

## ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

**БИОДРЕНАЖНЫЕ КАНАВЫ И ДОЖДЕВЫЕ САДЫ КАК ИНСТРУМЕНТ БЛАГОУСТРОЙСТВА СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА**

УДК: 711

DOI: 10.47055/1990-4126-2022-3(79)-11

**Витюк Екатерина Юрьевна**кандидат архитектуры, начальник научно-исследовательской части,  
доцент кафедры архитектурного проектирования.Уральский государственный архитектурно-художественный университет им. Н.С. Алфёрова,  
Россия, Екатеринбург, e-mail: help\_nir@mail.ru**Аннотация**

*В статье представлен опыт по созданию биодренажных канав в России, краткий анализ примеров зарубежной практики по созданию и эксплуатации дождевых садов и биодренажных канав. Дождевой сад рассмотрен как эффективный метод благоустройства территорий общественных пространств городов России с экономической, экологической и эстетической точек зрения.*

**Ключевые слова:***дождевой сад, дренажная канава, благоустройство, озеленение***BIODRAINAGE DITCHES AND RAIN GARDENS AS IMPROVEMENT TOOLS IN A MODERN CITY**

УДК: 711

DOI: 10.47055/1990-4126-2022-3(79)-11

**Vitiuk Ekaterina Yu.**PhD. (Architecture), Head of the Research Unit,  
Associate Professor, Department of Architectural Design.  
Ural State University of Architecture and Art  
Russia, Yekaterinburg, e-mail: help\_nir@mail.ru**Abstract**

*The article presents an experience in developing bioretention facilities in Russia with a brief review of examples from international practice in the creation and operation of rain gardens and drainage ditches. The rain garden is considered as an effective method for landscaping public spaces in Russian cities from an economic, environmental and aesthetic point of view.*

**Keywords:***rain garden, drainage ditch, landscaping, gardening, experiment*

**Актуальность темы исследования.** Благоустройство городской среды представляет собой необходимое мероприятие по повышению уровня ее комфорта; однако, помимо обладания эстетическими качествами и функциональностью, оно должно быть экономически эффективным, а также деликатно интегрированным в сложившуюся экосистему пространств и поддерживающим ее в состоянии равновесия. При таком подходе разрабатываются способы благоустройства с эффективным применением природных элементов, естественных ресурсов, долговечных строительных материалов и конструкций, многолетних растений, не требующих постоянного ухода. Один из таких способов благоустройства – создание биодренажных канав и дождевых садов, сочетающих в себе важную для городской среды способность накапливать естественную влагу и поддерживать рост растительности с возможностью создания композиций из травяных, цветочных растений, деревьев, кустарников. В данном случае объектом изучения становится городская среда, а предметом – дренажная система как эффективный инструмент благоустройства и поддержания природного баланса.

**Краткая история вопроса.** Дренажная канава (дрен) применяется в системе осушения территорий довольно давно: при раскопках древних поселений находят водоотводные системы в виде остатков труб, каменных водоотводов и т.п. В разные периоды ее предназначение заключалось в организованном отводе воды из поселений во избежание подтопления, а также для вывода нечистот с территории полиса. Однако с развитием урбанизации и увеличением количества водонепроницаемых покрытий значимость дренажной системы выросло многократно. В современных крупных мегаполисах устраивают ливневую/дождевую канализацию, представляю-

щую собой сбор и вывод дождевых и талых вод; в менее крупных полисах большой популярностью пользовались (и встречаются до сих пор) водоотводные каналы, особенно в районах с частной застройкой. Главной их задачей является сбор и направление грунтовых, осадочных и талых вод.

