

ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕРЕГОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ МАЛЫХ РЕК КРУПНЫХ ГОРОДОВ

Екатерина Владимировна Котлярова, Софья Павловна Басистая
Донской государственный технический университет (ДГТУ); г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Целью исследования является выявление существующих особенностей и проблем территориального планирования и проектирования береговых территорий малых рек крупных городов и формирование перечня рекомендаций для дальнейшей работы с ними. Авторами была подтверждена актуальность вопроса в настоящее время, а также приведены результаты анализа использования береговых территорий малых рек в Российской Федерации и зарубежом, где примеры благоустройства и перечень планируемых работ показывают, что при должном подходе и учете особенностей пространства возможна эффективная трансформация береговых территорий малых рек. Установили, что существуют противоречия между современным подходом к территориальному планированию и проектированию береговых территорий малых рек и необходимостью перехода к комплексному этапному подходу для их планирования и проектирования с возможностью создания непрерывных multifunctional объектов вдоль малых рек крупных городов. Проведенный анализ российского и зарубежного опыта является одним из этапов для последующего совершенствования методики территориального планирования и проектирования береговых территорий малых рек на основании пересмотра существующих методических подходов, что позволит в дальнейшем лицам, принимающим решения, на предпроектном этапе принимать научно-обоснованные, экологически эффективные, экономичные и социально ответственные решения, связанные с повсеместным включением береговых территорий малых рек в хозяйственно-экономическую деятельность поселения, и внедрять актуальные приемы из градостроительной практики и ландшафтной архитектуры. В дальнейшем усовершенствованный методический подход к территориальному планированию и проектированию береговых территорий городских (малых) рек может быть использован для их оценки с учетом экологических, экономических, социальных и функциональных факторов с возможностью последующего выбора наиболее эффективных типов благоустройств территорий.

Ключевые слова: водно-зеленый каркас, урбанизированные территории, городская среда, градостроительная экология, береговые территории, малые реки

Для цитирования: Котлярова Е.В., Басистая С.П. Проблемы территориального планирования и проектирования береговых территорий малых рек крупных городов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 4. С. 41–51. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.4.41-51

PROBLEMS OF TERRITORIAL PLANNING AND DESIGNING OF COASTAL AREAS OF SMALL RIVERS OF LARGE CITIES

Ekaterina V. Kotlyarova, Sofia P. Basistaya
Don State Technical University (DSTU); Rostov-on-Don, Russian Federation

The purpose of the study is to identify the existing features and problems of territorial planning and design of small riverside territories of large cities and to form a list of recommendations for further work with them. The authors confirmed the relevance of the issue at the present time, as well as the results of the analysis of the use of coastal areas of small rivers in the Russian Federation and abroad, where examples of improvement and the list of planned works show that with a proper approach and taking into account the features of space is possible effective transformation of the coastal areas of small rivers. We have established that there are contradictions between the modern approach to spatial planning and design of the coastal territories of small rivers and the need to move to an integrated stage approach to their planning and design with the possibility of creating continuous multifunctional objects along small rivers of large cities. The conducted analysis of Russian and foreign experience is one of the stages for further improvement of the methodology of territorial planning and design of small river shore territories on the basis of revision of existing methodological approaches, which will allow decision-makers to make scientifically sound, environmentally effective, economical and socially responsible decisions related to the widespread inclusion of small river shore territories in economic and economic activity at the pre-project stage. In the future, the improved methodological approach to spatial planning and design of urban (small) riverside territories can be used for their assessment taking into account environmental, economic, social and functional factors with the possibility of subsequent selection of the most effective types of territorial improvements.

Keywords: aquatic-green framework, urbanized territories, urban environment, urban planning ecology, coastal territories, small rivers

For citation: Kotlyarova E.V., Basistaya S.P. Problems of territorial planning and designing of coastal areas of small rivers of large cities. Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology. 2024; 4:41-51. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.4.41-51 (rus.).

Введение

Длительное время повсеместное благоустройство городских территорий и создание на них многофункциональных общественных пространств являлось вторичным относительно возведения объектов капитального строительства жилого, коммерческого, промышленного и иных назначений. Постепенно стало возможным наблюдать положительные изменения в этой сфере, включая процесс восприятия жителями подобных пространств. Так, в рамках федерального проекта «Формирование комфортной городской среды», который считается одним из наиболее успешных и эффективных в Российской Федерации, в городах стали появляться новые типы пространств, объединенных поиском идентичности, тщательным подбором малых архитектурных форм, а также выбором элементов преимущественно местного озеленения. При этом действующий порядок взаимодействия с прибрежными территориями не учитывает вопросы гидрогеологии и поверхностного водоотвода, хотя водно-зеленый каркас связывает природные и антропогенные элементы городской среды [1, 2].

