

Геоинформатика. 2023. № 4. С. 61–73.
Geoinformatika. 2023;(4):61–73.

Геоэкология

Научная статья
 УДК 528.94: 502.2: 504.03
<https://doi.org/10.47148/1609-364X-2023-4-61-73>

Картографирование экологической напряженности урбанизированной территории с учетом нормативно-правовых ограничений

© 2023 г. — Дмитрий Александрович Лопаткин^{a)}, Александр Николаевич Воробьев^{b)}

Институт географии имени В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской Академии наук; Иркутск, Россия

^{a)}lopatkind@yandex.ru, ^{b)}tore12@yandex.ru

Аннотация: Картографируемый модельной участок урбанизированной территории г. Иркутска рассматривается как целостная система с точки зрения природных, техногенных и социально-экологических условий. Для исследования экологического состояния урбанизированной территории выполнен геоинформационный анализ данных земельного кадастра, отражающий современное состояние землепользования. С учетом трех целевых составляющих в организации экологической оценки урбанизированной территории посредством системы количественных оценок и экспертных вербальных характеристик отображены различные участки экологической сбалансированности территории. Выделены функциональные типы категорий с разной степенью антропогенного воздействия, социально-экологической значимости и нормативно-правовой принадлежности: средоформирующие, нейтральные, воздействующие и регламентирующие. Для целей оценки на основании статистических данных, открытых данных публичной кадастровой карты города Иркутска, расчетных моделей и натурных исследований была проведена оценка ряда факторов антропогенного воздействия на территорию. В рамках исследования на модельной территории проанализированы виды разрешенного использования участков в кадастровых границах землепользований. В процессе экспертных вербальных оценок исходных данных, полученных в результате инвентаризации, были разработаны критерии, на основе которых происходило выделение групп типов землепользований в соответствии с социально-экологической значимостью и степенью антропогенной нагрузки. Суммарная антропогенная нагрузка рассчитывается по каждому виду антропогенной нагрузки (промышленной, транспортной, селитебной и рекреационной). Полученные данные были занесены в геоинформационную систему в программе MapInfo, каждый слой которой представляет собой пространственную визуализацию различных видов использования территории, выполненную методом ранжирования от 0 до 10 баллов. Проведенная оценка с учетом нормативно-правовых ограничений позволила выделить 5 градаций экологической напряженности территории: от умеренной до напряженной.

Ключевые слова: урбанизированная территория, экологический каркас, картографическое моделирование, функциональное использование земель, антропогенное воздействие

Для цитирования: Д.А. Лопаткин, А.Н. Воробьев. Картографирование экологической напряженности урбанизированной территории с учетом нормативно-правовых ограничений // Геоинформатика. — 2023. — № 4. — С. 61–73. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2023-4-61-73>.

Geoeology

Original article

Mapping of the environmental tension of the urbanized territory in consideration of regulatory and legal restrictions

© 2023 — Dmitry A. Lopatkin^{a)}, Alexander N. Vorobyev^{b)}

V.B.Sochava Institute of Geography Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Irkutsk, Russia

^{a)}lopatkind@yandex.ru, ^{b)}tore12@yandex.ru

Abstract: The article discusses the main methods of assessing environmental balance on the urbanized territories of the model section of the city of Irkutsk through a system of quantitative assessments and expert verbal characteristics of the processes under study based on geostatistical data. An inventory was carried out and a database of spatial and non-spatial data was compiled on the basis of cadastral division of the territory, types of land use, functional types of development were identified, the engineering and transport infrastructure, the location of industrial enterprises, recreation areas, recreation and improvement were assessed. Functional types of categories with varying degrees of anthropogenic impact, socio-ecological significance and regulatory and legal affiliation have been allocated: environment-forming, neutral, influencing and regulating, as well as local areas of environmental stability. Spatial data are represented as a vector topological model of data, surfaces and isolines, attribute data are represented as a set of MapInfo tables, with which it is easy to perform restructure operations- changing the structure and composition of data tables and structured queries.

Key words: *urbanized territory, ecological framework, cartographic modelling, functional use of land, anthropogenic impact*

For citation: Lopatkin D.A., Vorobyov A.N. Mapping of the environmental tension of the urbanized territory in consideration of regulatory and legal restrictions. *Geoinformatika*. 2023;(4):61–73. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2023-4-61-73>. In Russ.

Введение

В результате активной преобразующей деятельности человечества возникла урбанизированная среда с высокой концентрацией антропогенных факторов. Экологический подход позволяет достаточно широко рассматривать геосистемы как объект изучения, включая техногенную среду и особенно урбанизированные территории [17, 28]. Урбанизированная среда не является однородной в ландшафтном отношении. В ее структуре выделяют селитебную, промышленную, транспортную, рекреационную среду и среду специального назначения. Весь комплекс предметов и явлений окружающей природной и социальной действительности, с которыми человек взаимодействует на протяжении жизни, принято называть его жизненной средой [15]. Под социально-экологической средой человека традиционно понимается та часть его жизненной среды, которая организуется и развивается в целях обеспечения необходимых условий его существования, жизнедеятельности как биосоциального существа и поддержания физического и психического здоровья. Различают несколько уровней среды данного типа, среди которых особое внимание заслуживает городская среда [31]. Понятие городской среды как совокупности антропогенных объектов, компонентов природной среды, природно-антропогенных и природных объектов также закреплено на законодательном уровне [22].

Выбор оптимального набора показателей из множества возможных, способность комплексно оценить на их основе состояние геосистем любой территории – одна из актуальнейших проблем природопользования и охраны окружающей среды. На практике обосновывают использования 10–15 показателей. Эти работы, как правило, носят комплексный характер и требуют определенных затрат на проведение работ. Восприятие такого массива данных, его анализ для комплексной оценки экологической ситуации на местном, региональном и федеральном уровнях весьма затруднены [7, 13, 32]. С системных позиций оценки антропогенного воздействия на территорию подразделяются на частные, комплексные, многокритериальные и интегральные. Частные оценки являются традиционными для географических и экологических исследований. Они составляют основу комплексных и многокритериальных оценок. Оценку природных комплексов (территорий) возможно производить с помощью различных методов: математических, количественных, видов моделирования, балльных оценок и т.д. Существует целый ряд методик, которые позволяют оценить степень воздействия человека на окружающую среду в зависимости от пре-

обладающего типа природопользования и целей исследования. Для крупных городов или районов интенсивной освоенности на первое место выходит оценка антропогенной нагрузки в условиях урбогеосистем [1, 11, 25, 32].

Материалы и методы исследования

В качестве базового был выбран метод геоинформационного картографирования на основе геоинформационного анализа и моделирования в программной среде MapInfo. Картографическое моделирование позволяет рассматривать территорию как целое – часть геопространства, на которой сосуществует неустойчивое единство различных геосистем (природных, природно-антропогенных, природно-технических и др.) [16]. Особенностью геоинформационного картографирования является многовариантное создание карт под конкретные практические и проблемные нужды пользователей с оперативностью, приближающейся к реальному времени, в том числе с использованием данных дистанционного зондирования земли, цифровых картографических баз данных, распространяемых через Интернет [19].

