

УДК 692.433

Е. В. Сысоева^а, И. В. Морозов^б

^а *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет*

^б *Инвестиционно-финансовая компания «Флора-Групп»*

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ «ЗЕЛЕНых» КРЫШ НА ПРИМЕРЕ КРУПНЫХ ГОРОДОВ

Выполнен предварительный анализ возможности экономии финансовых средств за счет исключения работ по ремонтам ливневой канализации и крыш. Дана оценка эффективности использования сэкономленных средств на устройство «зеленых» крыш на общественных зданиях центральной части крупных городов, сделан приблизительный прогноз сроков окупаемости системного решения размещения «зеленой» конструкции на зданиях образовательного учреждения и торгово-развлекательного центра при существующих расценках.

Ключевые слова: «зеленые» крыши, озеленение, экология, городская территория, городская экология, городское планирование, экономика, экономическая эффективность.

Введение

Градостроительство должно учитывать законы взаимодействия общества и природы друг с другом во избежание последствий катастрофического масштаба для биосферы и человека как ее составляющей части [1, 2].

Строительство зданий и сооружений приводит к изменению внешнего облика городов, которые изначально имели большой процент площади открытого земельного пространства [3, 4]. Это, в свою очередь, становится причиной возникновения проблем, с которыми ранее сталкиваться не приходилось [4, 5]. Площадь городской застройки стремительно увеличивается, все чаще этапы строительного процесса проходят в стесненных условиях, а зоны асфальтного покрытия расширяются, на месте зеленых насаждений создаются паркинги и площадки с покрытием из резиновой крошки [6, 7]. Рельеф при строительстве зданий искусственно меняется за счет перемещения земляных масс для выравнивания поверхности, вследствие чего формируется разный уровень высот земли [8—10]. Современное градостроительное проектирование и строительство создают дифференциальные территории — не взаимосвязанные между собой [11, 12].

Климатические условия в ряде стран претерпевают изменения, в т. ч. на территории нашей страны [13, 14]. Увеличение осадков — одно из явных последствий изменения климата [15, 16]. Интенсивные дожди все чаще накрывают разные районы России и затапливают населенные пункты, нарушая комфортное пребывание человека в городской среде и нанося урон благоустроенным территориям [17, 18]. Для муниципалитетов становятся насущными вопросы контроля ливневых стоков для предотвращения наводнений, засорения дренажных систем, загрязнения города [19, 20]. Во время обильных осадков или таяния снега ливневая канализация может не справиться с повышенной нагрузкой, вследствие чего возникают наводнения и переполнение канализации [21, 22].

Ливневые канализации позволяют снижать уровень дождевых вод при условии проведения регулярных мероприятий по очистке [23, 24]. В средних и малых городах наблюдается низкий процент наличия системы отведения воды [22, 25]. Имеющаяся ливневая канализация не справляется с растущими объемами дождевой воды в последние годы [26, 27]. Эффективное управление ливневыми водами является одним из приоритетов большинства муниципалитетов, и преимущественные стороны при устройстве «зеленых» крыш становятся все более актуальными [28, 29]. Системное решение будет выполнять сразу две функции: снижение стоков и удержание в ячейках ливневых вод [30, 31].

В атмосферном воздухе помимо газов и примесей содержится пыль, представленная твердыми частицами [32]. Движение их осуществляется посредством воздушных течений, снижение скорости воздуха приводит к тому, что пыль, по законам физики, оседает на поверхности, в т. ч. вместе с осадками [33]. В городах, пригородах и сельской местности пыль различается. Транспорт и транспортное движение оказывают сильное воздействие на экологическую обстановку в воздухе. Образование большого количества пыли наблюдается на придорожных территориях. Потеря износостойкости протектора шин приводит к попаданию в атмосферу продуктов, содержащих канцерогенные полиароматические углеводороды, *N*-нитрозамины, диоксины, нитропроизводные полиароматических соединений. Воздушные потоки уносят вверх вредные вещества, далее распространяя их по всей территории [34].

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) увеличение предельно допустимых концентраций (ПДК) пыли, включая мелкодисперсные частицы PM10 и PM2.5, в воздухе приведет к росту заболеваемости сердечно-сосудистой и дыхательной систем [35]. Попадая в дыхательные пути и легкие, частицы PM10 и PM2.5 оседают и повреждают ткани легких, вызывая респираторные заболевания [36].

