

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2023, Том 15, № 2 / 2023, Vol. 15, Iss. 2 <https://esj.today/issue-2-2023.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/79SAVN223.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кадысева, А. А. Зеленые крыши: перспективы развития в России с учетом атмосферных осадков /
А. А. Кадысева, С. В. Максимова, О. В. Сидоренко, В. В. Миронов // Вестник евразийской науки. — 2023. —
Т. 15. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/79SAVN223.pdf>

For citation:

Kadyseva A.A., Maksimova S.V., Sidorenko O.V., Mironov V.V. Green roofs: prospects for development in Russia,
taking into account atmospheric precipitation. *The Eurasian Scientific Journal*. 2023; 15(2): 79SAVN223. Available
at: <https://esj.today/PDF/79SAVN223.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

Кадысева Анастасия Александровна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Профессор кафедры «Инженерных систем и сооружений»
Доктор биологических наук, доцент
E-mail: kadyseva@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8703-5684>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=698088

Максимова Светлана Валентиновна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Доцент кафедры «Инженерных систем и сооружений»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: mstv020761@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5141-1120>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=753376

Сидоренко Ольга Владимировна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Заведующий кафедрой «Инженерных систем и сооружений»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3177-3025>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=755932

Миронов Виктор Владимирович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Профессор кафедры «Инженерных систем и сооружений»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: vvmironov@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8939-850X>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=384652

Зеленые крыши: перспективы развития в России с учетом атмосферных осадков

Аннотация. В статье рассмотрены особенности применения «зеленых» кровель с учетом природно-климатических условий района строительства. На основе литературного обзора определены основные технологии «зеленой» инфраструктуры водоотведения атмосферных осадков. Приведены методики расчета на удержание поверхностного стока кровлей, расчет определения объема резервуара хранения дождевой воды, расчет удержанного

поверхностного стока кровлей, расчет потребностей в дождевой воде, расчет по подбору насоса для полива крыши в период отсутствия дождей.

На основании обобщенных данных и методик, выполнены расчеты по эффективности применения технологии «зеленых» кровель для крупных городов входящих в состав федеральных округов РФ. Расчет выполнялся для применения технологии «зеленых» кровель в многоквартирных домах, площадь крыши 1000 м². В связи с тем, что территориально РФ располагается на разных климатических поясах, в исследовании была произведена оценка риска строительства «зеленых» кровель с учетом климатических особенностей. На основе исследований, проведенных авторами, были определены наиболее благоприятные федеральные округа для строительства «зеленых» кровель и регионы, в которых необходимо с особой осторожностью подходить к проектированию и строительству зеленых кровель, так как есть риск гибели растений из-за недостатка влаги или заморозков. Исследование показало, что наиболее благоприятные федеральные округа для строительства «зеленых» кровель по количеству теплых дней и объему дождевых вод — Центральный и Дальне-Восточный, отдельно можно выделить республику Крым, г. Нижний Новгород, г. Ставрополь.

Ключевые слова: зеленые кровли; зеленое строительство; умные города; атмосферные осадки; водоотведение; риски

Введение

В последнее время во всем мире наблюдаются активные темпы урбанизации и развития промышленного комплекса. Данные тенденции негативно влияют на экологическую обстановку и качество жизни населения. Минимизация влияния урбанизации на окружающую среду предполагает внедрение рационального использования природных ресурсов [1].

Атмосферные осадки являются ценным природным ресурсом, которые участвуют в формировании пресных вод, оказывают влияние на состояние всех компонентов окружающей среды. Одной из наиболее распространенных форм атмосферных осадков является дождевая вода. Дождевая вода в результате выпадения на городские территории получает большое количество загрязняющих веществ, которые становятся источниками антропогенного загрязнения природных объектов [2].

Дождевая вода в естественной среде улавливается и используется зелеными насаждениями, а также фильтруется почвой и пополняет подземные воды. На урбанизированных территориях водонепроницаемые поверхности (кровли зданий, асфальтобетонные покрытия дорог и тротуаров) препятствуют этому. Проблема отведения поверхностных сточных вод с городских территорий решается «серой» и «зеленой» инфраструктурой. К «серой» инфраструктуре относится система водоотведения поверхностных сточных вод. Дожди с интенсивностью, превышающей расчетную, могут привести к накоплению воды на городских улицах, оказывая влияние на движение транспорта, и к затоплению подвалов зданий и подземных пешеходных переходов [3].

С целью снижения негативного воздействия на окружающую среду урбанизированными территориями и создания комфортной среды обитания, в России и мире внедряются технологии «зеленого» строительства.

«Зеленое строительство», предполагает экономию электроэнергии, воды, тепла и материалов. Но более важной проблемой, которую решает «зелёное строительство», является предотвращение природного дисбаланса [4].

И одним из элементов «зеленого» строительства являются зелёные кровли, способные, значительно уменьшить объём дождевых вод, сбрасываемых в городскую систему водоотведения поверхностных сточных вод, уменьшить теплопотери здания при меньшем объёме утепления кровли, придать зданию яркий, запоминающийся и «природный» вид, снизить количество выбросов углекислого газа, также значительно сократить расходы воды питьевого качества, так как потребности в питьевой воде будут отделены от нужд в воде более низкого качества или непитьевой.

Основные характеристики атмосферных осадков

В результате глобального потепления количество выпадающих атмосферных осадков постоянно увеличивается. Мегалополисы периодически затапливаются дождями. Если раньше обычные дожди были продолжительными и морозящими, то теперь из-за нарушения экологического баланса дожди частые, почти тропические по количеству осадков [5].