В настоящее время для крупных городов Российской Федерации, в границы которых входят малые реки, существует проблема грамотного научно-обоснованного использования их береговых территорий, в том числе в контексте современной ландшафтной архитектуры, а также отсутствует градостроительный механизм их планирования и проектирования по принципу непрерывности с функциональной точки зрения, что подтверждает необходимость исследований в данной области.

Целью исследования является выявление существующих особенностей и проблем территориального планирования и проектирования береговых территорий малых рек крупных городов и формирование перечня рекомендаций для дальнейшей работы с ними.

Материалы и методы

Урбанизация и технологический прогресс увеличивают антропогенную нагрузку на водные ресурсы в крупных городах, ухудшая экологическую обстановку [3, 4]. Возникает необходимость обновления систем поверхностного водоотведения, развития и разработки новых технологий в капитальном строительстве и городском хозяйстве [5, 6], а также совершенствования подходов территориального планирования и проектирования в целом.

Для обеспечения соответствующего уровня экологической безопасности городской среды и комфортных условий жизнедеятельности населения актуальным для изучения и практического вне-

дрения становится вопрос формирования водно-зеленого каркаса [7] с учетом комплексного подхода к территориальному планированию и проектированию береговых территорий малых рек.

К «малым рекам» относят реки, длина каждой из которых составляет не более 100 км, а площадь бассейна в пределах 1–2 тыс. кв. км. Такие реки являются наиболее распространенными элементами гидрографической сети Российской Федерации. Они охватывают значительные территории и вовлечены в хозяйственную деятельность в качестве источника водных ресурсов и приемника сточных вод, а на их водосборной площади проживает около 30 % населения страны.

При этом данная область исследования связана с большим количеством действующих нормативно-правовых документов, анализ которых показал, что при достаточно детальном рассмотрении различных аспектов территориального планирования береговых территорий городских (малых) рек в контексте градостроительной деятельности практически не уделяется внимания. Так, можно сказать, что в настоящее время отсутствует нормативно закреплённый порядок учета гидрологических особенностей береговых территорий малых рек в крупных городах, а также системы поверхностного водоотведения на прилегающих к ним участках, что препятствует слаженной разработке и реализации проектов на их берегах.

В качестве примера существующего состояния береговых территорий малых рек на рисунке представлены результаты визуального осмотра различных участков малой реки Темерник в городе Ростове-на-Дону по состоянию на сентябрь 2024 г.

Важно отметить, что алгоритм исследований воздействия на окружающую среду проектируемых объектов градостроительства, включая объекты городского хозяйства (системы жизнеобеспечения), при интенсивном развитии застроенных территорий определяется характером воздействия и природно-климатическими условиями рассматриваемой урбанизированной территории (региона размещения).

Анализ работ отечественных и зарубежных авторов [8–11] дает возможность сформировать общую последовательность таких исследований:

- необходимо дать подробную характеристику природно-климатическим условиям рассматриваемого района строительства;
- выполнить вычленение из плана развития рассматриваемой территории конкретного вновь строящегося или реконструируемого объекта, либо группы объектов на основе реализации концепции геотехнических систем;
- провести определение механизмов существующей и планируемой реализации вещественных,



a



b

Состояние береговых территорий малой реки Темерник в г. Ростове-на-Дону на переходе возле ул. Шаповалова (*a*) и главного железнодорожного вокзала (*b*)

энергетических и информационных потоков на рассматриваемой территории;

- выполнить оценку видов и границ воздействия на окружающую городскую среду выбранных к рассмотрению объектов градостроительства и городского хозяйства на основе выявления зон воздействия, дифференциации знака и интенсивности воздействия на экосистемы и ландшафты, определения степени воздействия в экстремальных ситуациях по технологическим, экономическим и социальным критериям. При этом весьма важное значение имеет обоснование выбора параметров хозяйственно-экономической деятельности, характеристик состояния природной среды, а также методов прогнозирования и оценивания.

В результате многолетних исследований [12, 13] установлено, что к основным характеристикам хозяйственной деятельности, учет которых крайне необходим для выполнения оценки воздействия хозяйственно-экономической деятельности на окружающую городскую среду, относят:

- пространственно-временную структуру непосредственно используемых видов ресурсов и интенсивность их применения. При этом в качестве ресурса необходимо также рассматривать пространство, необходимое для размещения рассматриваемых объектов проектирования;
- энергетическую мощность рассматриваемых объектов, характеризующую потреблением энергии в единицу времени;
- проектируемый интервал времени жизненного цикла рассматриваемых объектов;
- интенсивность и изменчивость во времени и пространстве образования на рассматриваемых объектах вещественно-энергетических отходов (выбросов, сбросов, материальных потерь), включая их структурные пространственно-временные характеристики;

- виды и характеристики компонентов природной среды, непосредственно подвергающихся воздействию в результате прямого использования ресурсов и отходов.