Существует несколько видов дренажа. В данном материале нас интересуют открытый (он и является дренажной канавой) и глубокий (используется на участках с близко расположенными к поверхности грунтовыми водами, а также на глинистых почвах, плохо впитывающих влагу). Дренажи различаются конструктивным решением: одни представляют собой инфильтрационные резервуары, которые позволяют просачиваться воде непосредственно в грунт; вторые – резервуары с оттоком, соединенные с системой канализации, куда и происходит сброс воды; третьи – углубления в грунте (в том числе с укреплением откоса) без дополнительных устройств (канавы). Дренажная канава представляет собой накопитель естественной влаги, который становится важным элементом экосистемы с постоянной растительностью благодаря удержанию осадков. Именно из-за этого свойства она становится экономически эффективной, ведь растительность не требует дополнительного полива и ухода, а вода самотеком отводится с территории, поглощается грунтом; необходимо лишь иногда прочищать русло. В настоящее время этот подход получил развитие в виде биодренажных канав и дождевых садов. Дождевая и талая вода в данном случае рассматривается как ценный, возобновляемый ресурс, разумно применяемый в системе управления водными ресурсами при благоустройстве городского пространства. Много внимания данному подходу уделяется в теоретических и практических работах по благоустройству Великобритании, Голландии, Германии. Так, в Великобритании создан «SUDS» – устойчивые городские системы дренажа (sustainable urban drainage systems) – децентрализованная система для отвода ливневых вод, включающая пруды, каналы, озелененные кровли и пр., более гибкая, способная к самоорганизации, что важно ввиду процессов изменения климата и невозможности абсолютно точных прогнозов по осадкам и разливам рек (в том числе при различных природных катаклизмах). Этим вопросам посвящены многочисленные исследования, ставшие основой для разработки методических указаний и рекомендаций по благоустройству городов [1–6]. История дождевых садов в мировой практике насчитывает около 40 лет.

В России также развивается интерес к этому направлению. Рекомендации по организации дренажных канав и отвода ливневых и талых вод самотеком известны довольно давно, однако в настоящее время появляются публикации о включении новых технологий и материалов [7–9].

**Современная технология.** К настоящему моменту технология удаления стока ливневых и талых вод посредством устройства канав снова набирает популярность. Этому способствует ряд особенностей, делающих это решение оптимальным:

- 1) простота в устройстве;
- 2) легкость при эксплуатации;
- 3) экономическая доступность;
- 4) возможность эстетического оформления;
- 5) эффективность в решении задач по водоотведению.

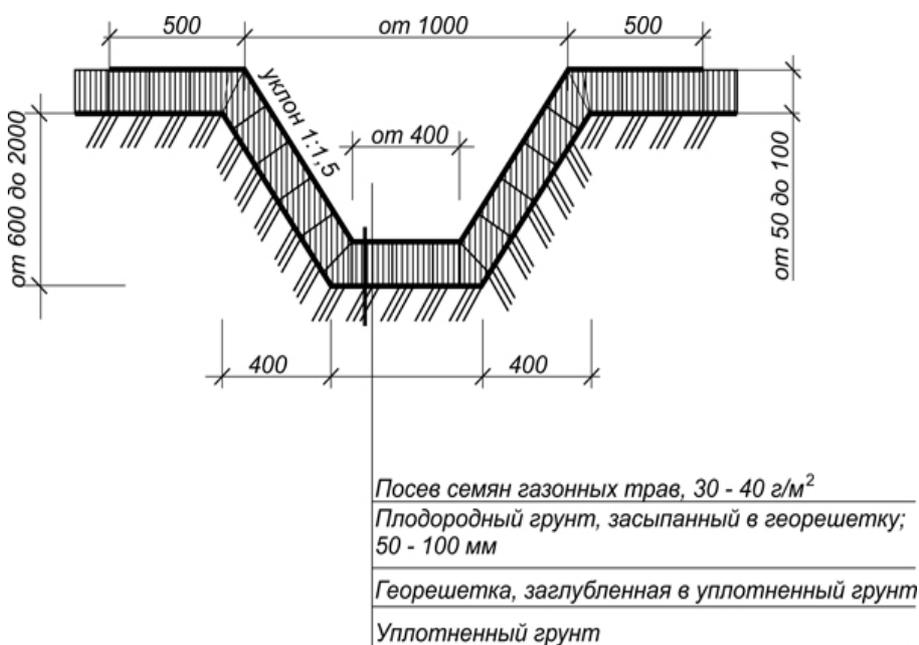


Рис. 1. Схема устройства дренажной канавы



Рис. 2. Дренажные каналы в Екатеринбурге на ул. Ляпустина. Фото автора

Со временем изменились конструктивное устройство дренажной канавы и ее внешний вид. На рис. 1 представлено типовое решение данного объекта, традиционно применяемое во многих поселениях России (независимо от статуса поселения, географического расположения и числа жителей), представляющее собой углубление в земле с устройством продольного уклона и сообщения между такими углублениями (рис. 1).