Такое количество осадков нарушает комфорт проживания городского населения: нарушает работу транспортной системы, затапливает помещения, размывает ландшафт, а также наносит значительный ущерб экономике и окружающей среде. Дождевая вода с улиц собирает пыль, мусор и бензин, которые попадают в реки и грунтовые воды [5].

Наиболее важное различие между осадками и другими метеорологическими явлениями заключается в том, что их трудно предсказать с точки зрения времени и объема [6].

Влага, находящаяся в облаке, уже содержит определенное количество солей. Вода, взаимодействуя с растворенными солями, частицами почвы и пыли, образует растворы самого различного состава [7]. По мнению академика В.И. Вернадского, средняя солёность облака составляет около 34 мг/дм³ (поливная вода с солёностью до 1,5 г/дм³ безвредна для большинства растений, для солеустойчивых — до 8 г/дм³). Максимальное количество осадков в атмосфере приходится на летний сезон.

В ежегодных Обзорах состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации отмечается тенденция роста годовой суммы осадков. Например, в 2021 г. средняя по России годовая сумма осадков составила 107 % нормы¹.

Основные методы водоотведения атмосферных осадков

Возрастание объёма дождевых осадков, а также увеличение водонепроницаемых поверхностей в следствие масштабного строительства привели к возникновению дождевых паводков. Из-за нарушенной целостности ирригационной системы, используемой в городе в качестве ливневой, дороги, перекрестки и жилые кварталы оказываются под водой, тем самым ухудшают качество жизни людей.

С изменением климата на планете выпадает все большее количество осадков, и традиционная «серая» инфраструктура ливневых и канализационных стоков крупных городов не справляется с возросшим объёмом сточных вод. Экстремальные дожди могут вызвать переполнение колодцев на сетях водоотведения. И таким образом неочищенные сточные воды попасть в окружающую среду, загрязняя близлежащие водные объекты.

¹ Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в РФ за 2021 год. — Москва: Росгидромет, 2022. — 220 с. — URL: https://www.meteorf.gov.ru/upload/iblock/dc8/Obzor_2021.pdf (дата обращения: 28.04.2023).

Передовые города мира (имеющие или стремящиеся к получению статуса Smart City) в дополнение к существующей «серой» инфраструктуре, которая является базовой, все чаще используют «зеленые» инфраструктуры, представляющие собой относительно недорогой и устойчивый способ предотвращения переполнения канализации путем перехвата, сохранения и фильтрации ливневых стоков, прежде чем они достигнут канализационных систем. По подсчетам экспертов внедрение зеленых инфраструктур для решения проблем подтоплений и сокращения загрязнений окружающей среды в долгосрочном плане на 70 % дешевле, чем расширение традиционной «серой» инфраструктуры.

Все больше городов в мировом сообществе переходят к концепции «Умного города», в которых ведутся мероприятия по улучшению экологического благополучия, включающие в себя сокращение сбросов неочищенных сточных вод в водные объекты с урбанизированных территорий [7]. Так, в концепции «Умного города» важная роль отводится рациональному использованию атмосферных осадков (рис. 1).

Рациональному использованию водных ресурсов, их экономии и доступности для человека, особое внимание уделяется в «зеленом» строительстве. Так появились понятия «зеленое» водоснабжение и водоотведение, которое подразумевает эффективное использование воды [8].

Многие страны, в т. ч. и Россия активно внедряют «зеленое» строительство, интенсивно развиваются инновации в этой сфере. Для регулирования процессов «зеленого» строительства многие страны разработали и разрабатывают национальные «зеленые» стандарты. Оценка вновь построенных и реконструкция существующих зданий производится на соответствие «зеленым» стандартам [9].

Благодаря внедрению «зеленых» стандартов оценивается уровень экологической эффективности, технического оснащения и процессов управления зданиями.

Набирающие популярность «зеленые» кровли имеют следующие преимущества перед кровлями традиционных конструкций [10]:

- повышение экологического состояния как самого здания, так и окружающей его среды (растения задерживают до 20 % вредных примесей в воздухе);
- повышение уровня звукоизоляции, что особенно важно для зданий, расположенных вблизи транспортных узлов и других источников шума;
- повышение уровня теплоизоляции («зеленая» кровля сохраняет тепло в зимний период и препятствует нагреванию в летний период, происходит регулирование теплообмена между зданием и окружающей средой);
- создание дополнительного места для отдыха и свободной площади для набирающего популярность сити-фермерства;
- увеличение жизненного цикла кровли (растительный слой защищает кровлю от внешних негативных факторов);
- защита от накопления снега и подтопления;
- обеспечение эстетической составляющей. Озеленение — оригинальная и эстетически приятное глазу оформление кровли.