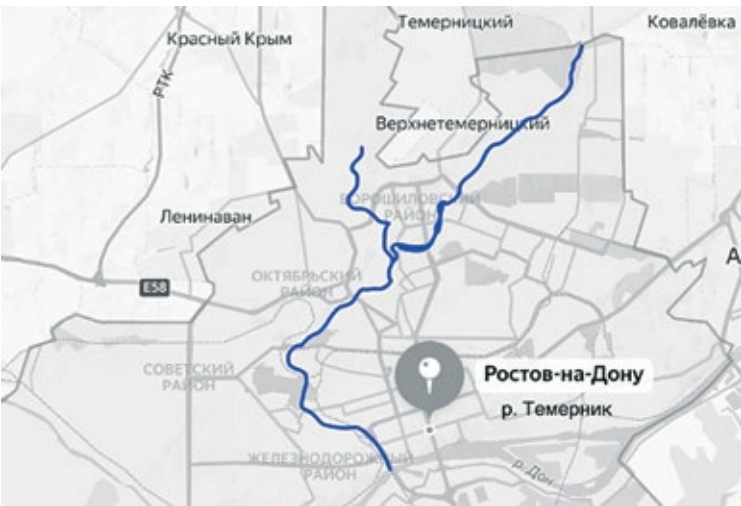
Вышеописанные подходы требуют пересмотра и дополнения для возможности использования их при территориальном планировании и проектировании береговых территорий городских (малых) рек.

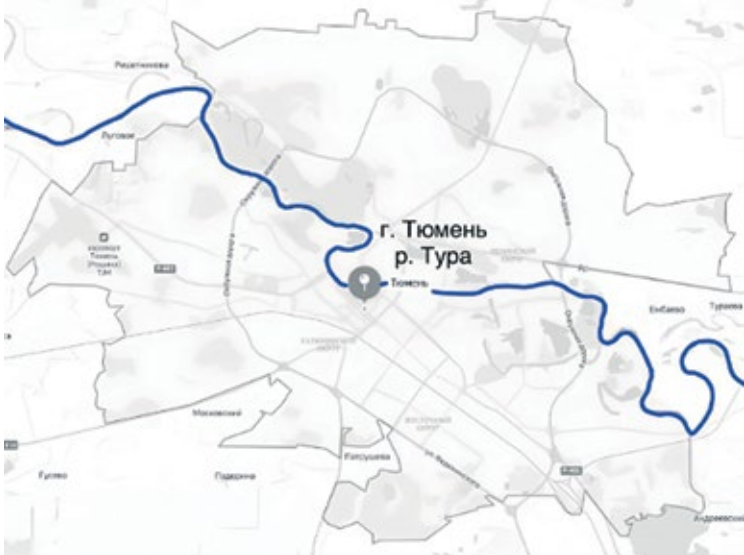
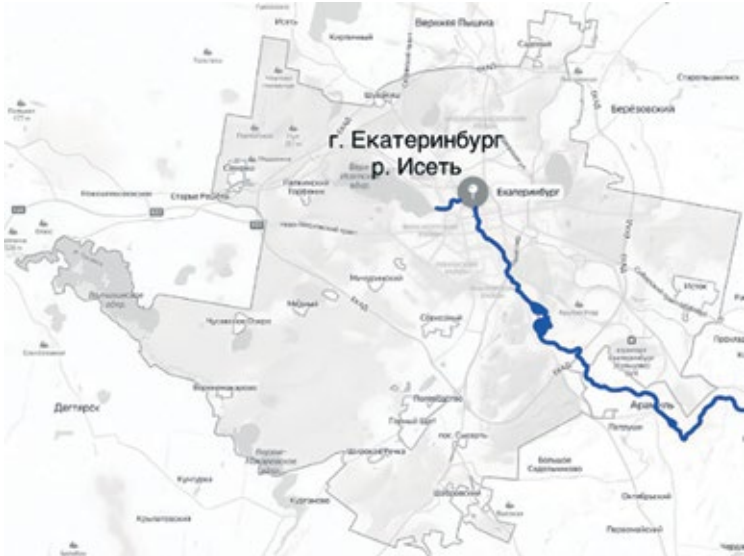
Результаты

