

ВНЕДРЕНИЕ ПРИНЦИПОВ «СИНЕЙ» ИНФРАСТРУКТУРЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

С. А. ДУБЕНОК, К. Н. ШАВЕЙКО

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
dsnega@list.ru, ksukseroks@gmail.com*

Актуальность. В результате интенсивного развития городов застроенные территории всё более уплотняются, что ведет к постоянному увеличению доли твердых водонепроницаемых покрытий и, как следствие, к увеличению подтопления территорий в период выпадения интенсивных осадков. При этом с учётом роста интенсивности осадков в последние десятилетия, вызванного изменением климата, проблема приобретает всё более масштабный характер.

В процессе развития городов в первую очередь существенным образом меняются условия формирования и отведения поверхностных сточных вод (дождевых, талых). На формирование стока оказывают влияние разные факторы, основным из которых является ускорение стока за счет изменения регулирующей и аккумулирующей способности урбанизированных территорий. Строительство зданий, дорожной сети, парковок, асфальтирование больших площадей ускоряют прохождение поверхностных сточных вод, пропускная способность систем дождевой канализации оказывается неспособной пропускать катастрофические быстро сформировавшиеся максимальные расходы дождевого стока; возникают подпоры на сети дождевой канализации, что, в свою очередь, приводит к интенсивному подъему уровней воды на отдельных участках и их подтоплению. Для коллекторов, непосредственно имеющих выпуски в водотоки в черте города, отведение в них поверхностных сточных вод может зависеть от уровня режима реки, что также может приводить к подпору сети и затоплению прилегающей территории.

Кроме того, развитие городов имеет тенденцию к сокращению лесопарковых территорий и растительности в целом, которая перехватывает, замедляет и возвращает осадки в воздух через испарение и транспирацию. При этом тенденция к уплотнению городских районов и увеличению непроницаемых поверхностей уменьшает количество воды, которая проникает в почву и грунтовые воды, тем самым уменьшая количество воды, которая подпитывает водоносные горизонты и питает городские водоемы и водотоки в периоды сухой погоды. В городских ландшафтах в основном доминируют бетон, асфальт, кровельные материалы, формируя искусственную экосистему городской среды. Как правило, на урбанизированных территориях 60–70 % поверхности является непроницаемой для воды. Вода, которая попадает на

водонепроницаемые поверхности (крыши зданий, дорожное покрытие, бульвары, тротуары, парковки и др.), не может впитаться в землю и формирует поверхностные сточные воды, собирая загрязняющие вещества, такие как взвешенные вещества, нефтепродукты, тяжелые металлы, хлориды, органические соединения, которые при отсутствии дождевой канализации и (или) очистных сооружений поступают в поверхностные водные объекты на городской территории, загрязняют почву и подземные воды.

В настоящее время в населенных пунктах, не имеющих подземной (трубопроводной) дождевой канализации, поверхностные сточные воды, как правило, стекают на прилегающую территорию и газоны без какой-либо очистки, провоцируя развитие овражно-балочной сети, размыв грунта. Обычно в населенных пунктах уровень грунта на газонах и иных участках прилегающей к проезжей части и тротуарам территории выше поверхности проезжей части или тротуара, что приводит к образованию скоплений воды на покрытии, вымыванию грунта с газонов и прилегающих территорий, создавая участки загрязнений на тротуарах и улично-дорожной сети. Сбор дождевых и талых вод с помощью открытой системы водоотведения зачастую нарушает эстетичность городской среды, создает препятствия для пешеходного движения.

Например, в Минске за период 2021–2023 гг. наблюдались регулярные подтопления отдельных участков города в период интенсивных летних осадков (рисунок 1), обусловленные двумя основными причинами: недостаточной пропускной способности коллекторов дождевой канализации на отдельных участках и скоплением дождевой воды в понижениях рельефа на участках с высоким коэффициентом стока. На территории Минска риску подтопления в период выпадения экстремальных осадков подвержены около 70 участков с различной степенью благоустройства.

В результате подтопление городских территорий приводит не только к деградации природных ресурсов, но и нарушению условий, необходимых для нормальной эксплуатации зданий и сооружений, нарушениям в работе транспорта и сопровождается высокими экономическим затратам на ликвидацию последствий от выпадения экстремальных осадков.