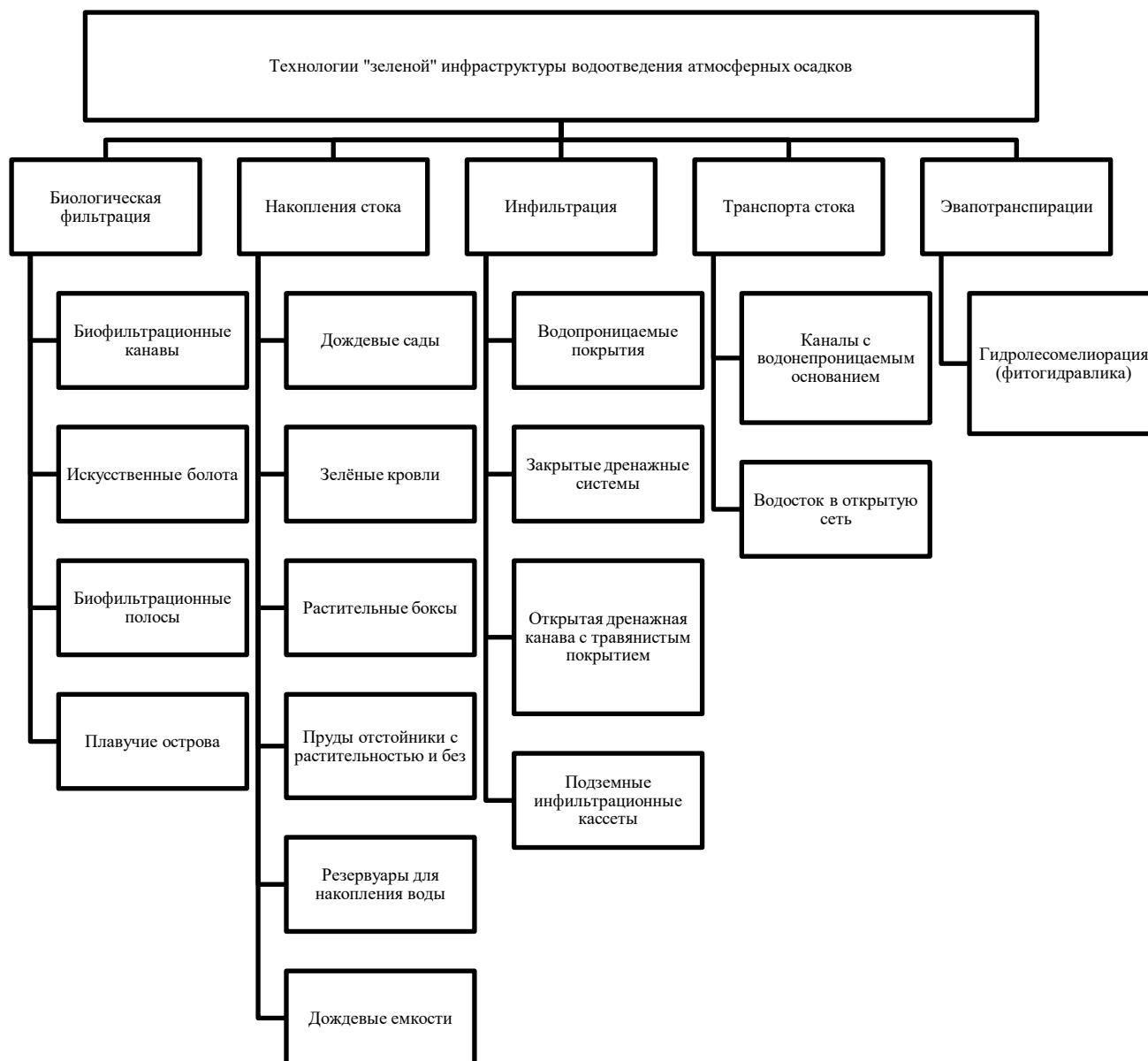


Рисунок 1. Технологии «зеленой» инфраструктуры водоотведения атмосферных осадков (составлено авторами)

Зеленые кровли создают новые возможности для экономии энергии и воды в зданиях, помогают управлять дождевой водой, улучшают её качество, сокращают загрязнение воздуха и смягчают эффект городского теплового острова.

Кроме того, «зеленые» кровли — это фрагмент живой природы в мегаполисе, позволяющий жителям городов взаимодействовать с живой природой. Помимо экологических аспектов, на «зеленых» крышах можно устраивать рекреационные зоны, способствующие использовать эти пространства для отдыха и восстановления сил. Несмотря на большие финансовые вложения, «зеленые» крыши несут экологическую ценность, они долговечны и эстетически привлекательны [11].

Разработанный компанией «ТЕХНОНИКОЛЬ», НИУ МГСУ, Национальным кровельным союзом Национальный стандарт ГОСТ Р 58875-2020 «Озеленяемые и эксплуатируемые кровли зданий и сооружений. Технические и экологические требования» был утвержден в 2020 году.

Указанный документ содержит перечень требований к планированию, строительству и эксплуатации «зеленых» крыш, определены характеристики экстенсивных, полунтенсивных и интенсивных видов садоводства.

Согласно ГОСТ Р 58875-2020 площадь «зеленой» кровли, должна входить в состав зеленых насаждений при расчете земельного баланса объекта капитального строительства и являться составной частью системы компенсационного озеленения города вне зависимости от высоты кровли и этажности зданий и сооружений.

Используемые при возведении «зеленых» кровель материалы должны отвечать экологическим требованиям, выполнены из современных материалов, энергоэффективны, обеспечивать безопасность и здоровую окружающую среду.

Базовая конструкция «зеленой» кровли состоит из гидроизоляции, дренажа и слоев земли, засаженных растительностью, размещенных на крыше с использованием инновационных технологий. Такая кровля ведет себя как губка, поглощая и удерживая выпадающие на нее осадки, что значительно снижает объем стока с кровли и его пиковый сток, а также снижает ливневую нагрузку на канализационные сети.

Материалы и методы исследования

Технология «зеленых» кровель используется для количественного и качественного регулирования дождевых стоков. Качественное регулирование дождевых стоков предусматривает их фильтрацию и вторичное использование сточных вод, благодаря чему экономится ценный природный ресурс — вода.

Дождевой сток с зеленой кровли происходит, когда влажность почвы достигает максимума и не может поглощать больше воду, и когда дренажный материал также использовал свою полную мощность и не может больше удерживать осадки.