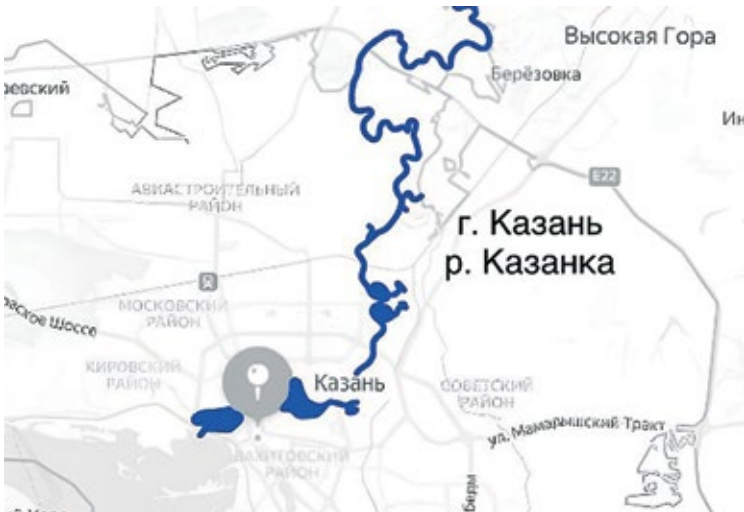
Для систематизации существующих решений по фактическому использованию береговых территорий малых рек в крупных городах Российской Федерации мы предлагаем учитывать следующие характеристики: протяженность реки в границах населенного пункта, включая соотношение с общими размерами поселения (в перспективе), преимущественный характер использования берегов на период исследования, объем водотока, наличие гидротехнических сооружений или иных препятствий по ходу русла в черте города.

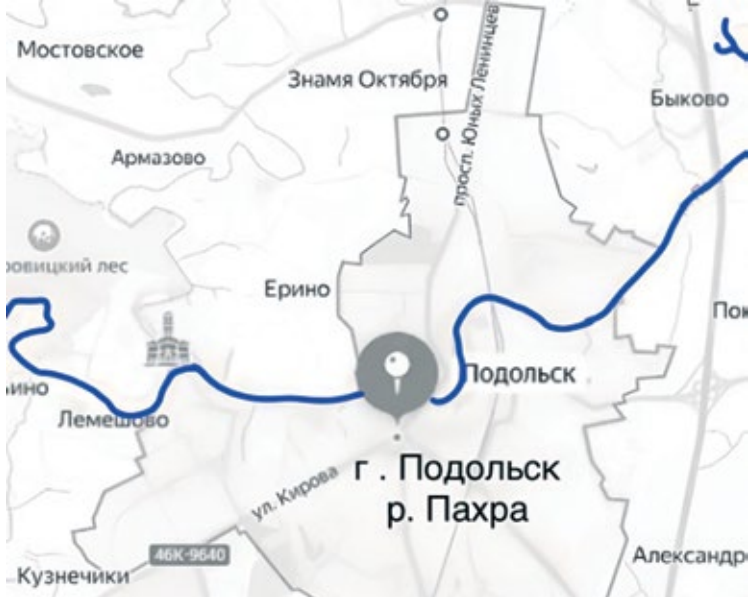
Проведенный анализ показал (табл. 1), что использование береговых территорий малых рек в Российской Федерации на данный период времени не отличается разнообразием и в большинстве своем заключается в точечных преобразованиях. При этом открываются значительные перспективы использования, в том числе на основании исторических аспектов. Ведь малые реки в крупных городах на протяжении многих десятилетий несли не только хозяйственную функцию (слив сточных вод), но и транспортную (до накопления донных отложений многие из малых рек использовали для судоходства), а также были местом проведения знаковых исторических событий (судоходные верфи на р. Темерник во времена правления Петра I). По мнению авторов, учет исторической значимости малых рек в проектах благоустройства береговых терри-

Таблица 1. Анализ использования береговых территорий городских (малых) рек в Российской Федерации

Наименование города	Название реки	Длина в городской черте, км	Особенности на 2024 г., порядок использования, местоположение малой реки в структуре города графически (выборочно)
Москва	Яуза	27,6	Создан непрерывный линейный парк длиной вдоль обоих берегов около 30 км 
Ростов-на-Дону	Темерник	18	Существует проект реабилитации реки и планы по непрерывному парку, но бюрократические и иные вопросы замедляют реализацию 
Краснодар	Белая	15–20	Запланировано проведение исторических исследований реки Белая, организация экологического мониторинга качества ее воды, а также очистка ее берегов от бытового мусора
	Карасун	45	Проект «Карасунские пруды» направлен на реализацию концепции водно-зеленого каркаса в городе. Отдельная непротяженная территория
Ставрополь	Мутнянка	9,1	Разработан проект по очистке реки в рамках «Марафона зеленых дел», в настоящее время благоустройство отсутствует
	Желобовка	2,5	Запланировано благоустройство бульвара имени генерала А.П. Ермолова, т.е. часть одного из берегов
	Мамайка	12,5	Разработан проект укрепления берега реки, что может являться хорошей основой для дальнейших работ

Наименование города	Название реки	Длина в городской черте, км	Особенности на 2024 г., порядок использования, местоположение малой реки в структуре города графически (выборочно)
Тюмень	Тура	30	Архитектурно-инженерная группа «Ист» подготовила видеопрезентацию концепции благоустройства набережной реки Тура в Тюмени. Проект подразумевает развитие территории от Свято-Троицкого монастыря до Масловского взвоза. Также разработан проект очистки реки с помощью гидроустановок 
Екатеринбург	Исеть	20	Непрерывное благоустройство отсутствует, но благоустройство части набережной вдоль улицы Горького было признано лучшим реализованным проектом общественного пространства на конкурсе «Золотой Трезини» 

