

22. Podawca K., Pawlat-Zawrzykraj A., Ogryzek M. Educational Accessibility as an Element of Sustainable Urban Transformation: The Case of Poland. *Land*. 2025, vol. 14, no. 9, art. 1924. DOI: 10.3390/land14091924.
23. Telega A., Telega I., Bieda A. Measuring Walkability with GIS – Methods Overview and New Approach Proposal. *Sustainability*. 2021, vol. 13, no. 4, art. 1883. DOI 10.3390/su13041883.
24. Zhao J., Su W., Luo J., Zuo J. Evaluation and Optimization of Walkability of Children's School Travel Road for Accessibility and Safety Improvement. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022, vol. 19, no. 1, art. 71. DOI 10.3390/ijerph19010071.

© И. В. Дмитриюков, О. В. Ладыгина, Н. А. Яманина

Ссылка для цитирования:

Дмитрюков И. В., Ладыгина О. В., Яманина Н. А. Социальная инфраструктура крупного города: пространственная доступность объектов образования (на примере г. Рыбинска // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2026. № 3 (57). С. 20–27.

УДК 711.4

DOI 10.52684/2312-3702-2026-57-3-27-33

АДАПТИВНЫЕ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ ПЛАНИРОВАНИИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕРЕГОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ МАЛЫХ РЕК

Е. В. Котлярова, А. А. Карамышева

Котлярова Екатерина Владимировна, кандидат экономических наук, доцент Института опережающих технологий, Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, тел.: + 7 (918) 555-86-10, e-mail: ekkot.arch@gmail.com;

Карамышева Анна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги», Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, тел.: + 7 (988) 586-26-85, e-mail: kaa-10-07-86@mail.ru

Объект исследования – береговые территории малых рек крупных городов, рассматриваемые как единая природно-градостроительная система. Рассмотрена возможность применения динамических адаптивных энергосистем при градостроительном планировании береговых территорий малых рек. Уточнено, что технические решения отдельного здания приобретают градостроительное значение только при их согласовании с режимом поверхностного стока, строением прибрежной полосы и задачами восстановления водосбора. Материалом исследования послужили опубликованные авторами модели планирования береговых территорий и положения об интеграции возобновляемых источников энергии в архитектуру. Была использована систематизация исследований, включая бассейновый подход, и, с помощью структурно-функционального анализа и двухступенчатого отбора мероприятий была получена схема «здание – квартал – берег – водосбор». Каждому уровню соответствует свое проектное решение с проверяемым результатом и описанием типичных ошибок. С учетом порядка отбора мероприятий сделан вывод, что адаптивная энергосистема на береговых территориях малых рек должна рассматриваться как часть водно-зеленой инфраструктуры, а не как отдельный технологический объект.

Ключевые слова: малые реки; береговые территории; градостроительное планирование; адаптивные энергосистемы; водно-зеленая инфраструктура; возобновляемые источники энергии; городская среда.

ADAPTIVE ENERGY-ECOLOGICAL SYSTEMS IN URBAN PLANNING AND DESIGN OF COASTAL AREAS OF SMALL RIVERS

Ye. V. Kotlyarova, A. A. Karamysheva

Kotlyarova Yekaterina Vladimirovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Institute of Advanced Technologies, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation, phone: + 7 (918) 555-86-10, e-mail: ekkot.arch@gmail.com;

Karamysheva Anna Anatolyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Automobile Roads Department, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation, phone: + 7 (988) 586-26-85, e-mail: kaa-10-07-86@mail.ru

Small-river waterfronts in large cities are treated as integrated spatial, ecological and infrastructure systems. The possibility of applying of dynamic adaptive energy systems to urban planning for the coastal areas of small rivers is considered. It is clarified that technical solutions for individual buildings acquire urban planning significance only when they are aligned with the surface runoff regime, the coastal structure, and the objectives of watershed restoration. The study draws on published coastal planning models and regulations on the integration of renewable energy sources into architecture. A systematized study, including a basin approach, was used, and a "building-block-riverbank-watershed" scheme was developed using structural and functional analysis and a two-stage selection of measures. Each level corresponds to a specific design solution with a verifiable result and a description of typical errors. Taking into account

the procedure for selecting measures, it is concluded that an adaptive energy system in the coastal areas of small rivers should be considered as part of aquatic and green infrastructure, rather than as a separate technological facility.