Осадок поглощается почвой и временно сохраняется в дренажном слое, а затем возвращается в естественную циркуляцию за счет транспирации и испарения растений из слоя почвы [12].

Технологические схемы сбора и хранения дождевой воды разрабатываются на основании требований и рекомендаций нормативной и технической литературы, научных исследований, математического и компьютерного моделирования. Технологические схемы основаны на современных требованиях к таким системам. В технологической схеме также учитывается наличие непрерывного поступления ливневых вод [13].

Расчет удержанного поверхностного стока кровлей осуществлялся по методике, разработанной Т. Ткаченко и И. Прокопенко в Национальном университете строительства и архитектуры в 2020 году [14].

Расчет объема резервуара осуществлялся на базе методики разработанной компанией Wilo².

Для расчета, была принята площадь кровли равной 1000 м². Площадь «зеленой» кровли 1000 м², может обеспечивает необходимым количеством кислорода до 700 человек в течение года.

² Wilo: Использование дождевой воды Справочное пособие URL: https://atistlab.ru/upload/doc/wilo/Brochure_rainwater_205x297_RU.pdf (дата обращения: 05.04.2023).

Расчет общего количества удержанной воды кровлей

Исходя из данных по конструктивным особенностям кровли, расчет общего количества удержанной воды всеми элементами кровли рассчитывается по формуле:

$$Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, \quad (1)$$

где Q_1, Q_2, \dots, Q_n — количество удержанной воды элементом системы 1, 2, ..., n.

Расчет общего количества удержанной воды всей кровлей, дм^3

$$Q_{\Sigma}, H_2O = Q_{\Sigma} \cdot S, \quad (2)$$

где S — площадь кровли, м^2 .

Ежегодный объем дождевого стока определяется по формуле:

$$Q_p = q_{\text{год}} \cdot S \cdot c \cdot 0,9, \quad (3)$$

где $q_{\text{год}}$ — количество осадков за теплый период, мм; c — коэффициент стока (для «Зеленой кровли» с насаждениями с толщиной субстрата более 10 см $c = 0,2$); S — площадь сбора, м^2 ; $0,9$ — коэффициент фильтрации (при отсутствии данных).

Большая часть этого стока будет удержана зеленой кровлей, а остальную часть стока можно будет собрать в резервуар с последующим использованием для полива насаждений сада и самой зеленой кровли.

Расчет количества осадков

Количество осадков за теплый период года для местоположения объекта строительства принимается по данным СП 131.13330.2018 «Строительная климатология».

Максимальный месячный расход дождевой воды, л/мес.:

$$Q_p = q \cdot S \cdot c, \quad (4)$$

где c — коэффициент стока (для «Зеленой кровли» с насаждениями с толщиной субстрата более 10 см $c = 0,2$); S — площадь сбора, м^2 ; q — количество осадков в месяц, $\text{м}^3/\text{м}^2$.

Данные коэффициента стока различаются в зависимости от конструкции кровли, климатических условий (влияющих на испарение) и фитоценоза [15].

Среднесуточный расход дождевой воды в месяце максимальных осадков, л/сут:

$$Q = \frac{Q_p}{z_m}, \quad (5)$$

где z_m — количество дней в месяце, 31.

Месяц максимальных осадков, для большинства городов в РФ по данным гидрометцентра России — июнь, июль.

Расчет потребностей в дождевой воде

Расчет потребностей в дождевой воде определялся по методике, [14] и рекомендациям Wilo. Для расчета системы оборотной воды предлагается взять следующие показатели на одного человека:

- унитаз со смывным бачком = $14 \text{ м}^3/\text{год}$;
- полив = $0,06 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Потребности в «серой» воде на смыв унитаза всех жильцов дома:

$$Q_{p, \text{потр.л}} = n \cdot q_{\text{л}}, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (6)$$

Суммарные потребности на дом и полив:

$$Q_{p,потр} = Q_{p,потр,н} + Q_{p,потр,л}, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (7)$$

где $Q_{p,потр,н}$ — суммарные потребности на полив, $\text{м}^3/\text{ГОД}$.

$$Q_{p,потр,н} = S_c \cdot q_c, \text{ м}^3/\text{ГОД}. \quad (8)$$

Суммарные ежедневные потребности на дом и сезон полива садов (z_c , в зависимости от местоположения объекта), $\text{м}^3/\text{СУТ}$:

$$Q_{потр} = \frac{Q_{p,потр,л}}{365} + \frac{Q_{p,потр,пл}}{z_c} = \text{м}^3/\text{СУТ}. \quad (9)$$

Расчет резервуара

Рекомендуется рассчитывать резервуар объемом достаточным для хранения запаса воды на срок не более 21 дня. При больших объемах резервуара может привести к ухудшению качества воды, меньший — к большему использованию питьевой воды в качестве подпитки системы.

Принимаем время накопления воды 3 недели или $z = 21$ сутки;

Нужный объем резервуара по имеющейся дождевой водой, м^3 :

$$W_{потр} = Q \cdot z. \quad (10)$$

Время потребления полученного объема воды составит:

$$z = \frac{W_{потр}}{Q_{потр}}, \text{ СУТ}. \quad (11)$$

Важными экологическими и экономическими преимуществами «зеленых» кровель в современных урбоценозах являются: уменьшение количества сточных вод за счет испарения и впитывания влаги растениями; улучшение качества сточных вод за счет естественной фильтрации; уменьшение нагрузки на ливневые канализации за счет снижения скорости водного потока.