Как альтернатива традиционным методам управления поверхностными сточными водами, ориентированным на сбор, транспортировку и отведение сточных вод в близлежащие водные объекты, всё большее развитие в городах различных стран получает «синяя» инфраструктура – и не только как элемент инженерного благоустройства систем дождевой канализации, а прежде всего, как концепция эффективного комплексного управления поверхностными сточными водами, интегрированная в городскую систему управления на всех уровнях: от градостроительного планирования до эксплуатации и обслуживания.



06.08.2021



05.07.2022



18.07.2023

Рисунок 1 – Подтопление отдельных участков г. Минска в период 2021–2023 гг.

Цель работы – обобщение и анализ возможных вариантов управления поверхностными сточными водами (дождевыми и талыми) путем их интеграции в застроенную городскую территорию.

Существующая традиционно сложившаяся система управления поверхностными сточными водами на урбанизированных территориях в разных странах показывает, что основные элементы системы дождевой канализации преимущественно выполняют одну из основных функций:

- транспортирование поверхностных сточных вод в окружающую среду;
- накопление (аккумулирование) поверхностных сточных вод с последующим использованием (после очистки или без нее);
- инфильтрация поверхностных сточных вод.

В рамках исследования проанализированы основные подходы и принципы по развитию «синей» инфраструктуры и их отличия от традиционных методов управления поверхностными сточными водами, преимущества и ограничения применения «синей» инфраструктуры, в том числе, и в условиях Республики Беларусь.

Основные результаты. «Синяя», или «сине-зеленая», инфраструктура возникла во второй половине 1980-х гг., как концепция управления дождевыми водами в период выпадения интенсивных осадков на территориях населенных пунктов.

В США и Канаде концепция получила развитие в виде подхода Low Impact Development (LID), или «развитие с низким уровнем воздействия» [1],

основанного на моделировании и имитации естественных гидрологических процессов на застраиваемой городской территории на стадии ее проектирования, позволяющих накапливать, временно задерживать, фильтровать, испарять, а также использовать дождевые и талые воды в пределах территории их формирования.

В Великобритании концепция получила развитие в начале 1990-х гг. в виде подхода Sustainable drainage system (SuDS), или «устойчивые дренажные системы» [2], основанного на применении методов управления дождевыми и талыми водами с учётом природных особенностей территории и максимальной интеграции водоотводящих систем дождевой канализации в естественные дренажные системы или различные сооружения, обеспечивающие биофильтрацию. Основная цель таких систем – максимально использовать осадки для подпитки водных объектов и поддержания уровня грунтовых вод на застраиваемой территории.

На Ближнем Востоке и в Австралии концепция начала развиваться также в 1990-х гг. в виде подхода Water-sensitive urban design (WSUD), или «водно-чувствительное городское проектирование» [3]. Это более широкий подход к землеустройству и инженерному проектированию, объединяющий полный водный цикл города, включая поверхностные и подземные воды, водоснабжение и управление сточными водами, обращение с дождевыми водами, основная цель которого – свести к минимуму ухудшение состояния окружающей среды и улучшить эстетическую и рекреационную привлекательность города.

В Европейском Союзе концепция получила практическое развитие в начале 2000-х гг., а в марте 2002 г. Комиссия по защите морской среды Балтийского моря (HELCOM) разработала Рекомендацию № 23/5-2002 «Сокращение сбросов с городских территорий посредством правильного регулирования системы ливневых стоков», пересмотренную в июне 2021 г. [4]. Этот документ закрепил в европейском законодательстве понятие «Integrated Storm Water Management (ISWM)», или «интегрированное управление ливневыми водами». Интегрированное управление ливневыми водами определено как комплексный подход к управлению дождевыми и талыми водами, включающий изучение характеристик конкретных территорий, оценку воздействия и применение набора технических решений к индивидуальным ситуациям, т. е. интеграцию управления дождевыми и талыми водами в процессы городского планирования и развития на всех уровнях.

Анализ подходов различных стран показал, что концептуально «синяя» и «сине-зеленая» инфраструктура представляют собой усилия, направленные на смягчение антропогенного воздействия, оказываемого человеком на естественный водный цикл в городской среде, особенно на тенденции поверхностного стока и загрязнения водных объектов в пределах интенсивно застраиваемых населенных пунктов.

