

Картография и геоинформатика
Лопаткин Д.А.

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

Научная статья

УДК 910.1

doi: 10.17072/2079-7877-2023-2-77-91

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СБАЛАНСИРОВАННОСТИ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ОСНОВЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Дмитрий Александрович Лопаткин

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

lopátkind@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2879-7237>, Scopus Author ID: 55683024600

Аннотация. В статье рассматриваются основные методы оценки экологической сбалансированности урбанизированной территории модельного участка г. Иркутска посредством системы количественных оценок и экспертных вербальных характеристик исследуемых процессов на основе геостатистических данных. Проведена инвентаризация и составлена база пространственных и непространственных данных на основе кадастрового деления территории, выделены виды землепользований, функциональные типы застройки, дана оценка инженерно-транспортной инфраструктуры, размещения промышленных предприятий, зоны отдыха, рекреации и благоустройства. Выделены функциональные типы категории с разной степенью антропогенного воздействия и социально-экологической значимости: воздействующие, нейтральные и средоформирующие, а также локальные участки экологической стабильности. Пространственные данные представлены в виде векторной топологической модели данных, поверхностей и изолинейных слоев; атрибутивные данные – в виде набора таблиц ГИС MapInfo, которые легко позволяют осуществлять операции реструктуризации – изменение структуры и состава таблиц данных и структурированные запросы. Полученные данные представляет собой пространственную визуализацию различных видов использования территории, выполненную методом ранжирования в баллах.

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

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания (№ гос.регистрации АААА-А21-121012190063-2).

Для цитирования: Лопаткин Д.А. Картографирование экологической сбалансированности урбанизированной территории на основе социально-экологических факторов // Географический вестник = Geographical bulletin. 2023. № 2(65). С. 77–91. doi: 10.17072/2079-7877-2023-2-77-91.

CARTOGRAPHY AND GEOINFORMATICS

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2023-2-77-91

MAPPING THE ECOLOGICAL BALANCE OF THE URBANIZED TERRITORY ON THE BASIS OF SOCIO-ECOLOGICAL FACTORS

Dmitry A. Lopatkin

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

lopátkind@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2879-7237>, Scopus Author ID: 55683024600

Abstract. The article discusses the main methods of assessing the environmental balance of the urbanized territory of a model area of the city of Irkutsk through a system of quantitative assessments and expert verbal descriptions of the studied processes 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 and functional types of the site development were identified; the engineering and transport infrastructure, the location of industrial enterprises, recreation areas and public improvements were assessed. Functional types of the category with different degrees of anthropogenic impact and socio-ecological significance have been identified: influencing, neutral, and environment-forming, as well as local areas of environmental stability. Spatial data is represented as a vector topological model of data, surfaces and isolines, attribute data is represented as a set of MapInfo tables, with which it is easy to perform restructuring operations – changing the structure and composition of data tables and structured queries.

Keywords: urbanized territory, ecological framework, cartographic modeling, functional use of land, anthropogenic impact

Financing: the study was carried out as part of state assignment (state registration No. АААА-А21-121012190063-2).

For citation: Lopatkin D.A. (2023). Mapping the ecological balance of the urbanized territory on the basis of socio-ecological factors. *Geographical Bulletin*. No. 2(65). Pp. 77–91. doi: 10.17072/2079-7877-2023-2-77-91.



Картография и геоинформатика
Лопаткин Д.А.

Введение

В различных областях науки: географии, геоэкологии, природопользовании, территориальном планировании, землеустройстве и градостроительстве выделяют группы показателей, характеризующих разные аспекты экономической, социальной и экологической эффективности использования территорий. Существует достаточно большое количество методов оценки антропогенной нагрузки на геосистему в целом и ее отдельные составляющие.

Геоэкологическая оценка территории может основываться на различных методах и подходах дифференциации географического пространства. Многими исследователями обоснован и апробирован бассейновый подход, в котором решающую роль играют интегрирующие свойства водного потока, позволяющие рассматривать бассейны как функционально-целостные природные комплексы. Этот принцип, как и ландшафтный подход, распространяется на все уровни территориальной организации и особенно актуален для крупных бассейнов региональных и отдельных водохозяйственных территорий [15; 31; 36]. Наибольшие трудности возникают при характеристике городских ландшафтов, которые, однако, являются и «полезным» объектом познания за счет синтеза естественно-исторических и социально-экономических материалов [28].

В границах **административно-территориального** деления на основе сопоставления различных данных определяется степень хозяйственного освоения и антропогенного преобразования территории. Территория административного или муниципального района (в зависимости от цели исследования) рассматривается как однородная система с точки зрения природных, техногенных и социальных условий.

Ведущим признаком при выборе варианта оценки выступает его функциональное назначение – оценка состояния и оценка воздействия. Оценку природных комплексов (территорий) возможно производить с помощью различных методов: математических, количественных, различных видов моделирования, балльных оценок и т.д. [1].

С системных позиций оценки антропогенного воздействия на территорию могут быть частные, комплексные, многокритериальные и интегральные. Частные оценки являются традиционными для географических и экологических исследований. Они составляют основу комплексных и многокритериальных оценок [2; 23].

Оценка любого явления, в том числе и природных условий жизни человека, представляет собой сложный процесс. Оценка – это субъективное выражение значимости предметов и явлений окружающего мира для жизни человека. Термин «оценка» трактуется по-разному. В географии это означает как результат, так и деятельность. Понятия «оценочные исследования», «эколого-географические исследования» объединяют эти понятия [1; 30]. Н.Ф. Реймерс [29] рассматривает экологическую оценку природной среды как процесс определения состояния среды жизни или степени воздействия на нее каких-либо факторов.

Выбор оптимального набора показателей, возможность комплексно оценить на их основе состояние геосистемы любой территории является одной из актуальнейших проблем природопользования и охраны окружающей среды. Число показателей, позволяющих оценить экологическое состояние территорий разного масштаба, исчисляется сотнями. 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 [6; 11; 34].