В соответствии с указом президента РФ правительство разработало и утвердило федеральную научно-техническую программу в области экологического строительства до 2030 г.¹ Основные ее задачи состоят в обеспечении экологической безопасности, мониторинге и фиксации климатических изменений, создании всех необходимых условий для устойчивого развития страны. Учитывая опыт зарубежных стран и опираясь на отечественные труды «зеленого» строительства², можно предположить рациональность внедрения «зеленых» крыш на зданиях для выполнения задач программы [37, 38].

Цель работы — определение необходимости применения «зеленых» крыш на примере территорий крупных городов России. *Предмет исследования* — экономическая эффективность системного решения.

Материалы и методы

Методы реализации поставленной цели — статистический анализ ситуации в 3 крупных городах с численностью населения 250—500 тыс. чел. по

¹ Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года // СПС «Консультант Плюс». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_129117/

² Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2023 год / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). М. : Росгидромет, 2024. С. 104.

критериям: затраты на содержание крыш и благоустройство территорий; потенциально возможные поверхности озеленения центральной части; экономическая эффективность. Использовались методы синтеза, сравнения и обобщения. Построения и расчеты зон озеленения выполнены в программе географической информационной системы (ГИС) QGIS 3.18.

Результаты

1. Дополнительные зоны озеленения

1.1. Город Владимир

Выявлено, что на территории площадью 600441,8 м² количество существующего озеленения составляет 14 %. Показатель подтверждает высокую плотность застройки центра города и нехватку зеленых насаждений. Основная часть озелененной территории занята деревьями (61 %).

В процессе исследования установлено, что крыши 27 % общественных зданий могут быть озеленены. Устройство плоских «зеленых» крыш в выбранной зоне возможно на 10 объектах из 92, а конструкцию скатной «зеленой» крыши, соблюдая максимально допустимый уклон в 10°, можно применить на 15 объектах. Таким способом зону насаждений без учета «зеленых» крыш можно увеличить на 43 %.

Суммарно наличие «зеленых» крыш и дополнительного территориального озеленения приведет к увеличению площади зеленых насаждений на 57 % относительно изначально существовавшей. Относительно всей исследуемой центральной зоны озеленение увеличится на 19 % и займет 33 %.

1.2. Город Тула

На участке площадью 767895,13 м² существующее озеленение занимает 19 %. Показатель подтверждает высокую плотность застройки центра города и нехватку зеленых насаждений. Основная часть территории занята травой и кустарниками (56 %).

Установлено, что крыши 6,8 % общественных зданий могут быть озеленены. Устройство плоских «зеленых» крыш возможно на 30 объектах из 632 существующих в выбранной зоне, а конструкцию скатной «зеленой» крыши, соблюдая максимально допустимый уклон в 10°, можно применить на 13 объектах. Зону насаждений без учета «зеленых» крыш можно увеличить на 44 %.

Суммарно наличие «зеленых» крыш и дополнительного территориального озеленения приведет к увеличению площади зеленых насаждений на 51 % относительно изначально существовавшей. Относительно всей исследуемой центральной зоны — увеличится на 21 % и займет 40 %.

1.3. Город Орел

На участке площадью 1581584,19 м² озеленение занимает 22 %. Показатель подтверждает высокую плотность застройки центра города и нехватку зеленых насаждений. Основная часть территории занята травой и кустарниками (67 %).

Установлено, что крыши 17 % общественных зданий могут быть озеленены. Устройство плоских «зеленых» крыш возможно на 48 объектах из 300 существующих в выбранной зоне, а конструкцию скатной «зеленой» крыши, соблюдая максимально допустимый уклон в 10°, можно применить на 5 объектах. Таким образом, зону насаждений без учета «зеленых» крыш можно увеличить на 46 %.

Суммарно наличие «зеленых» крыш и дополнительного территориального озеленения приведет к увеличению «зеленой» территории на 50,87 % относительно существующей. Относительно всей исследуемой территории озеленение увеличится на 23 % и займет 45 %.

2. Экономия при устройстве «зеленых» крыш

Рассмотрим преимущества использования «зеленых» крыш с экономической точки зрения на территории 3 городов — Владимира, Тулы и Орла.