Keywords: *small rivers; coastal areas; urban planning; adaptive energy systems; water-green infrastructure; renewable energy sources; urban environment.*

Введение (Introduction)

Берег малой городской реки входит одновременно в водосбор, природно-экологический каркас, инженерную инфраструктуру и систему общественных пространств. Планировочные решения, напротив, принимаются преимущественно в административных и имущественных границах. Застройка поймы, водонепроницаемые покрытия и разрывы прибрежной растительности увеличивают риск подтопления и деградации водотока, а локальное благоустройство не устраняет причины, возникающие выше по водосбору [1, 2].

В современной практике восстановления городских рек изолированная реконструкция русла уступает место зелено-голубой инфраструктуре и управлению экосистемными услугами [3, 4]. Российские авторы рассматривают водно-зеленый каркас и биоинженерное регулирование поверхностного стока как элементы устойчивой пространственной структуры города [5, 6], а зеленую инфраструктуру – как сеть распределенного удержания, очистки и инфильтрации дождевой воды [7]. При учащении климатических экстремумов возрастает роль пространств, рассчитанных на контролируемое затопление [8]. Аббревиатуры SUDS, LID, BMP и WSUD относятся к разным традициям управления дождевым стоком [9], но во всех случаях участок рассматривается в связи с водосбором. Для адаптивной зеленой инфраструктуры принципиальны связность, многофункциональность, работа на нескольких пространственных уровнях и учет сценариев [10–12].

Геоинформационные и индексные методы дают возможность сопоставлять параметры экологического благоустройства [13]; фиторемедиационные исследования раскрывают потенциал городских зеленых территорий [14]. На уровне здания сочетание энергоэффективных решений и зеленых кровель снижает перегрев и задерживает ливневый сток [15]. Для инженерных систем разработаны средства сценарного анализа и поддержки принятия решений [16], а энергоактивные элементы расширяют архитектурный инструментарий адаптации [17]. Многокритериальный выбор решений для берегов малых рек ранее формализован в работе [18]. Однако рассмотренные разработки не образуют общей последовательности, в которой ограничения водосбора, локальная генерация энергии, экологическая непрерывность, общественный доступ и эксплуатация проверяются как взаимосвязанные условия.

Цель исследования – разработать воспроизводимую модель адаптивной энергоэкологической организации береговых территорий малых рек крупных городов, согласующую управление

поверхностным стоком, локальную генерацию энергии, непрерывность зелено-голубого каркаса, общественное использование и эксплуатацию на уровнях «здание – квартал – прибрежная полоса – водосбор».

Задачи исследования: 1) обосновать водосбор как единицу планировочного анализа и установить связи между четырьмя пространственными уровнями системы; 2) определить пороговые гидрологические, экологические, правовые и эксплуатационные условия допустимости сценариев; 3) сформировать критерии оценки гидрологической безопасности, экологической связности, энергетического эффекта, микроклимата, социальной ценности, реализуемости и эксплуатационной устойчивости; 4) разработать цикл выбора решений от диагностики территории до мониторинга результатов.

Научная новизна исследования заключается в разработке многоуровневой модели береговой территории малой городской реки как адаптивной градостроительной социотехнической системы, в которой бассейновое планирование, пороговая проверка допустимости, многокритериальный выбор, распределенное регулирование стока, локальная генерация энергии, экологическая связность, общественный доступ и корректировка по данным мониторинга объединены в единую последовательность принятия решений.

Исследовательская гипотеза: согласование решений на четырех пространственных уровнях дает совокупный эффект, недостижимый при раздельном проектировании здания, квартала, прибрежной полосы и водосбора.

Методы (Methods)

Береговая территория малой реки крупного города в пределах водосборной зоны является объектом исследования. Предмет исследования – это согласование архитектурно-градостроительных, инженерных, водорегулирующих и планировочных решений в единый процесс. Исследование носит концептуально-методический характер. Основная единица анализа – водосбор малой реки; дополнительно учитывается зона влияния пешеходных связей, общественных функций и инженерных сетей.

Исходные данные распределены по четырем блокам: гидроморфология и сток; застройка, покрытия и сети; землепользование и правовые режимы; доступность, сценарии использования и субъект эксплуатации.

Методика включает шесть последовательных операций:

1) определение границ водосбора и участков русла;

2) выявление источников стока, зон затопления, экологических разрывов, тепловой нагрузки и барьеров доступа;

3) фиксация обязательных ограничений;

4) формирование не менее трех сценариев: локальные улучшения, экологическое восстановление и адаптивное развитие;

5) оценка допустимых сценариев по единой матрице;

6) возврат данных мониторинга в модель после реализации. Жители и владельцы инфраструктуры участвуют на этапах 2, 4 и 6, что снижает риск расхождения проектных решений и условий эксплуатации [19].