Ранее уклоны канавы укрепляли уплотнением грунта и высаживанием растений, корни которых также создавали защиту от осыпания. Затем стали применять специальные сетки с различным заполнением (грунт, газон, щебень и др.). Подобное решение можно встретить на улицах городов по сей день; некоторые варианты канав в Екатеринбурге представлены на рис. 2. Многие из них декорируются с помощью растительности.

На рис. 3 представлено современное решение аналогичной задачи, получившее название «Дождевой сад», основой которого является все та же дренажная канава, однако больше внимания уделено надежности конструкции (защита от осыпания и размывания), а также эстетическому оформлению объекта.

На сегодняшний день разработано множество вариантов конструктивных решений биодренажных канав (рис. 4, 5). Они выполняют функцию сбора, хранения и очистки ливневых и талых вод; рекреационную функцию, так как являются дополнением системы озеленения городских пространств; санитарно-защитную функцию – препятствуют (снижают) попаданию грязи, пыли и шума с проезжей части на другие территории; эстетическую, поскольку являются пространством для размещения влаголюбивых растений и каких-либо декоративных форм; санитарно-эпидемиологическую, так как поддерживают уровень влажности воздуха; а также способствуют под-



Рис. 3. Примеры дождевых садов из зарубежной практики:

1) прибрежный парк Ла-Мальер (La Mailleraie-sur-Seine). Источник: <https://landezine.com/riverside-square-of-la-mailleraie-sur-seine-by/> ;

2) 16 авеню, Сиэтл. Источник: <https://www.flickr.com/photos/30516210@N02/13724189245/> ;

3) зеленый канал вдоль улицы, Оперон. Источник: <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/stormwater-management/pervious-strips/>

держанию экологического баланса, обеспечивая биоразнообразие (в том числе насекомых). Комплекс таких возможностей становится истинным сокровищем в стесненных условиях плотной городской застройки, а также способом оптимизации расходов городского бюджета на решение вопросов водоотведения, озеленения, полива.

Что касается вопросов накопления дождевых вод для дальнейшего их использования, то такой положительный опыт также имеется. Например, система в «Аптекарском огороде» ботанического сада МГУ в Москве. Директор «Аптекарского огорода» Алексей Ретеюм отмечает, что «дождевая вода гораздо мягче, чем вода в московском водопроводе, насыщеннее кислородом и не содержит обеззараживающих реагентов...», в связи с чем ее активно применяют для полива даже специфических оранжерейных растений [10, 11].

Для решения вопроса с застоем воды в чаше канавы (может привести к резкому увеличению популяции комаров, мошкеры, гниению растений), что недопустимо в городских условиях [12], и сбором ее для дальнейшего

2 основные группы: ландшафтные инфильтрационные резервуары, которые позволяют воде просачиваться непосредственно в землю, и ландшафтные резервуары с оттоком, которые сбрасываются в канализационную систему или следующее звено в дренажной цепочке

