

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

*На правах рукописи*

**Илларионова Ольга Алексеевна**

**Зелёная инфраструктура приречных территорий  
в крупных городах России**

Специальность 1.6.21 – Геоэкология (по географическим наукам)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата географических наук

Москва – 2023

Диссертация подготовлена на кафедре физической географии мира и геоэкологии  
географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

<b>Научный руководитель</b>	–	<i>Климанова Оксана Александровна, кандидат географических наук, доцент</i>
<b>Официальные оппоненты</b>	–	<i>Кириллов Сергей Николаевич, доктор экономических наук, профессор, кафедра рационального природопользования, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, профессор Мячина Ксения Викторовна, доктор географических наук, отдел природно-техногенных геосистем, Институт степи УрО РАН Оренбургского федерального исследовательского центра УрО РАН, ведущий научный сотрудник Булдакова Екатерина Валентиновна, кандидат географических наук, лаборатория геоэкологии г. Москвы и городских агломераций, Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, ведущий научный сотрудник</i>

Защита диссертации состоится «16» марта в 15:00 на заседании диссертационного совета МГУ.016.9 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, Главное здание МГУ, географический факультет, 18-й этаж, ауд. 1801.

E-mail: summerija@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на портале: <https://dissovet.msu.ru/dissertation/016.9/2410>

Автореферат разослан « » 2023 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
кандидат географических наук



М.А. Смирнова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Постановка проблемы и актуальность исследования.** Проблема взаимоотношений города и реки традиционно привлекает внимание географов, рассматривающих ее с позиций разных тематических направлений (геоморфологии – Бредихин, 2005; Хныкина, 2016; Смелова, 2018; гидрологии – Меньшиков, 2010; Китаев, 2015; Чалов, 2016; геоботаники – Ковзик, 2013; Ильина, 2018; Холенко, 2019; геохимии – Варава, 2007; Иванников, 2010; Гордиенко, 2021; ландшафтоведения – Мильков, 1977; Березина, 2015; Дьяченко, 2015; Дедова, 2015). Наряду с географией эти вопросы исследуются также в градостроительстве и территориальном планировании (Фирсова, 2009; Ивашкина, 2018; Кадацкая, 2020; Кулакова, 2020), где для обозначения озелененных территорий, прилегающих к реке, используются термины «водно-зелёная инфраструктура» (O'Donnell, 2021) и водно-зелёный диаметр (Горохов, 1991).

В природе реки формируют интразональные ландшафты речных долин; в городе вдоль крупного водотока образуется особая функциональная и планировочная зона, освоение которой в России в значительной степени ограничено существующей законодательной базой по зонам затопления и подтопления. Особые гидрологические, геоморфологические, микроклиматические и геохимические условия речной долины определяют характер использования земель в городе, что, с одной стороны, ограничивает освоение, а с другой – предоставляет возможность для формирования уникального типа землепользования. По мере изменения функций городов меняются и функции их приречных территорий (ПРТ), что особенно ярко проявляется в крупных и крупнейших городах России, где наиболее четко выражены тенденции перехода к постиндустриальному этапу городского развития. Для него характерно возрастание значения зеленой инфраструктуры (ЗИ) (широко используемого с конца 1990-х гг. в Европе и Северной Америке термина для обозначения связанных между собой озелененных территорий) как важной составляющей повышения городской устойчивости. В этих условиях приоритет в использовании приречных территорий отдается рекреации, приобретают широкое развитие проекты по ренатурализации и экореабилитации долин больших и малых рек (Interreg Europe, 2022).

Все вышесказанное определяет необходимость переосмысления функций приречных территорий в крупных и крупнейших городах России на современном этапе градостроительного развития, актуализирует работы по оценке современного состояния их зеленой инфраструктуры приречных территорий и ее роли в экосистемных услугах города

и его экологического каркаса. Это и определяет актуальность представленного диссертационного исследования.

**Цель исследования:** оценить ландшафтно-экологическое состояние зелёной инфраструктуры приречных территорий в крупных городах России на современном этапе градостроительного освоения.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие **задачи исследования:**

- 1) проанализировать факторы, определяющие формирование и современное состояние зелёной инфраструктуры приречных территорий в крупных городах;
- 2) разработать методику выделения приречных территорий и оценки ландшафтно-экологического состояния их зелёной инфраструктуры;
- 3) на примере крупных городов России, расположенных в разных зонально-климатических условиях, оценить ландшафтно-экологическое состояние зелёной инфраструктуры их приречных территорий;
- 4) определить вклад зелёной инфраструктуры приречных территорий в общегородской объём экосистемных услуг и их роль в водно-зеленом каркасе города.

**Объект исследования:** зелёная инфраструктура приречных территорий главных рек в крупных городах России. Более подробно рассмотрена инфраструктура следующих городов: Волгоград, Иркутск, Казань, Красноярск, Нижний Новгород, Омск, Ростов-на-Дону, Самара, Уфа, Хабаровск.

**Предмет исследования:** ландшафтно-экологическое состояние и экосистемные услуги зелёной инфраструктуры приречных территорий.

**Методология и методы исследования.** Теоретико-методологической базой исследования стало представление о современных ландшафтах как сложно организованных природно-антропогенных геосистемах, возникших в результате длительного взаимодействия общества и природы (Э.П. Романова, Л.И. Куракова, Е.В. Миланова, Н.Н. Алексеева и др.). Городские ландшафты относятся к категории техногенных комплексов, в которых в той или иной степени преобразованы все компоненты. Работа также опирается на представления в области городской экологии R.T. Forman (1997), который показывает город как мозаику застроенных и незастроенных территорий – «серой» и «зелёной» инфраструктуры, взаимосвязанных между собой.

При проведении исследования использованы сравнительно-географический, статистический и картографический методы, а также метод геоинформационного моделирования. Статистические расчёты и цифровое моделирование рельефа реализованы в программных пакетах ArcMap 10.3 и Saga 8.0.1. Картографирование ареалов зелёной

инфраструктуры и дешифрирование космических снимков проводилось в программном пакете ArcMap 10.3. Ландшафтно-экологические параметры были рассчитаны в программе Fragstats. Для уточнения реального использования территорий, ландшафтной приуроченности элементов зелёной инфраструктуры, степени и качества озеленения и благоустройства были проведены полевые исследования ПРТ в Волгограде, Красноярске, Нижнем Новгороде, Казани и Уфе с выполнением более 120 полевых описаний точек.