В качестве исходных данных в табл. 1—3 приведены цифры ведомственной структуры расходов бюджета г. Владимира в период с 2021 по 2023 гг. (реализованный) и в 2024—2026 гг. (запланированный) по следующим статьям: содержание ливневой канализации, ремонт крыш и озеленение. Отметим, что цифры, относящиеся к ремонту крыш (общественных зданий) и озеленению, представлены условно. Для дальнейшего анализа процент денежных средств, поступающих на озеленение по статье «Основное мероприятие „Выполнение работ по организации благоустройства, озеленения, уборке территории города Владимира, кладбищ и ремонту объектов уличного освещения“», принят равным 20 % от общей суммы выделенных средств на конкретно взятый год.

Теоретически установим «зеленые» крыши на общественных зданиях во Владимире, Туле и Орле. «Зеленое» решение сократит количество ливневых стоков и сведет к минимуму необходимость в проведении ремонтных работ. С экономической точки зрения это позволит автоматически исключить сразу несколько статей затрат при дальнейшем прогнозировании бюджета и направить сэкономленные средства на устройство «зеленых» крыш. Например, используя системное решение в 2024 г. владимирскому бюджету удалось бы сократить выделяемую сумму средств на 7,8 %, что в денежном эквиваленте составляет 15376700,00 руб. В 2021 г. в Туле экономическая эффективность принятого решения за 1 год позволила бы сократить траты на указанные виды работ на 36,19 %, что в денежном эквиваленте составляет 34032954,07 руб. Наличие «зеленых» крыш в 2024 г. позволило бы сэкономить бюджет Орла на 69 % или 44700000,00 руб.

3. Окупаемость при устройстве «зеленых» крыш

Бюджет установки «зеленой» крыши может варьироваться в зависимости от 2 основных факторов — тип и площадь озеленения.

Выполним анализ денежных затрат и оценим период окупаемости от устройства «зеленой» крыши на примере двух зданий — комплекса «Торговые ряды» и МБОУ СОШ № 1 в г. Владимире.

Комплекс «Торговые ряды» — коммерческое здание, где расположены торговые предприятия и по оказанию услуг. Интенсивная «зеленая» крыша — наиболее рациональный вариант применения традиционной крыши для получения прибыли. В России средняя стоимость самого решения доходит до 7400,00 руб/м² без учета монтажных работ. Площадь ТЦ — 6989,73 м². Затраты на интенсивный тип озеленения в чистом виде составят 51724002,00 руб. Интенсивные системы проектируются для создания обстановки, которая похожа на парк. На крыше комплекса в одной части можно предусмотреть смотровую площадку, откуда открывается прекрасный вид на Золотые ворота, а другую часть оборудовать для проведения развлекательных мероприятий — выставок на открытом воздухе, мастер-классов и медиаторских туров.

Для создания кафе и зон отдыха повышенной активности требуется рассмотреть инверсионный вариант крыш.

Прибегая к простому способу оценки, определим приблизительный срок окупаемости проекта интенсивного озеленения традиционной крыши при первоначальных инвестициях 51724002,00 руб., годовой выручке 59600000,00 руб. — информация из государственного информационного ресурса бухгалтерской (финансовой) отчетности (БФО) на конец 2023 г. Примем, что 30 % от годовой выручки будет отчисляться на «зеленые» крыши, тогда сумма ежегодных средств составит 17880000,00 руб. Срок окупаемости инвестиций будет равен (годы):

$$T_0 = 2,9.$$

МБОУ СОШ № 1 — муниципальное бюджетное образовательное учреждение, финансируемое властями города. Существующая крыша здания двухскатная. В 2023 г. на ее ремонт из городского бюджета выделено 8000000,00 руб. Площадь образовательного учреждения 2250,65 м². Рассмотрим возможность модернизации крыши на плоскую. Затраты на интенсивный тип озеленения в чистом виде составят 16 654 810 руб., что в 2,1 раза превышает количество выделенных средств.

С 2025 г. средства на ремонт и обновление детских садов, школ, техникумов и колледжей будут выделяться регионам на регулярной основе. С одной стороны, федеральные научно-технические программы в области экологического строительства должны учитывать, что решение экологических вопросов на первых этапах сопровождается значительными финансовыми затратами. С другой стороны, средства, выделяемые государством на лечебные мероприятия для населения в государственных больницах, можно снизить за счет устройства «зеленых» крыш, которые будут способствовать снижению заболеваемости.