При оценке трансформации территории по соотношению различных видов использования земель используют преимущественно балльные и количественные оценки. Их сущность состоит в том, что каждому виду использования земель в пределах какой-либо геосистемы присваивается определённый балл в зависимости от глубины нарушения

Картография и геоинформатика
Лопаткин Д.А.

природной среды этим видом использования, а затем, применяя эти баллы, а также показатели удельных площадей, подверженных тем или иным видами использования, выводится показатель, отражающий степень трансформации территории в целом [16].

Цель исследования – 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.

Материалы и методы

Одной из основных задач при оценке экологической напряженности урбанизированной территории являются выбор единицы картографирования и количественная и качественная интерпретация выявляемых проблем и их последствий применительно к такой единице. При крупномасштабном исследовании урбанизированной территории большую роль играют техногенные факторы дифференциации, влияющие на жизнедеятельность людей. Поэтому при экологической оценке городской среды целесообразно опираться на территориально 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.) [6; 10; 12].

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, рассмотрим оценку 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.

Для оценки антропогенной нагрузки на геосистемы учитывались следующие антропогенные факторы прямого и косвенного воздействия, которые приводят к трансформации территории: пространственное соотношение категорий земель; соотношение угодий; процент неиспользуемых и малоиспользуемых земель; ареалы застройки; площади инфраструктуры; антропогенное воздействие на гидрологический режим водоемов и др. Количество рассмотренных в данном исследовании показателей незначительно по сравнению с тем массивом данных, который имеется на сегодняшнее время. С другой стороны, антропогенные воздействия рассматриваются не конкретно, а в общем виде, то предметом исследований становится выявление относительной или потенциальной устойчивости рассматриваемой территории к антропогенному воздействию. Степень антропогенного воздействия также зависит от уровня геосистем. Локальные геосистемы более подвержены антропогенным трансформациям по сравнению с геосистемами более высоких рангов [2; 12; 13].

В качестве исходных данных использовались материалы справочно-информационного ресурса «Публичная кадастровая карта» [27], материалы официальных статистических данных различных министерств и ведомств Иркутской области [7; 28]. «Публичная кадастровая карта» является общедоступным информационным сервисом, в котором содержатся сведения о границах объектов недвижимости, населенных пунктов,

Картография и геоинформатика
Лопаткин Д.А.

муниципальных образований, территориальных зон, зон с особыми условиями использования территорий, территорий объектов культурного наследия и иные сведения. Сервис информационного ресурса «Публичная кадастровая карта» оснащен слоем «Картографическая основа», отображающим объекты на цифровых ортофотопланах, что делает её доступной и удобной для использования в ГИС. Базовым был выбран метод геоинформационного картографирования на основе геостатистического анализа и картографического моделирования в программной среде MapInfo.

Картографическое моделирование позволяет рассматривать территорию как целое – часть геопространства, на котором сосуществует неустойчивое единство различных геосистем (природных, природно-антропогенных, природно-технических и др.) [14]. Значимой 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 ДДЗ, цифровых картографических баз данных, распространяемых через Интернет [19].

Результаты исследования

Проведение исследования (сбор, обработка и представление исходных данных) условно включало в себя несколько основных этапов: **инвентаризацию, типизацию земель, оценку антропогенной нагрузки, картографическое моделирование и визуализацию.**

I. На этапе инвентаризации исследования в результате геоинформационного анализа адресной кадастровой карты [27] статистических данных государственной кадастровой оценки земель населенных пунктов, земель особо охраняемых территорий и объектов, земель лесного фонда, расположенных на территории Иркутской области [35], были констатированы виды использования территорий, характерные для модельного участка, которые в дальнейшем послужили основой для следующих этапов исследования: выделение групп типов землепользований, дальнейшее зонирование и картографическое моделирование.

Функциональная структура земель урбанизированной территории. 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 [35] землями населённых пунктов признаются земли, используемые и предназначенные для застройки и развития населённых пунктов. Эти земли предназначены 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 [28]. Общая площадь модельного участка составляет 1338,96 га (13,4 км²) (рис. 1).

Категория земель населенных пунктов отличается от других категорий многоцелевым назначением земель, предоставленных для нужд промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, иного специального назначения, а также для нужд граждан (рис. 2, а).

Определение категории земель или земельного участка осуществляется на основании документов ЕГРН; нормативно-правовых актов Федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и местного самоуправления о предоставлении земельных участков; договоров, предметом которых являются земельные участки; свидетельств о государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним; иных правоустанавливающих документов [35].

Картография и геоинформатика
Лопаткин Д.А.