**Исходные материалы.** В основу исследования положены открытые геопространственные данные: спектральные космические снимки Landsat 8 с пространственным разрешением 30 м, цифровая модель рельефа Aster, векторные данные геопортала OpenStreetMap и данные собственных полевых исследований, проведенные в 2019-2022 гг. в 5 из 10 исследованных городов. Также были широко использованы статистические данные сайта Федеральной службы государственной статистики (Росстат), ежегодники Росгидромета, данные Федерального агентства водных ресурсов, генеральные планы городов.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Важнейшим фактором формирования и современного состояния зелёной инфраструктуры приречных территорий в крупных городах выступает характер трансформации речной долины и речного русла в черте города и выше по течению в ходе антропогенного освоения. Геоморфологическая приуроченность элементов зелёной инфраструктуры определяется, главным образом, сохранностью пойм и представленностью террасового комплекса на главной реке, тип наземного покрова – историей градостроительного освоения приречных территорий и их принадлежностью к функциональной зоне города.
2. Выделение приречных территорий на незастроенных участках в городах целесообразно проводить с использованием подходов, применяемых в геоморфологии, на застроенных – с дополнительным учетом планировочной структуры города. Оценка ландшафтно-экологического состояния зелёной инфраструктуры основана на учете функционального зонирования приречных территорий, абсолютных и относительных параметров озелененности, структуре наземного покрова и ландшафтных метрик фрагментарности.
3. Во всех изученных городах озелененность приречных территорий выше, чем общая озелененность города. В Хабаровске, Омске, Нижнем Новгороде и Иркутске по площади в составе зелёной инфраструктуры преобладает естественная луговая растительность пойменных островов и низких прибрежных пойменных массивов. В Волгограде, Ростове-на-Дону, Красноярске и Казани высока доля культурных

древесных насаждений городских парков и скверов высоких пойм и надпойменных террас. Условно-естественные леса лучше всего представлены на надпойменных террасах в Уфе и Самаре.

4. Вклад зеленой инфраструктуры приречных территорий в общегородской объем экосистемных услуг выше, чем их вклад в площадь города. Роль транзитных элементов в водно-зеленом каркасе города лучше всего выполняют поймы и/или острова с минимально фрагментированной зелёной инфраструктурой в Красноярске и Омске. Слабее всего транзитные функции выражены в Казани и Ростове-на-Дону, где несмотря на высокую общую озелененность приречных территорий, зелёная инфраструктура существенно фрагментирована и отсутствуют значительные по площади рекреационные зоны.

#### **Научная новизна работы.**

1. Определены и обобщены факторы формирования и трансформации зелёной инфраструктуры приречных территорий в крупных городах России;
2. Разработаны методика выделения приречных территорий в крупных городах в условиях разных эколого-географических ситуаций и алгоритм оценки ландшафтно-экологического состояния зелёной инфраструктуры и функций приречных территорий на основе общедоступных геопространственных данных;
3. На основе единого алгоритма проведена оценка современного ландшафтно-экологического состояния и степени фрагментарности зелёной инфраструктуры приречных территорий для 10 крупных городов России: Нижнего Новгорода, Казани, Волгограда, Самары, Омска, Уфы, Ростова-на-Дону, Красноярска, Иркутска и Хабаровска;
4. Определена роль зелёной инфраструктуры приречных территорий в системе водно-зеленого каркаса городов с разной историей градостроительного освоения.

**Научно-практическая значимость.** Теоретические и практические результаты работы могут быть использованы в работах по градостроительному проектированию и обустройству городских ландшафтов. Оценка состояния зелёной инфраструктуры выполнена на основе открытых геопространственных данных, что является необходимым условием для проведения такого рода исследований на городском уровне в масштабах страны. Разработанная система качественных и количественных показателей может быть использована для оперативной оценки состояния ПРТ и их зелёной инфраструктуры в крупных городах России, ее результаты будут полезны для дальнейшего благоустройства приречных территорий и учёта их экосистемных функций для формирования комфортной городской среды.

Полученные результаты также могут быть использованы в учебном процессе при чтении курсов при подготовке экологов, географов и градостроителей.

**Личный вклад.** Автором лично разработан алгоритм оценки экосистемных услуг приречных территорий и зелёной инфраструктуры по блокам индикаторов на основе открытых геоданных. Составлены карты наземного покрова 10 рассмотренных городов, выделены их приречные территории, а также рассчитана фрагментарность зелёной инфраструктуры на ПРТ. Проведены полевые исследования с получением описаний объектов исследования. Методы дешифрирования космических снимков для оценки и инвентаризации зелёной инфраструктуры, выборки природно-культурных аттракторов, расчёта фрагментарности растительного покрова, а также подходы к пространственному моделированию на основе цифровых моделей рельефа для выделения приречных территорий были разработаны совместно с к.г.н. О.А. Климановой и д.г.н. Е.Ю. Колбовским.

**Достоверность результатов** исследования подтверждается всесторонним анализом теоретических подходов, применяемых для анализа состояния зелёной инфраструктур городов и формирования приречных территорий, а также применением современных методов геоинформационного и статистического моделирования. Результаты по инвентаризации растительного покрова были экспертно верифицированы автором по космическим снимкам сверхвысокого разрешения при помощи опции Basemap в ArcMap 10.3, функциональное зонирование и современное состояние приречных территорий в 5 рассмотренных городах были уточнены в ходе полевых исследований.

**Апробация работы.** Результаты исследования были представлены автором в 2019-2022 гг. на шести международных конференциях, в т.ч. на конференциях *Современные направления развития физической географии: научные и образовательные аспекты в целях устойчивого развития* (Минск, Беларусь, 2019); *Биоразнообразие и экосистемные услуги: принципы управления в России и международные процессы* (Москва, 2019); конгрессе *Cities, regions and digital transformations: opportunities, risks and challenges* (Лион, Франция, 2019); *Smart and Sustainable Cities Online Conference* (Москва, 2020); *Мировая экологическая повестка и Россия* (Москва, 2020); *Международный опыт в изучении актуальных проблем географии: просто о сложном* (Москва, 2020), а также в рамках семинаров летней школы *3MUGIS International Summer School* (Москва, 2022).

Разработанные подходы внедрены в ходе реализации проекта «Оценка биоразнообразия и экосистемных услуг в Российской Федерации – принципы управления и международные процессы», выполненного при поддержке Федерального министерства окружающей среды Германии и Министерства экологии и природных ресурсов Российской

Федерации. Методические подходы к оценке рекреационных функций и ёмкости территорий использованы при составлении соответствующих методических рекомендаций Министерством экономического развития России (2019) и в проектных разработках территориальной схемы развития туризма в Российской Федерации (2022).

**Публикации.** Материалы исследования изложены в 11 печатных работах, в том числе в 6 изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science/Scopus. В работах, опубликованных в соавторстве, основополагающий вклад принадлежит соискателю.

**Структура и объём работы.** Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка используемой литературы. Диссертационное исследование изложено на 204 страницах, включает 43 рисунка и 15 таблиц. Список литературы содержит 217 источников.

**Благодарности.** Автор выражает благодарность научному руководителю к.г.н. О.А. Климановой за помощь и поддержку на всех этапах выполнения работы; д.г.н. Е.Ю. Колбовскому за ценные советы по организации работы и подбору методов исследования; к.г.н. Н.Н. Алексеевой за важные предложения, касающиеся её структуры и содержания; д.г.н. Р.С. Чалову и д.б.н. Е.Н. Букварёвой за научные консультации.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Теоретические подходы к исследованию приречных территорий и зелёной инфраструктуры**

Теоретические подходы к исследованию приречных территорий в городах рассмотрены в работе согласно следующей логике: город – приречные территории – зелёная инфраструктура приречных территорий. Каждая из составляющих этой цепочки может быть интерпретирована как территориальная система, формирующаяся в условиях совместного действия природных и антропогенных факторов.