Экстенсивное озеленение представляет собой бюджетный вариант. Конструкция отличается невысокими значениями веса и низкими расходами по эксплуатации. Общий доступ на крышу не предусматривается. Основное назначение — экологическая польза. Стоимость такого типа озеленения составляет около 3400,00 руб./м². Конечная стоимость равна 7652210,00 руб., что соответствует рамкам выделенных средств, если не учитывать выполнение демонтажных и монтажных работ.

Помимо финансовой, существует нематериальная окупаемость. Приведем еще ряд преимуществ «зеленых» крыш в образовательном учреждении при использовании интенсивного типа озеленения:

- стабилизация психоэмоционального состояния обучающихся;
- открытые уроки на воздухе способствуют улучшению здоровья, благотворно влияя на работу дыхательной системы;
- создание обучающих зон на крыше позволит школьникам приобщаться к практической деятельности;
- озелененная территория может использоваться в летний период для занятия физической культурой;
- «зеленая» реконструкция на существующем здании несет в себе образовательную ценность, при наличии теплиц на крышах учащиеся могут приобщаться к исследовательской деятельности.

Выводы

1. На сегодняшний день экологическая обстановка складывается неблагоприятно как в мире, так и в России. Деятельность человека (строительство, промышленность) подчинила себе природу и стала одной из главных причин возникновения катаклизмов. Неграмотное и непродуманное взаимодействие с природой ведет к мировому экологическому коллапсу. Рассматривать экологию (в т. ч. «зеленое» строительство) как второстепенный инструмент для развития страны, нации и процветания экономики становится невозможным.

2. Необходимо следовать концепциям биосферной совместимости регионов, городов и поселений. Требуется осознать, что базис создания социально-ориентированных городских систем в общем виде должен соответствовать формуле: жизнедеятельность человека + природная среда = единое пространство городской среды. Требуется изменение сложившейся в городах и поселениях системы управления жизни и экономикой на биосферосовместимые.

3. Биоразнообразие в городских условиях нарушается из-за потери естественной среды обитания и преобладания непроницаемых покрытий — бетона, асфальта, тротуарной плитки. Ограничение биоразнообразия ведет к отрицательным последствиям для окружающей среды и человека. Увеличивая биоразнообразие в городах, можно повысить устойчивость экосистем, улучшить качество воздуха, воды и создать пригодные для жизни пространства.

4. Одно из явных последствий изменения климата — ежегодное увеличение осадков. Имеющаяся ливневая канализация в последние годы не справляется с растущими объемами дождевой воды. Снизить нагрузку на канализационные системы можно, используя «зеленые» крыши. Системное решение выполнит сразу 2 функции: снижение стоков и удержание в ячейках ливневых вод.

5. Применение «зеленых» крыш может решить несколько задач: управление ливневыми стоками, контроль эффекта «теплого острова», увеличение количество озелененной территории, наличие дополнительной площади для ведения сельского хозяйства (при интенсивном типе озеленения), улучшение качества воздуха и воды, уменьшение заболеваемости населения.

6. Устройство «зеленых» крыш возможно реализовывать в рамках существующей федеральной научно-технической программы экологического строительства до 2030 г. для достижения основной цели — обеспечение экологической безопасности и устойчивого развития городов.

7. Обнаружено, что в центральной части г. Владимира недостаточно зеленых насаждений. Предложены варианты увеличения зеленых зон на 57 %. Определено, что 27 % общественных зданий можно рассматривать для устройства «зеленых» крыш, что позволит увеличить площадь озеленения до 33 % в границах анализируемого участка.

8. Обнаружено, что в центральной части г. Тулы мало зеленых насаждений. Долю озеленения можно увеличить за счет территории вблизи жилых домов и общественных зданий. Суммарно наличие «зеленых» крыш и дополнительного территориального озеленения приведет к увеличению «зеленой» зоны на 52 % относительно существующей. Общая доля озеленения исследуемой центральной части увеличится на 21 % и составит 40 % площади.

9. Обнаружено, что в центральной части г. Орла недостаточно зеленых насаждений. Предложены варианты увеличения озелененных зон на 50 %.