В практическом смысле «синяя» инфраструктура ориентирована на при-

существование поверхностных сточных вод в городском пространстве в виде различных гидротехнических сооружений, максимально интегрированных в городской ландшафт, выполняющих основные функции дождевой канализации (транспортирование, накопление, инфильтрация), в соответствии с которыми рассматриваемые сооружения можно разделить на три группы:

- наземные системы: бассейны удержания (сухой пруд, мокрый пруд, инфильтрационный пруд), фильтрующие полосы, растительные каналы, «дождевые ручьи», «зеленые» крыши, водопроницаемые покрытия, кюветы (придорожные каналы), дренажные каналы;

- подземные системы: подземные накопители дождевых вод, дождевые дренажные колодцы, фильтрующие колодцы;

- комбинированные системы: биодренажные канавы, биофильтрационные склоны (полосы озеленения), дождевые сады, плантаторы дождевых вод, коробчатые фильтры для деревьев.

При этом решения «синей» инфраструктуры должны соответствовать следующим основным критериям:

- устойчивость в использовании;
- простота в управлении;
- экологическая безопасность;
- эстетическая привлекательность.

Очевидно, что применение тех или иных технических решений «синей» инфраструктуры будет напрямую зависеть от ряда природных и техногенных факторов: условий формирования и отведения поверхностных сточных вод, рельефа и гидрогеологических условий территории, функционального назначения рассматриваемого участка городской территории, исторически сложившейся застройки и др.

Однако, как показывает мировая практика, существует и ряд ограничений в части применения «синей» инфраструктуры. К наиболее распространенным ограничениям можно отнести:

- отсутствие подходящих мест для реализации в существующей сложной инфраструктуре городской застройки;

- отсутствие стандартов проектирования сооружений;

- отсутствие знаний о таких технологиях и технических решениях среди местных органов власти и жителей;

- ложное представление о том, что сооружения «синей» инфраструктуры трудно эксплуатировать и/или стоимость обслуживания таких сооружений высока.

При этом несмотря на то, что проекты и технические решения «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры часто воспринимаются как новые технологии с ограниченным опытом, ряд стран Европейского Союза в настоящее время активно внедряет концепцию «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры как на законодательном уровне, так и путем реализации конкретных проектных решений в крупных городах.

Например, в рамках проекта «Интегрированное управление ливневыми водами» (iWater), реализуемого в городах Европейского Союза в регионе Балтийского моря (Финляндия, Дания, Германия, Эстония, Литва, Латвия, Польша и Швеция), в период 2014–2020 гг. реализован ряд конкретных проектных решений по созданию объектов «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры в таких городах, как Рига, Хельсинки, Копенгаген, Кальмар, Гданьск, информация о которых размещена на созданной в рамках проекта международной платформе «Baltic Smart Water Hub» [5]. Данную онлайн-платформу можно рассматривать как один из источников передовых практик в области управления поверхностными сточными водами.

Анализ национального законодательства в области проектирования городской инфраструктуры показывает, что в действующих нормативных правовых актах и технических правовых актах Республики Беларусь отсутствуют требования и проектные решения по обращению с поверхностными сточными водами, за исключением требований по их сбросу в окружающую среду посредством систем дождевой канализации. При этом в ряде национальных стратегических документов, например, в Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года, отмечается необходимость повышения эффективности обращения с поверхностными сточными водами в населенных пунктах с численностью населения 50 тыс. человек и более, в том числе разработка научно обоснованных требований по устойчивому управлению поверхностными сточными водами в населенных пунктах с учетом международного опыта.

Очевидно, что изначально требуется совершенствование национального законодательства в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности по обращению с поверхностными сточными водами на территории населенных пунктов в части закрепления в нем основных технических решений по проектированию и строительству объектов «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры.

Одновременно, на основании анализа лучших международных практик, необходимо формирование набора типовых проектных решений по обращению с поверхностными сточными водами, выбранных по совокупности заранее определенных и согласованных всеми заинтересованными органами государственного управления критериев по их применению.

Выводы. В настоящее время в развитых странах осуществляется активное инвестирование средств в «синюю» и «сине-зеленую» инфраструктуру с целью восстановления способности компонентов окружающей среды удерживать воду там, где она выпадает, и использовать ее как ресурс до того, как она превратится в сточные воды. Вместо сбора, транспортировки и очистки дождевых и талых вод на очистных сооружениях, расположенных в нижней части больших зон канализования отдельных городских районов, и последующего её сброса в водные объекты в пределах городской черты, предлагаемая

концепция решает проблему дождевых и талых вод с помощью небольших экономических элементов ландшафта, расположенных в пределах небольших зон канализования.

Применение такого подхода улучшает качество поверхностных водных объектов и их гидрологический режим на городской территории, увеличивает количество грунтовых вод, улучшает эстетический вид городской территории, а следовательно, повышает её общественную ценность.