В геоэкологических исследованиях при комплексной экологической оценке городов и урбанизированных территорий наиболее универсальной является система интегральной оценки в рамках эколого-хозяйственного баланса (ЭХБ) территории, получившая свое развитие как урбоэкодиагностика. Основное содержание этого направления – совершенствование структуры землепользования на основе соответствия между структурными элементами ландшафта и видами землепользования с ориентацией на постоянное расширение природных систем, обеспечивающих жизнедеятельность человека [15]. При крупномасштабном исследовании урбанизированной территории большее значение приобретают техногенные факторы дифференциации, влияющие на жизнедеятельность людей. Поэтому при экологической оценке городской среды целесообразно опираться на территориальные планировочные единицы. Это могут быть как административные или муниципальные районы города, так и более дробные кадастровые сектора, районы и даже земельные участки в зависимости от масштабов исследования и функционального назначения территории. Они подчинены не природным процессам и явлениям, а социальному развитию инфраструктуры (жилая, общественно-деловая, рекреационная зоны, транспорт и др.) [7, 11, 15]. Экологические и социальные условия являются основными факторами, определяющими качество городской среды, и должны занимать одно из важ-

нейших мест в геоэкологическом исследовании [17, 31].

Результаты исследования и их обсуждение

В практике геоэкологических исследований преследуют различные цели оценки территории: создание условий функционирования и сохранения природных геосистем, обеспечение социально-экологических условий качества жизни населения, выполнение условий функционирования городской инфраструктуры [15]. Эти цели достаточно сложно сопоставимы в одном исследовании. Территория административного или муниципального района, в нашем случае выбранный модельный участок г. Иркутска, рассматривается как однородная система с точки зрения природных, техногенных и социальных условий. На основе сопоставления различных данных определяется степень хозяйственного освоения и антропогенного преобразования, нормативно-правовой и социально-экологический статус урбанизированной территории. Тип использования земель представляет собой совокупность физико-географических, экологических и социально-экономических условий, характеризующих определенную территорию и обеспечивающих устойчивое и экономически выгодное функционирование природно-антропогенных геосистем. При этом целесообразно использовать не приуроченность типа использования земель к природным комплексам, а характер и целевое назначение застройки [11]. Обособлению границ территорий с различным типом хозяйственного (или иного) использования способствует их юридическое оформление и охрана (государственные границы, ООПТ, землевладения). Учитываются связи с закрепленными в современном законодательстве формами использования земель в сочетании с учетом масштабов трансформации природной среды. Различные виды природопользования регламентируются важнейшими нормативно-правовыми актами как Градостроительный, Земельный, Лесной, Водный кодексы и другими (Федеральный законы «О Ндрах», «Об озере Байкал») и рассматриваются как частные виды природопользования в соответствующих сферах [20].

Материалы и источники данных

В качестве исходных данных использовались материалы официальных статистических данных различных министерств и ведомств РФ, Иркутской области и г. Иркутска [8, 9, 27]; нормативно-правовые акты, нормативно-технические и методические документы [22, 23, 24, 33]; материалы справочно-информационного ресурса «Публичная кадастровая карта» [26]. Сбор информации о предоставлении земельных участков на территории субъекта в разрезе вида пользования, разрешенного использования земельных участков в целях формирования актуальной официальной статистической информации о наличии земель и их исполь-

зовании по формам федерального статистического наблюдения на территории Иркутской области осуществляется на основе взаимодействия с органами государственной власти и органами местного самоуправления [24].

Методика картографирования и объект исследования

Территория исследования по своему целевому назначению относится к категории земель населенных пунктов. Категория земель — это часть земельного фонда, выделяемая по основному целевому назначению и имеющая определенный правовой режим. В соответствии с действующим законодательством РФ [14] землями населенных пунктов признаются земли, используемые и предназначенные для застройки и развития населенных пунктов. Эти земли используются для проживания и производственной деятельности людей, а также удовлетворения их культурно-бытовых и других нужд. В процентном отношении эта категория земель занимает лишь 0,53% (412,7 тыс. га) в структуре земельного фонда Иркутской области [24]. Общая площадь модельного участка составляет 1338,96 га (13,4 км²) (рис. 1). Категория земель населенных пунктов отличается от других категорий многоцелевым предназначением земель, предоставленных для нужд промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, зоны резерва развития территории иного специального назначения, а также для нужд граждан.

По форме собственности земли населенных пунктов могут находиться в федеральной, региональной (собственность субъекта федерации) собственности, собственности муниципалитета, и частной собственности [33].

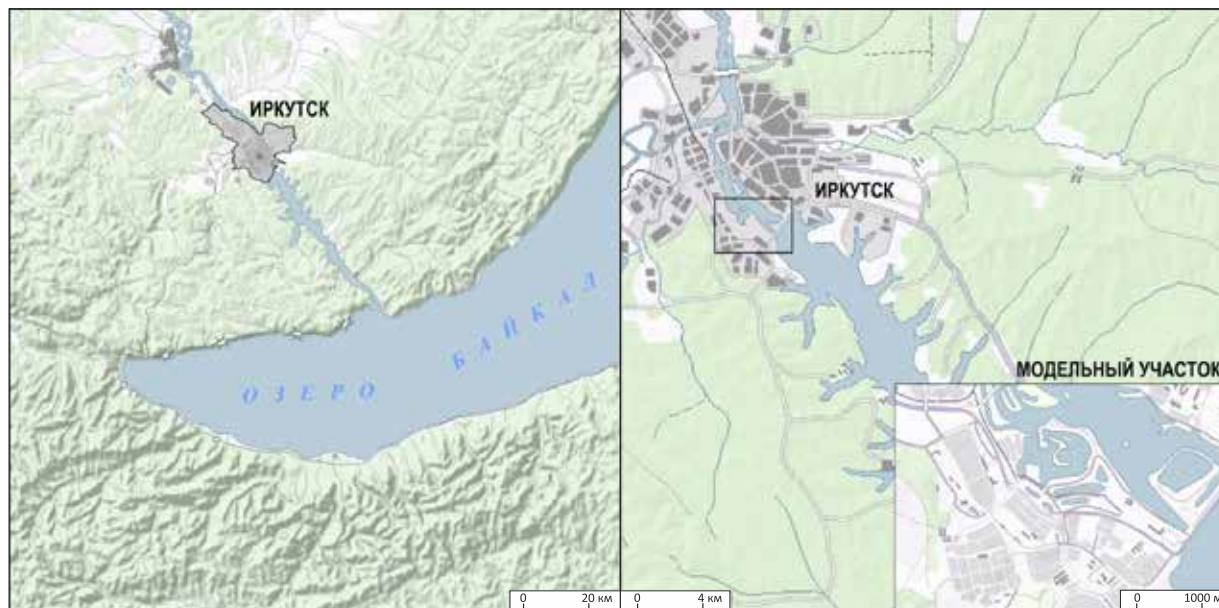
Сбор, обработка и представление исходных данных условно включали несколько основных этапов: инвентаризацию, типизацию земель, оценку антропогенной нагрузки, картографическое моделирование, визуализацию и интерпретацию полученных результатов.

В данном исследовании в качестве базовых единиц картографирования были использованы земельные участки в кадастровых районах в соответствии с Генеральной схемой планировочного деления территории города Иркутска [8].