Определено, что 17 % общественных зданий можно рассматривать для устройства «зеленых» крыш, что позволит увеличить площадь озеленения до 45 % в анализируемых границах участка.

10. В центральной части Владимира, Тулы и Орла наблюдается низкая доля озелененных участков. Во всех рассмотренных случаях можно дополнительно увеличить площадь озеленения, что благотворно повлияет на здоровье населения, препятствуя развитию заболеваний органов дыхания, кровообращения и кроветворных органов (включая онкологические), нервной системы.

11. Проанализированы бюджеты 3 регионов, выделяемые на озеленение, ремонт ливневых стоков и крыш, дана оценка потенциальной экономической эффективности от устройства «зеленых» системных решений. В 2024 г. владимирскому бюджету удалось бы сократить выделяемую сумму средств на 7,8 %, что составляет 15376700,00 руб. В 2021 г. в Туле экономическая эффективность принятого решения за 1 год позволила бы сократить траты на указанные ремонтные работы на 43,79 % или на 34032954,07 руб.

12. Сэкономленные денежные средства можно выделить на устройство «зеленых» крыш, наличие которых компенсирует затраты на выполнение работ по озеленению, ремонту ливневых стоков и крыш. При тех же самых финансовых вложениях со стороны города можно снизить процент заболеваемости населения, уменьшить количество ливневых стоков, увеличить площадь озеленения.

13. Установлено, что на коммерческих зданиях целесообразно применять интенсивный тип озеленения ввиду краткосрочного периода окупаемости — не более 3 лет, на зданиях бюджетных учреждений экономически выгодно использовать экстенсивный тип озеленения, где «зеленая» крыша выполняет исключительно экологическую функцию.

14. Область действия федеральных программ по экологическому строительству следует расширять и распространять на новое строительство, модернизацию и реновацию.

15. Федеральные научно-технические программы в области экологического строительства должны учитывать, что решение экологических вопросов на первых стадиях сопровождается значительными финансовыми затратами. При этом средства, выделяемые государством на лечебные мероприятия для населения в государственных больницах, можно снизить за счет устройства «зеленых» крыш, которые способствуют снижению заболеваемости.

16. Оценка экономической эффективности дает представление о скорости внедрения «зеленых» крыш в городскую среду при имеющемся городском бюджете. Не исключено, что возможная экономия за счет сокращения статей затрат, окажется недостаточной. Устройство «зеленых» крыш требует проектно-сметного расчета, учитывающего тип озеленения — экстенсивный, полуинтенсивный или интенсивный.