Балльной оценке предшествует пороговая проверка. Вариант исключается, если он снижает пропускную способность русла, повышает расчетный риск ниже по течению, нарушает обязательные режимы или не обеспечен оператором.

Для остальных сценариев рассчитывается индекс $Q_s = \sum(w_i \times bis)$, где w_i - вес критерия ($\sum w_i = 1$), bis - оценка сценария по критерию от 1 до 5. Индикаторы согласованы с подходами к оценке экологических функций малых водотоков [20]. Цифровой мониторинг используется преимущественно для обратной связи, а не вместо изысканий; его организация может опираться на геоинформационную оценку и сценарную поддержку решений [13, 16]. Эксплуатационная проверка включает стоимость жизненного цикла, ремонтпригодность и ответственность оператора. Принцип safe-to-fail допускает временное затопление низких террас без отказа системы в целом [21].

Связь масштаба проектирования и проверяемого результата с перечислением типичных ошибок для каждого уровня представлены в таблице 1.

Таблица 1

Связь масштаба проектирования и проверяемого результата

Table 1

Relationship between the design scale and the result being verified

№ п/п	Уровень	Предмет решения	Проверяемый результат	Типичная ошибка
1	2	3	4	5
1	Здание	Кровля, фасад, водосбор с покрытия	Объем собранной воды; снижение потребления энергии	Оценка здания без учета сброса воды на участок
2	Квартал	Двор, проезды, проницаемые покрытия, дождевые сады	Изменение объема и скорости поверхностного стока	Перенос воды к границе участка без ее задержания
3	Берег	Пойма, прибрежная растительность, общественный маршрут	Сохранение пространства для воды и непрерывности берега	Благоустройство только видимой полосы у русла
4	Водосбор	Очередность и взаимное действие распределенных мероприятий	Совокупное изменение стока и связности водно-зеленого каркаса	Суммирование локальных эффектов без проверки их взаимодействия

Результаты и обсуждение (Results and Discussion)

Пространственная модель и системные противоречия

Предложенная адаптивная энергоэкологическая система объединяет пространственные, инженерные и природоподобные элементы, режим работы которых меняется при ливне, паводке, засухе и перегреве без утраты безопасности водосбора и доступности берега. Пять типовых противоречий разрешаются следующими средствами: фрагментация управления – бассейновой схемой и общими показателями; застройка поймы – дифференцированными режимами и паводковыми парками; ускоренный отвод стока – распределенным удержанием; локальность благоустройства – связью с мероприятиями на водосборе; разрыв между проектированием и эксплуатацией – назначением оператора до утверждения проекта.

Модель состоит из четырех вложенных уровней (рис. 1). На уровне здания регулируются энер-

гопотребление и водоотведение; на уровне квартала – распределение и задержание стока; прибрежная полоса сохраняет пространство для воды и непрерывный общественный маршрут; водосбор определяет ограничения и очередность мер. Иерархическая связь уровней исключает решения, при которых энергоэффективное здание ускоряет сток или блокирует экологическую связь.

Цикл выбора сценария

Алгоритм включает в себя такие последовательные этапы, как «диагностика – ограничения – сценарии – оценка – реализация – мониторинг» (рис. 2). Данные мониторинга используются для корректировки режимов, очередности мероприятий и требований к последующим участкам. На предпроектной стадии определяется, где требуется освободить пространство для воды, где допустима капитальная застройка и на каких участках распределенные меры в кварталах эффективнее вмешательства в русло.

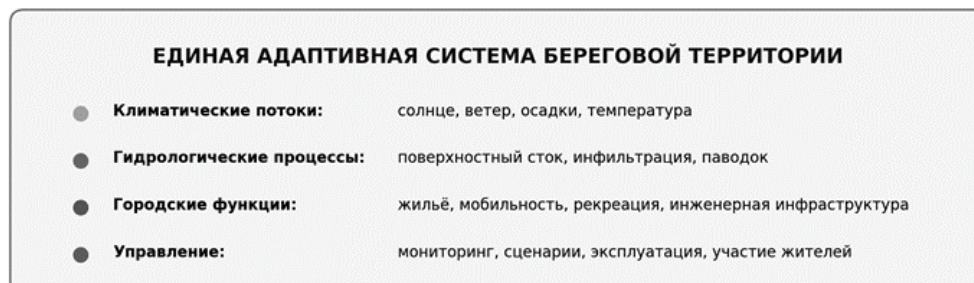


Рис. 1. Масштабирование энергоэкологической системы до уровня водосбора малой городской реки (иллюстрация авторов)