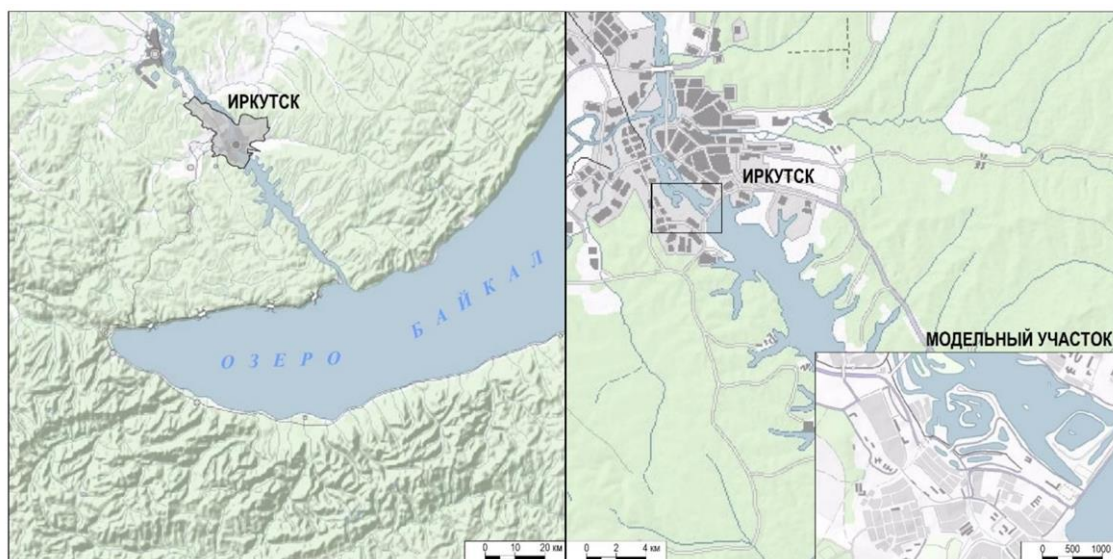


Рис. 1. Позиционирование модельного участка (картографическая основа Публичная кадастровая карта России [27])
Fig. 1. Positioning of the model area (Public Cadastral Map of Russia [27] is used as a cartographic base)

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 использовании по формам федерального статистического наблюдения на территории Иркутской области осуществляется на взаимодействии с органами государственной власти и органами местного самоуправления [28]. Каждый объект описывается набором показателей, определяющих его состояние и использование: количественные показатели состояния земель: качественные показатели состояния земель (с указанием степени развития негативного процесса). Полученные материалы и данные государственного мониторинга земель накапливаются и хранятся в архивах (фондах) и базах данных автоматизированной информационной системы государственного мониторинга земель. Данные, полученные в ходе проведения государственного мониторинга земель, используются при подготовке государственного (национального) доклада о состоянии и использовании земель в Российской Федерации [7].

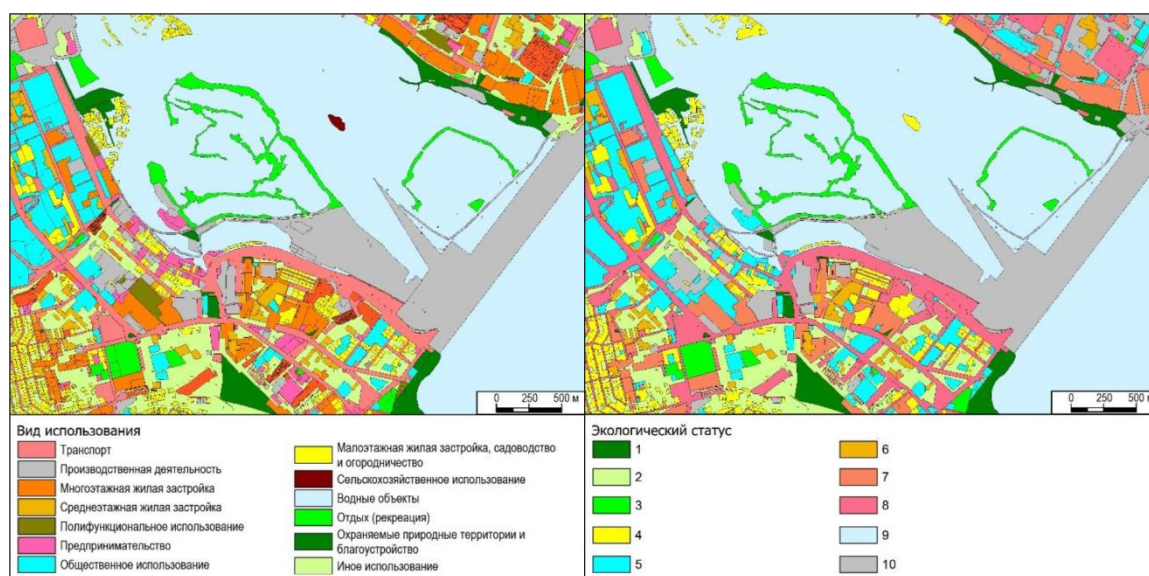


Рис. 2. Категории земель: а – функциональная структура; б – экологический статус урбанизированной территории (по материалам Генплана г. Иркутска [24], Публичной кадастровой карты [27])
Categories of land: a – the functional structure; b – socio-ecological status of the urbanized territory (based on the General Plan of Irkutsk [24] and Public Cadastral Map [27])

*Картография и геоинформатика**Лопаткин Д.А.***II. Типизация земель**

Обособлению границ территорий с различным типом хозяйственного (или иного) использования способствуют 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. Важнейшие законодательные акты – земельный, лесной и водный кодекс рассматриваются как частные виды природопользования в соответствующих сферах [20]. Многообразие видов землепользования, как частным отраслевым понятием природопользования, соответствует целевое назначение земель территории России. Взаимодействие естественных природных условий и характера деятельности человека формируют функциональные типы использования территории, или типы природопользования, присутствующие постоянно, но по-разному проявляющиеся на разных исторических этапах [33].

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. Под оценкой качественного состояния урбанизированных территорий подразумевается определение соответствия современного состояния земель требованиям их застройки на основе ряда сведений, включающих градостроительные и другие характеристики степени пригодности земель для использования, сведения об инженерно-геологических условиях, экологическом состоянии земли и городской среды, о природных и технологических свойствах земельных участков, о благоустройстве земель и др. В этом отношении наиболее интересны категории земель населенных пунктов. При этом целесообразно использовать не приуроченность типа использования земель к природным комплексам, а характер и целевое назначение застройки [10].

III. Оценка антропогенной нагрузки. В данном исследовании в качестве операционной единицы были использованы земельные участки в кадастровых районах в соответствии с Генеральной схемой планировочного деления территории г. Иркутска [24]. Природно-антропогенные и антропогенные геосистемы (категории земельного кадастра) сгруппированы нами в группы типов землепользований.