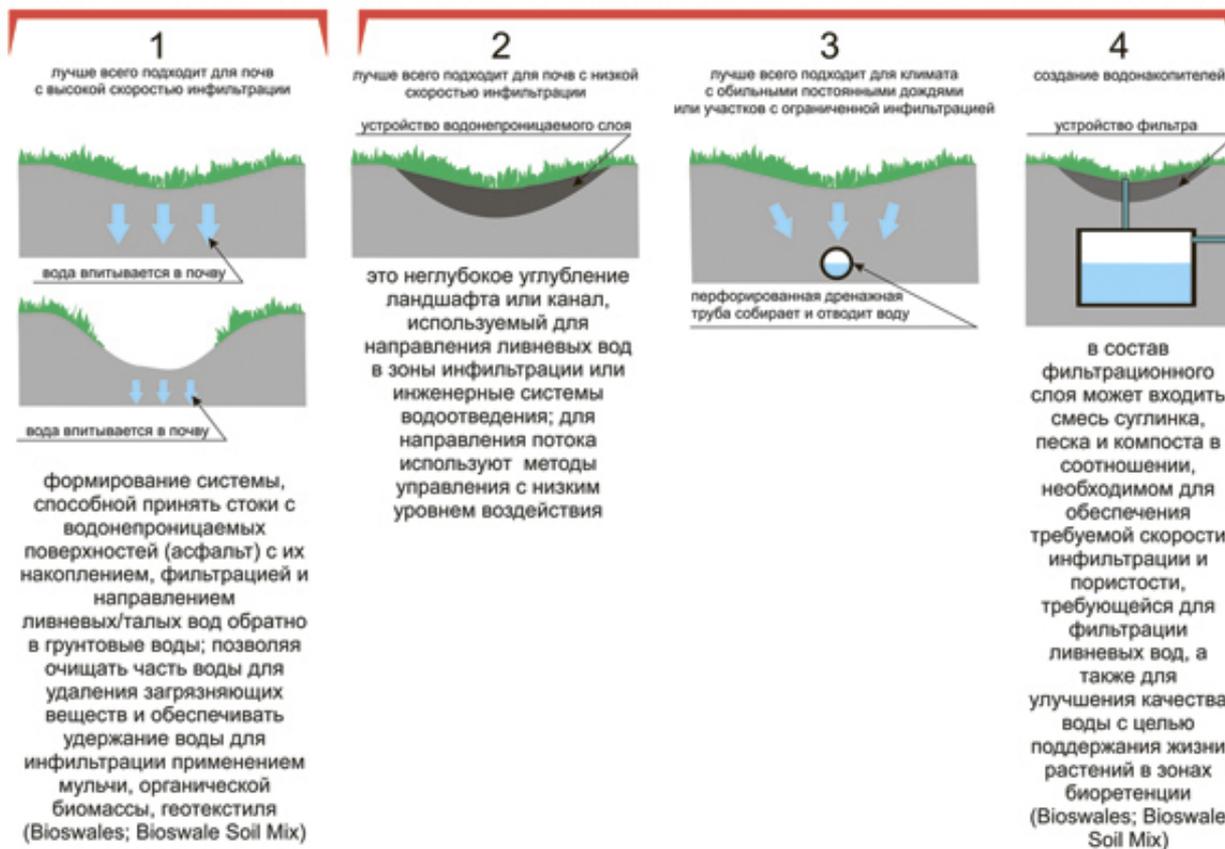


Рис. 4. Принципиальные схемы организации биодренажных канав



Рис. 5. Примеры реализации принципиальных схем организации биодренажных канав:

1) район Мориней (Morinai), Сен-Жак-де-ла-Ланд, Франция.

Источник: <https://www.brueidelmar.fr/en/project/45/morinai-new-district-the-heart-of-residential-islets/> ;

2) водонепроницаемый канал в парке Balfour Street Pocket Park. Источник: [architectureau.com](http://architectureau.com);

3) реконструкция Верхнего квартала в Нормале, Иллинойс (Uptown Circle and additions to the surrounding streetscape).

Источник: <https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/uptown-normal-circle-and-streetscape/> ;

4) канал вдоль улицы, Сиэтл. Источник: <https://afotw.tumblr.com/post/131450776151/channel-on-the-street-seattle>

использования применяются специальные резервуары, имеющие сообщение с канавой через трубы, по которым вода самотеком попадает в зону очистки, фильтрации (обязательное условие для городской среды, загрязняемой различными видами выбросов) и хранения. Подобное решение удорожает строительство таких сооружений, но позволяет решить целый комплекс проблем, повышая уровень комфорта городской среды.

Дождевые сады в условиях Екатеринбурга. Безусловно, конструкция канавы и растения, применяемые в оформлении объекта, должны использоваться с учетом региональных особенностей ее размещения. Для Свердловской области и Екатеринбурга характерны низкие температуры и резкий перепад температур; холодные порывистые ветра; яркое солнечное освещение, приводящее к ожогам растений; наиболее распространены глинистые и тяжелосуглинистые породы, почвы дерново-подзолистые, черноземы [13]. Эти характеристики позволяют сформировать перечень оптимальных решений при выборе материалов и конструкций, растительного материала для выполнения данных объектов.