На этапе инвентаризации в результате геоинформационного анализа адресной кадастровой карты [26] статистических данных государственной кадастровой оценки земель населенных пунктов, земель особо охраняемых территорий и объектов, земель лесного фонда, расположенных на территории Иркутской области [33], были констатированы виды использования территории, характерные для модельного участка, которые в дальнейшем послужили базовым материалом для следующих этапов исследования: выделения групп типов землеполь-

Рис. 1. Позиционирование модельного участка (картографическая основа «Публичная кадастровая карта России» [26])

Fig. 1. Model site positioning (cartographic basis «Public cadastral map of Russia» [26])



зования, дальнейшего зонирования и картографического моделирования. При выделении групп типов территорий использовался классификатор видов разрешенного использования земель [23] насчитывающий более 100 наименований, сгруппированных в 13 сегментов в соответствии с приказом Министерства экономического развития РФ [24]. Для оценки урбанизированной территории как однородной системы с точки зрения природных, техногенных и социальных условий всю структуру земельного кадастра модельной территории посредством экспертных вербальных оценок, успешно применяемых в географических исследованиях разного иерархического уровня [17, 18, 32], можно условно подразделить на 10 групп типов использования земель с определенным нормативно-правовым и социально-экологическим статусом, которые объединяются в 4 основные категории, соответствующие разной степени преобразования природно-антропогенных геосистем, социально-экологической значимости и разным нормативно-правовым статусам (Таблица 1).

К ним относятся: **регламентирующие** нормативно-правовые объекты специального назначения, не вовлеченные в градостроительную и иную деятельность и необходимые для выполнения условий функционирования городской инфраструктуры (территориальные охранные и водоохранные зоны и зоны с особыми условиями использования); **средоформирующие** (особо охраняемые природные территории, природные и озелененные территории всех категорий, рекреационные территории) имеют минимальное антропогенное воздействие на среду и максимальный оздоровительный эффект; **нейтральные** (общественно-деловое

и полифункциональное использование; жилая и приусадебная застройка, сельскохозяйственное использование) оказывают незначительное отрицательное воздействие на городскую среду; **воздействующие** типы функционального использования (производственное, коммунальное, транспортное, водохозяйственное использование) характеризуются максимальным уровнем трансформации природных территорий и акваторий и наибольшим негативным воздействием на состояние окружающей среды.

Для определения степени антропогенного воздействия на природно-антропогенные геосистемы в цифровом количественном виде был использован индекс антропогенной преобразованности (I_a) по К.Г. Гофману [10], равный произведению балла (ранга) антропогенной преобразованности (r) на S — долю (%) данной территории в общей площади территории.

$$I_a = r \times S.$$

Индекс антропогенной нагрузки оценивается в баллах, исходя из пространственного соотношения внутри модельного участка земельных участков с различным экологическим статусом (рангом антропогенной трансформации), зафиксированных на карте «Функциональная структура и социально-экологический статус территории» (рис. 2).

Индекс антропогенной преобразованности всего модельного участка урбанизированной территории ($I_{\text{аут}}$) представляет собой сумму индексов антропогенной преобразованности рассматриваемых видов землепользования данного участка территории:

$$I_{\text{аут}} = \sum I_a.$$

Таб. 1. Система оценки степени антропогенной нагрузки отдельных видов использования урбанизированной территории
Tab. 1. A system for assessing the degree of urbanization of certain uses of an urbanized territory

Доля категорий нормативно-правового статуса и социально-экологической значимости, %	Вид использования территории в соответствии с социально-экологической значимостью и степенью антропогенной нагрузки и нормативно-правовых ограничений	$S, га$	$S, \%$	r	I_a
Регламентирующие, 7	Нормативно-правовые. Объекты специального назначения (не вовлеченные в градостроительную и иную деятельность)	99,53	7,43	1	7,43
Средоформирующие, 5	Охраняемые природные территории и благоустройство	36,48	2,72	2	5,44
	Отдых (рекреация)	40,5	3,02	3	9,07
Нейтральные, 19	Малоэтажная жилая застройка, садоводство и огородничество, сельскохозяйственное использование	55,61	4,15	4	16,61
	Общественно-деловое и полифункциональное использование	99,35	7,42	5	37,09
	Среднеэтажная жилая застройка	25,23	1,88	6	11,31
	Многоэтажная жилая застройка	72,1	5,38	7	37,69
Воздействующие, 68	Транспорт, хранение и обслуживание автотранспорта	138,98	10,38	8	83,04
	Водные объекты (водоснабжение, гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, рекреация)	584,21	43,63	9	392,68
	Производственная деятельность	186,08	13,9	10	138,97
	ИТОГО	1338,96	100		739,33

Рис. 2. Функциональная структура и социально-экологический статус урбанизированной территории (пояснения к условным обозначениям даны в таблице 1)
Fig. 2. Functional structure and socio-ecological status of the urbanized area (symbols and explanations of the figure are given in the table 1)



1 — специального назначения (не вовлеченные в градостроительную и иную деятельность); **2** — охраняемые природные территории и благоустройство; **3** — отдых (рекреация); **4** — малоэтажная жилая застройка, садово-огородническое, сельскохозяйственное использование; **5** — общественно-деловое и полупрофессиональное использование; **6** — среднеэтажная жилая застройка; **7** — многоэтажная жилая застройка; **8** — транспорт обслуживание и хранение автотранспорта; **9** — водные объекты (гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, рекреация); **10** — производственная деятельность, участки, имеющие противоречивые характеристики

Оценка индекса преобразованности всей территории исследования была проведена по соответствующей шкале (в баллах): очень слабая (100), слабая (101–250), умеренная (251–400), средняя (401–550), высокая (551–700), очень высокая (701–900), катастрофическая (более 900). Индекс антропогенной преобразованности всей группы типов использования земель модельного участка составил 739,33 баллов и относится к территориям с очень высокой степенью антропогенного преобразования согласно представленной шкале оценки.

Задачей следующего этапа исследования является экологический анализ урбанизированной территории с целью получения территориально дифференцированной оценки экологической ситуации модельного участка исследования, на основании которой выделяются территории с различной экологической нагрузкой и локальные участки экологической стабильности, создающие благоприятный природный фон и оказывающие существенное влияние, направленное на улучшение экологической ситуации и охрану окружающей среды с учетом нормативно-правовых ограничений.

Выполнение условий для обеспечения качества жизни и комфортного проживания

Социально-экологическое состояние территории рассматривается нами как составная часть качества жизни населения, где важную роль играют социальные и экономические индикаторы. На данном этапе исследования, не забывая о важности учета всех природных (экзогенных и эндогенных) и антропогенных факторов, остановимся на оценке социально-экологических факторов, статистические данные о которых собираются в рамках отдельных районов и кварталов. В качестве объектов, создающих антропогенные нагрузки на окружающую среду, определяются: транспортные системы; инженерные системы; системы поселений; промышленные и сельскохозяйственные объекты; рекреационные системы; системы объектов историко-культурного наследия. Помимо изучения особенностей функционального назначения территориальных единиц, для оценки экологической напряженности территории используются сведения о степени освоенности модельного участка и о характере застройки, а также данные по удельному весу территорий, находящихся под влиянием транспорта и других категорий землепользования (см. Таблица 1).