Очищенная дождевая вода из «зеленых» кровель может собираться в резервуары и использоваться для технических нужд.

Подбор насоса для подачи собранной дождевой воды

Подбор насосного оборудования осуществляется на основании необходимого напора, создаваемого насосной станцией, который определяется по формуле:

$$H_{тр} = H_{геом} + H_f + \Sigma h, \quad (12)$$

где $H_{геом}$ — геометрическая высота подачи воды от отметки ввода водопровода до отметки диктующего водоразборного устройства; $H_f = 20$ м — свободный напор на формирование струи.

$$H_{геом} = |-z_{м.н}| + z_{посл.эт} + z_{дик.пр}, \quad (13)$$

где $|-z_{м.н}|$ — отметка подключения к резервуару; $z_{кр}$ — отметка крыши; $z_{дик.пр}$ — отметка поливочного крана; h_L — потери напора по длине, м; $H_{св}$ — свободный напор у диктующего прибора на излив, м.

Результаты

На основании собранных данных и методик, выполнены расчеты по эффективности применения технологии «зеленых» кровель для крупных городов входящих в состав федеральных округов РФ.

Расчет выполняется для применения технологии «зеленых» кровель в многоквартирных домах, площадь крыши принимаем 1000 м^2 . С применением технологии интенсивного озеленения с водосборником 21 л/м^2 .

Согласно формуле 2 общее количество удержанной воды «зеленой» интенсивной кровлей составляет 21000 л/год . Данный показатель зависит от конструкции и площади кровли, поэтому в дальнейших расчетах значение 21000 л/год остается постоянным для всех регионов.

Количество осадков за теплый период года для местоположения объекта строительства принимается по данным СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» (рис. 2).

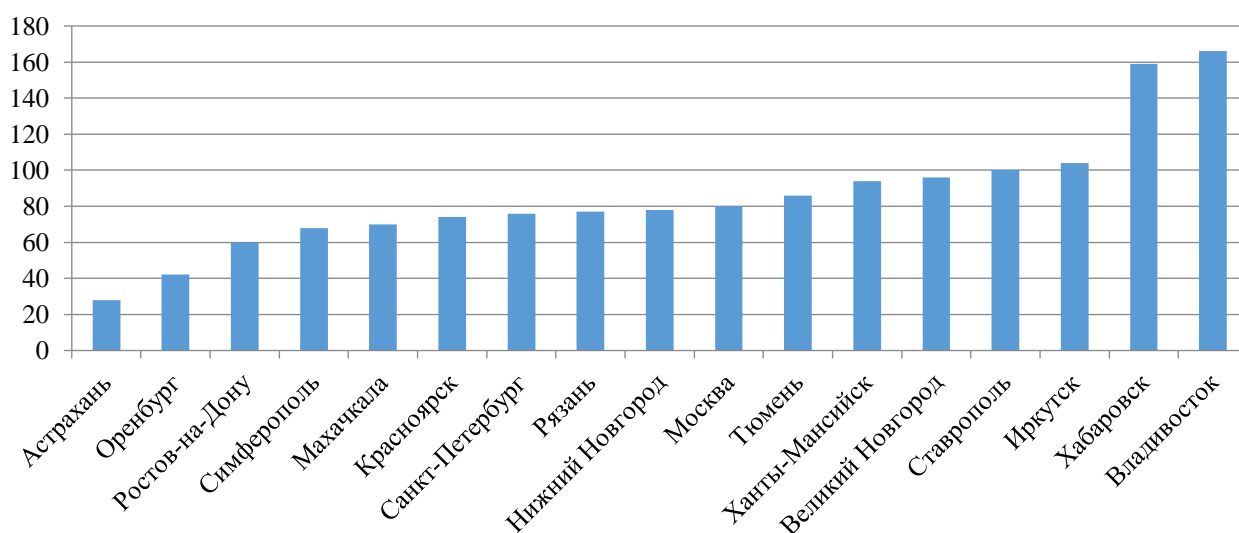


Рисунок 2. Количество осадков в месяц на единицу площади (л/м²). (составлено авторами)

Максимальный месячный расход дождевой воды определялся по формуле 4, результаты расчета сведены в таблицу 1 и представлены на рисунке 3.