Теоретические основы исследования городской зелёной инфраструктуры в отечественной географии отражены в концепции экологического каркаса (в т.ч. и для городов), активно развивавшейся в 1980-х годах В.В. Владимировым, Э.Н. Сохиной, Е.С. Зархиным, П. Кавалюскасасом, Н.Ф. Реймерсом. Предшественником зелёного каркаса города отчасти является модель «города-сада» Э. Говарда, получившая развитие в последующих трудах В. Кристаллера, Э. Глойдена и наших соотечественников В.В. Владимирова, Ю.П. Бочарова, В.А. Лаврова. В работах А.С. Курбатовой и Е.Ю. Колбовского сформулировано понятие градоэкологического и природоэкологического каркасов.

Рассмотрению собственно зелёной инфраструктуры посвящены научные работы, оценивающие её состояние (Benedict, McMahon, 2012; Marziliano, 2013; Морозова, 2020; Кравчук, 2019), экосистемные услуги (Lovell, 2013; Hansen, Pauleit, 2014; Haase, 2017; Бобылёв, 2022; Климанова, 2018), геоэкологические функции (Mell, 2010; Климанова, Колбовский, 2016) и вклад в формирование комфортной и устойчивой городской среды (Davies, Hansen, 2015; Морозова, 2017; Недева, 2015).

В зарубежной научной литературе приречные территории в городе признаются как горячие точки биоразнообразия (Groffman et al., 2003; Asakawa, 2004; Everard, 2012). Оценке культурных услуг ПРТ, преимущественно рекреационных посвящены работы (Loomis, 2012; Santiago, 2016; Hermida, 2019). Поскольку река и прилегающие территории оказывают охлаждающий эффект в городе, многие исследователи (Hathway, 2012; Demuzere, 2014; Ghofrani, 2017) оценивают климаторегулирующую роль приречных территорий. Отдельный ряд исследований городских ПРТ связан с рисками подтопления города и разработкой мер по их предотвращению (Cançado, 2008; Bathrellos, 2016; Thorne, 2018; Alves, 2019).

По результатам анализа теоретических подходов можно заключить, что приречные территории: 1) непосредственно прилегают к реке; 2) представлены в городах урбанизированными и трансформированными в разной степени природными территориями; 3) по составу, границам и свойствам определяются структурой днища речной долины, расположением города относительно водохранилища и собственно реки, характером планировки и хозяйственного использования территории. Эти черты и формируют понятие приречных территорий.

Носителем экосистемных услуг на приречных территориях выступает их зеленая инфраструктура, которая может быть или сформирована целенаправленно как часть городского озеленения, или представлять собой фрагменты сохранившейся естественной растительности.

## **Глава 2. Объекты исследования**

Во второй главе обсуждаются критерии выбора объектов исследования, анализируются физико-географические особенности и история градостроительного освоения приречных территорий в выбранных городах.

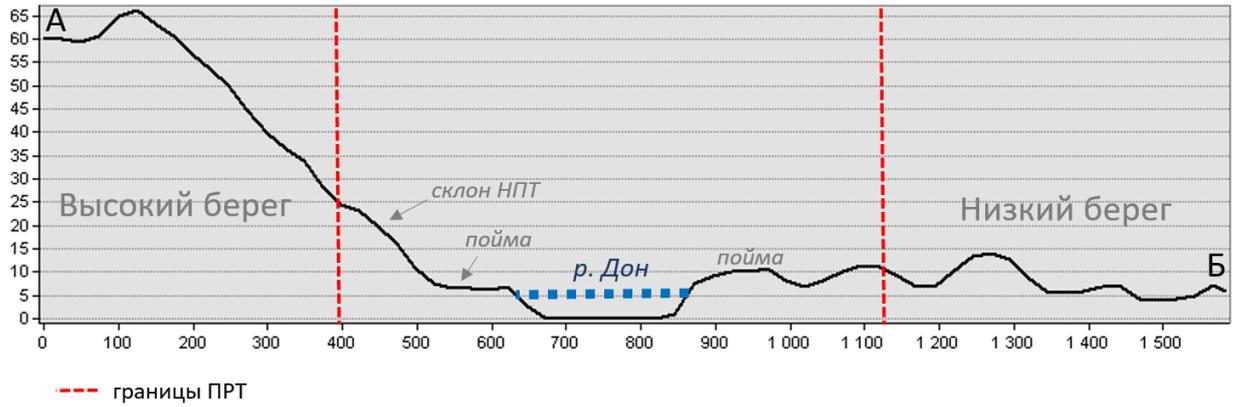
Общим объектом исследования стали приречные территории в крупных городах. В России из 39 городов с численностью населения более 500 тыс. человек 24 города расположены на крупнейших реках длиной более 1000 км и площадью бассейна не менее 50 тыс. км<sup>2</sup>. Для целей исследования из них экспертным путем были выбраны 10 городов,

расположенных в разных зонально-климатических и ландшафтно-геоморфологических условиях. Это *Волгоград, Иркутск, Казань, Красноярск, Нижний Новгород, Омск, Ростов-на-Дону, Самара, Уфа* и *Хабаровск*. В этих городах исследовались приречные территории только главных рек городов: Волги (Нижний Новгород, Казань, Самара, Волгоград), Оки (Нижний Новгород), Белой и Уфы (Уфа), Амура (Хабаровск), Енисея (Красноярск), Ангары (Иркутск), Дона (Ростов-на-Дону), Иртыша (Омск).

Участки русел рек, к которым прилегают исследуемые приречные территории, частично потеряли естественный вид и испытывают воздействие разных инженерных сооружений, которые неоднозначно влияют на динамику и морфологию русла (Чалов, 2019). В этой связи приречные территории видятся как наиболее проблемные объекты городского планирования, и между тем как «лицевые», но при этом не всегда эффективно используемые и «устойчивые» части города и его зелёной инфраструктуры.

Учитывая разнородный характер наземного покрова и одновременно целостность приречных территорий как социоприродной системы, было принято решение о разработке для всей территории города единого алгоритма выделения ПРТ, учитывающего как особенности природных, так и застроенных территорий. На природных территориях были использованы подходы, применяющиеся в геоморфологии (в частности, индекс глубины долины и ареалы распространения аллювиальных отложений); на застроенных территориях принимались во внимание особенности планировочной структуры города.

Когда город расположен на обоих берегах, максимальные абсолютные высоты приречной территории оказываются в два раза меньше, чем высота водораздельных поверхностей, на которых лежит основная часть города (рис 1). В таком случае, ПРТ высокого берега представлены поймами, надпойменными террасами и их склонами. Когда приречные урочища отличаются большой протяжённостью (в основном на низком берегу – это широкие поймы в Нижнем Новгороде, Ростове-на-Дону, Уфе; подступающие к воде вследствие создания водохранилища обширные надпойменные террасы в Казани и Самаре), при обособлении ПРТ учитывается «визуальное восприятие» городского пространства, оптимальным расстоянием для которого считается 1000 м. В состав приречных территорий также были включены все острова на главных реках.