Материалы и конструкции. Основу конструкции канавы обычно составлял местный уплотненный грунт, укрепленный дерновой травой и другой растительностью. На сегодняшний день укрепление склона может быть выполнено с использованием камня, полимерных материалов: геосетки, георешетки – с заполнением сыпучими материалами, газонной травой (рис. 1). Однако такая система может быть дополнена за счет введения специальных грунтов и систем для отвода и накопления воды. Например, введение торфа целесообразно, поскольку позволит дождевому саду дольше сохранять внешний вид, увеличивая диапазон жизни растений при около нулевых температурах, работая по принципу термоса и сохраняя тепло в грунте. Применение в загрузке канавы (заполнении канавы слоем толщиной 0,5–1 м) торфа и цеолита, обладающих сорбционными и ионообменными свойствами, было проверено московскими коллегами на примере использования ириса болотного и тростника обыкновенного и показало хорошие результаты [14, 15].

Для отвода и накопления воды используется целая система приспособлений: перфорированные дренажные трубы с различными материалами фильтров; трубы с частичной перфорацией; дренажные насосы; дренажные и ливневые колодцы; дождеприемники; пескоуловители; лотки и различные комплектующие к перечисленным элементам.

Указанные материалы не представляют собой дорогостоящие технологии; все они доступны с точки зрения стоимости, производятся на территории Российской Федерации (что особенно важно в период импортозамещения), легко монтируются и заменяются при необходимости. Заполнение сыпучими материалами или растениями эффективно с точки зрения эксплуатации, поскольку такие материалы долговечны, неприхотливы, не требуют сложных и дорогостоящих процедур по уходу, при этом долго сохраняют эстетический внешний вид. Озеленения биодренажных канав и дождевых садов в условиях Свердловской области. Предварительно следует провести исследование по ассортименту местных представителей флоры, отвечающих характеристикам: устойчивость к кислотным почвам и солям, попадающим в грунт; морозостойчивость (не ниже 4); наличие жесткого стебля и листвы, способных выдерживать ветровые нагрузки и многочисленные прикосновения; влаголюбивость; устойчивость к насекомым-вредителям; т.е. речь идет в первую очередь о неприхотливых растениях, не требующих особого ухода, а также о местных видах, за счет длительного онтогенеза приспособившихся к существующей среде.

Ученые из Санкт-Петербурга провели отбор растений, способных применяться в дождевых садах в условиях Северо-Западного региона, и получили результат в виде ассортимента деревьев, кустарников, цветов и трав [16, с.145], которые могут использоваться и в условиях Свердловской области, например: сосновые (*Pinaceae*); сапиндовые (*Sapindaceae*) – клен, конский каштан; липа (*Tilia cordata* Mill); береза (*Betula pubescens*); барбарисовые (*Berberidaceae*); шиповники (*Rosaceae*); бузульник зубчатый (*Ligularia dentata*); астровые (*Asteraceae*); хвощи (*Equisetaceae*); зонтичные – сныть (*Aegopodium podagraria* L.) и др.

В Екатеринбурге разработан свой справочник растений, пригодных к высаживанию в данных климатических условиях; выделен рекомендуемый ассортимент аборигенных видов растений для создания водных и прибрежных растительных сообществ.

С участием автора статьи был проведен многолетний эксперимент по озеленению дренажной канавы в условиях Екатеринбурга. В рамках эксперимента за основу озеленения пространства были приняты растения: анемона (ветреница) (*Anemone sylvestris*), сныть Вариегата (*Aegopodium Variegata*); фрагмент участка представлен на рис. 2. Растения показали высокую устойчивость в условиях пешеходного движения и транспортного трафика, а также климатических особенностей Екатеринбурга, легко восстанавливаются после выкоса, хорошо переносят высокую влажность и подтопление. Также стоит отметить приятный внешний вид, колористическое сочетание.

В аналогичных условиях прекрасно чувствуют себя и другие представители флоры, которые не применяются для благоустройства, но вполне могут занять достойное место в перечне трав для обустройства дождевых са-

дов Екатеринбурга: подорожник, осока, герань луговая, горец, донник, зверобой, клевер, лапчатка гусиная, манжетка и др. Перечисленные растения обладают эстетическими свойствами, неприхотливы, могут стать основой формирования озеленения газонов, клумб, дождевых садов городских пространств Екатеринбурга и городов Свердловской области.

Роль в устойчивом развитии территорий. Отдельно нужно отметить высокую значимость биодренажных канав и дождевых садов в процессе улучшения экологического состояния городов [18, 19]. Происходит это воздействием по следующим направлениям.