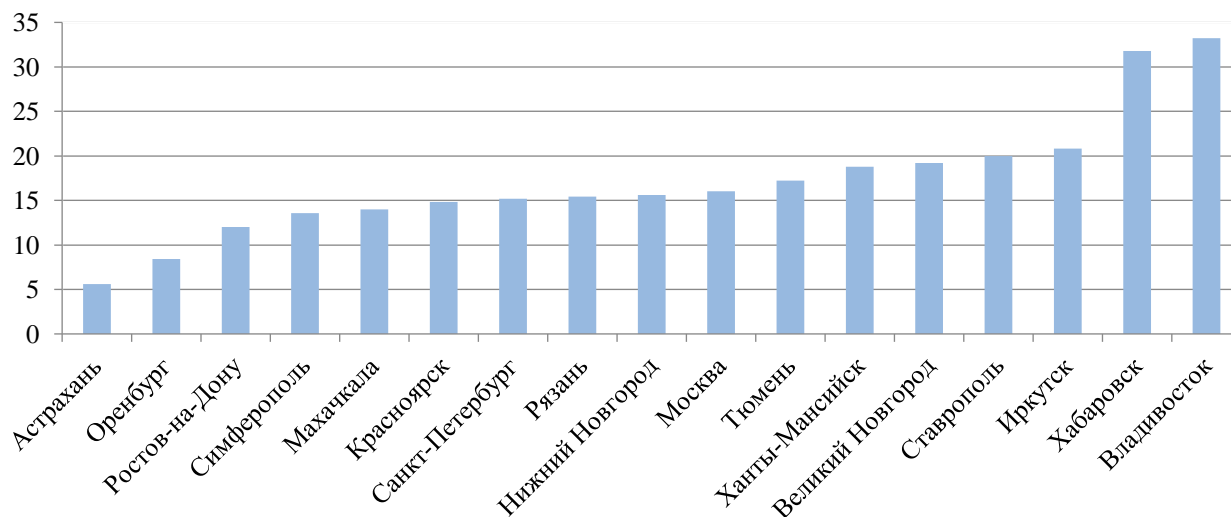


Рисунок 3. Максимальный месячный расход дождевой воды, л/мес. (составлено авторами)

Данные по продолжительности дождливых были приняты на основе сайта Гидрометцентра России³. Самые дождливые месяцы — май, июнь, июль, август. Среднее число дней с осадками для регионов показаны на рисунке 4.

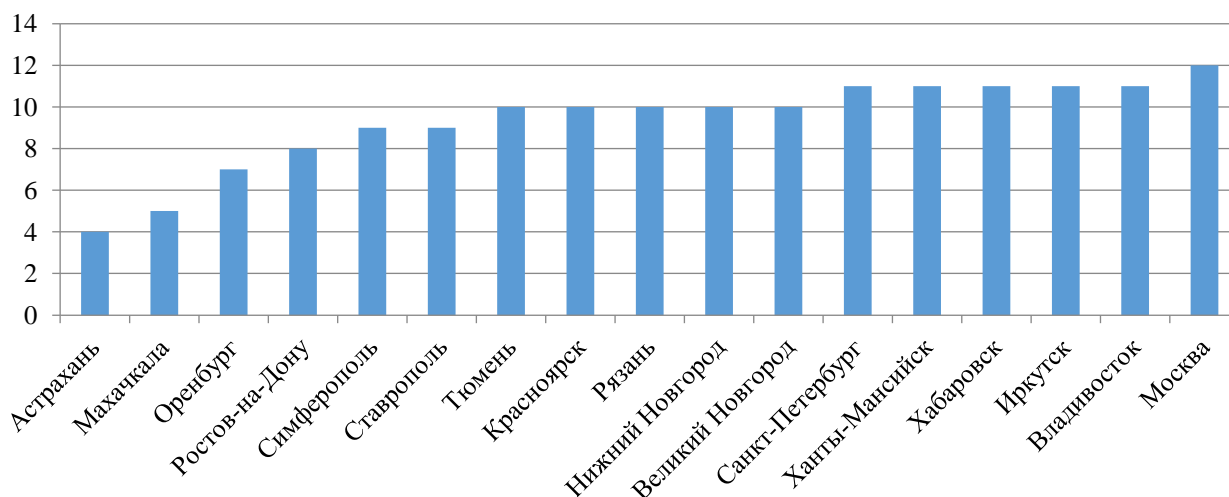


Рисунок 4. Среднее число дней с осадками более 0,1 мм, дни (составлено авторами)

Количество теплых дней в году со средней температурой воздуха свыше 15°C.

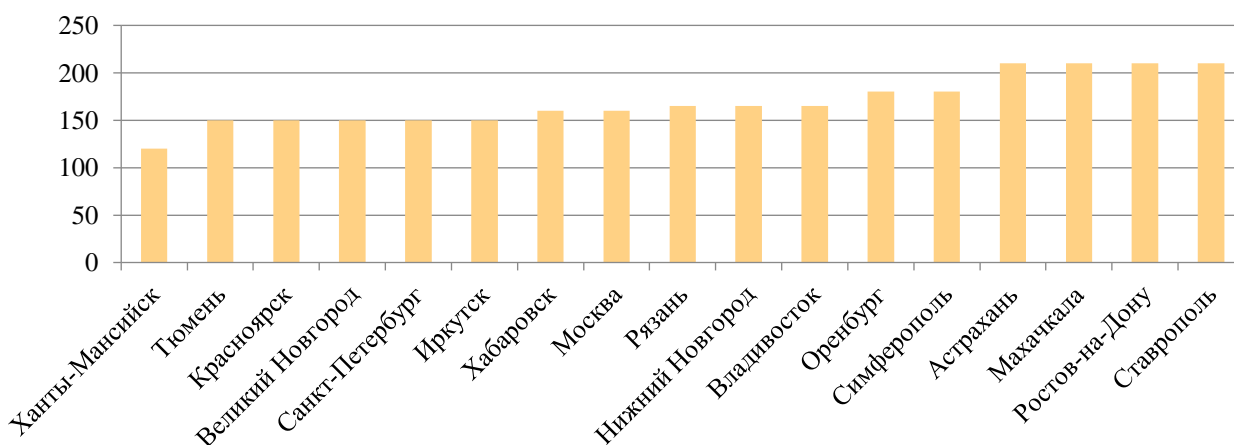


Рисунок 5. Среднее число дней с температурой более 15°C, дни (составлено авторами)

Таблица 1

Результаты расчета системы водоотведения дождевых вод с «зеленой» кровли

Федеральный округ / город	q, м ³ /м ²	Qp, м ³ /мес	Q, м ³ /сут	Zс, сут	Q _{потр} , м ³ /сут	W _{потр} , м ³	Z, сут	Q _{потр} , м ³ /ч	Требуемый напор Н, м
СЗФО									
Санкт-Петербург	76	15,2	0,49	150	0,80	10,3	12,9	0,033	59,6
Великий Новгород	96	19,2	0,62	150	0,80	13,0	16,3	0,033	59,7
ЦФО									
Москва	80	16	0,52	160	0,75	10,8	14,5	0,031	59,7
Рязань	77	15,4	0,50	165	0,73	10,4	14,3	0,030	59,7
ПФО									
Нижний Новгород	78	15,6	0,50	165	0,73	10,6	14,5	0,030	60,0
Оренбург	42	8,4	0,27	180	0,67	5,7	8,5	0,028	60,0

³ Гидрометцентр России. URL: <https://meteoinfo.ru> (дата обращения: 05.03.2023).