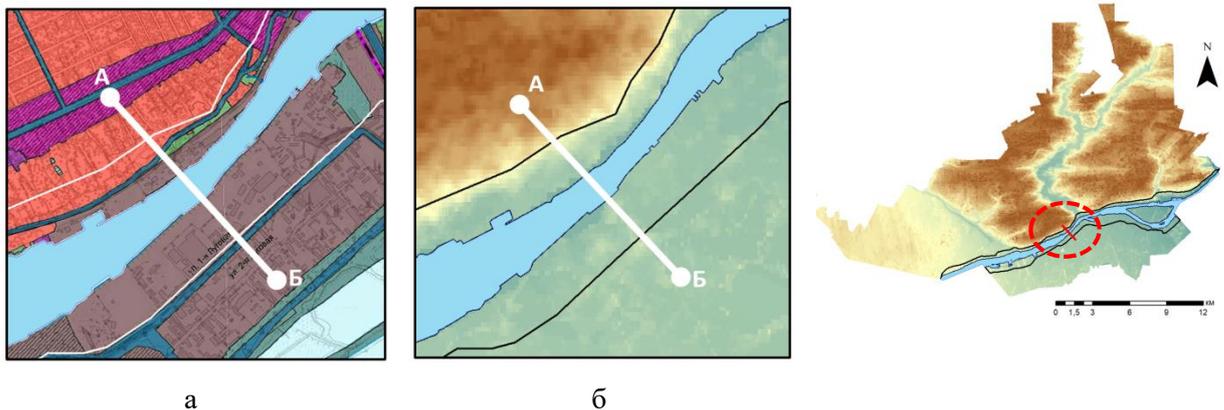


НПТ – надпойменные террасы; ПРТ – приречные территории

Рис. 1. Поперечный профиль через р. Дон в г. Ростов-на-Дону

Составлено автором

На застроенных участках ареал приречных территорий дополнительно определяется границами прилегающих к реке функциональных зон (рис. 2).



Фрагменты карты функционального зонирования (а) и раstra «глубины долин» (б) с линией профиля А (высокий берег) – Б (низкий берег)

Рис. 2. Примеры выделения ПРТ по границам прилегающих к реке функциональных зон (а) на низком берегу и урочищ (б) на высоком берегу в застроенной части Ростова-на-Дону

Составлено автором

Таким образом, в каждом из рассмотренных городов выделение целостного объекта исследования было проведено с одновременным использованием разных подходов, а их выбор для каждого конкретного участка определён особенностями частей ПРТ.

### Глава 3. Методика исследования

Исследование приречных территорий и их зелёной инфраструктуры состояло из трёх основных этапов (рис. 3).



*ЗСЗ – зона сплошной застройки*

Рис. 3. Общая схема исследования приречных территорий в крупных городах  
 Составлено автором

На первом этапе были собраны и обработаны первичные данные, необходимые для последующей оценки территориальной структуры и состояния зелёной инфраструктуры приречных территорий. Основные работы этапа перечислены в таблице 1.

Таблица 1

Основные виды работ, исходные данные и результаты их обработки

Исходные данные	Используемая программа	Вид работ	Итоговый результат	Применение результата
Космические снимки Landsat 8, 2019-2021 гг.	ArcMap 10.3	Полу-автоматизированное дешифрирование с обучением	Растры земельного покрова	Расчёт площади ЗИ, оценка вклада ПРТ
ЦМР Aster Global DEM и карты четвертичных отложений ВСЕГЕИ	Saga 8.0.1	Использование инструментов «Анализ поверхности», оверлей	Растры глубины долин и топографического индекса влажности	Выделение ПРТ
Векторные данные городских достопримечательностей	ArcMap 10.3	Ручная выборка и верификация объектов из таблицы атрибутов	Точечные вектора природно-культурных аттракторов	Оценка рекреационных функций ПРТ
Растры земельного покрова	FRAGSTATS	Выбор классов метрик фрагментарности и расчёт по ним	Данные о фрагментарности растительного покрова ПРТ	Оценка роли ПРТ как водно-зелёного коридора
Схемы функционального зонирования из генеральных планов	ArcMap 10.3	Оцифровка функциональных зон для ПРТ	Функциональные зоны ПРТ	Оценка состояния и функций ПРТ

Составлено автором

На втором этапе были рассчитаны основные показатели для компонентной оценки состояния и функций зеленой инфраструктуры приречных территорий (рис. 4).



*ПРТ – приречные территории, ЗСЗ – зона сплошной застройки; ПКА – природно-культурные аттракторы*

Рис. 4. Схема использования показателей по оценочным блокам и пространственным уровням

*Составлено автором*

На третьем этапе по результатам расчета всех показателей была проведена комплексная оценка для каждого блока: основных функций приречных территорий, вклада их зелёной инфраструктуры в формирование городских экосистемных услуг, роли приречных территорий как водно-зелёного коридора.

#### Глава 4. Состав и функции приречных территорий в крупных городах

По результатам оценки структуры, состава и состояния ПРТ в рассмотренных городах можно выявить следующие характерные черты приречных территорий в крупных российских городах.

Приречные территории озеленены более чем на 40%, причём около половины приречной зелёной инфраструктуры представлено древесной растительностью (рис. 5). Внутри зоны сплошной застройки приречная зелёная инфраструктура преимущественно состоит из крупных озеленённых объектов, площадью более 100 га (в Омске, Самаре, Красноярске, Волгограде и Нижнем Новгороде). В остальных городах, за исключением Хабаровска, где большая часть зелёных элементов имеет площадь менее 10 га, преобладающий размер объектов зелёной инфраструктуры 10-100 га.