Наименование города	Название реки	Длина в городской черте, км	Особенности на 2024 г., порядок использования, местоположение малой реки в структуре города графически (выборочно)
Казань	Казанка	15	Стратегия предусматривает благоустройство набережной реки Казанки протяженностью 22 км. Планируется создать 12 новых парков на береговой линии от Голубых озер до Волги, 60 км велосипедных и пешеходных маршрутов и более двух десятков точек доступа к прибрежным территориям. В настоящее время проект еще не реализован  The map shows the city of Kazan with the Kazaanka river flowing through it. Key districts labeled include Vysoкая Gора, Берёзовка, Ин, Авиационный район, Московский район, Кировский район, Советский район, and Вахтовский район. The river is highlighted in blue, and the city center is marked with a red dot.
Санкт-Петербург	Охта Карповка	18 7,5	Комплексное благоустройство отсутствует, но в настоящее время на набережной Карповки от улицы Всеволода Вишневского до Газовой улицы появились мощенная плиткой пешеходная дорожка, скамейки, урны, фонари, парковки для велосипедов, а также небольшой понтон с видом на корпуса завода «Источник», т.е. преобразована часть территории  The map shows the city of Saint-Petersburg with the Ohta river flowing through it. Key districts labeled include Белоостров, Сертолово, Парголово, Бугры, Мурино, Всеволожск, Колтуши, Кудрово, Лисий Нос, and Лесное. The river is highlighted in blue, and the city center is marked with a red dot.

Наименование города	Название реки	Длина в городской черте, км	Особенности на 2024 г., порядок использования, местоположение малой реки в структуре города графически (выборочно)
Нижний Новгород	Почайна	20	Разработан проект благоустройства Почаинского оврага. Комплексное благоустройство вдоль малой реки отсутствует
Подольск	Пахра	8–10	Запланированы работы по благоустройству части набережной реки Пахры 
Саратов	Гуселка	13	В настоящее время берега преимущественно заросли и мало используются. Частичное благоустройство запланировано до 2030 г.

торий способен усилить социальный и эмоциональный подтекст формируемого общественного пространства, а также повысить его посещаемость, что, в свою очередь, приведет к повышению спроса на товары и услуги, расположенные рядом. Графическое отображение местоположения перечисленных в таблице малых рек показывает, что они находятся, как правило, в густонаселенных и наиболее востребованных с экономической и социальной точек зрения районах городов.

В табл. 2 приведены сравнительные данные по использованию береговых территорий малых рек зарубежом, где примеры благоустройства и перечень планируемых работ показывают, что при должном подходе и учете функциональных особенностей территории (восстановление русла, учет площади водосбора, изучение и защита биоразнообразия и так далее) возможна трансформация «неудобных», на первый взгляд, участков в перспективные для хозяйственно-экономической деятельности пространства градостроительного субъекта.

По результатам сравнительного анализа полученных данных можно отметить, что в отечествен-

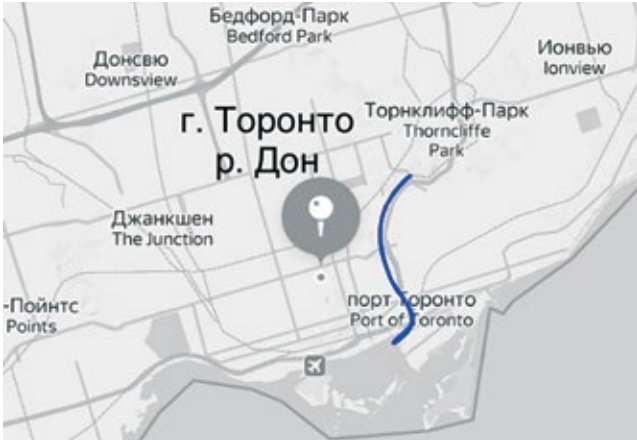
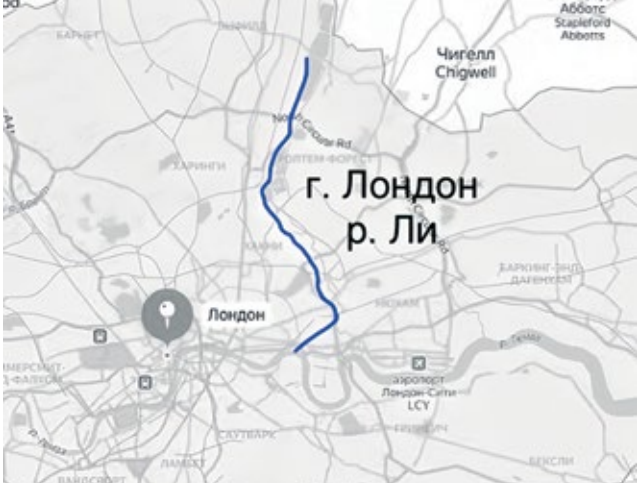
ной градостроительной практике, как правило, проявляют интерес к городским (малым) рекам при обращениях со стороны местных жителей или в случае резкого ухудшения состояния водного объекта во избежание эпидемиологических и иных рисков. Что касается береговых территорий, то они планируются в работу исключительно с привязкой к прилегающим участкам общественной или жилой застройки, без учета принципа непрерывности.