При выделении групп типов территорий использовался классификатор видов разрешенного использования земель [26], насчитывающий более 160 наименований видов разрешенного использования земель. Уточнено, что под нумерацией сегмента вида использования в соответствии с приказами Министерства экономического развития РФ [25] понимаются следующие виды разрешенного использования земельных участков: сельскохозяйственное использование; жилая застройка (малоэтажная, среднеэтажная и многоэтажная); общественное использование объектов капитального строительства; предпринимательство; отдых (рекреация); производственная деятельность; транспорт; обеспечение обороны и безопасности; охрана природных территорий, благоустройство территорий; использование лесов; водные объекты; специальная деятельность, ритуальная деятельность, запас; ведение садоводства, огородничества, ведение личного подсобного хозяйства (приусадебный земельный участок); иное использование [35].

Для оценки степени антропогенной нагрузки на урбанизированной территории условно всю структуру земельного кадастра модельного участка можно подразделить на 10 групп типов использования земель с определенным социально-экологическим статусом (рис. 2, б), которые на основе экспертных вербальных оценок [17; 18] объединяются в 3 основные категории, соответствующие разной степени преобразования природно-антропогенных геосистем и социально-экологической значимости (см. таблица). Категории земельного кадастра и типы территорий располагаются в таблице по степени увеличения антропогенного

Картография и геоинформатика
Лопаткин Д.А.

воздействия на природную среду и социально-экологической значимости. К ним относятся: **средоформирующие** (особо охраняемые природные территории, природные и озелененные территории всех категорий, рекреационные территории, объекты специального назначения, не вовлеченные в градостроительную и иную деятельность, и др.) 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 (производственные, коммунальные, транспортные, водохозяйственное использование) характеризуются максимальным уровнем трансформации природных территорий и акваторий и наибольшим негативным воздействием на состояние окружающей среды. Помимо изучения особенностей функционального назначения территориальных единиц для оценки экологической напряженности территории использовались 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. Оценка потенциала устойчивости природной среды проводилась по следующим территориям: учитывалась доля охраняемых природных территории и территорий для благоустройства, отдыха, рекреации и под иные объекты специального назначения, не вовлеченные 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].

Система оценки степени антропогенной нагрузки отдельных видов использования урбанизированной территории
(по Гофман [8]; Ивашкина, Кочуров, [17])
A system for assessing the degree of urbanization of certain uses of an urbanized territory
(according to Hoffman [8]; Ivashkina, Kochurov, [17])

Доля категорий социально-экологической значимости, %	Вид использования территории в соответствии с социально-экологической значимостью и степень антропогенной нагрузки	Площадь, га	Относительная площадь, %	Ранг антропогенной трансформации (экологический статус)	Индекс антропогенного преобразования
Средоформирующие, 13	Охраняемые природные территории и благоустройство	36,48	2,72	1	2,72
	Под иными объектами специального назначения (не вовлеченные в градостроительную и иную деятельность)	99,53	7,43	2	14,87
	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 и хранение автотранспорта	138,98	10,38	8	83,04
	Водные объекты (гидроэнергетика, водный транспорт, рыбное хозяйство, рекреация)	584,21	43,63	9	392,68
	Производственная деятельность, земельные участки, имеющие противоречивые характеристики	186,08	13,9	10	138,97
	ИТОГО	1338,96	100		744,32

Для определения степени антропогенного воздействия на природно-антропогенные геосистемы в цифровом количественном виде был использован индекс антропогенной

Картография и геоинформатика
Лопаткин Д.А.

преобразованности (I_a) по К.Г. Гофману [8], равный произведению балла (ранга) антропогенной преобразованности (r) на S – долю (%) данной территории в общей площади территории:

$$I_a = r S.$$

Индекс антропогенной нагрузки оценивается в баллах исходя из пространственного соотношения земельных участков внутри модельного участка площадей с различным экологическим статусом (рангом антропогенной трансформации), зафиксированным на карте «социально-экологический статус территории» (рис. 1, б). По каждой категории земельного кадастра (типу землепользований) рассчитан индекс антропогенной преобразованности, который равен произведению ранга антропогенной преобразованности и удельному весу категории (%). В итоге получена сумма индексов антропогенной преобразованности по всей территории модельного участка.

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

$$I_{аут} = \sum I_a.$$

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 744,32 балла и относится к территориям согласно представленной шкале оценки с очень высокой степенью антропогенного преобразования (таблица). Таким образом, анализ функционального использования урбанизированной территории и оценка интенсивности антропогенного воздействия проводились на основе определения типа функционального назначения и показателя удельных площадей воздействующих объектов, подверженных тем или иным видами использования; выводится индекс антропогенного преобразования, отражающий степень трансформации территории в целом.

IV. Картографическое моделирование. Многообразие средств и возможностей геоинформационных технологий для решения общегеографических и картографических задач реализуется с использованием тематических и комплексных карт, баз данных и геоинформационных систем различного уровня, для которых характерны наличие взаимодействия информационно-имитационных моделей с тематическими экспертными системами и расширенными средствами визуализации и графическое отображение географических явлений [21]. С помощью картографических моделей территории исследования удастся объединить в единой модели социальные, экономические и экологические показатели системы, 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. Перспективы картографического изучения природопользования исследователи тесно связывают с атласными разработками, особенно с развитием электронного атласного картографирования, реализуемого в ряде регионов в целях обеспечения устойчивого развития [2; 5]. ГИС-технологии предоставляют достаточно широкий набор графических средств для визуализации информации; совмещение 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

Картография и геоинформатика
Лопаткин Д.А.

оценкой или моделированием величины являются некоторым отображением действительности [9; 32].

Для картографической **визуализации** явления применяются растровая и векторная модели представления пространственных данных. Для моделирования антропогенной трансформации урбанизированной территории с учетом сложности применения классического метода картограмм, в связи со значительным разбросом размеров ячеек (картографических выделов) кадастрового деления территории, целесообразно использовать регулярные (равномерные) и нерегулярные (неравномерные) сети. 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. Размер ячейки задается существенно меньшим, чем характерный размер картографируемого выдела представляемого пространственного явления. Оценку значения пространственных переменных в ячейках сетки методами интерполяции дает растровой слой попиксельного изображения с заданной легендой (рис 3, а).