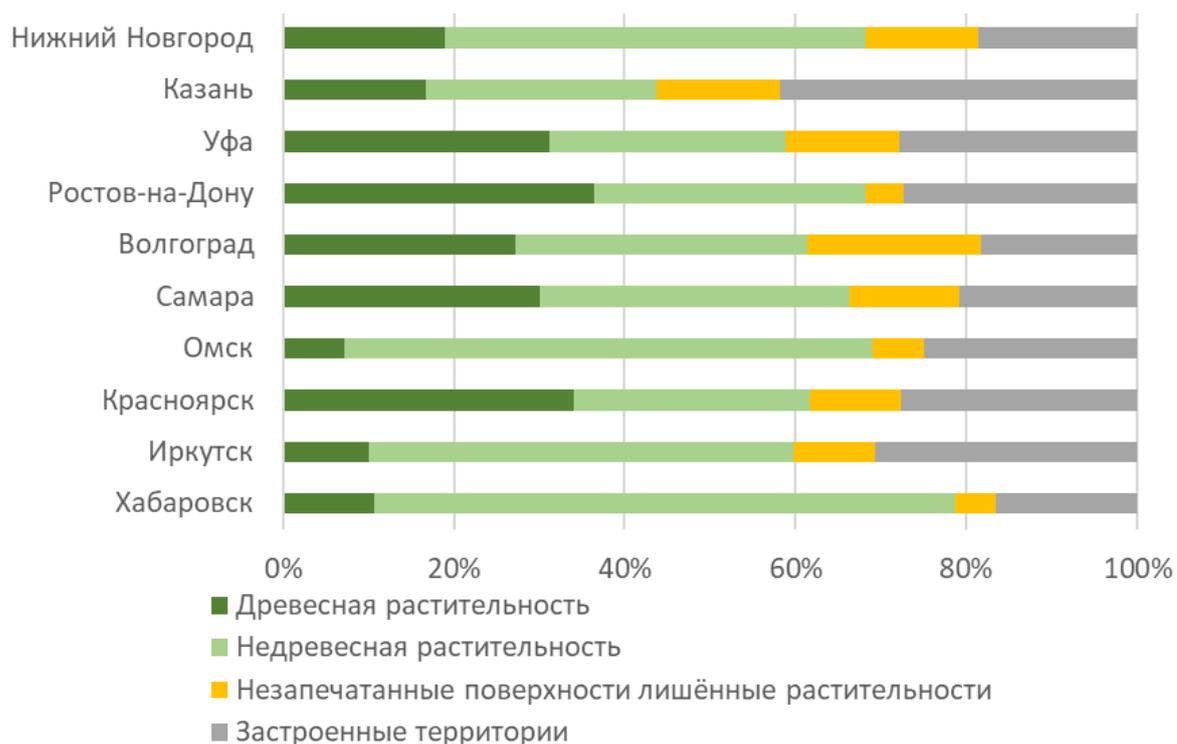


Рис. 5. Структура наземного покрова приречных территорий в исследованных городах

*Составлено автором*

В среднем приречная территория занимает около 15% площади города, на ней сосредоточено 20% всей городской зелёной инфраструктуры (а в застроенной части города около 40% её древесной растительности) и расположен исторический центр. Древесные насаждения занимает в среднем 30% от приречной зелёной инфраструктуры (рис. 6 – 1).

Значительная часть приречных территорий внутри зоны сплошной застройки занята жилыми и деловыми зонами, на промышленные и специальные зоны приходится в среднем 15%. Более 50% всей площади ПРТ занято природно-рекреационными землями (рис. 6 – 2). Около 10% приречных территорий внутри зоны сплошной застройки находится под недействующими предприятиями, старой инфраструктурой или неблагоустроенными замусоренными пустырями.

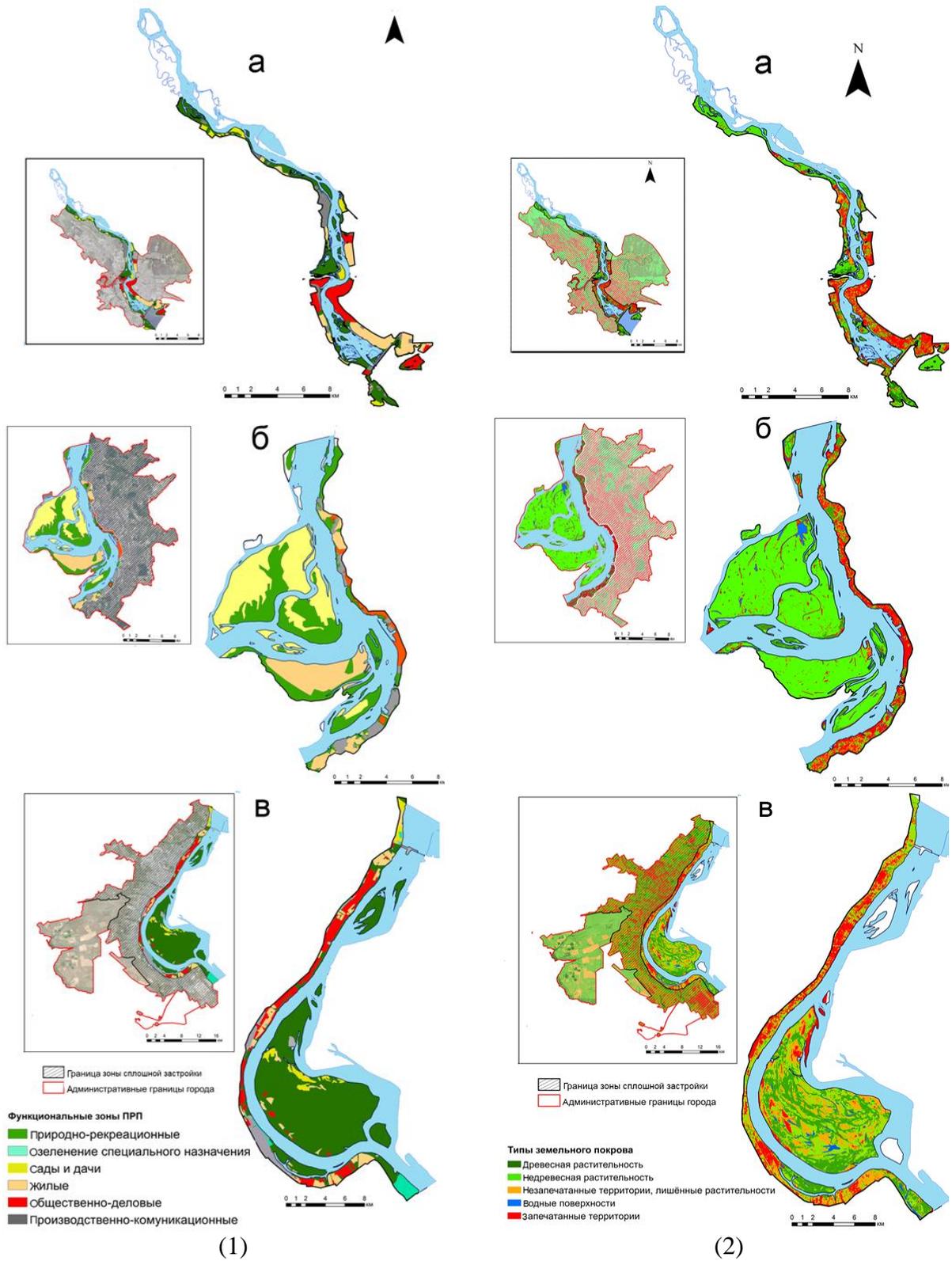
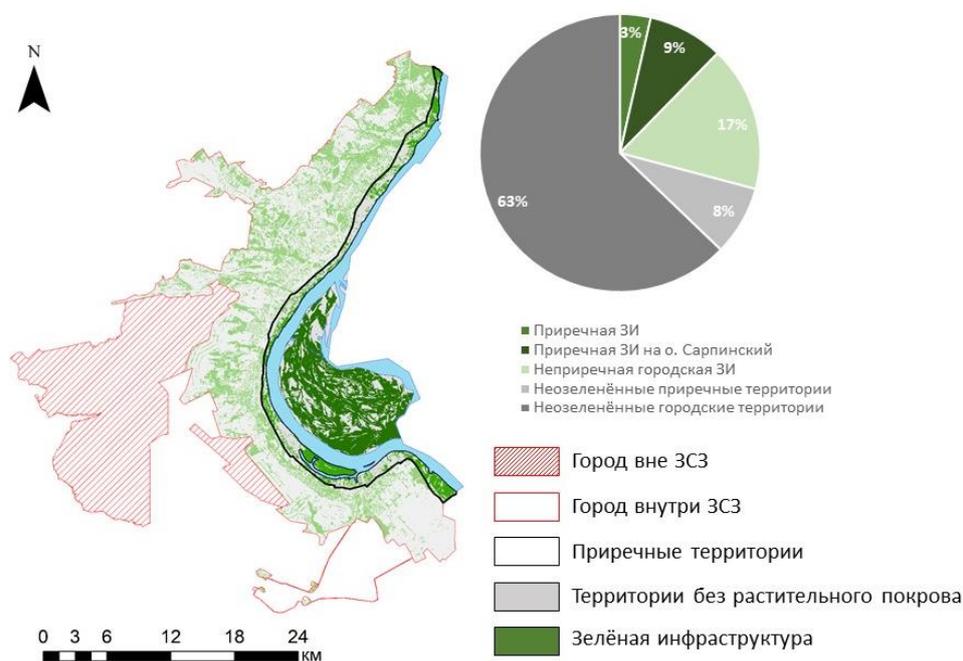