Зарубежные примеры показывают преимущественно комплексный подход при работе с городскими (малыми) реками, а именно возрождение и очистка устья с последующим созданием прогулочных зон или линейных экопарков, что создает основу для последующей непрерывности.

Исходя из вышеизложенного, можно выделить следующие проблемы при территориальном планировании и проектировании береговых территорий городских (малых) рек:

- отсутствие комплексного подхода;
- работа с отдельными участками линейного объекта как при очистке, так и при благоустройстве без учета принципа непрерывности;

Таблица 2. Анализ использования береговых территорий зарубежных городских (малых) рек

Наименование города	Название реки	Длина в городской черте, км	Особенности на 2024 г., порядок использования, местоположение малой реки в структуре города графически (выборочно)
Торонто	Дон	28,6	Завершены восстановление устья реки и его очистка как предварительный этап комплексного благоустройства 
Онтарио Канада	Хамбер	60,7	Разработан план водосбора и создана тропа по всей протяженности реки
Осло	Акерсэльва	9	Вдоль реки создан экологический парк с возможностью посещения жителями и туристами
Джакарта	Чиливунг	22,5	Реализовывается проект по очистке и возрождению реки с сопутствующим благоустройством
Лондон	Ли	25	Как часть реабилитации реки выполняется восстановление самоподдерживающейся популяции усаечей в пределах Олд-Ривер-Ли 
Уоттон-эт-Стоун	Бин	3,5	Реализация проекта восстановления растительности на береговых территориях, планируется благоустройство
Ройдон	Сторт	3,7	Восстановление малой реки с организацией заповедника вдоль ее берегов

- отсутствие в действующей нормативно-правовой базе необходимой терминологии относительно береговых территорий и проектирования по принципу непрерывности и взаимосвязанности.

Дискуссия

Несмотря на то, что проблеме территориального планирования и проектирования городских территорий посвящено большое количество исследований,

можно утверждать о становлении этого научного направления в контексте береговых территорий городских (малых) рек и начале формирования для него соответствующего методологического обеспечения.

В этой связи для дальнейшего совершенствования методологии территориального планирования и проектирования береговых территорий городских (малых) рек, а также для последующего исследования взаимосвязи между типами обустройства городских (малых) рек и комфортностью жизни жителей прилегающих территорий, туристической привлекательности и т.д. и разработки системного научно-методологического подхода к территориальному планированию и проектированию береговых территорий городских (малых) рек с учетом эколого-функциональных и социально-экономических факторов авторами проведен анализ предложенных подходов с выявлением положительных особенностей, которые приняты в работе как основные научные постулаты. Таким образом, в качестве научной основы для исследования авторами использованы основные положения, выводы и зависимости, сформулированные в перечисленных выше теоретических подходах.

Заключение

Таким образом было установлено, что существуют противоречия между современным подходом к территориальному планированию и проектированию береговых территорий малых рек и необходимостью перехода к комплексному этапному подходу для их планирования и проектирования с возможностью создания непрерывных многофункциональных объектов вдоль малых рек крупных городов, что положительно скажется на комфортности жизни жителей и состоянии их здоровья [14].

Разрабатываемые авторами научный подход и соответствующая ему усовершенствованная методика территориального планирования и проектирования береговых территорий малых рек, на основании пересмотра существующих методических подходов, позволят лицам, принимающим решения, в предпроектном этапе принимать научно-обоснованные, экологически эффективные, экономичные и социально ответственные решения, связанные с повсеместным включением береговых территорий малых рек в хозяйственно-экономическую деятельность поселения, и внедрять актуальные приемы из градостроительной практики [15] и ландшафтной архитектуры.

По результатам исследования были выявлены современные особенности и проблемы территориального планирования и проектирования береговых территорий малых рек крупных городов и сформирован перечень рекомендаций для дальнейшей работы с ними.