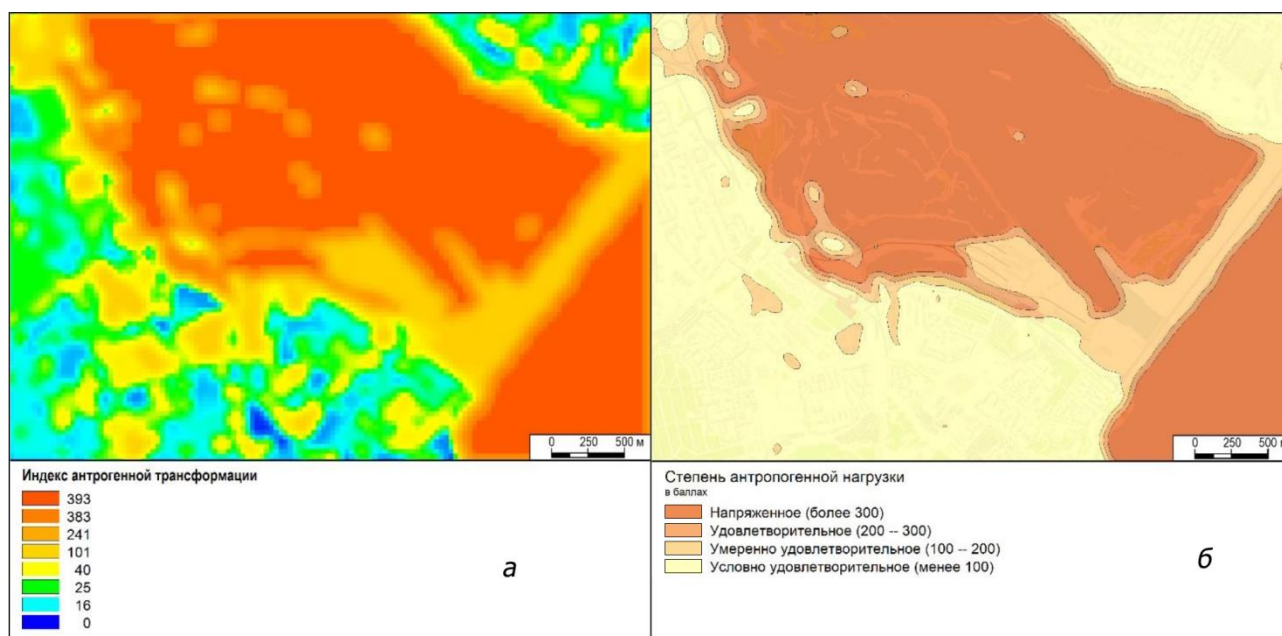


Рис. 3. Растровое и векторное представления данных: а – растровая модель «антропогенной преобразованности территории»;

б – изолинейное представление «антропогенной преобразованности территории»

Fig. 3. Raster and vector data representation: a – raster model 'Index of the anthropogenic transformation of the territory';

b – isolinear representation of the 'anthropogenic transformation of the territory'

Для его векторного представления используют метод изолиний со шкалой интервалов принятой в 100 баллов (рис. 3, б).

Оценка экологической напряженности территории с учетом нормативно-правовых ограничений. Одной из основных задач при оценке экологической напряженности урбанизированной территории модельного участка являлся выбор операционной единицы и количественная и качественная интерпретация выявляемых проблем и их последствий применительно к такой единице [12]. На существующую экологическую ситуацию рассматриваемой территории накладываются нормативно-правовые ограничения (границы территориальных зон с особыми условиями использования). Исследования при планировании развития территории носят критерии оценивания, определяемые административно-правовыми ограничениями, связанными с установлением категории земель или переводом их из одной категории в другую, установлением границ санитарно-защитных зон и др. По целевому назначению и правовому режиму территории

Картография и геоинформатика
Лопаткин Д.А.

исследования относятся к категории земель городских населенных пунктов и поделены согласно градостроительному регламенту на территориальные зоны. В состав земель населенных пунктов могут входить земельные участки, отнесенные в соответствии с градостроительными регламентами к следующим территориальным зонам: жилым; общественно-деловым; производственным; инженерных и транспортных инфраструктур; рекреационным; сельскохозяйственного использования; специального назначения; военных объектов; иным территориальным зонам (рис. 4, а).

Следующим этапом исследования стала группировка природно-антропогенных и антропогенных геосистем по типам землепользования с учетом нормативно правовых ограничений, которая позволила на основе рассчитанного индекса антропогенной преобразованности выделить участки территории (экологические зоны) с различной экологической напряженностью.

Проведенная оценка с учетом нормативно-правовых ограничений позволила выделить 5 градаций экологической напряженности территории от умеренных до напряженных (рис. 5).

Результатом оценки стало выделение участков территории с различной экологической напряженностью в относительных величинах. Вербальная оценка индекса полученных количественных данных преобразованности территории была проведена по соответствующей шкале (в баллах): умеренная (менее 25), средняя (25–50), высокая (50–100), очень высокая (100–200), напряженная (более 200).

Задачей данного этапа исследования является проведение экологического анализа урбанизированной территории для получения территориально дифференцированной оценки экологической ситуации, из которой определяются локальные зоны экологической устойчивости, создающие экологическую среду, природный контекст и территории с различными экологическими нагрузками на экологическую обстановку с учетом нормативно-правовых ограничений.