Сохранение экологического баланса территории

Оценка потенциала устойчивости природной среды проводилась по следующим территориям (учитывалась доля охраняемых природных территорий, территорий для благоустройства, отдыха, рекреации и иных объектов специального назначения, не вовлеченных в градостроительную и иную деятельность). Природной основой формирования

экологической обстановки в городе являются природные и природно-антропогенные геосистемы, которые в процессе своего развития претерпевают существенные изменения, но тем не менее составляют своеобразный природный фон и определяют возможный уровень антропогенной трансформации и формирования экологических зон [17]. Средоформирующие территории высокой социально-экологической значимости (водные объекты акватории модельного участка, охраняемые природные территории и объекты культурного наследия); территории для благоустройства, отдыха и рекреации; иные объекты специального назначения, не вовлеченные в градостроительную и иную деятельность; локальные участки экологической стабильности (искусственные посадки на садово-огородных участках, посадки вдоль улиц, искусственные посадки на участках с малоэтажной застройкой, внутриквартальная растительность при многоэтажной застройке, фрагментарные участки растительности на территории промышленной застройки) — все они создают благоприятный экологический фон и составляют экологический каркас урбанизированной территории. Именно эти территории противопоставляются воздействию категориям землепользования и формируют экологический баланс и удовлетворительное качество урбанизированной среды (рис. 3).

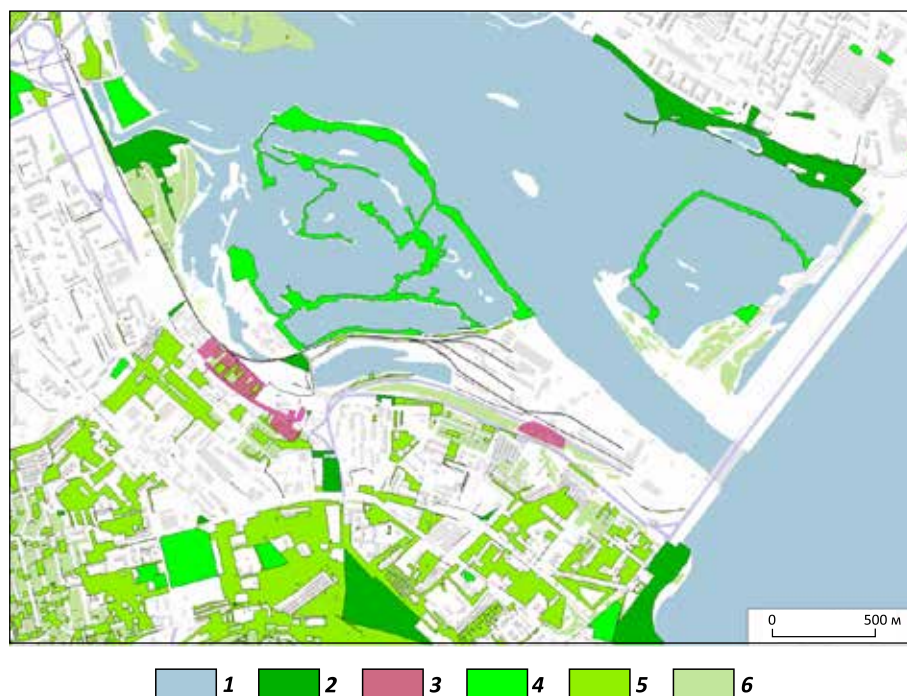
Выполнение условий для функционирования городской инфраструктуры

На существующую экологическую ситуацию на рассматриваемой территории накладываются нормативно-правовые ограничения в форме границ территориальных зон с особыми условиями использования (ЗООУИТ). Увеличение концентрации инженерных коммуникаций, необходимых для нормального функционирования города, влечет за собой создание различных зон, расположенных на урбанизированных территориях. Главная цель такого зонирования — создание условий для функционирования городской инфраструктуры, связанной с эксплуатацией объектов транспорта, связи, энергетики, объектов обороны страны и безопасности государства; обеспечение безопасных и благоприятных условий жизни и снижение негативного воздействия на окружающую среду; охрана объектов культурного наследия, природных ресурсов и других объектов животного и растительного мира [14].

Полный их перечень насчитывает более 60 различных видов и наименований. Ограничения, устанавливаемые на их территории, представлены во множестве различных нормативно-правовых актов, список которых не имеет систематизированного характера, что представляет существенную проблему при анализе ограничительного регламента в ЗООУИТ и сопоставлении его с видами деятельности, разрешенными к осуществлению на земельном участке [30]. Работа по систематизации ЗООУИТ в

Рис. 3. Средоформирующие территории высокой социально-экологической значимости

Fig. 3. Environment-forming areas of high socio-ecological significance



1 — водохранилища, озера, пруды; 2 — охраняемые природные территории и благоустройство; 3 — территории объектов культурного наследия; 4 — городские леса, скверы, пляжи, места отдыха и спорта; 5 — размещение санитарно-защитных зон, для целей несвязанных со строительством; 6 — локальные участки экологической стабильности

сфере кадастрового учета и земельно-имущественных отношений ведется не только в правовом поле, но и в научной среде, о чем свидетельствует последние изменения законодательства [21] и научные работы по этой проблематике [3, 30]. Правовой режим ЗОУИТ наиболее проработан в Градостроительном и Земельном кодексах РФ (установлены цели, виды, порядок функционирования, использования и ответственности) [34]. Законодательством установлено 28 видов ЗОУИТ, которые можно разделить на две группы: зоны, выделяемые в соответствии с федеральным законодательством (территории и водоохранные и природоохранные зоны, прибрежные защитные полосы, а также территории объектов культурного наследия и зоны охраны объектов культурного наследия); зоны, условия использования которых для соблюдения особых требований к расположенным на них объектам определяют различные ведомства. (постановления и распоряжения правительства, органов государственной власти субъектов РФ, местного самоуправления) (рис. 4).

Основным градостроительным документом, определяющим экологические, социальные и экономические условия проживания населения, является генеральный план города [23]. В его рамках территория г. Иркутска была разделена на зоны стабилизации и развития. К зонам развития отнесены территории в срединной части города, и в том числе рассматриваемая модельная территория; в них предполагается изменение функционально-пла-

нировочной структуры (реорганизация крупных промышленных зон, расширение транспортных магистралей, создание новых общественных объектов и др.). Это может оказать влияние на экологическую обстановку городской среды. По результатам комплексной оценки по факторам развития территории [2] к основным экологическим рискам для населения относятся факторы загрязнения воздуха, воды, почвы, снежного покрова, шумовое загрязнение среды. Близость промышленных объектов, территорий свалок, карьеров и кладбищ, зон и объектов инженерной инфраструктуры – ограничительный фактор развития [35]. Но, в то же время ЗОУИТ снижают качество жизни в связи с особым режимом использования земель, который накладывает определенные виды ограничений на хозяйственную деятельность населения. Кроме того, велико негативное влияние на качество урбанизированной среды авиатранспорта. В соответствии с п. 3 статьи 47 Воздушного кодекса РФ [4] модельный участок относится к приаэродромной территории, на которой в целях предотвращения негативного физического воздействия устанавливается перечень ограничений использования земельных участков, определенный в соответствии с земельным законодательством. Интенсивное шумовое воздействие, санитарно-эпидемиологические и эксплуатационные требования безопасности авиатранспорта снижают экологическое качество территории. Также проведенные ранее геохимиче-

Рис. 4. Нормативно-правовое зонирование модельного участка

Fig. 4. Legal and regulatory zoning of the model site



Зоны с особыми условиями использования территорий.

Регламентируются федеральным законодательством (1–5): 1 — территории объектов культурного наследия, 2 — водоохранная зона и прибрежная защитная полоса Иркутского водохранилища, 3 — береговая линия (границы водного объекта) Иркутского водохранилища, 4 — второй пояс зон санитарной охраны природных объектов, 5 — третий пояс зон санитарной охраны природных объектов; ведомственные (6–9): 6 — зона охраны искусственных объектов, 7 — охранная зона гидроэнергетического объекта: плотина Иркутской ГЭС, 8 — охранная зона инженерных коммуникаций, 9 — приаэродромная территория аэродрома гражданской авиации г. Иркутска

ские исследования на этой территории [5] показали, что на относительно удовлетворительную экологическую обстановку оказывает влияние специфика расположения и застройки Академгородка — отсутствие крупных промышленных зон, наличие больших площадей зеленых насаждений, а выявленные локальные пространственные аномалии с максимальной концентрацией загрязняющих веществ приурочены к автомобильным дорогам.