Рис. 6. Функциональная структура (1) и типы земельного покрова (2) ПРТ крупных городов: а – Иркутск, б – Хабаровск, в – Волгоград  
Составлено автором

В Хабаровске, Волгограде, Нижнем Новгороде, Иркутске, Красноярске, Ростове-на-Дону более 50% площади приречной зелёной инфраструктуры сосредоточено на трудных для освоения территориях (островах и поймах) (рис. 7). Отметим, что подобные элементы зелёной инфраструктуры сохраняются, прежде всего, в силу своей приуроченности к участкам, малопригодным в градостроительном освоении и не спланированным как часть водно-зелёного каркаса. При экологической ориентированности развития города, эти территории могут использоваться для создания единой системы городского озеленения и водно-зелёного коридора города.



ЗИ – зелёная инфраструктура, ЗСЗ – зона сплошной застройки

Рис. 7. Распределение зелёной инфраструктуры в городе и на приречных территориях на примере г. Волгоград  
*Составлено автором*

Центральные набережные с располагающимися на них преимущественно культурными аттракторами хорошо благоустроены, имеют протяжённость около 5 км, часто сопряжены с автомобильными дорогами и озеленены в основном недревесной растительностью. Для центральной первой линии приречных территорий характерны конфликтность стилей и нарушения ландшафтной долинной композиции; периферийные ПРТ в застроенной части города заняты специальной, транспортной и промышленной инфраструктурой, что ограничивает доступ к реке. Основной тип природно-культурных аттракторов приречных территорий – рекреационно-оздоровительный, представленный преимущественно пляжами.

## Глава 5. Вклад и роль приречных территорий в формирование экологического каркаса в крупных городах

*Оценка вклада ПРТ в формирование экосистемных услуг* в значительной мере основана на уже апробированном автором подходе (ТЕЕВ, 2020). Расчеты показали, что на относительно небольшие по площади приречные территории приходится в среднем 21% всей зелёной инфраструктуры города (табл. 2), показатели колеблются от 6% в Ростове-на-Дону до 51% в Хабаровске. При этом в зоне сплошной застройки на приречных территориях находится в среднем 38% всей ее древесной растительности, что в два раза выше, чем для городов в целом.

Особую роль приречные территории играют в предоставлении горожанам пространства для отдыха и рекреации, поэтому при оценке отдельно были учтены эти виды экосистемных услуг. В большинстве рассмотренных городов на приречных территориях сосредоточено до 30% всех природно-культурных аттракторов города, привлекательных как для горожан, так и туристов (информация об их локализации была получена из открытого портала OSM). В туристических городах (Казань, Нижний Новгород) ПРТ в меньшей степени насыщены аттракторами, но приречная территория таких объектов исследования в историческом центре часто является ключевым культурным ландшафтом города, формирующим его узнаваемый облик. Природно-рекреационные земли приречных территорий – пляжи, лесопарки, скверы и т.д. – по всем городам в среднем способны обеспечивать 17% необходимого городу объёма рекреационных услуг. В отдельных городах с широкими поймами и островами (Самара, Волгоград и Хабаровск) эта доля существенно выше (более 30%). Однако внутри зоны сплошной застройки данный показатель, в среднем, не превышает 6%.

Каждому из показателей был присвоен условный балл (от 0 до 2). Их сумма была нормирована. По результатам данной итоговой оценки (табл. 3), вклад ПРТ в формирование экосистемных, в т.ч. и рекреационных, услуг ЗИ в шести городах из десяти (Нижний Новгород, Самара, Омск, Красноярск, Иркутск) был определён как значительный и средний (в нормированных баллах более 56). Это подчеркивает их роль как важных экосистемных активов в составе зелёной инфраструктуры города.

Таблица 3

Группировка городов по вкладу зелёной инфраструктуры ПРТ в состав системы городского озеленения и ее рекреационного потенциала

Город	Доля зелёной инфраструктуры ПРТ от зелёной инфраструктуры города и зоны сплошной застройки, %		Доля древесной растительности ПРТ от древесной растительности города и зоны сплошной застройки, %		Индекс веса зелёной инфраструктуры ПРТ внутри зоны сплошной застройки	Природно-культурные аттракторы на ПРТ от всех ПКА города, %	Доля необходимого объёма рекреационных услуг города, обеспечиваемая природно-рекреационными землями, %		Общий балл (макс. 16)	Нормализованный балл	Вклад зелёной инфраструктуры ПРТ
	В пределах всех ПРТ	Внутри ПРТ в зоне сплошной застройки	В пределах всех ПРТ	Внутри ПРТ в зоне сплошной застройки			В пределах всех ПРТ	Внутри ПРТ в зоне сплошной застройки			
Казань	14	14	14	40	-0,3	11	9	5	3	19	Незначительный
Нижний Новгород	8	14	17	50	0,5	31	17	7	9	56	Средний
Самара	27	18	17	42	0,1	70	31	6	11	69	Значительный
Уфа	16	14	20	53	0,3	29	2	3	6	38	Незначительный
Ростов-на-Дону	6	4	3	43	-0,3	34	3	<1	2	13	Незначительный
Омск	20	24	23	16	0,3	57	9	9	10	63	Значительный
Красноярск	12	23	28	54	0,2	30	8	8	9	56	Средний
Волгоград	42	17	35	25	0,4	32	50	8	12	75	Значительный
Иркутск	18	27	24	33	0,3	41	10	8	11	69	Значительный
Хабаровск	51	6	6	25	-0,3	39	34	4	5	31	Незначительный
<b>Среднее значение</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>38</b>	<b>0,1</b>	<b>37</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>8</b>		
Значительный = 2 балла		Средний = 1 балл			Незначительный = 0 баллов						

Составлено автором

*Оценка роли приречных территорий в составе водно-зеленого каркаса города.* Для выполнения транзитных функций приречная территория должна быть не только значительно и относительно непрерывно озелененной, но и соединять различные городские районы и элементы зелёной инфраструктуры (между собой и с пригородными), т.е. выступать в качестве пешеходного, велосипедного, экологического и/или биологического коридоров (Guneroglu, 2013). Как показал проведенный анализ, значительная часть зелёной инфраструктуры на приречных территориях представлена элементами придомового и уличного озеленения, однако его функции как части «водно-зеленого» коридора сильно ограничены, поскольку малые элементы квартальной ЗИ практически не формируют экологических ядер вне краевого эффекта и слишком приближены к антропогенной инфраструктуре.

