в городе Минске используется и поверхностные воды (Вилейское водохранилище), и подземные воды. В поверхностных водах всегда присутствует целое сообщество разнообразных микроорганизмов. Подземные воды, как правило, безопасны в бактериологическом отношении.