17. Интенсивный тип «зеленых» крыш может использоваться в сельскохозяйственных целях. Выращивание продуктов на крыше — шаг, который можно расценивать как один из способов сделать город устойчивым и максимально пригодным для жизни, хотя «зеленые» крыши не главный инструмент в решении проблемы продовольственной безопасности внутри отдельно взятого города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильичев В. А., Емельянов С. Г., Колчунов В. И., Бакаева Н. В. Инновационная практика в городах и доктрина градостроительства // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2014. № 3(7). С. 3 — 18.
2. Колин К. К. Глобальные угрозы развитию цивилизации в XXI веке // Стратегические приоритеты. 2008. № 1. С. 6—30.
3. Change of rainfall — runoff processes in urban areas due to high-rise buildings / С. Yoo, E. Cho, W. Na, M. Kang, M. Lee // Journal of Hydrology. 2021. Vol. 597. Pp. 126155.
4. Шужуров И. С., Ле М. Т., Шужурова Л. И., Дмитриева А. Д. Влияние эффекта «городского острова тепла» на устойчивое развитие городов // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10. № 2. С. 62—70.
5. Voogt J. A., Oke T. R. Thermal remote sensing of urban climates // Remote sensing of environment. 2003. Vol. 86. Pp. 370—384.
6. Мяжков М. С., Алексеева Л. И. Особенности ветрового режима типовых форм городской застройки // АМТ. 2014. Т. 1. № 26. С. 3—14.
7. Черненко С. М. Гигиеническая характеристика, оценка и прогнозирование воздействия на человека приоритетных физических факторов окружающей среды в интересах устойчивого развития городов // Устойчивое развитие: наука и практика. 2011. Т.1. № 16. С. 43—49.
8. Балдина Е. А., Грищенко М. Ю., Константинов М. Исследование городских островов тепла с помощью данных дистанционного зондирования в инфракрасном тепловом диапазоне // ДЗЗ для будущей Земли. Земля из космоса. 2015. С. 38—42.
9. Rizwan A. M., Dennis L. Y. C., Liu C. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island // J. Environ. Sci. 2008. Vol. 20. Iss. 1. Pp. 120—128.
10. Arnfield A. J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island // Int. J. Climatol. 2003. Vol. 23. Iss. 1. Pp. 1—26.
11. Urban Resilience through Green Roofing: A Literature Review on Dual Environmental Benefits / X. Zhang, A. Soe, S. Dong, M. Chen, M. Wu, T. Htwe // E3S Web of Conferences. 2024. Pp. 536.
12. Беляева Е. Л. Методология и методика проектирования благоустройства и озеленения исторических городов. Часть 1. Научное содержание информационно-аналитической модели проектирования благоустройства и озеленения исторических городов // Academia. Архитектура и строительство. № 2. 2022. С. 59—68.
13. Горохов В. А., Расторгуев О. С. Инженерное благоустройство городских территорий и населенных мест. М. : Стройиздат, 1994. 453 с.
14. Владимиров В. В., Микулина Е. М., Яргина З. Н. Город и ландшафт. М. : Мысль, 1986. 237 с.
15. Вергунов А. П. Архитектурно-ландшафтная организация крупного города. Л. : Стройиздат, Ленингр. отделение, 1982. 135 с.
16. Белоусов В. Н. Справочник проектировщика. Градостроительство. М. : Стройиздат, 1978. 368 с.
17. Лисина Н. Л. Современное состояние и проблемы окружающей среды в городах // СибСкрипт. 2015. № 4—2(64). С. 237—241.
18. Жданова А. Э. Развитие комфортной городской среды крупных городов в индексной оценке // Society and Security Insights. 2023. Т. 6. № 4. С. 125—144.
19. Зайкова Е. Ю., Феофанова С. С. Зеленая инфраструктура как инструмент управления ливневыми водами // Вестник МГСУ. 2022. Т. 17. Вып. 11. С. 1429—1452.
20. Болгов М. В., Арефьева Е. В. Оценка экстремальных гидрологических характеристик в условиях неопределенности климатических изменений // Технологии гражданской безопасности. Т. 18. №. 1(67). 2021. С. 54—59.
21. Теличенко В. И., Бенуж А. А., Мочалов И. В. Формирование комфортной городской среды // Недвижимость: экономика, управление. 2017. № 1. С. 30—33.
22. Скриган А. Ю. Зеленая инфраструктура городов как элемент адаптации к изменению климата: обзор научных идей и практической реализации // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2017. № 11. С. 103—111.
23. Pauleit S., Ambrose-Oji B., Andersson E., Anton B. Advancing urban green infrastructure in Europe: Outcomes and reflections from the GREEN SURGE project // Urban Forestry & Urban Greening. 2018. Vol. 40. Pp. 4—16.
24. Васильев Ю. Э., Чистяков И. В. Сток ливневых вод с территорий населенных пунктов // Жилищное строительство. № 9. 2011. С. 50—51.