Fig. 1. Scaling the energy-ecological system to the catchment of a small urban river (illustration by the authors)

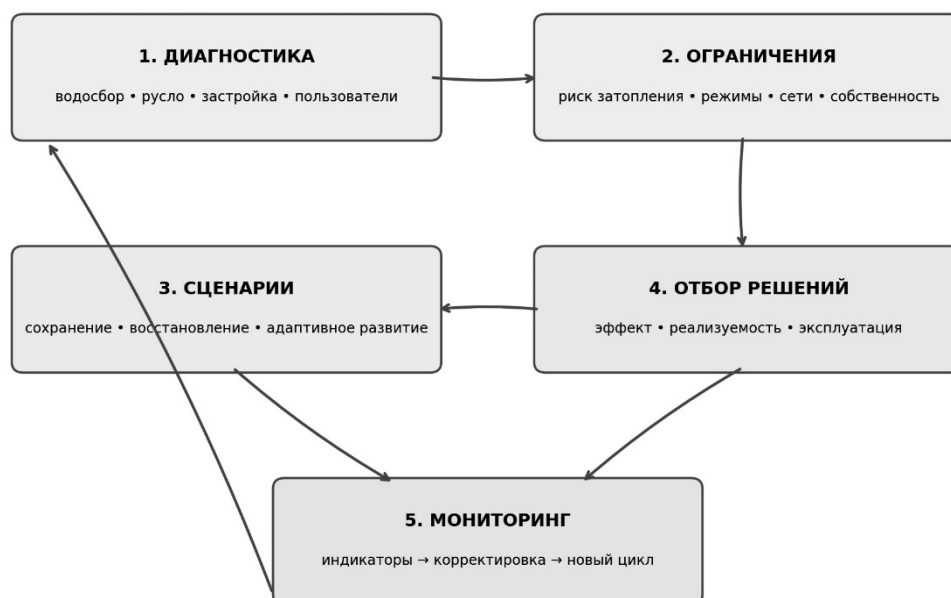


Рис. 2. Цикл адаптивного градостроительного проектирования береговой территории (иллюстрация авторов)

Fig. 2. Adaptive urban-design cycle for a riverfront area (illustration by the authors)

Сценарии, прошедшие пороговую проверку, ранжируются по таблице 2. Вес гидрологической безопасности принят максимальным. Остальные веса не рассматриваются как универсальные

нормативы: для конкретной реки их корректируют по результатам гидравлического моделирования, обследования экосистем, социологических исследований и консультаций с оператором.

Таблица 2

Структура многокритериальной оценки допустимых сценариев

Table 2

Structure of the multi-criteria assessment of feasible scenarios

№ п/п	Критерий	Содержание оценки	Вес, %
1	2	3	4
1	Гидрологическая безопасность	Пиковый расход, прямой сток, пространство для воды	25
2	Экологическая связность	Непрерывность растительности и местообитаний	15
3	Энергетический эффект	Локальная генерация и снижение потребления	10
4	Микроклимат	Затенение, температура поверхностей, проветривание	10
5	Социальная ценность	Общедоступность, безопасность, сценарии использования	15
6	Реализуемость	Правовые, земельные и инженерные ограничения	15
7	Эксплуатационная устойчивость	Жизненный цикл, ремонтпригодность, оператор	10

Практическая ценность предложенного порядка проявляется прежде всего при спорных сочетаниях функций. Так, фотоэлектрический навес может повысить комфорт использования конкретной площадки в жаркое время года и обеспечить локальную выработку энергии. Однако в низкой пойме тот же объект увеличит количество препятствий и усложнит эксплуатацию после подтопления. То есть предложенный алгоритм действий предлагает сопоставлять технологии и их функционирование в той или иной точке береговой территории.

Кроме того, результатом работы является уточнение пунктов необходимого мониторинга для энергоактивного здания, расположенного возле береговой территории малой реки, а именно показателей выработки и потребления становится недостаточно. К ним должны быть добавлены объем воды, добавленной до поступления в русло, продолжительность заполнения, состояние растительности и способность ее участия в водопоглощении, фактические затраты на эксплуатацию.