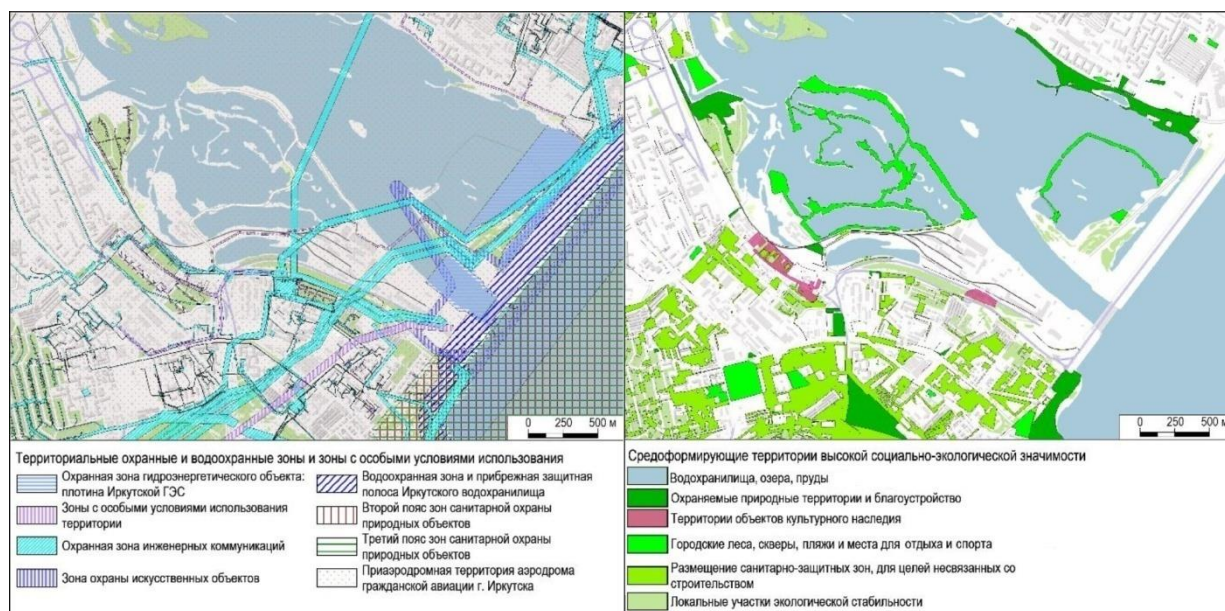


Рис. 4. Нормативно-правовое зонирование и средоформирующие территории модельного участка:
а – территориальные охранные и водоохранные зоны и зоны с особыми условиями использования;
б – средоформирующие территории высокой социально-экологической значимости [24;27]

Fig. 4. Legal and regulatory zoning and environment-forming territories of the model area : а – territorial protection and water protection zones and zones with special conditions of use ; б – environment-forming areas of high socio-ecological significance [24;27]

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

Картография и геоинформатика
Лопаткин Д.А.

составляют 176,5 га (13 % площади модельного участка). Это средоформирующие территории высокой социально-экологической значимости – охраняемые природные территории и объекты культурного наследия; территории для благоустройства отдыха и рекреация; иные объекты специального назначения, не вовлеченные в градостроительную и иную деятельность (рис. 4, б).

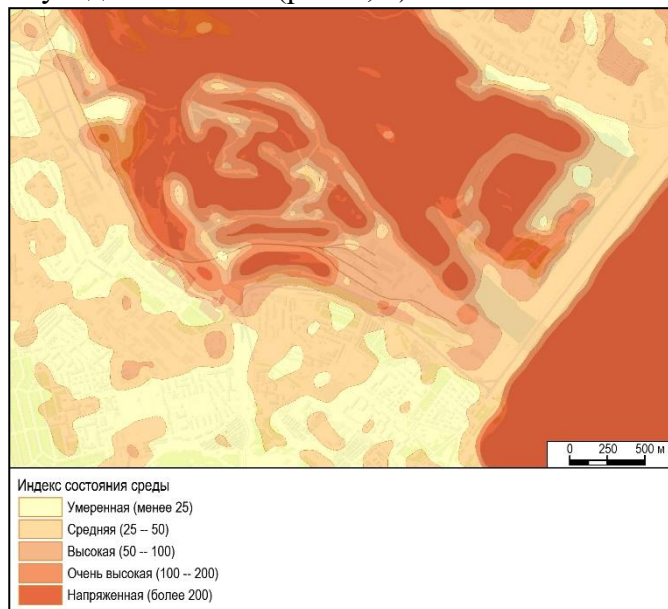


Рис. 5. Вероятностная модель экологического баланса урбанизированной территории с учетом нормативно-правового зонирования

Fig. 5. Probabilistic model of the ecological state of the urban environment of the model area taking into account legal and regulatory zoning

Зона средней (25–50) экологической нагрузки имеет площадь 252,3 га (около 20% модельной территории), фиксируется вокруг категорий с нейтральной экологической значимостью (жилой застройки всех уровней, 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, которые располагаются вблизи крупных транспортных магистралей и примыкают к производственным зонам и водным объектам. Это зоны высокой (50–100), очень высокой (100–200) и напряженного экологического неблагополучия (более 200), соответствующие критической ситуации, составляют 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.

Основным градостроительным документом, определяющим экологические, социальные и экономические условия проживания населения, является генеральный план города [24]. 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 которых предполагается изменение функционально-планировочной 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 [37].

Кроме того, велико негативное влияние на качество урбанизированной среды авиатранспорта. В соответствии с п. 3 статьи 47 Воздушного кодекса РФ [3] модельный участок относится к приаэродромной территории, в которой в целях предотвращения

Картография и геоинформатика
Лопаткин Д.А.

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.

Кроме того, проведенные геохимические исследования на этой территории [4] показали, что на относительно удовлетворительную экологическую обстановку оказывают влияние специфика расположения и застройки Академгородка – отсутствие крупных промышленных зон, наличие больших площадей зеленых насаждений, а выявленные локальные пространственные аномалии с максимальными концентрациями загрязняющих веществ приурочены к автомобильным дорогам.