Федеральный округ / город	q, м ³ /м ²	Qp, м ³ /мес	Q, м ³ /сут	Zс, сут	Q _{потр} , м ³ /сут	W _{потр} , м ³	Z, сут	Q _{потр} , м ³ /ч	Требуемый напор Н, м
ЮФО									
Ростов-на-Дону	60	12	0,39	210	0,57	8,1	14,2	0,024	59,2
Астрахань	28	5,6	0,18	210	0,57	3,8	6,6	0,024	59,2
СКФО									
Ставрополь	100	20	0,65	210	0,57	13,5	23,7	0,024	59,0
Махачкала	70	14	0,45	210	0,57	9,5	16,6	0,024	58,6
УФО									
Тюмень	86	17,2	0,55	150	0,80	11,7	14,6	0,033	60,2
Ханты-Мансийск	94	18,8	0,61	120	1,00	12,7	12,7	0,042	60,4
СФО									
Красноярск	74	14,8	0,48	150	0,80	10,0	12,5	0,033	60,1
Иркутск	104	20,8	0,67	150	0,80	14,1	17,6	0,033	60,4
ДВФО									
Хабаровск	159	31,8	1,03	160	0,75	21,5	28,7	0,031	60,4
Владивосток	166	33,2	1,07	165	0,73	22,5	30,9	0,030	60,3
Республика Крым									
Симферополь	68	13,6	0,44	180	0,67	9,2	13,8	0,028	59,1

Составлено авторами

На основе выполненных расчетов, произведена оценка рисков организации «зеленых» кровель на территории РФ, данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2

Оценка риска строительства «зеленых» кровель в регионах

Федеральный округ / город	Количество теплых дней	Объем дождевых вод
СЗФО		
Санкт-Петербург	высокий	низкий
Великий Новгород	высокий	низкий
ЦФО		
Москва	низкий	низкий
Рязань	низкий	низкий
ПФО		
Нижний Новгород	низкий	низкий
Оренбург	низкий	высокий
ЮФО		
Ростов-на-Дону	низкий	средний
Астрахань	низкий	высокий
СКФО		
Ставрополь	низкий	низкий
Махачкала	низкий	средний
УФО		
Тюмень	высокий	низкий
Ханты-Мансийск	высокий	низкий
СФО		
Красноярск	высокий	средний
Иркутск	высокий	низкий
ДВФО		
Хабаровск	низкий	низкий
Владивосток	низкий	низкий
Республика Крым		
Симферополь	низкий	низкий

Составлено авторами

Заключение

Сочетание «зеленых» кровель и системы сбора дождевой воды позволяет сокращать негативное влияние на окружающую среду.

«Зеленые» кровли могут повлиять на привлекательность района, сократить расходы на энергоресурсы, улучшить микроклимат помещений, снизить количество выделяемого CO₂, сократить сброс дождевых стоков и загрязнение водных объектов.

Наиболее благоприятные федеральные округа для строительства «зеленых» кровель по количеству теплых дней и объему дождевых вод — Центральный и Дальне-Восточный, отдельно можно выделить республику Крым, г. Нижний Новгород, г. Ставрополь. Регионы, в которых самое малое количество осадков — Астрахань и Оренбург, в данных регионах строительство «зеленых» кровель будет неэффективно из-за дополнительного полива. В остальных регионах необходимо с особой осторожностью подходить к проектированию и строительству зеленых кровель, так как есть риск гибели растений из-за недостатка влаги или заморозков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нилова О.В. Озеленение крыш: отечественный и зарубежный опыт / О.В. Нилова, З.С. Москаленко // *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* — 2019. — № 12(69). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/8450> (дата обращения: 19.04.2023).
2. Дмитриева, Т.В. Виды осадков и современные способы очистки воды / Т.В. Дмитриева // *Вектор ГеоНаук.* — 2018. — Т. 1, № 4. — С. 42–47. — EDN YVQIGL. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36879539> (дата обращения: 11.03.2023).
3. Глухая, С.Е. «Зелёная ливневая инфраструктура» в архитектурно-дизайнерской среде жилого микрорайона № 26 г. Владивостока / С.Е. Глухая, И.А. Вилло // *Научный журнал.* — 2020. — № 6(51). — С. 64–74. URL: <https://scientificmagazine.ru/images/PDF/2020/51/Nauchnyj-zhurnal-6-51-.pdf> (дата обращения: 19.04.2023).
4. Перспективы "зеленого" строительства и применения энергосберегающих мероприятий в современной России / И.В. Новоселова, С.И. Страбыкина, Н.С. Бойко, И.Ю. Данилейко // *Инженерный вестник Дона.* — 2017. — № 4(47). — С. 206. — EDN MZRYCS. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32731350> (дата обращения: 21.11.2022).
5. Palermo S.A., Turco M., Principato F., Piro P. Hydrological Effectiveness of an Extensive Green Roof in Mediterranean Climate. *Water.* 2019; 11(7): 1378. URL: <https://doi.org/10.3390/w11071378> (дата обращения: 10.03.2023).
6. Busker, Tim; de Moel, Hans; Haer, Toon et al. Blue-green roofs with forecast-based operation to reduce the impact of weather extremes. / Т. Busker, de Moel H., Haer T., Schmeits M., van den Hurk B., Myers K., Cirkel D.G., Aerts J. // *Journal of Environmental Management.* — 301, 2022. — P. 1–12 URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113750> (дата обращения: 09.03.2023).