На следующем этапе планируется также уделить внимание экологическим, экономическим, социальным и функциональным факторам развития территорий, а также их взаимосвязанным сочетаниям (социально-экономические и эколого-функциональные) для совершенствования способов принятия решений относительно благоустройства береговых территорий малых рек. В дальнейшем усовершенствованный методический подход к территориальному планированию и проектированию береговых территорий городских (малых) рек может быть использован для их оценки с учетом экологических, экономических, социальных и функциональных факторов с возможностью последующего выбора наиболее эффективных типов благоустройств территорий и внедрения решений в планируемые системы «умных» городов [16].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Camila Gomes Sant'Anna, Ian Mell, Luciana Bongiovanni Martins Schenk.* Guided by water: green infrastructure planning and design adapted to climate change // *Urban Services to Ecosystems: Future City.* 2021. No. 17. Pp. 333–344. DOI: 10.1007/978-3-030-75929-2_18
2. *Blocken B., Stathopoulos T., Van Beeck J.P.A.J.* Pedestrian-level wind conditions around buildings: Review of wind-tunnel and CFD techniques and their accuracy for wind comfort assessment // *Building and Environment.* 2016. No. 100. Pp. 50–81. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.02.004
3. *Jun Yang, Yuxin Yang, Dongqi Sun, Cui Jin, Xiangming Xiao.* Influence of urban morphological characteristics on thermal environment // *Sustainable Cities and Society.* 2021. No. 72. P. 103045. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103045
4. *Minh Tuan Le, Bakaeva N., Danilina N., Thi Van Anh Hoang.* Method of identifying urban heat islands by remote sensing based on big data // *E3S Web of Conferences.* 2023. No. 403. P. 05007. DOI: 10.1051/e3sconf/202340305007
5. *Zubarev K., Gagarin V.* Heat and moisture transfer in building enclosing structures // *XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021".* 2022. Pp. 257–266. DOI: 10.1007/978-3-030-80946-1_26

6. Zubarev K., Rynkovskaya M., Fedoseev V.D., Sapronova Y.A. Studying temperature and moisture conditions of building envelopes using a condensation nomogram // *E3S Web of Conferences*. 2024. No. 549. P. 05019. DOI: 10.1051/e3sconf/202454905019
7. Xiaojun Xiang, Qiong Li, Khan Sh., Osamah Ibrahim Khalaf. Urban water resource management for sustainable environment planning using artificial intelligence techniques // *Environmental Impact Assessment Review*. 2021. No. 86. P. 106515. DOI: 10.1016/j.eiar.2020.106515
8. Nimra Shahid, Munam Ali Shah, Abid Khan, Gwanggil Jeon, Carsten Maple. Towards greener smart cities and road traffic forecasting using air pollution data // *Sustainable Cities and Society*. 2021. No. 72. P. 103062. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103062
9. Tao Lin, Wenhao Qian, Hongwei Wang, Yu Feng. Air pollution and workplace choice: evidence from China // *Environmental Research and Public Health*. 2022. No. 19(14). P. 8732. DOI: 10.3390/ijerph19148732
10. Da Lu, Yihe Lu, Guangyao Gao, Siqi Sun, Yi Wang, Bo-Jie Fu. A landscape persistence-based methodological framework for assessing ecological stability // *Environmental Science and Ecotechnology*. 2024. No. 17 (24). P. 100300. DOI: 10.1016/j.es.2023.100300
11. Liang-jun Long. Eco-efficiency and effectiveness evaluation toward sustainable urban development in China: a super-efficiency SBM–DEA with undesirable outputs // *Environment Development and Sustainability*. 2021. No. 23 (9). Pp. 14982–14997. DOI: 10.1007/s10668-021-01282-7
12. Kotlyarova E. Improving the methodology for assessing the level of environmental safety of urban areas as the basis of their life cycle // *E3S Web of Conferences*. 2023. No. 389 (4). P. 09062. DOI: 10.1051/e3sconf/202338909062
13. Kotlyarova E. Basic scientific principles of improving the methodology for the assessment of the level of environmental safety of urbanized territories // *AIP Conference Proceedings*. 2023. No. 2560. P. 020010. DOI: 10.1063/5.0124786
14. Bickler G., Morton S., Menne B. Health and sustainable development: An analysis of 20 European voluntary national reviews // *Public Health*. 2020. No. 180. Pp. 180–184. DOI: 10.1016/j.puhe.2019.10.020
15. Muhammad Shahzad, Muhammad Tariq Shafiq, Dean Douglas, Mohamad Kassem. Digital twins in built environments: an investigation of the characteristics, applications, and challenges // *Buildings*. 2022. No. 12 (2). P. 120. DOI: 10.3390/buildings12020120
16. Danilina N., Majorzadehzahiri A. Impact of smart city on formation of a sustainable social smart city // *AIP Conference Proceedings*. 2023. No. 2791. P. 050025. DOI: 10.1063/5.0143458

Об авторах: **Екатерина Владимировна Котлярова** — кандидат экономических наук, доцент, доцент Института опережающих технологий; **Донской государственный технический университет (ДГТУ)**; 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1; e-mail: ekkot.arch@gmail.com;

Софья Павловна Басистая — студент 4-го курса Института опережающих технологий; **Донской государственный технический университет (ДГТУ)**; 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1; e-mail: sofiimih24@gmail.com.