Картографическое моделирование и визуализация

С помощью картографических моделей территории исследования социальные, экономические и экологические показатели системы можно объединить в единую модель. При этом часть показателей может иметь статистическую базу, часть не иметь ее, а часть — оцениваться только качественно. С помощью картографических моделей можно сформировать количественный анализ изменения показателей изучаемой системы, найти различные варианты воздействия на систему с целью нахождения наилучшего решения. ГИС-технологии предоставляют достаточно широкий набор графических средств для визуализации информации, совмещения тематических данных и общегеографической основы для создания тематических карт. В рамках геостатистического подхода строится вероятностная модель изучаемого явления. Оценка и моделирование выполняются с использованием свойств этой модели, а получаемые оценки или

моделированием величины являются некоторым отображением действительности [6, 11, 29].

Следующим этапом исследования стала группировка природно-антропогенных и антропогенных геосистем по типам землепользования с учетом нормативно-правовых ограничений: посредством оверлейных операций они были сведены в единую систему, которая позволила на основе рассчитанного индекса антропогенной преобразованности выделить участки территории (экологические зоны) с различной экологической напряженностью. Для картографической визуализации явления применяются растровая и векторная модель представления пространственных данных. Для моделирования антропогенной трансформации урбанизированной территории в связи со значительным разбросом пространственных размеров ячеек (картографических выделов) кадастрового деления территории целесообразно использовать регулярные (равномерные) сети (GRID) (рис. 5). Применение прямоугольной равномерной сети оправдано простотой построения такой сети. Значение явления $z(x)$ проецируется в пространстве в точке (x) в качестве узлов или центра ячеек регулярной или нерегулярной сетки, покрывающей территорию исследования [11]. Размер ячейки задается существенно меньшим, чем характерный, размером картографируемого выдела представляемого пространственного явления. Оценка значения пространственных переменных в ячейках сет-

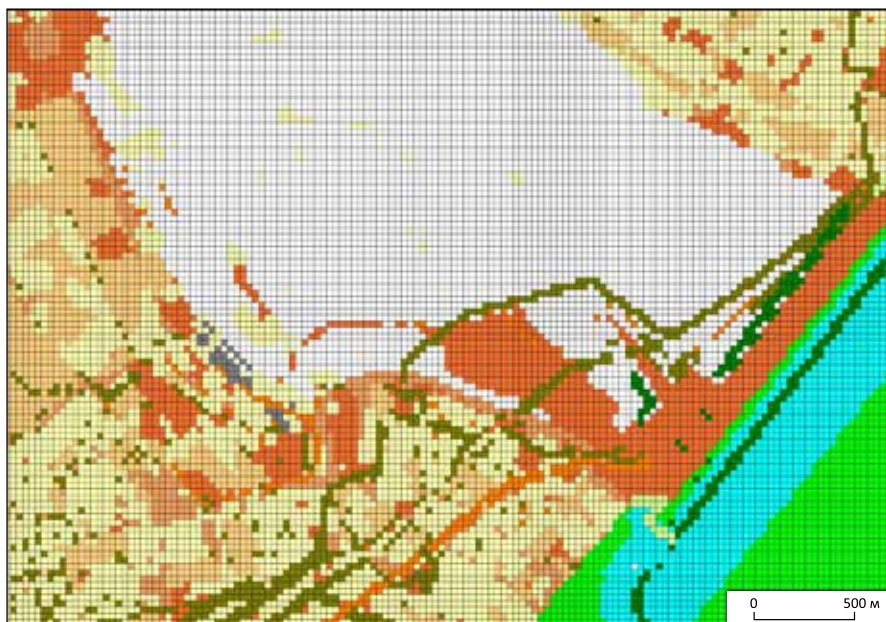


Рис. 5. GRID модельного участка

Fig. 5. GRID of the model section

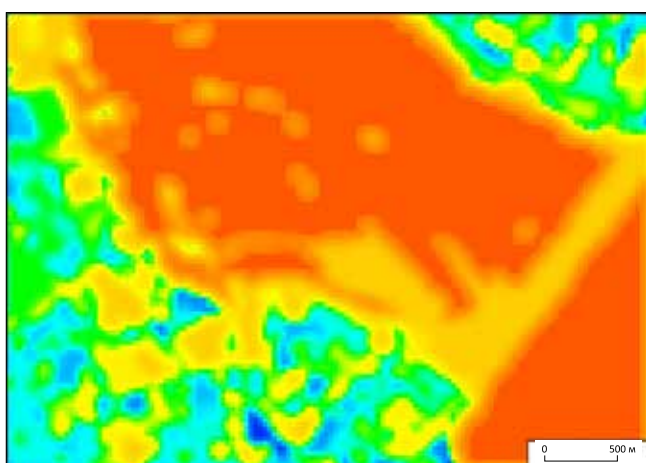
ки методами интерполяции дает растровый слой попиксельного изображения с заданной легендой (рис. 6). Для его векторного представления используют метод изолиний со интервальной неравномерной шкалой (рис. 7).

Результатом оценки стало выделение участков территории с различной экологической напряженностью территории в относительных величинах.

Оценка площадных параметров ареалов с различным качеством городской среды свидетельствует о том, что размеры территорий, соответствующих удовлетворительной экологической ситуации — умеренная (менее 25) антропогенная нагрузка, — незначительны и составляют 176,5 га (13% площади модельного участка). Это средоформирующие территории высокой социально-эко-

Рис. 6. Растровая модель «Индекс антропогенной преобразованности территории»

Fig. 6. Raster model "Index of anthropogenic transformation of the territory"



Индекс антропогенной трансформации

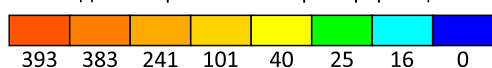
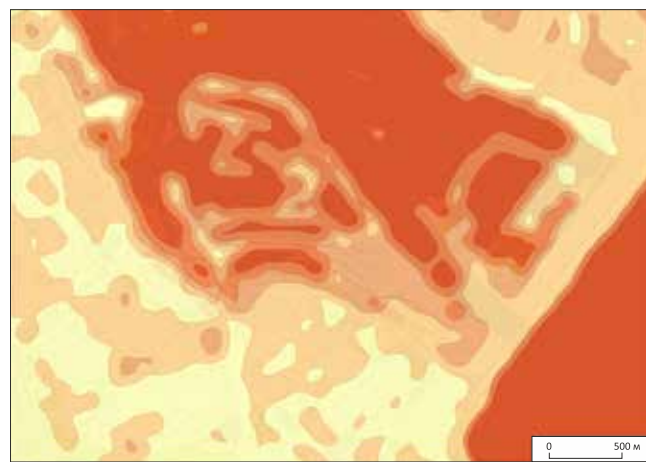
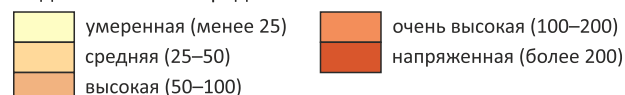


Рис. 7. Вероятностная модель экологического баланса урбанизированной территории с учетом нормативно-правового зонирования

Fig. 7. Probabilistic model of the ecological state of the urban environment of the model area, taking into account the legal and regulatory zoning



Индекс состояния среды



гической значимости — охраняемые природные территории и объекты культурного наследия; территории для благоустройства, отдыха и рекреации; иные объекты, специального назначения, не вовлеченные в градостроительную и иную деятельность.