1. Данные объекты вбирают потоки вод, имеющих антропогенную природу загрязнения, абсорбируют загрязняющие вещества (накапливая их в себе, направляя в очистные фильтры, поглощая и перерабатывая отдельными видами растений и живых организмов и т.п.).
2. Биодренажные канавы способствуют сохранению/увеличению популяции растений, насекомых, формированию биологического разнообразия и экологических систем (на микроуровне).
3. Предотвращают подтопление городских территорий, в результате, кроме прочего, реализуется санитарно-защитная функция в части предотвращения распространения грибка, гнили, плесени, вредных спор.
4. Обеспечивают поддержку необходимого уровня влажности воздуха и почвы.
5. Служат источником воды для птиц и животных, обитающих в черте города.
6. Эстетически обогащают пространство (видеоэкология; биофилия – любование красотой живой природы).

Правильный подбор размеров, конфигурации и материалов для заполнения дождевых садов и биодренажных канав способен обеспечить данный объект свойством к самоорганизации, когда система способна самостоятельно (без внешнего вмешательства) функционировать и поддерживать свое состояние в нормальном уровне (долго не требовать мероприятий по ремонту, обновлению, реконструкции или сводить такое вмешательство к минимуму).

### **Вывод**

В существующей экономической ситуации важно повышение эффективности мероприятий по благоустройству городских территорий: создание условий долговечности эксплуатации объектов без дополнительных финансовых вложений (экономическая эффективность); многофункциональность самих создаваемых объектов, их безопасность, эстетичность (эксплуатационная эффективность); встраиваемость вновь создаваемых «зеленых» объектов в сложившуюся экосистему и самоорганизация системы, выявление и использование механизмов саморазвития системы (экологическая эффективность). Биодренажные канавы и дождевые сады представляют собой эффективное дополнение городской дренажной системы, более простые при эксплуатации и требующие меньше затрат на обустройство и уход, чем ливневая/дождевая канализация. Помимо этого, они являются незаменимым элементом зеленого каркаса города, направленным на сохранение и поддержание экологического баланса, и эстетическим объектом созерцания в теплый период года. Иначе говоря, это один из весьма простых и эффективных способов благоустройства городской среды, применение которого полностью соответствует экологическому подходу и принципам «зеленой экономики». Следовательно, устройство биодренажных канав необходимо активно внедрять в современное проектирование и строительство, используя достижения науки и техники.

### **БИБЛИОГРАФИЯ**

1. Jurries, D. Biofilters (Bioswales, Vegetative Buffers, & Constructed Wetlands) for Storm Water Discharge Pollution Removal [Электронный ресурс] / D. Jurries // Department of Environmental Quality, State of Oregon, Salem, OR. – URL: [https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/biofilters\\_bioswales\\_vegetative\\_buffers\\_constructed\\_wetlands\\_jurries.pdf](https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/biofilters_bioswales_vegetative_buffers_constructed_wetlands_jurries.pdf)
2. Garrison, Noah & Karen Hobbs. Rooftops to Rivers II: Green Strategies for Controlling Stormwater and Combined Sewer Overflows [Электронный ресурс] / N.Garrison, K.Hobbs // Natural Resources Defense Council, New York, NY. – URL: [https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/rooftops\\_to\\_rivers\\_garrison.pdf](https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/rooftops_to_rivers_garrison.pdf)
3. Faha, Lori, Mike Faha, & Brett Milligan. Low Impact Development Approaches Handbook [электронный ресурс] / L. Faha, M. Faha, B.Milligan// Clean Water Services, Clean Water Services, Hillsboro, OR. – URL: [https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/lid\\_handbook\\_clean\\_water\\_services.pdf](https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/lid_handbook_clean_water_services.pdf)
4. Арсентьева, Ю.П., Латыпова, М.С., Гафурова, С.В. Анализ редевелопмента планировочной структуры района ZасSeguin - RivesdeSeine округа Булонь-Бийанкурво Франции / Ю.П.Арсентьева, М.С.Латыпова, С.В.Гафурова // Изв. Казан. гос. арх.-строит. ун-та. – 2020. – №1(51). – С. 55–65.
5. Долгалева, Л.М. Зеленеющая Америка, или урбанизм для здоровой жизни / Л.М. Долгалева // Бюл. Ботанического сада-института ДВО РАН. – 2011. – №8. – С.79–85.
6. Чэнь, Ц., Задвернюк, Л.В. Использование аспектов естественных природных процессов в зеленом строительстве Китая / Ц.Чэнь, Л.В. Задвернюк // Новые идеи нового века: мат-лы междунар. науч. конф. – 2021. – Т.2. – С.368–373.