Подобное построение мониторинга может стать основой для включения данных по ливневому стоку с энергоактивных зданий в общую систему городского водного менеджмента, тем самым давая место такому расчету в принятии решений. Следующим этапом исследования становится применение схемы к нескольким участкам одной малой реки с различной морфологией застройки вдоль берега и при сопоставлении расчетного удержания стока с фактическими условиями эксплуатации линейного объекта.

Пространственные решения и эксплуатация

Поперечный профиль разделен на зоны с разной допустимостью затопления (рис. 3). У уреза воды размещаются восстановленные участки русла, прибрежная растительность и настилы с минимальным вмешательством в рельеф. Выше располагаются биодренажные полосы и общественные пространства, допускающие временное затопление. Капитальная застройка находится вне зоны неприемлемого риска и участвует в регулировании стока через кровли, дворы и накопители.

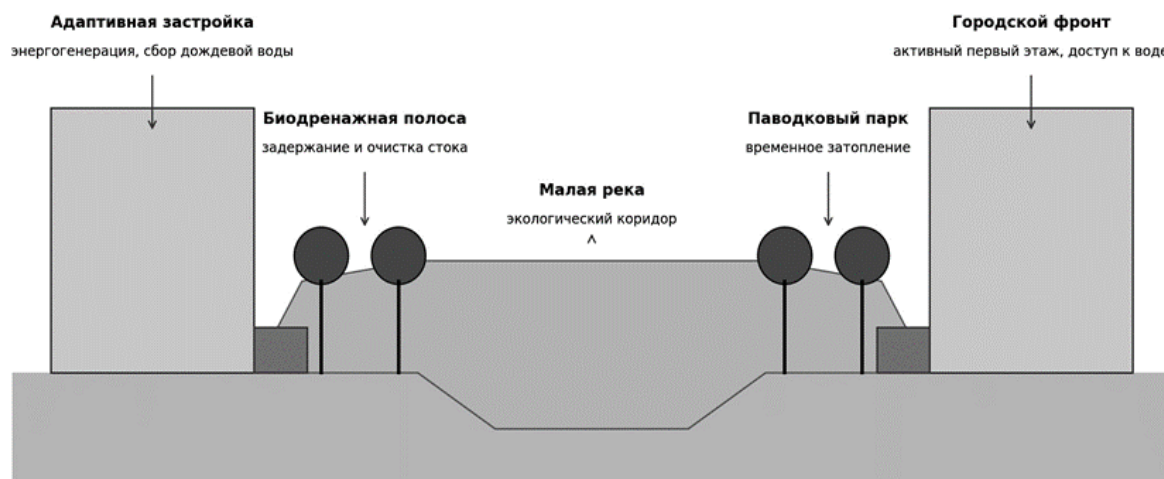


Рис. 3. Принципиальный поперечный профиль адаптивной береговой территории (иллюстрация авторов)

Fig. 3. Conceptual cross-section of an adaptive riverfront (illustration by the authors)

Возобновляемые источники энергии размещаются над освоенными площадками, на кровлях, навесах, остановках и мостах, без замещения пойменной растительности. Системы сбора воды и средства мониторинга включаются в архитектуру как элементы экологического просвещения. Функционирование каждого объекта предусматривает паспорт эксплуатации, перечень возможных отказов, периодичность осмотров, порядок замены модулей и источник финансирования. При сопоставимом эффекте приоритет получает решение с меньшей технической сложностью, восстанавливающее рельеф, почву и растительность.

Модель предназначена для подготовки мастер-планов, проектов планировки, проектов комплексного развития территорий и заданий на благоустройство. Ее ограничение связано с отсутствием апробации на конкретном водосборе. Следующий этап исследования должен включать

сравнение сценариев по расчетному стоку, стоимости жизненного цикла и социальному эффекту.

Заключение (Conclusions)

Таким образом, к выводам по итогам проведенного исследования можно отнести следующие пункты:

- 1) водосбор обоснован как пространственная единица планирования береговой территории малой реки, а проектная модель включает в себя уровни «здание – квартал – прибрежная полоса – водосбор»;
- 2) пороговая проверка гидрологических, правовых и эксплуатационных ограничений выполняется до многокритериального ранжирования. При таком порядке высокий эстетический или коммерческий балл не компенсирует неприемлемый риск;
- 3) разработанный цикл включает диагностику, три базовых сценария, пороговый отбор,

взвешенную оценку, реализацию и мониторинг. Для его воспроизведения необходимы исходные данные и локальная калибровка весов;

4) энергоактивные элементы оцениваются в составе комплексного эффекта: удержание стока, зелено-голубая связность, регулирование микроклимата, общественная доступность и устойчивая эксплуатация;

5) методика может использоваться при подготовке документов и заданий градостроительного проектирования. Проверка на конкретной малой реке требует гидравлического моделирования, полевых обследований и участия заинтересованных сторон.