Зона средней (25–50) экологической нагрузки имеет площадь 252,3 га (около 20% модельной территории), фиксируется вокруг категорий с нейтральной экологической значимостью (жилая застройка всех уровней, земли общественно-делового и полифункционального использования, садово-огороднического и сельскохозяйственного использования).

Территории с напряжённым уровнем антропогенного воздействия отличаются большей дифференциацией и объединяют воздействующие типы использования территории, которая располагается вблизи крупных транспортных магистралей и примыкает к производственным зонам и водным объектам. Эта зона высокого (50–100), очень высокого (100–200) и напряженного экологического неблагополучия (более 200), соответствующего критической ситуации, составляет 909,27 га, или почти 70% площади модельного участка. В этой зоне расположены наиболее напряженные транспортные узлы и стационарные источники загрязнения окружающей среды (промышленные, транспортные, строительные и складские предприятия и коммунальные объекты). Более 40% площади рассматриваемой территории занимают водные объекты. Учитывая комплексное полифункциональное использование акватории (гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, рекреация и др.), состояние водных объектов на территории исследования можно оценить, как напряженное.

Заключение

В соответствии с установленным методическим подходом проведена оценка экологического состояния урбанизированной территории города Иркутска с приоритетным вниманием к развитию социально-экологической функции в экологическом балансе территории. Так, анализ функционального использования урбанизированной территории и оценка интенсивности антропогенного воздействия проводились на основе определения вида функционального назначения и показателя для конкретных территорий, подверженных определенным видам использования; выводился индекс антропогенной трансформации, отражающий степень трансформации территории в целом. При этом модельный участок рассматривается как самостоятельный объект эколого-географической оценки. При её реализации в качестве оценочных шкал используются не абсолютные, а относительные значения анализируемых показателей с учетом их значимости с точки зрения субъекта оценки. Показатели, участвующие в оценке, и разрабатываемые шкалы индивидуальны. В этом случае результаты оценки нельзя сравнивать между собой ни на региональном, ни на местном уровне, а только в пределах каждого оцениваемого модельного участка урбанизированной территории, входящей в состав исследуемого региона. Тем не менее, геоинформационный анализ данных земельного кадастра, отражающий современное состояние антропогенного воздействия на природные и природно-антропогенные геосистемы, позволяет представить вариабельную модель экологического баланса урбанизированной территории.

Исследование выполнено в рамках государственного задания (гос. регистрация № AAAA-A21-121012190063-2)

Список источников

1. *Александрова Т.Д., Максимова Л.В.* Оценочные исследования в отечественной географии // География и природные ресурсы. – 2004. – № 3. – С. 28–34.
2. *Атлас.* Байкальский регион: общество и природа. – М. : Паулсен, 2021. – 320 с.
3. *Башаева И.Ю.* Некоторые проблемы, связанные с правовым регулированием зон с особыми условиями использования территорий // Новый юридический вестник. – 2020. – № 5 (19). – С. 13–17.
4. *Воздушный кодекс Российской Федерации:* от 19.03.1997 № 60-ФЗ (ред. от 04.08.2023): принят Гос. Думой 19 февр. 1997 г.: одобр. Советом Федерации 5 мар. 1997 г.] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744/ (дата обращения: 17.10.2023 г.).
5. *Воробьева И.Б.* Экологические функции территорий с различной степенью урбанизации в условиях Восточной Сибири // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 10. – С. 96–101.
6. *Воробьева Т.А., Котова Т.В., Слипечук М.В., Тикунов В.С.* Картографирование природопользования: опыт комплексных атласов // Наука. Инновации. Технологии. 2020. – № 1. – С. 125–140. DOI: 10.37493/2308-4758.2020.1.8.
7. *Воробьева Т.А., Могосова Н.Н.* Анализ состояния городской среды с использованием ГИС // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2013. – Т. 19. – С. 56–62. DOI: 10.24057/2414-9179-2013-1-19-30-40.
8. *Генеральный план города* [Электронный ресурс] // Официальный портал города Иркутска. – Режим доступа: <https://admirk.ru/sectors/stroitelstvo/generalnyy-plan-goroda/> (дата обращения: 17.10.2023 г.).

9. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году [Электронный ресурс] / Росреестр. – Москва, 2021. – Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Государственный%20\(национальный\)%20доклад_2020.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Государственный%20(национальный)%20доклад_2020.pdf) (дата обращения: 17.10.2023 г.).
10. Гофман К.Г. Социально-экономические аспекты разработки региональных программ природопользования // Социализм и природа. – М. : Мысль. 1982. – С. 93–111.
11. Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика: теория и практика. – М.: Наука, 2010. – 327 с.
12. Жердев В.Н., Беспалов С.Д. Перспективы моделирования природно-технических систем в целях оценки их состояния // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2003. – № 1. – С. 82–87.
13. Занозин В.В., Бармин А.Н., Валов М.В. Исследования степени антропогенной преобразованности природных территориальных комплексов // Геология, география и глобальная энергия. – 2019. – № 4(75). – С. 168–183.
14. Земельный кодекс Российской Федерации: от 25.10.2001 г. № 136-ФЗ (ред. от 04.08.2023): принят Гос. Думой 28 сент. 2001 г.: одобр. Советом Федерации 10 окт. 2001 г.] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (дата обращения: 17.10.2023 г.).
15. Ивашкина И.В. Кочуров Б.И. Урбозкодиагностика и сбалансированное развитие Москвы. – М. : ИНФРА-М, 2018. – 202 с. DOI: 10.12737/monography_59b23545b5ef48.11064230.
16. Комиссарова Т.С., Скупинова Е.А., Титова О.В. Геоэкологический каркас территории как пространственная совокупность геосистем разного типа // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. – 2013. – Т. 3. – № 1. – С. 7–17.
17. Кочуров Б.И., Ивашкина И.В., Фомина Н.В., Лобковская Л.Г. Принципы и приемы развития современного города как сложной урбозкосоциосистемы // Экология урбанизированных территорий. – 2018. – № 3. – С. 83–89. DOI: 10.24411/1816-1863-2018-13083.
18. Кочуров Б.И., Смирнов А.А. Опыт разработки экспресс-мониторинга эффективности регионального природопользования // Юг России: экология, развитие. – 2006. – Т. 1. – № 4. – С. 6–19.
19. Лурье И.К. Цифровая эпоха в картографии: от автоматизации к картографическим сервисам // Вопросы географии. – 2017. – № 144. – С. 15–28.
20. Мазуров Ю.Л. Природопользование и его систематика: современная интерпретация // Систематизация и типологическая классификация природопользования / под ред. М.В. Слипенчука. – Вып. 1. – М. : МГУ, 2015. – С. 6–26.
21. О внесении изменений в Градостроительный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 03.08.2018 № 342-ФЗ (ред. от 02.07.2021): принят Гос. Думой 26 июл. 2018 г.: одобр. Советом Федерации 28 июл. 2018 г.] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304066 (дата обращения: 17.10.2023 г.).
22. Об охране окружающей среды: Федер. закон Рос. Федерации от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 02.07.2021): принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г.: одобр. Советом Федерации 26 дек. 2001 г.] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mos.ru/upload/documents/files/Federalniizakonot10_01_2002N7-FZ.pdf (дата обращения: 17.10.2023 г.).
23. Об утверждении классификатора видов разрешенного использования земельных участков: приказ Росреестра от 10 ноября 2020 г. № П/0412 (ред. от 23.06.2022) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Приказ%20Росреестра%20от%2010.11.2020%20N%20П_0412%20\(ред.%20от%2023.06.2022\).pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Приказ%20Росреестра%20от%2010.11.2020%20N%20П_0412%20(ред.%20от%2023.06.2022).pdf) (дата обращения: 17.10.2023 г.).
24. Об утверждении Требований к описанию и отображению в документах территориального планирования объектов федерального значения, объектов регионального значения, объектов местного значения и о признании утратившим силу приказа Минэкономразвития России от 7 декабря 2016 г. № 793: приказ Минэкономразвития России от 9 января 2018 г. № 10 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71756140/> (дата обращения: 17.10.2023 г.).
25. Осипов А.Г. Эколого-географическая оценка ландшафтов при формировании природно-экологического каркаса территории // Информация и космос. – 2015. – № 1. – С. 62–73.
26. Публичная кадастровая карта России [Электронный ресурс] / Росреестр. – 2010-2023. – Режим доступа: <https://pkk.rosreestr.ru/> (дата обращения: 17.10.2023 г.).
27. Региональный доклад о состоянии и использовании земель в Иркутской области за 2020 год / Управление Росреестра по Иркутской области. – Иркутск, 2021. – Режим доступа: [https://rosreestr.gov.ru/upload/to/irkutskaya-oblast/geodeziya-i-kartografiya/2021/1.%20РЕГИОНАЛЬНЫЙ%20ДОКЛАД%202020%20год%20\(СВОД\).docx](https://rosreestr.gov.ru/upload/to/irkutskaya-oblast/geodeziya-i-kartografiya/2021/1.%20РЕГИОНАЛЬНЫЙ%20ДОКЛАД%202020%20год%20(СВОД).docx) (дата обращения: 17.10.2023 г.).
28. Реймерс Н.Ф. Природопользование. – М. : Мысль, 1990. 637 с.
29. Савельев А.А., Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г., Чижикина Н.А. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R). – Казань: Казанский университет, 2012. – 120 с.
30. Сеньковская К. Э. Кадастровая оценка садовых, огородных и дачных земель с учетом зон с особыми условиями использования территорий: дис. ...канд. техн. наук. – СПб., 2018. – 160 с.
31. Тетиор А.Н. Пути экореконструкции и экореставрации городов // Sciences of Europe. – 2018. – № 23-1(23). – С. 69–77.
32. Тикунов В.С., Белоусов С.К. Интегральная оценка и картографирование антропогенного воздействия на природную среду регионов России // Наука. Инновации. Технологии. – 2021. – № 1. – С. 89–106. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.1.6.
33. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.gov.ru/> (дата обращения: 17.10.2023 г.).
34. Юридический справочник застройщика / Под ред. Д.С. Некрестьянова, 7-я ред. – СПб. : Качкин и Партнеры, 2023. – 411 с.
35. Emelyanova N.V., Naprasnikova E.V., Sorokovoi A.A. The Ecological State of a Large City of Eastern Siberia in the Process of Urbanization // Geography and Natural Resources. – 2018. – Vol. 39. – No 4. – P. 324–331. DOI: 10.1134/S1875372818040054.

References

1. Aleksandrova T.D., Maksimova L.V. Otsenochnye issledovaniya v otechestvennoi geografii [Evaluation studies in domestic geography]. Geografia i prirodnye resursy. 2004;(3):28-34.
2. The Baikal Region: Society and Nature Atlas. Moscow: Paulsen; 2021. 320 p.
3. Bashaeva I.Yu. Nekotorye problemy, svyazannye s pravovym regulirovaniem zon s osobymi usloviyami ispol'zovaniya territorii [Some problems of legal regulation of zones with special conditions for the use of territories]. Novyi yuridicheskii vestnik. 2020;(5):13–17.