7. Беляева, Н.Б. Концепция умного города и ее реализация в Северной Европе и России / Н.Б. Беляева, Е.Д. Мингалеева // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. — 2019. — № 5-1(119). — С. 95–98. — EDN NYOCBL. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39544741> (дата обращения: 25.05.2021).
8. Мальцева Е.А., Егорова Д.А. «Зеленая» кровля. Ее применение в климатических условиях Санкт-Петербурга // Синергия наук. — 2018. — № 21. — С. 478–505. — URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article1921> (дата обращения: 24.03.2023).
9. Гринчук, И.С. "Зеленое строительство" как один из важнейших аспектов устойчивого развития / И.С. Гринчук, Н.Г. Синяк // Труды БГТУ. — Минск: БГТУ, — 2014. — № 7(171) 2014 год. — С. 201–204. URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/12259>. (дата обращения: 12.03.2023).
10. Кадысева, А.А. Основные направления развития «зеленого» предпринимательства в строительной сфере / А.А. Кадысева, Е.С. Глущенко, О.В. Сидоренко, Р.М. Гильмутдинов // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 5. — URL: <https://esj.today/PDF/31SAVN522.pdf> (дата обращения: 27.03.2023).
11. Дадиверина, Л.Н. Инженерные, экономические, социальные и экологические преимущества зеленой кровли / Л.Н. Дадиверина, А.В. Комышня // 2018. — № 5(245-246). — С. 60–65. — DOI 10.30838/J.BPSACEA.2312.271118.60.367. — EDN YOHN SG. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38591520> (дата обращения: 15.06.2022).
12. Burszta-Adamiak, E. Analysis of the retention capacity of green roofs. / E. Burszta-Adamiak // Journal of Water and Land Development. — 16 (I–VI), 2012. — P. 3–9 URL: <http://archive.sciendo.com/JWLD/jwld.2012.16.issue-1/v10025-012-0018-8/v10025-012-0018-8.pdf> (дата обращения: 08.01.2023).
13. Саид, А.Н. Зеленая кровля — особенности проектирования и преимущества эксплуатации / А.Н. Саид, П.А. Логинова, А.Н. Леонова // Бюллетень науки и практики. — 2019. — Т. 5, № 5. — С. 247–253. — DOI 10.33619/2414-2948/42/33. — EDN ZSOXGP. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38190219> (дата обращения: 17.04.2023).
14. Tkachenko, T., Prokopenko, I. Calculation of maintenance of surface drainage roofing of a German manufacturer. Environmental safety and natural resources. / Т. Tkachenko, I. Prokopenko // Environmental Safety and Natural Resources. — 35(3), 2020. — P. 44–56. URL: <http://es-journal.in.ua/article/view/213161/213235> (дата обращения: 05.04.2023).
15. Herrera, J. Using a Hydrological Model to Simulate the Performance and Estimate the Runoff Coefficient of Green Roofs in Semiarid Climates. / J. Herrera, G. Flamant, J. Gironás, S. Vera, C.A. Bonilla, W. Bustamante, F. Suárez // Water. — 10(2), 2018. — P. 198–214. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/2/198> (дата обращения: 22.04.2023).

Kadyseva Anastasiya Aleksandrovna

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: kadyseva@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8703-5684>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=698088

Maksimova Svetlana Valentinovna

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: msv020761@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5141-1120>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=753376

Sidorenko Olga Vladimirovna

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: sidorenkoov@tyuiu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3177-3025>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=755932

Mironov Viktor Vladimirovich

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: vvmironov@list.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8939-850X>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=384652

Green roofs: prospects for development in Russia, taking into account atmospheric precipitation

Abstract. The article discusses the features of the use of «green» roofs, taking into account the natural and climatic conditions of the construction area. Based on the literature review, the main technologies of the «green» infrastructure for the disposal of atmospheric precipitation are determined. The calculation methods for the retention of surface runoff by the roof, the calculation of determining the volume of the rainwater storage tank, the calculation of the retained surface runoff by the roof, the calculation of rainwater needs, the calculation of the selection of a pump for watering the roof during the absence of rains are given.

On the basis of generalized data and methods, calculations were made on the effectiveness of the use of «green» roofing technology for large cities that are part of the federal districts of the Russian Federation. The calculation was carried out for the application of the technology of «green» roofs in apartment buildings, the roof area of 1000 m². Due to the fact that the Russian Federation is geographically located in different climatic zones, the study assessed the risk of building «green» roofs taking into account climatic features. Based on the research conducted by the authors, the most favorable federal districts for the construction of «green» roofs and regions in which it is necessary to approach the design and construction of green roofs with extreme caution, since there is a risk of plant death due to lack of moisture or frost. The study showed that the most favorable federal districts for the construction of «green» roofs in terms of the number of warm days and the volume of rainwater are Central and Far-Eastern, the Republic of Crimea, Nizhny Novgorod, Stavropol can be singled out separately.

Keywords: green roofs; green building; smart cities; precipitation; water disposal; risks