REFERENCES

1. Camila Gomes Sant`Anna, Ian Mell, Luciana Bongiovanni Martins Schenk. Guided by water: green infrastructure planning and design adapted to climate change. *Urban Services to Ecosystems: Future City*, 17. 2021; 333-344. DOI: 10.1007/978-3-030-75929-2_18
2. Blocken B., Stathopoulos T., Van Beeck J.P.A.J. Pedestrian-level wind conditions around buildings: Review of wind-tunnel and CFD techniques and their accuracy for wind comfort assessment. *Building and Environment*. 2016; 100:50-81. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.02.004
3. Jun Yang, Yuxin Yang, Dongqi Sun, Cui Jin, Xiangming Xiao. Influence of urban morphological characteristics on thermal environment. *Sustainable Cities and Society*. 2021; 72:103045. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103045
4. Minh Tuan Le, Bakaeva N., Danilina N., Thi Van Anh Hoang. Method of identifying urban heat islands by remote sensing based on big data. *E3S Web of Conferences* 403. 2023; 05007. DOI: 10.1051/e3sconf/202340305007
5. Zubarev K., Gagarin V. Heat and moisture transfer in building enclosing structures. *XIV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2021"*. 2022; 257-266. DOI: 10.1007/978-3-030-80946-1_26
6. Zubarev K., Rynkovskaya M., Fedoseev V.D., Sapronova Y.A. Studying temperature and moisture conditions of building envelopes using a condensation nomogram. *E3S Web of Conferences* 549. 2024; 05019. DOI: 10.1051/e3sconf/202454905019
7. Xiaojun Xiang, Qiong Li, Shah Nawaz Khan, Osamah Ibrahim Khalaf. Urban water resource management for sustainable environment planning using artificial intelligence techniques. *Environmental Impact Assessment Review*. 2021; 86:106515. DOI: 10.1016/j.eiar.2020.106515

8. Nimra Shahid, Munam Ali Shah, Abid Khan, Gwanggil Jeon, Carsten Maple. Towards greener smart cities and road traffic forecasting using air pollution data. *Sustainable Cities and Society*. 2021; 72:103062. DOI: 10.1016/j.scs.2021.103062
9. Tao Lin, Wenhao Qian, Hongwei Wang, Yu Feng. Air pollution and workplace choice: evidence from China. *Environmental Research and Public Health*. 2022; 19(14):8732. DOI: 10.3390/ijerph19148732
10. Da Lu, Yihe Lu, Guangyao Gao, Siqi Sun, Yi Wang, Bo-Jie Fu. A landscape persistence-based methodological framework for assessing ecological stability. *Environmental Science and Ecotechnology*. 2024; 17(24):100300. DOI: 10.1016/j.esse.2023.100300
11. Liang-jun Long. Eco-efficiency and effectiveness evaluation toward sustainable urban development in China: a super-efficiency SBM–DEA with undesirable outputs. *Environment Development and Sustainability*. 2021; 23(9):14982-14997. DOI: 10.1007/s10668-021-01282-7
12. Kotlyarova E. Improving the methodology for assessing the level of environmental safety of urban areas as the basis of their life cycle. *E3S Web of Conferences*. 2023; 389(4):09062. DOI: 10.1051/e3sconf/202338909062
13. Kotlyarova E. Basic scientific principles of improving the methodology for the assessment of the level of environmental safety of urbanized territories. *AIP Conference Proceedings*. 2023; 2560:020010. DOI: 10.1063/5.0124786
14. Bickler G., Morton S., Menne B. Health and sustainable development: An analysis of 20 European voluntary national reviews. *Public Health*. 2020; 180:180-184. DOI: 10.1016/j.puhe.2019.10.020
15. Muhammad Shahzad, Muhammad Tariq Shafiq, Dean Douglas, Mohamad Kassem. Digital twins in built environments: an investigation of the characteristics, applications, and challenges. *Buildings*. 2022; 12(2):120. DOI: 10.3390/buildings12020120
16. Danilina N., Majorzadehzahiri A. Impact of smart city on formation of a sustainable social smart city. *AIP Conference Proceedings*. 2023; 2791:050025. DOI: 10.1063/5.0143458

About the authors: **Ekaterina V. Kotlyarova** — Associate Professor of the Institute of Advanced Technologies; **Don State Technical University (DSTU)**; 1 Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation; e-mail: ekkot.arch@gmail.com;

Sofia P. Basistaya — 4th year Student of the Institute of Advanced Technologies; **Don State Technical University (DSTU)**; 1 Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation; e-mail: sofiiimih24@gmail.com.