4. *Vozdushnyi kodeks Rossiiskoi Federatsii* [Air Code of the Russian Federation] dated 19.03.1997 No. 60-FZ (amend. 04.08.2023). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744/ (accessed 17.10.2023).
5. Vorobeva I.B. Ecological functions of territories with various degree of urbanization under conditions of Eastern Siberia. *Advances in current natural sciences*. 2018;(10):96–101.
6. Vorobyova T.A., Kotova T.V., Slipenchuk M.V., Tikunov V.S. Cartography of nature use: experience of complex atlases. *Science. Innovations. Technologies*. 2020;(1):125–140. DOI: 10.37493/2308-4758.2020.1.8.
7. Vorobyova T.A., Mogosova N.N. Analysis of urban environment using GIS. *InterCarto. InterGIS*. 2013;19:56–62. DOI: 10.24057/2414-9179-2013-1-19-30-40.
8. *General'nyi plan goroda* [General plan of the city]. In: Ofitsial'nyi portal goroda Irkutsk. Available at: <https://admirk.ru/sectors/stroitelstvo/generalnyy-plan-goroda/> (accessed 17.10.2023).
9. *Gosudarstvennyi (natsional'nyi) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossiiskoi Federatsii v 2020 godu* [State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2020]. Moscow, 2021. Available at: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Iocy-darstvennyy%20\(natsional'nyi\)%20doklad_2020.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Iocy-darstvennyy%20(natsional'nyi)%20doklad_2020.pdf) (accessed 17.10.2023).
10. Gofman K.G. Sotsial'no-ehkonomicheskie aspekty razrabotki regional'nykh programm prirodoopol'zovaniya [Socio-economic aspects of the development of regional programs of nature use]. In: Sotsializm i priroda. Moscow: Mysl'; 1982. pp. 93–111.
11. Dem'yanov V.V., Savel'eva E.A. Geostatistika: teoriya i praktika [Geostatistics: theory and practice]. Moscow: Nauka; 2010. 327 p.
12. Zherdev V.N., Bespalov S.D. Perspektivy modelirovaniya prirodno-tekhnicheskikh sistem v tselyakh otsenki ikh sostoyaniya [Perspectives of modeling of natural-technical systems in order to assess their condition]. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2003;(1):82–87.
13. Zanozin V.V., Barmin A.N., Valov M.V. Studies of the degree of anthropogenic transformation of natural territorial complexes. *Geology, geography and global energy*. 2019;(4):168–183.
14. *Zemel'nyi kodeks Rossiiskoi Federatsii* [Land Code of the Russian Federation] dated 25.10.2001 No. 136-FZ (amend. 04.08.2023). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (accessed 17.10.2023).
15. Ivashkina I.V. Kochurov B.I. Urboekhodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie Moskvy. [Urboecodiagnosics and balanced development of Moscow]. Moscow: INFRA-M; 2018. 202 p. DOI: 10.12737/monography_59b23545b5ef48.11064230.
16. Komissarova T.S., Skupinova E.A., Titova O.V. Geoekhologicheskii karkas territorii kak prostranstvennaya sovokupnost' geosistem raznogo tipa [Geoecological frame of the territory as a spatial system of geosystems of different types]. *Pushkin Leningrad State University Journal*. 2013;3(1):7–17.
17. Kochurov B.I., Ivashkina I.V., Fomina N.V., Lobkovskaya L.G. Principles and developments of the modern city development as a comprehensive urbanosociosystems. *Ecology of urban areas*. 2018;(3):83–89. DOI: 10.24411/1816-1863-2018-13083.
18. Kochurov B.I., Smirnov A.Ya. The experience of express-monitoring efficiency of the regional nature management elaboration. *South of Russia: ecology, development*. 2006;1(4):6–19.
19. Lurie I.K. Digital age in cartography: from automation to map services. *Geography questions*. 2017;144:15–28.
20. Mazurov Yu.L. Prirodoopol'zovanie i ego sistematika: sovremennaya interpretatsiya [Nature management and its systematics: modern interpretation]. In: Sistematizatsiya i tipologicheskaya klassifikatsiya prirodoopol'zovaniya. Slipenchuk M.V. (ed.). Iss. 1. Moscow: MGU; 2015. pp. 6–26.
21. *O vnesenii izmenenii v Gradostroitel'nyi kodeks Rossiiskoi Federatsii i otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiiskoi Federatsii* [On amendments to the Town Planning Code of the Russian Federation and certain legislative acts of the Russian Federation]: Federal law of the Russian Federation dated 03.08.2018 No. 342-FZ (amend. 02.07.2021). Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304066 (accessed 17.10.2023).
22. *Ob okhrane okruzhayushchei sredy* [On environmental protection]: Federal law of the Russian Federation dated 10.01.2002 No. 7-FZ (amend. 02.07.2021). Available at: https://www.mos.ru/upload/documents/files/Federalniizakonot10_01_2002N7-FZ.pdf (accessed 17.10.2023).
23. *Ob utverzhdenii klassifikatora vidov razreshennogo ispol'zovaniya zemel'nykh uchastkov* [On approval of the classifier of types of permitted use of land plots]: Rosreest order dated 10.11.2020 No. P/0412 (amend. 23.06.2022). Available at: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Приказ%20Росреестра%20от%2010.11.2020%20N%20П_0412%20\(ред.%20от%2023.06.2022\).pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16-upr/Приказ%20Росреестра%20от%2010.11.2020%20N%20П_0412%20(ред.%20от%2023.06.2022).pdf) (accessed 17.10.2023).
24. *Ob utverzhdenii Trebovaniy k opisaniyu i otobrazheniyu v dokumentakh territorial'nogo planirovaniya ob"ektov federal'nogo znacheniya, ob"ektov regional'nogo znacheniya, ob"ektov mestnogo znacheniya i o priznanii utrativshim silu prikaza Minekhkonomrazvitiya Rossii ot 7 dekabrya 2016 g. № 793* [On approval of the Requirements for the description and display in territorial planning documents of objects of federal significance, objects of regional significance, objects of local significance and on the recognition of the order of the Ministry of Economic Development of Russia dated 07.12.2016 No. 793 as invalid]: order of the Ministry of Economic Development of Russia dated 09.01.2018 No. 10. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71756140/> (accessed 17.10.2023).
25. Osipov A.G. Ehkologo-geograficheskaya otsenka landshaftov pri formirovanii prirodno-ehkologicheskogo karkasa territorii [Ecological-geographical assessment of landscapes in the formation of a natural-ecological framework of the territory]. *Information and space*. 2015;(1):62–73.
26. *Publichnaya kadastravaya karta Rossii* [Public cadastral map of Russia]. 2010–2023. Available at: <https://pkk.rosreestr.ru/> (accessed 17.10.2023).
27. *Regional'nyi doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Irkutskoi oblasti za 2020 god / Upravlenie Rosreestra po Irkutskoi oblasti* [Regional report on the state and use of land in the Irkutsk region for 2020]. Irkutsk, 2021. Available at: [https://rosreestr.gov.ru/upload/to/irkutskaya-oblast/geodeziya-i-kartografiya/2021/1.%20РЕГИОНАЛЬНЫЙ%20ДОКЛАД%202020%20год%20\(СВОД\).docx](https://rosreestr.gov.ru/upload/to/irkutskaya-oblast/geodeziya-i-kartografiya/2021/1.%20РЕГИОНАЛЬНЫЙ%20ДОКЛАД%202020%20год%20(СВОД).docx) (accessed 17.10.2023).
28. Reimers N.F. Prirodovouzovanie [Nature management]. Moscow: Mysl', 1990. 637 p.
29. Savel'ev A.A., Mukharamova S.S., Pilyugin A.G., Chizhikova N.A. Geostatisticheskii analiz dannykh v ehkologii i prirodoopol'zovanii (s primeneniem paketa R) [Geostatistical analysis of data in ecology and nature management (with the use of the R package)]. Kazan: Kazan University. 2012. 120 p.

30. *Sen'kovskaya K.Eh.* Kadastrovaya otsenka sadovykh, ogorodnykh i dachnykh zemel' s uchetom zon s osobymi usloviyami ispol'zovaniya territorii [Cadastral valuation of garden, vegetable and dacha lands, taking into account zones with special conditions for the use of territories]: dissertation for the degree of candidate of technical sciences. Sankt-Petersburg, 2018. 160 p.
31. *Tetior A.N.* Ways of ecological reconstruction and restoration of cities. *Sciences of Europe*. 2018;23-1:69–77.
32. *Tikunov V.S., Belousov S.K.* Integral assessment and mapping of anthropogenic impact on the natural environment of Russian regions. *Science. Innovations. Technologies*. 2021;(1):89–106. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.1.6.
33. *Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi registratsii, kadastra i kartografii* [Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography]. Available at: <https://rosreestr.gov.ru/> (accessed 17.10.2023).
34. *Nekrest'yanov D.S.(ed.)* Yuridicheskii spravochnik zastroishchika [Developer's Legal Guide]. SPb.: Kachkin i Partnery; 2023. 411 p.
35. *Emelyanova N.V., Naprasnikova E.V., Sorokovoi A.A.* The Ecological State of a Large City of Eastern Siberia in the Process of Urbanization. *Geography and Natural Resources*. 2018;39(4):324–331. DOI: 10.1134/S1875372818040054.

Статья поступила в редакцию 05.05.2023, одобрена после рецензирования 27.09.2023, принята к публикации 10.10.2023.
The article was submitted 05.05.2023; approved after reviewing 27.09.2023; accepted for publication 10.10.2023.

Информация об авторах

Лопаткин Дмитрий Александрович

Кандидат географических наук
Старший научный сотрудник
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН
664033 Иркутск, ул. Улан-Баторская, д. 1
e-mail: lopatkind@yandex.ru
ORCID 0000-0003-2879-7237
Author ID 159215

Воробьев Александр Николаевич

Кандидат географических наук
Старший научный сотрудник
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН
664033 Иркутск, ул. Улан-Баторская, д. 1
e-mail: Tore12@yandex.ru
ORCID 0000-0001-5529-1384
Author ID 184233

Information about authors

Dmitry A. Lopatkin

Candidate of Geographical Sciences, Senior scientist
V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya Str., Irkutsk, 664033, Russia
e-mail: lopatkind@yandex.ru
ORCID 0000-0003-2879-7237
Author ID 159215

Alexander N. Vorobyev

Candidate of Geographical Sciences, Senior Scientist
V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya Str., Irkutsk, 664033, Russia
e-mail: Tore12@yandex.ru
ORCID 0000-0001-5529-1384
Author ID 184233