Список литературы

1. Котлярова Е. В. Проблемы территориального планирования и проектирования береговых территорий малых рек крупных городов / Е. В. Котлярова, С. П. Басистая // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2024. – № 4 (48). – С. 41–51. – DOI 10.22227/2311-1518.2024.4.41-51.
2. Чапайкин А. М. Архитектурно-градостроительное формирование долин малых рек с учетом санаторно-рекреационного ресурса / А. М. Чапайкин, А. В. Антюфеев // Градостроительство и архитектура. – 2025. – Т. 15, № 4. – С. 173–184. – DOI 10.17673/Vestnik.2025.04.23.
3. Pradilla G. An urban rivers renaissance? Stream restoration and green-blue infrastructure in Latin America: insights from urban planning in Colombia / G. Pradilla, J. Hack // Urban Ecosystems. – 2024. – Vol. 27, № 6. – P. 2245–2265. – DOI 10.1007/s11252-024-01571-9.
4. Sousa M. C. Ecosystem services of urban rivers: a systematic review / M. C. Sousa, R. Martins, N. E. Simões, M. J. Feio // Aquatic Sciences. – 2025. – Vol. 87. – Art. 10. – DOI 10.1007/s00027-024-01138-y.
5. Прокопенко В. В. Формирование модели водно-зеленого каркаса для линейной градостроительной системы / В. В. Прокопенко // Вестник МГСУ. – 2026. – Т. 21, № 4. – С. 481–494. – DOI 10.22227/1997-0935.2026.4.481-494.
6. Рыльцева Ю. А. Биоинженерные сооружения как элемент управления поверхностным стоком городских территорий / Ю. А. Рыльцева // Вестник МГСУ. – 2026. – Т. 21, № 6. – С. 976–990. – DOI 10.22227/1997-0935.2026.6.976-990.
7. Зайкова Е. Ю. Зеленая инфраструктура как инструмент управления ливневыми водами / Е. Ю. Зайкова, С. С. Феофанова // Вестник МГСУ. – 2022. – Т. 17, № 11. – С. 1429–1452. – DOI 10.22227/1997-0935.2022.11.1429-1452.
8. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. – Geneva : Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023. – DOI 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
9. Fletcher T. D. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more: the evolution and application of terminology surrounding urban drainage / T. D. Fletcher, et al. // Urban Water Journal. – 2015. – Vol. 12, № 7. – P. 525–542. – DOI 10.1080/1573062X.2014.916314.
10. Зайкова Е. Ю. Водочувствительный дизайн городской среды: города-губки и «умные» ландшафты / Е. Ю. Зайкова, С. С. Феофанова // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19, № 4. – С. 499–514. – DOI 10.22227/1997-0935.2024.4.499-514.
11. Huang L. A systematic review of planning principles for green infrastructure in response to urban stormwater management / L. Huang // Landscape Research. – 2024. – Vol. 49, № 2. – P. 287–300. – DOI 10.1080/01426397.2023.2272784.
12. Su J. A bibliometric review of nature-based solutions on urban stormwater management / J. Su, M. Wang, M. A. M. Razi, N. M. Dom, N. Sulaiman, L.-W. Tan // Sustainability. – 2023. – Vol. 15, № 9. – Art. 7281. – DOI 10.3390/su15097281.
13. Игнатьев А. В. Методика оценки благоустройства городских территорий на основе анализа геопрограммных данных / А. В. Игнатьев, Н. А. Каплунов, М. А. Куликов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2026. – № 2 (56). – С. 50–55. – DOI 10.52684/2312-3702-2026-56-2-50-55.
14. Зайкова Е. Ю. Фиторемедиационный потенциал озелененных территорий в городе / Е. Ю. Зайкова, С. С. Феофанова // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19, № 5. – С. 685–712. – DOI 10.22227/1997-0935.2024.5.685-712.
15. Ветрова О. А. Повышение энергоэффективности и комфортности здания детского сада по критериям устойчивого развития / О. А. Ветрова, А. В. Пекшеева // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2026. – № 2 (56). – С. 27–31. – DOI 10.52684/2312-3702-2026-56-2-27-31.
16. Окладникова С. В. Интеллектуальная информационная система поддержки принятия решений при проектировании водопроводных кольцевых сетей / С. В. Окладникова, Г. Б. Абуова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2026. – № 2 (56). – С. 32–38. – DOI 10.52684/2312-3702-2026-56-2-32-38.
17. Karamysheva A. A. Efficiency of applying various types of basic renewable energy sources in modern buildings and structures / A. A. Karamysheva // Construction Materials and Products. – 2026. – № 9 (4). – Art. 10. – DOI 10.58224/2618-7183-2026-9-4-10.
18. Данилина Н. В. Разработка методики принятия решений при градостроительном планировании и проектировании береговых территорий малых рек в городах / Н. В. Данилина, Е. В. Котлярова, В. О. Глаголев // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и территориальном планировании. – 2025. – № 4. – С. 19–26. – DOI 10.23947/2949-1835-2025-4-4-19-26.
19. Puzyreva K. Professionalization of community engagement in flood risk management: insights from four European countries / K. Puzyreva, Z. Henning, R. Schelwald, et al. // International Journal of Disaster Risk Reduction. – 2022. – Vol. 71. – Art. 102811. – DOI 10.1016/j.ijdr.2022.102811.
20. Ferreira V. Ecosystem services provided by small streams: an overview / V. Ferreira, R. Albariño, A. Larrañaga, C. J. LeRoy, F. O. Masese, M. S. Moretti // Hydrobiologia. – 2023. – Vol. 850. – P. 2501–2535. – DOI 10.1007/s10750-022-05095-1.
21. Ahern J. From fail-safe to safe-to-fail: sustainability and resilience in the new urban world / J. Ahern // Landscape and Urban Planning. – 2011. – Vol. 100, № 4. – P. 341–343. – DOI 10.1016/j.landurbplan.2011.02.021.