Выводы. В соответствии с изложенным методическим подходом проведена оценка экологического состояния модельного участка урбанизированной территории г. Иркутска, в которой приоритет отдается развитию социально-экологических функций. В рамках исследования территория была разделена на 160 видов разрешенного использования участка в кадастровых границах землепользования. Для целей оценки, на основании статистических данных, открытых данных Публичной кадастровой карты г. Иркутска, расчетных моделей и натурных исследований была проведена оценка ряда факторов антропогенного воздействия на территорию. 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 как среднее арифметическое баллов по каждому виду антропогенной нагрузки (промышленной, транспортной, селитебной и рекреационной). Полученные данные были занесены в геоинформационную систему MapInfo, каждый слой которой представляет собой пространственную визуализацию различных видов использования территории, выполненную методом ранжирования в баллах. Проведенная оценка с учетом нормативно-правовых ограничений позволила выделить 5 градаций экологической напряженности территории от умеренных до напряженных.

Средоформирующие территории высокой социально-экологической 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; локальные участки экологической стабильности – искусственные посадки на садово-огородных участках, посадки вдоль улиц, искусственные посадки на участках с малоэтажной застройкой, посадки вдоль улиц, внутриквартальная растительность при многоэтажной застройке. Фрагментарные участки растительности на территории промышленной застройки создают благоприятный экологический фон и составляют экологический каркас урбанизированной территории. Именно эти территории противопоставляются воздействию категориям землепользования, формируют экологический баланс и удовлетворительное качество урбанизированной среды.

В виду того, что модельный участок рассматривается как самостоятельный объект эколого-географической оценки, при его реализации в качестве оценочных шкал используются не абсолютные, а относительные значения анализируемых показателей с учетом их значимости с точки зрения субъекта оценки. То есть показатели, участвующие в оценке, и разрабатываемые шкалы – индивидуальны. В этом случае результаты оценки не могут быть сопоставлены между собой не на региональном уровне, не 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.

Картография и геоинформатика

Лопаткин Д.А.

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. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19 марта 1997 г. N 60-ФЗ. М., 1997.
4. Воробьева И.Б. Экологические функции территорий с различной степенью урбанизации в условиях Восточной Сибири // Успехи современного естествознания. 2018. № 10. С. 96–101.
5. 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.
6. Воробьева Т.А., Могосова Н.Н. Анализ состояния городской среды с использованием ГИС. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Межд. конф. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2013. Т. 19. С. 56–62. doi: 10.24057/2414-9179-2013-1-19-30-40
7. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2020 году. М., 2021
8. Гофман К.Г. Социально-экономические аспекты разработки региональных программ природопользования // Социализм и природа. М.: Мысль, 1982. С. 93–111.
9. Геостатистика: теория и практика / Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН; под ред. Р.В. Арутюняна М.: Наука, 2010. 327 с.
10. 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.
11. Занозин В.В., Бармин А.Н., Валов М.В. Исследования степени антропогенной преобразованности природных территориальных комплексов // География, география и глобальная энергия. 2019. № 4(75). С. 168–183.
12. Ивашкина И.В., Кочуров Б.И. Урбоэкодиагностика и сбалансированное развитие Москвы. М.: Изд-во Научно-издательский центра ИНФРА-М, 2018. 202 с. doi: 10.12737/monography_59b23545b5ef48.11064230.
13. Исаченко А.Г. Введение в экологическую географию: учеб. пособие. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2003. 192 с.
14. Комиссарова Т.С., Скупинова Е.А., Титова О.В. Геоэкологический каркас территории как пространственная совокупность геосистем разного типа // Вестник Санкт-Петербургского гос. ун-та им. А.С. Пушкина. 2013. Т. 3. № 1. С. 7–17.
15. Корытный Л.М. Бассейновая концепция: от гидрологии к природопользованию // География и природные ресурсы. 2017. № 2. С. 5–16. doi: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-2(5-16).
16. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. М.: ИНФРА-М, 2016. 362 с.
17. Кочуров Б.И., Ивашкина И.В., Фомина Н.В., Лобковская Л.Г. Принципы и приемы развития современного города как сложной урбоэкодиосистемы // Экология урбанизированных территорий. 2018. №3. С. 83–89.
18. Кочуров Б.И., Смирнов А.Я. 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. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2015. Вып. 1. С. 6–26.
21. Методология системного экологического картографирования: [монография] / Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние, Ин-т географии; отв. ред. В.В. Воробьев, В.А. Снытко. Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. 192 с.
22. Мильков Ф.Н. Учение об антропогенных ландшафтах: вопросы теории, терминологии и преподавания в высшей школе // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2004. № 1. С. 19–23.
23. Осипов А.Г. Эколого-географическая оценка ландшафтов при формировании природно-экологического каркаса территории // Информация и космос. 2015. № 1. С. 62–73.
24. Официальный портал города Иркутска // Генеральный план города. 19.09.2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://admirk.ru/sectors/stroitelstvo/generalnyu-plan-goroda/> (дата обращения: 19.09.2022).
25. Приказ Минэкономразвития России от 9 января 2018 г. № 10 «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. N 793». М., 2016.
26. Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 10 ноября 2020 г. N П/0412 "Об утверждении классификатора видов разрешенного использования земельных участков" (с изменениями и дополнениями). М., 2020.
27. Публичная кадастровая карта России // ПКК Росреестр 2010-2022. 20.05.2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://pkk.rosreestr.ru/> (дата обращения: 19.09.2022).
28. Региональный доклад. О состоянии и использовании земель в Иркутской области за 2020 г. Иркутск, 2021.
29. Реймерс Н.Ф. Природопользование. М.: Мысль, 1990. 637 с.
30. Рунова Т.Г., Волкова И.Н., Нефёдова Т.Г. Территориальная организация природопользования. М.: Наука, 1993. С. 305.
31. Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю. Методика зонирования территории речного бассейна по совокупной антропогенной нагрузке (на примере Обь-Иртышского бассейна) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. № 4. С. 42–52.
32. Савельев А.А., Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г., Чижикова Н.А. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R): учеб. пособие. Казань: Изд-во Казан. ун-та. 2012. 120 с.
33. Стурман В.И. Типы природопользования и их количественная характеристика (на примере Удмуртии) // Географический вестник. 2009. № 3(11). С. 48–53.