В настоящее время организация централизованных систем дождевой канализации в населенных пунктах Республики Беларусь осуществляется путем максимального асфальтирования площади водосбора поверхностного стока и укладки закрытых дождевых коллекторов для транспортирования поверхностных сточных вод в водные объекты. Данный путь развития централизованных систем дождевой канализации в условиях интенсивного развития городских территорий и изменяющегося климата приводит к негативным последствиям как для окружающей среды, так и для городской инфраструктуры.

В Республике Беларусь преимущественно получила развитие раздельная система водоотведения, по которой поверхностные сточные воды отводятся по отдельной системе дождевой канализации, что позволяет внедрять ряд технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры, широко используемых в развитых странах, на системе дождевой канализации практически в любом населенном пункте страны. При этом применение любых технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры в стране затруднено, поскольку возможность их проектирования и строительства до настоящего времени не закреплена в национальном законодательстве в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности.

Список литературы

1 Зеленая инфраструктура [Электронный ресурс] // Сайт Агентства по охране окружающей среды США. – Режим доступа : <https://www.epa.gov/green-infrastructure>. – Дата доступа : 02.03.2024.

2 Устойчивые дренажные системы [Электронный ресурс] // Сайт Британской геологической службы. – Режим доступа : <https://www.bgs.ac.uk/geology-projects/suds/>. – Дата доступа : 02.03.2024.

3 Водно-чувствительное городское проектирование [Электронный ресурс] // Сайт организации «Water by Design». – Режим доступа : <https://waterbydesign.com.au/>. – Дата доступа : 02.03.2024.

4 Рекомендация ХЕЛКОМ № 23/5-2002 «Сокращение сбросов с городских территорий посредством правильного регулирования системы ливневых стоков» [Электронный ресурс] // Сайт организации HELCOM. – Режим доступа : <https://helcom.fi/helcom-at-work/recommendations/valid-recommendations/>. – Дата доступа : 02.03.2024.

5 Baltic Smart Water Hub [Электронный ресурс] // Сайт международной платформы BALTIC SMART WATER HUB. – Режим доступа : <https://www.balticwaterhub.net/topic/storm-water>. – Дата доступа : 02.03.2024.

THE IMPLEMENTATION OF THE PRINCIPLES OF “BLUE” INFRASTRUCTURE IN THE REPUBLIC OF BELARUS

S. A. DUBENOK., K. N. SHAVEIYKO

Belarusian National Technical University, Minsk

УДК 551.4 (476.13)

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

Я. А. ДУНИН

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
yan.dunin2013@yandex.by*

Актуальность. В связи с ситуацией, сложившейся в настоящее время: бурное развитие различных отраслей промышленности (металлургических, нефтеперерабатывающих, химических), сельского хозяйства, транспортной инфраструктуры и других видов антропогенной деятельности, очистка сточных вод является одной из лидирующих и актуальных проблем наших дней. Многие из существующих в настоящее время методов и способов очистки сточных вод устаревают и перестают соответствовать современным требованиям. Поэтому актуальной проблемой на сегодняшний день является применение новых и усовершенствованных методов очистки сточных вод [1, 2].

Цель работы – изучение инновационных технологий в очистке сточных вод.

Основные результаты.

1 Нанотехнологии. Одним из новых направлений является технология регенерационной очистки сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, сочетанием экстракционных и адсорбционных процессов. Очистка воды от нефтяного загрязнения осложнена тем, что часть нефти находится в воде в виде эмульсий (наноструктуры). В настоящее время воду чистят флотационными или сорбционными методами, которые малоэффективны и дороги. Предложенная двухступенчатая технология предусматривает на первом этапе удаление из воды водомасляных эмульсий экстракцией маслами, оставшееся количество нефти (2–5 мг/л) удаляется из воды на специальных сорбентах, гидрофобизированных древесных опилках.

Древесные опилки предварительно активировали, в результате раскрывали межфибрилярные полости, куда по специальной технологии внедряли парафины (С30 и выше). Такие гидрофобизированные сорбенты не набухали в воде и обладали сорбционной емкостью 5–7 г/г. Остаточное содержание нефти после сорбционной очистки – не менее 0,1 мг/л. Рассчитаны параметры установки для осуществления процесса в непрерывном режиме [3].

Экстрагенты с нефтью после определенного цикла работы увеличиваются