References

1. Kotlyarova Ye. V., Basistaya S. P. Problemi territorialnogo planirovaniya i proektirovaniya beregovikh territorii malikh rek krupnikh gorodov [Territorial planning and design of small-river waterfronts in large cities]. *Biosfernaya sovместimost: chelovek, region, tekhnologii* [Biospheric Compatibility: Human, Region, Technologies]. 2024, no. 4 (48), pp. 41–51. DOI 10.22227/2311-1518.2024.4.41-51.
2. Chapaykin A. M., Antyufeyev A. V. Arkhitekturno-gradostroitelnoe formirovanie dolin malikh rek s uchetom sanatorno-rekreatsionnogo resursa [Architectural and urban formation of small-river valleys with a recreational resource]. *Gradostroitelstvo i arkhitektura* [Urban Construction and Architecture]. 2025, vol. 15, no. 4, pp. 173–184. DOI 10.17673/Vestnik.2025.04.23.
3. Pradilla G., Hack J. An urban rivers renaissance? Stream restoration and green-blue infrastructure in Latin America: insights from urban planning in Colombia. *Urban Ecosystems*. 2024, vol. 27, no. 6, pp. 2245–2265. DOI: 10.1007/s11252-024-01571-9.
4. Sousa M. C., Martins R., Simões N. E., Feio M. J. Ecosystem services of urban rivers: a systematic review. *Aquatic Sciences*. 2025, vol. 87, art. 10. DOI 10.1007/s00027-024-01138-y.
5. Prokopenko V. V. Formirovanie modeli vodno-zelenogo karkasa dlya lineinoi gradostroitelnoi sistemi [Formation of a blue-green framework model for a linear urban-planning system]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU]. 2026, vol. 21, no. 4, pp. 481–494. DOI 10.22227/1997-0935.2026.4.481-494.
6. Riltseva Yu. A. Bioinzhenernie sooruzheniya kak element upravleniya poverkhnostnim stokom gorodskikh territorii [Bioengineering structures as an element of urban surface runoff management]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU]. 2026, vol. 21, no. 6, pp. 976–990. DOI 10.22227/1997-0935.2026.6.976-990.
7. Zaykova Ye. Yu., Feofanova S. S. Zelenaya infrastruktura kak instrument upravleniya livnevimi vodami [Green infrastructure as a stormwater management tool]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU]. 2022, vol. 17, no. 11, pp. 1429–1452. DOI 10.22227/1997-0935.2022.11.1429-1452.
8. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva : Intergovernmental Panel on Climate Change; 2023. DOI 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
9. Fletcher T. D., et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more: the evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*. 2015, vol. 12, no. 7, pp. 525–542. DOI 10.1080/1573062X.2014.916314.
10. Zaykova Ye. Yu., Feofanova S. S. Vodochuvstvitelnii dizain gorodskoi sredi: goroda-gubki i 'umnie' landschafti [Water-sensitive urban design: sponge cities and smart landscapes]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU]. 2024, vol. 19, no. 4, pp. 499–514. DOI 10.22227/1997-0935.2024.4.499-514.
11. Huang L. A systematic review of planning principles for green infrastructure in response to urban stormwater management. *Landscape Research*. 2024, vol. 49, no. 2, pp. 287–300. DOI 10.1080/01426397.2023.2272784.
12. Su J., Wang M., Razi M. A. M., Dom N. M., Sulaiman N., Tan L.-W. A bibliometric review of nature-based solutions on urban stormwater management. *Sustainability*. 2023, vol. 15, no. 9, art. 7281. DOI 10.3390/su15097281.