7. Григорьев, В.А., Огородников, И.А. Проблемы экологизации городов в мире, России, Сибири // В.А. Григорьев, И.А. Огородников // Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. – 2001. – № 63. – С. 1–152.
8. Духопельникова, Н.Р. Инновационные методы сбора и очистки поверхностных сточных вод / Н.Р. Духопельникова, А.И. Шкваров, В.М. Рудевский, Н.В. Колебакина // Неделя науки СПбПУ: мат-лы науч.конф. с междунар. участием. Инженерно-строительный институт: В 3 ч. Отв. ред.: Н.Д. Беляев, В.В. Елистратов. – 2019. – С. 169–171.
9. Зайкова, Е.Ю. Градостроительство и экотехнологии, или как традиции встречают современность / Е.Ю. Зайкова // Градостроительство. – 2020. – №4(68). – С. 67–77.
10. Воробьева, Е.А., Довганюк, А.И., Саянов, А.А. Принцип подбора растений в дождевом саду в ботаническом саду МГУ имени М.В. Ломоносова "Аптекарский огород" / Е.А. Воробьева, А.И. Довганюк, А.А. Саянов // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2020. – № 23. – С. 36.
11. В "Аптекарском огороде" МГУ запущена первая в России система сбора дождевой воды // Ректор вуза. – 2018. – № 11. – С. 48–49.
12. Мелехин, А.Г., Щукин, И.С. Применение биоинженерных сооружений для очистки ливневых и талых вод с урбанизированных территорий // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2012. – № 1. – С. 122–132.
13. Национальный атлас почв Российской Федерации. Свердловская область [Электронный ресурс]. – URL: <https://soil-db.ru/soilatlas/razdel-8-ispolzovanie-zemelnyh-resursov-i-pochv/8-2-regiony-rossiyskoi-federacii/sverdlovskaya-oblast>
14. Евстигнеева, Ю.В., Трофименко, Ю.В., Евстигнеева, Н.А. Биоремедиационные технологии очистки поверхностного стока с улично-дорожной сети / Ю.В.Евстигнеева, Ю.В.Трофименко, Н.А.Евстигнеева // European Journal of Natural History. – 2020. – № 1. – С. 81–87.
15. Гатупова, А.М., Логинова, О.А. Проектирование способов отвода ливневых вод в городских условиях / А.М. Гатупова, О.А. Логинова // Техника и технология транспорта. – 2020. – № 2 (17). – С. 20.
16. Офицерова, Ю.С., Трубачева, Т.А. Ассортимент растений для дождевых садов в условиях северо-западного региона / Ю.С. Офицерова, Т.А. Трубачева // Ландшафтная архитектура, строительство и обработка древесины: мат-лы науч.-тех. конф. СПбГЛТУ по итогам НИР 2018 года. ИЛАСиОД. – 2019. – С. 140–146.
17. Ханбабаева, О.Е. Роль дождевых садов в экологии городских пространств / О.Е. Ханбабаева // Фундаментальные и прикладные исследования по приоритетным направлениям биоэкологии и биотехнологии: сб. мат-лов III Всерос. науч.-практ. конф. – 2020. – С. 83–86.
18. Немчинов, Д.М. Зеленый барьер / Д.М. Немчинов // Автомобильные дороги. – 2021. – № 9 (1078). – С. 130–133.