25. Богданович А. Ю., Лунка О. Н. Синергия климатической глобальной цели устойчивого развития и Национального плана адаптации в России // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2020. Т. 31. № 3—4. С. 7—32.
26. Thomson G., Newman P. Green infrastructure and biophilic urbanism as tools for integrating resource efficient and ecological cities // Urban Planning. 2021. Vol. 6. Iss. 1. Pp. 75—88.
27. Li L., Uyttenhove P., Eetvelde V. V. Planning green infrastructure to mitigate urban surface water flooding risk — a methodology to identify priority areas applied in the city of Ghent // Landscape and Urban Planning. 2020. Vol. 194. Pp. 103703.
28. Application of the Analytic Hierarchy Process for Selecting and Modeling Stormwater Best Management Practices / K. D. Young, T. Younos, R. L. Dymond, D. F. Kibler, D. H. Lee // Journal of Contemporary Water Research & Education. 2010. Vol. 146. Iss. 1. Pp. 50—63.
29. Mikovits C., Rauch W., Kleidorfer M. A Dynamic Urban Development Model Designed for Purposes in the Field of urban Water Management // Journal of Hydroinformatics. 2015. Vol. 17. Iss. 3. Pp. 390—403.
30. Parker D. J., Priest S. J., McCarthy S. S. Surface Water Flood Warnings Requirements and Potential in England and Wales // Applied Geography. 2011. Vol. 31. Iss. 3. Pp. 891—900.
31. Gunnarsson B., Knez I., Hedblom M., Ode Sang A. Effects of biodiversity and environment-related attitude on perception of urban green space // Urban Ecosystems. 2017. Vol. 20. Iss. 1. Pp. 37—49.
32. Азаров В. Н., Манжилевская С. Е., Коваль Н. В., Симерникова А. Д. Экологические требования при проектировании и строительстве объектов // Вестник евразийской науки. 2018. Т. 10. № 6. С. 57.
33. Азаров В. Н. Об оценке концентрации мелкодисперсной пыли (PM10 и PM2.5) в воздушной среде // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 25(44). С. 402—406.
34. Azarov V. N., Barikaeva N. S., Solovyeva T. V. Monitoring of fine particulate air pollution as a factor in urban planning decisions // Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. Pp. 2001—7.
35. Azarov V. N., Manzhibevskaya S. E., Petrenko L. K. The pollution prevention during the civil construction // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 196. DOI: 10.1051/MATECONF/201819604073.
36. Оценка PM10 и PM2.5 в жилищном строительстве / Д. В. Азаров, Н. А. Маринин, А. Б. Стреляева, В. А. Иванов, В. А. Шibaков // Жилищное строительство. 2013. № 2. С. 29—32.
37. Дробот Г. А., Кочеткова Е. В. Экологические проблемы как глобальная угроза безопасности // Вестник Московского университета. Серия 18: Социология и политология. 2024. № 3. С. 61—73.
38. Безбородов Е. Л., Сысоева Е. В. Исследование проблемы загрязнения атмосферы мелкодисперсными частицами PM2.5 и PM10 // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 1(94). С. 186—202.

© Сысоева Е. В., Морозов И. В., 2024

Поступила в редакцию
в сентябре 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Сысоева Е. В., Морозов И. В. Экономическая эффективность применения «зеленых» крыш на примере крупных городов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 4(97). С. 254—263. DOI: 10.35211/18154360_2024_4_254.

Об авторах:

Сысоева Елена Владимировна — канд. техн. наук, доц., доц. каф. архитектурно-строительного проектирования и физики среды, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (МГСУ). Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; SysoevaEV@mgsu.ru

Морозов Илья Викторович — проектировщик, Инвестиционно-финансовая компания «Флора-Групп» (ИФК «Флора-Групп»). Российская Федерация, 601900, Владимирская область, г. Ковров, ул. Лопатина, 5А, стр. 1; imorozov@gmail.com

Elena V. Sysoeva^a, Ilya V. Morozov^b

^a *Moscow State University of Civil Engineering*

^b *Investment and financial company Flora-Group*

ECONOMIC EFFICIENCY OF USING “GREEN” ROOFS ON THE EXAMPLE OF LARGE CITIES

The article presents a preliminary analysis of the possibility of saving financial resources by eliminating work on storm drain and roof repairs. An assessment is given of the efficiency of using the saved funds for installing “green” roofs on public buildings in the central part of large cities, and an approximate forecast of the payback period of the system solution at existing prices is made, placing the “green” structure on the buildings of an educational institution and a shopping and entertainment center.

Key words: green roofs, landscaping, ecology, urban area, urban ecology, urban planning, economy, economic efficiency.

For citation:

Sysoeva E. V., Morozov I. V. [Economic efficiency of using “green” roofs on the example of large cities]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 4, pp. 254—263. DOI: 10.35211/18154360_2024_4_254.

About authors:

Elena V. Sysoeva — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Moscow State University of Civil Engineering (MGSU). 26, Yaroslavskoe highway, Moscow, 129337, Russian Federation; SysoevaEV@mgsu.ru

Ilya V. Morozov — designer, Investment and financial company Flora-Group (IFC Flora-Group). Building 1, 5A, Lopatina st., Kovrov, 601900, Russian Federation; imorozoov@gmail.com