13. Ignatyev A. V., Kaplunov N. A., Kulikov M. A. Metodika otsenki blagoustroystva gorodskikh territorii na osnove analiza geoprostranstvennikh dannikh [GIS-based model for ecological landscaping of urban territories]. *Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region]. 2026, no. 2 (56), pp. 50–55. DOI 10.52684/2312-3702-2026-56-2-50-55.
14. Zaykova Ye. Yu., Feofanova S. S. Fitoremediatsionnii potentsial ozelenennikh territorii v gorode [Phytoremediation potential of green areas in the city]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU]. 2024, vol. 19, no. 5, pp. 685–712. DOI 10.22227/1997-0935.2024.5.685-712.
15. Vetrova O. A., Peksheeva A. V. Povishenie energoeffektivnosti i komfortnosti zdaniya detskogo sada po kriteriyam ustoichivogo razvitiya [Improving the energy efficiency and comfort of a kindergarten building in accordance with the criteria of sustainable development]. *Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region]. 2026, no. 2 (56), pp. 27–31. DOI 10.52684/2312-3702-2026-56-2-27-31.
16. Okladnikova S. V., Abuova G. B. Intellekturnaya informatsionnaya sistema podderzhki prinyatiya reshenii pri proektirovanii vodoprovodnikov koltsevykh setei [Intelligent decision support system for the design of ring water supply networks]. *Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region]. 2026, no. 2 (56), pp. 32–38. DOI 10.52684/2312-3702-2026-56-2-32-38.
17. Karamysheva A. A. Efficiency of applying various types of basic renewable energy sources in modern buildings and structures. *Construction Materials and Products*. 2026, no. 9 (4), art. 10. DOI 10.58224/2618-7183-2026-9-4-10.
18. Danilina N. V., Kotlyarova Ye. V., Glagolev V. O. Razrabotka metodiki prinyatiya reshenii pri gradostroitel'nom planirovanii i proektirovanii beregovikh territorii malikh rek v gorodakh [Decision-making methodology for planning and design of small-river waterfronts in cities]. *Sovremennye tendentsii v stroitel'stve, gradostroitel'stve i territorial'nom planirovanii* [Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning]. 2025, no. 4, pp. 19–26. DOI 10.23947/2949-1835-2025-4-4-19-26.
19. Puzyreva K., Henning Z., Schelwald R., et al. Professionalization of community engagement in flood risk management: insights from four European countries. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2022, vol. 71, art. 102811. DOI 10.1016/j.ijdrr.2022.102811.
20. Ferreira V., Albariño R., Larrañaga A., LeRoy C. J., Masese F. O., Moretti M. S. Ecosystem services provided by small streams: an overview. *Hydrobiologia*. 2023, vol. 850, pp. 2501–2535. DOI 10.1007/s10750-022-05095-1.
21. Ahern J. From fail-safe to safe-to-fail: sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*. 2011, vol. 100, no. 4, pp. 341–343. DOI 10.1016/j.landurbplan.2011.02.021.

© Е. В. Котлярова, А. А. Карамышева

Ссылка для цитирования:

Котлярова Е. В., Карамышева А. А. Адаптивные энергоэкологические системы в градостроительном планировании и проектировании береговых территорий малых рек // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2026. № 3 (57). С. 27–33.