## REFERENCES

1. Jurries, D. Biofilters (Bioswales, Vegetative Buffers, & Constructed Wetlands) for Storm Water Discharge Pollution Removal [online]. Department of Environmental Quality, State of Oregon, Salem, OR. Available at: [https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/biofilters\\_bioswales\\_vegetative\\_buffers\\_constructed\\_wetlands\\_jurries.pdf](https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/biofilters_bioswales_vegetative_buffers_constructed_wetlands_jurries.pdf)
2. Garrison, N. Hobbs, K. (2015) Rooftops to Rivers II: Green Strategies for Controlling Stormwater and Combined Sewer Overflows [online]. Natural Resources Defense Council, New York, NY. Available at: [https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/rooftops\\_to\\_rivers\\_garrison.pdf](https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/rooftops_to_rivers_garrison.pdf)
3. Faha, L., Faha, M. and Milligan, B. (2015) Low Impact Development Approaches Handbook [online]. Clean Water Services, Hillsboro, OR. Available at: [https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/lid\\_handbook\\_clean\\_water\\_services.pdf](https://nacto.org/wp-content/uploads/2015/04/lid_handbook_clean_water_services.pdf)
4. Arsent'eva, Yu.P., Latypova, M.S., Gafurova, S.V. (2020) Analysis of the redevelopment of the planning structure of the Zac Seguin - Rives de Seine district of the Boulogne-Billancourt district in France. Bulletin of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, No. 1 (51), pp.55-65. (in Russian)
5. Dolgaleva, L.M. (2011) Green America, or urbanism for a healthy life. Bulletin of the Botanical Garden-Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, No. 8, pp.79-85 (in Russian)
6. Chen, Q., Zadvernyuk, L.V. The use of aspects of natural processes in the green building of China. New ideas of the new century: materials of the international scientific conference, V.2, pp.368-373 (in Russian)
7. Grigoriev V.A., Ogorodnikov, I.A. (2001) Problems of ecologization of cities in the World, Russia, Siberia. Ecology. World literature analytical review series, No. 63, pp.1-152 (in Russian)
8. Dukhopelnikova, N.R., Shkvarov, A.I., Rudevsky, V.M., Kolebakina, N.V. (2019) Innovative methods of collection and treatment of surface wastewater. SPbPU Science Week: proceedings of conference with international participation. Civil Engineering Institute: In 3 parts, pp.169-171 (in Russian)
9. Zaikova, E.Yu. (2020) Urban planning and eco-technologies or how traditions meet modernity. Urban Planning, No. 4 (68), pp.67-77 (in Russian)
10. Vorobyeva, E.A., Dovganyuk, A.I., Sayanov, A.A. (2020) The principle of plant selection in the rain garden in the Botanical Garden of Moscow State University named after M.V. Lomonosov "Apothecary Garden". Bulletin of Landscape Architecture, No. 23, pp.3-6 (in Russian)

11. The first rainwater collection system in Russia was launched in the "Aptekarsky Ogorod" of Moscow State University. Rector of the University, 2018. No. 11, pp.48-49 (in Russian)
12. Melekhin, A.G., Shchukin, I.S. (2012) The use of bioengineering facilities for the treatment of storm and melt water from urbanized areas. Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Construction and Architecture, No. 1, pp. 122–132 (in Russian)
13. National Atlas of Soils of the Russian Federation. Sverdlovsk region [online]. Available at: <https://soil-db.ru/soilatlas/razdel-8-ispolzovanie-zemelnyh-resursov-i-pochv/8-2-regiony-rossiyskoi-federacii/sverdlovskaya-oblast> (in Russian)
14. Evstigneeva, Yu.V., Trofimenko, Yu.V., Evstigneeva, N.A. (2020) Bioremediation technologies for cleaning surface runoff from the street-road network of settlements. European Journal of Natural History, No. 1, pp.81-87 (in Russian)
15. Gatupova, A.M., Loginova, O.A. (2020) Designing methods for storm water drainage in urban conditions. Technics and Technology of Transport, No. 2 (17), p.20 (in Russian)
16. Ofitserova, Yu.S., Trubacheva, T.A. (2019) Assortment of plants for rain gardens in the conditions of the northwestern region. Landscape architecture, construction and wood processing: Proceedings of the scientific and technical conference of SPbGLTU following the results of research work in 2018 of the Institute of Landscape Architecture, Construction and Wood Processing, pp.140-146 (in Russian)
17. Khanbabaeva, O.E. (2020) The role of rain gardens in the ecology of urban spaces. In: Fundamental and Applied Research in Priority Areas of Bioecology and Biotechnology. Collection of materials of the IIIrd All-Russian scientific-practical conference, pp.83-86 (in Russian)
18. Nemchinov, D.M. (2021) Green barrier. Automobile Roads, No. 9 (1078), pp.130-133. (in Russian)



Лицензия Creative Commons

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons "Attribution-ShareAlike" ("Атрибуция - на тех же условиях"). 4.0 Всемирная

Дата поступления: 12.07.2022