По результатам общей оценки фрагментарности (рассчитанной по 8 классовым метрикам в программе Fragstat и затем нормированной) рассмотренные города могут быть разделены на две группы: 1) с преобладанием малодоступных и неблагоустроенных, но больших по площади элементов зелёной инфраструктуры (Самара, Красноярск, Нижний Новгород, Омск, Волгоград – рис. 8а); 2) с большим количеством относительно малых по размеру благоустроенных элементов зелёной инфраструктуры с высокой культурно-рекреационной ценностью, часто представленных искусственно созданными зелеными насаждениями (Казань, Иркутск, Ростов-на-Дону, Уфа, Хабаровск – рис. 8б). Ни одна из этих ситуаций не является абсолютно отрицательной или, напротив, положительной. Согласно одной стороне дискуссии SSFL (Several Small or Few Large – «Много маленьких или немного больших») (Fahrig, 2020; Deane, 2020; Vega, 2021) множество малых элементов зелёной инфраструктуры предоставляет большой спектр экосистемных услуг для прилегающих городских территорий, в основном за счёт рекреационных.

Таким образом, более 50% площади приречной зелёной инфраструктуры приходится на крупные патчи (площадью более 100 га) в Нижнем Новгороде (левобережная пойма Волги), Самаре (Соколы горы в Красноглинском районе), Омске (природный парк Птичья гавань»), Красноярске (о-ва Татышев, Молокова) и Волгограде (о-ва Сарпинский, Сарептский). При этом средний размер патча в городах – 5 га, что в два раза меньше оптимального для формирования устойчивого и многофункционального элемента зелёной инфраструктуры.

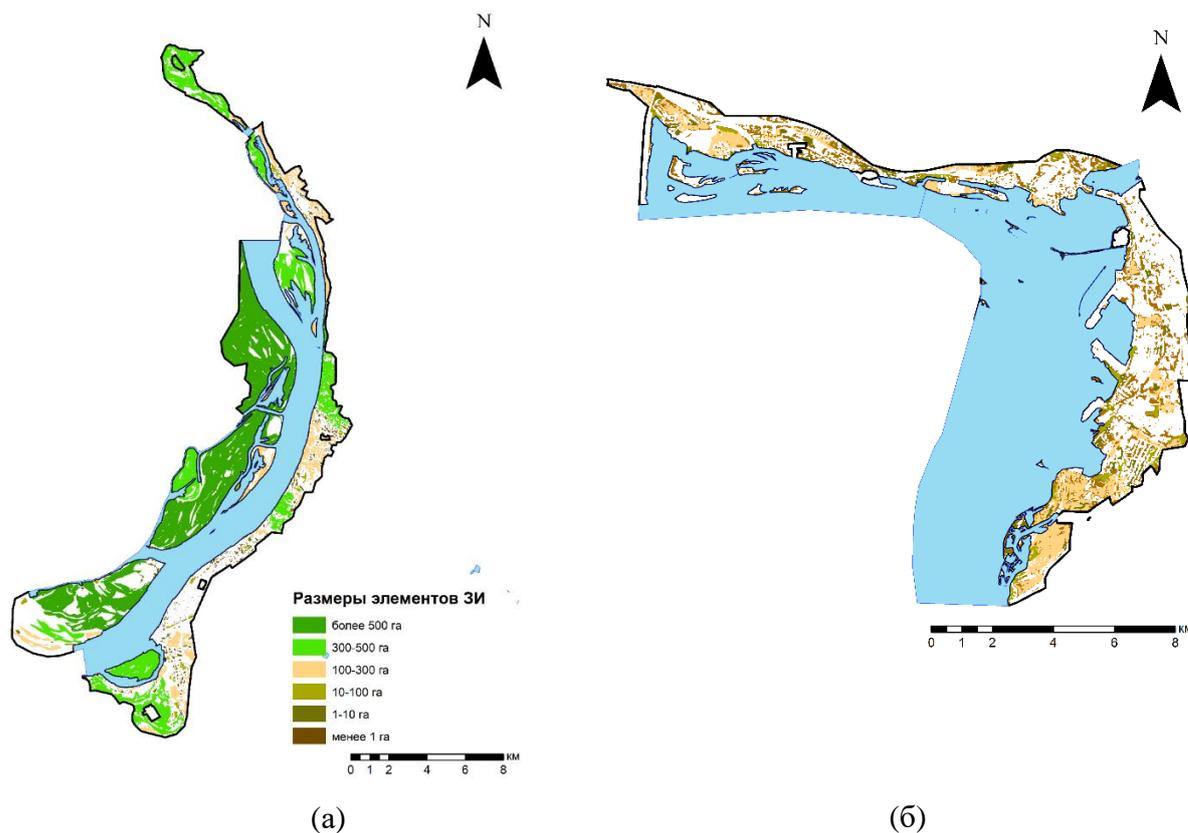


Рис. 8. Размер элементов ЗИ на ПРТ: (а) – преобладание крупных в Самаре, (б) – преобладание средних и малых в Казани  
Составлено автором

Наиболее информативными по результатам данного исследования являются показатели среднего размера патча (от 6 га в Казани до 1 га в Нижнем Новгороде), плотности (от 19 патч./га в Хабаровске до 45 патч./га в Нижнем Новгороде) и количества патчей (от 430 в Нижнем Новгороде до 1700 в Омске), площади «вне краевого эффекта» (от 180 га в Ростове-на-Дону до 1106 га в Омске) и индекса крупнейшего патча (от 13 в Нижнем Новгороде до 35 в Казани).

Озеленение в пределах 200-метрового буфера от реки, особенно важное для формирования околородных местообитаний, также было использовано для итоговой оценки функций водно-зеленого коридора (табл. 4). В рассмотренных городах этот показатель меняется от 25 до 72%, причем в большинстве случаев доля озеленения приречного буфера выше, чем доля озеленения ПРТ в целом.

Группировка городов по роли ПРТ как водно-зелёного коридора

Город	Общая оценка фрагментарности	Доля зелёной инфраструктуры от площади ПРТ, %		Степень озеленения 200-метрового буфера реки, %		Общий балл (макс. 10)	Выполнение приречными территориями роли водно-зелёного коридора
		Всего ПРТ	Внутри ЗСЗ ПРТ	Всего ПРТ	Внутри ЗСЗ ПРТ		
<i>Казань</i>	31	42	34	32	30	0	Не выполняет
<i>Нижний Новгород</i>	75	56	47	64	47	7	Может выполнять
<i>Самара</i>	31	62	47	60	49	5	Может выполнять
<i>Уфа</i>	50	67	50	67	54	7	Может выполнять
<i>Ростов-на-Дону</i>	56	68	36	25	46	4	Не выполняет
<i>Омск</i>	56	67	68	72	69	9	Выполняет
<i>Красноярск</i>	63	60	62	68	69	9	Выполняет
<i>Волгоград</i>	38	60	45	50	52	4	Может выполнять
<i>Иркутск</i>	69	42	54	59	55	7	Может выполнять
<i>Хабаровск</i>	38	77	25	56	23	1	Не выполняет
<b>Среднее значение</b>	<b>51</b>	<b>60</b>	<b>47</b>	<b>55</b>	<b>49</b>		

Составлено автором

## Выводы

1. В городах, располагающихся в нижнем бьефе водохранилища или на свободной реке, приречные территории низкого берега представлены широкими поймами; высокого – поймами и склонами надпойменной террасы. Приречные территории городов, расположенных в верхнем бьефе водохранилищ, включают в себя подступающие к самому водохранилищу надпойменные террасы. Все типы островов также являются частью приречных территорий.

2. Более 50% площади приречных территорий в рассмотренных городах находится внутри зоны сплошной застройки и представляет собой уже техногенные комплексы, для которых характерны урбозёмы и в разной степени деградации зональные почвы, а также элементы искусственного озеленения. Наименее трансформированный почвенно-растительный покров на ПРТ сохраняется на поймах низких берегов и пойменных островах, он представлен преимущественно урёмной и луговой растительностью на антропогенно-преобразованных аллювиальных почвах.

3. Использование индекса топографической влажности (ТВИ) для выделения ПРТ во многих случаях является необъективным в силу значительной дисперсности значений пикселей (практически не формируются сплошные ареалы близких значений аккумуляции воды). Определение ПРТ по показателю «глубины долины» наиболее трудноосуществимо на обширных поймах из-за незначительного перепада высот на большой площади (Нижний Новгород, Ростов-на-Дону) и плотно-застроенных участках города, где по ЦМР не всегда возможно достоверно определить высоту поверхности из-за высотных зданий.

4. Для оценки ландшафтно-экологического состояния приречной зелёной инфраструктуры было использовано 9 количественных и 4 качественных показателя, характеризующих основную функцию ПРТ в городе, вклад зелёной инфраструктуры ПРТ в формирование городских экосистемных услуг и степень выполнения приречными территориями транзитной роли.

5. Для приречных территорий рассматриваемых городов характерна «периферийная» модель зелёной инфраструктуры, где большая часть растительности сохранилась на городских окраинах, часто удаленных от зоны сплошной застройки и приуроченных к неудобным для освоения территориям.

6. Преобладающая функция приречной ЗИ в рассмотренных городах определяется соотношением на ПРТ функциональных зон, наличием и типом природно-культурных аттракторов, размерностью объектов зелёной инфраструктуры, долей древесной и недревесной растительности. По этому признаку города образуют три группы: с выраженным доминированием культурной функции (Казань, Самара, Волгоград),

экологической (Красноярск, Омск, Иркутск), деловой (Хабаровск, Ростов-на-Дону) и без выраженного доминирования одной из них – смешанную группу (Нижний Новгород, Уфа).

7. Интерпретация показателей фрагментарности сложна. Во-первых, для многих метрик отсутствуют референтные значения, которые позволяли бы оценивать фрагментарность как высокую или низкую. Во-вторых, фрагментарность одних и тех же территорий разные метрики могут характеризовать как положительно, так и отрицательно. Таким образом, для наиболее точной оценки фрагментарности необходимо рассчитывать несколько классовых метрик.

8. Водно-зелёный коридор сформирован только в двух городах из десяти – Омске и Красноярске. Сами реки как водотоки действительно связывают между собой районы города и пригороды, но в силу значительного освоения и высокой фрагментарности входить в состав водно-зеленого коридора могут не все участки ПРТ. Даже неудобные для строительства территории часто остаются изолированными, что не позволяет приречной ЗИ в полной мере выполнять связующую роль.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Статьи в журналах, индексируемых в базах данных Scopus, Web of Science, RSCI**  
**Илларионова О.А.**, Климанова О.А. Приречные территории города: картографирование и оценка социально-экологических функций // Известия Русского географического общества. – 2022. – № 4. – С. 3-21. (IF<sub>SJR</sub> = 0,104).

Климанова О.А., Букварёва Е.Н., **Илларионова О.А.**, Колбовский Е.Ю. Оценка экосистемных услуг на муниципальном уровне и её возможная интеграция в территориальное планирование // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2022. – Т. 86. – № 4. – С. 1-16. (IF<sub>SJR</sub> = 0,130).

Klimanova O., **Illarionova O.**, Grunewald K., Bukvareva E. Green infrastructure, urbanization, and ecosystem services: The main challenges for Russia's largest cities // Land. – 2021. – № 10 (12). (IF<sub>SJR</sub> = 0,685).

Klimanova O.A., **Illarionova O.A.** Green infrastructure indicators for urban planning: applying the integrated approach for Russian largest cities // Geography, Environment, Sustainability. – 2020. – № 13 (1). – С. 251-259. (IF<sub>SJR</sub> = 0,323).

Klimanova O., Kolbowski E., **Illarionova O.** Impacts of urbanization on green infrastructure ecosystem services: The case study of post-soviet Moscow // Belgeo. Revue belge de géographie. – 2018. – №. 4. (IF<sub>SJR</sub> = 0,224).

Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., **Илларионова О.А.** Экологический каркас крупнейших городов Российской Федерации: современная структура, территориальное планирование и проблемы развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2018. – Т. 63. – №. 2. – С. 127-146. (IF<sub>SJR</sub> = 0,202).

**Иные публикации, в т.ч. монографии**

**Illarionova O.**, Klimanova O., Kolbovsky Y. Regulating Ecosystem Services in Russian Cities: Can Urban Green Infrastructure Cope with Air Pollution and Heat Islands? //Smart and Sustainable Cities Conference. – Springer, Cham, 2020. – С. 51-64.

**Illarionova O.**, Klimanova O. Green Infrastructure and Land Cover Transformation in Latin American Cities // Land Use/Cover Changes in Selected Regions in the World. – 2019. – С. 115-122.

Климанова О.А., Букварёва Е.Н., **Илларионова О.А.** и др. Опыт учета ценности экосистем и биоразнообразия при планировании территориального развития в Российской Федерации // Мировая экологическая повестка и Россия. – 2020. – С. 119-123.

Климанова О.А., Колбовский Е.Ю., **Илларионова О.А.** Зеленая инфраструктура города: оценка состояния и проектирование развития. – М.: КМК, 2020. — 324 с.

Экосистемные услуги: прототип национального доклада. Т. 3. Зеленая инфраструктура и экосистемные услуги крупнейших городов России / К. Александрийская, К. Авилова, **О. Илларионова** и др. – Центр охраны дикой природы Москва, 2021. – 112 с.

Полный список публикаций с учетом работ в сборниках материалов и тезисов российских и международных конференций доступен на странице соискателя в ИАС «ИСТИНА» ([https://istina.msu.ru/profile/Illarionova\\_Olga/](https://istina.msu.ru/profile/Illarionova_Olga/))