Картография и геоинформатика

Лопаткин Д.А.

34. Тикуннов 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.
35. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии // Главная страница. 19.09.2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.gov.ru/> (дата обращения: 19.09.2022).
36. Чибилев А.А. (мл.), Григорьевский Д.В., Мелешикин Д.С. Пространственная оценка уровня антропогенной нагрузки степных регионов России // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2019. Т. 161. № 4. С. 590–606. doi: 10.26907/2542-064X.2019.4.590-606.
37. 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

- Aleksandrova, T.D., Maksimova, L.V. (2004), Otsenochnye issledovaniia v otechestvennoi geografii, *Geografiia i prirodnye resursy*, no 3. pp. 28–34.
- Atlas. *Baikal'skii region: obshchestvo i priroda* (2021) [Atlas. Baikal Region: Society and Nature], Paulsen, Moscow, Russia.
- Federal Law No. 60-FZ dated 19.03.1997, "Aviation Code of the Russian Federation" (in Russian).
- Vorob'eva, I.B. (2018), Ekologicheskie funktsii territorii s razlichnoi stepeniю urbanizatsii v usloviakh Vostochnoi Sibiri, *Uspekhi sovremennoego estestvoznaniia*, no. 10, pp. 96–101.
- Vorob'eva, T.A., Kotova, T.V., Slipenchuk M.V., Tikunov V.S. (2020), Kartografirovaniie prirodopol'zovaniia: opyt kompleksnykh atlasov, *Nauka. Innovatsii. Tekhnologii*, no. 1. pp. 125–140. doi: 10.37493/2308-4758.2020.1.8.
- Vorob'eva, T.A., Mogosova, N.N. (2013), Analiz sostoiianiia gorodskoi srede s ispolzovaniem GIS, *InterKarto. InterGIS. Geoinformatsionnoe obespechenie ustoiichivogo razvitiia territorii*, no. 19, pp. 56–62. doi: 10.24057/2414-9179-2013-1-19-30-40.
- State (national) report on the condition and use of land, (2021) *State (National) Report on the State and Use of Land in the Russian Federation in 2020*, available at: <https://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniia-i-okhrany-zemel/gosudarstvenny-natsionalny-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-rossiyskoy-federatsii/?ysclid=19hbznajgo173101984> (Accessed 19 Sept. 2022).
- Gofman, K.G. (1982), Sotsial'no-ekonomicheskie aspekty razrabotki regional'nykh programm prirodopol'zovaniia, *Sotsializm i priroda: (Nauch. osnovy sots. prirodopol'zovaniia)*, Mysl', Moscow, Russia.
- Dem'ianov, V.V., Savel'eva E.A. (2010), *Geostatistika: teoriia i praktika* [Geostatistics: theory and practice], in Arutiuniana R.V. (ed), Nauka, Moscow, Russia.
- Zherdev, V.N., Bepalov, S.D. (2003), Perspektivy modelirovaniia prirodno-tekhnicheskikh sistem v tseliakh otsenki ikh sostoiianiia, *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serii: Geografiia. Geoekologiia*, no. 1, pp. 82–87 (in Russian).
- Zanozin, V.V., Barmin, A.N., Valov, M.V. (2019), Issledovaniia stepeni antropogennoi preobrazovannosti prirodnykh territorial'nykh kompleksov, *Geologiia, geografiia i global'naia energiia*, no 4(75), pp. 168–183 (in Russian).
- Ivashkina, I.V., Kochurov, B.I. (2018), *Urboekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie Moskvy* [Urban ecodiagnosics and balanced development of Moscow], Nauchno-izdatel'skii tsentr INFRA-M, Moscow, Russia. doi: 10.12737/monography_59b23545b5ef48.11064230.
- Isachenko, A.G. (2003), *Vvedenie v ekologicheskuiu geografiu: Ucheb. Posobie* [Introduction to Environmental Geography: Textbook], Izd-vo S.-Peterb. un-ta, Sankt-Peterburg. Russia.
- Komissarova, T.S., Skupinova, E.A., Titova, O.V. (2013), Geoekologicheskii karkas territorii kak prostranstvennaia sovokupnost' geosistem raznogo tipa, *Vestn. Leningr. gos. un-ta im. A.S. Pushkina*, vol. 3, no. 1, pp. 7–17. (in Russian).
- Korytnyi, L.M. (2017), Basseinovaia kontseptsiiia: ot gidrologii k prirodopol'zovaniiu, *Geografiia i prirodnye resursy*, no. 2. pp. 5–16. doi: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-2(5-16) (in Russian).
- Kochurov, B.I., (2016), *Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie: uchebnoe posobie* [Ecodiagnosics and Balanced Development: Textbook for Higher Education Institutions], INFRA-M, Moscow, Russia.
- Kochurov, B.I., Ivashkina, I.V., Fomina, N.V., Lobkovskaya, L.G. (2018), Principy i priemy razvitiia sovremenno goroda kak slozhnoy urboekosociosistemy, *Ekologiia urbanizirovannykh territorij*, no. 3, pp. 83–89 (in Russian).
- Kochurov, B.I., Smirnov A.I.A. (2006), Opyt razrabotki ekspress-monitoringa effektivnosti regional'nogo prirodopol'zovaniia, *Iug Rossii: ekologiia, razvitie*, vol. 1, no. 4, pp. 6–19 (in Russian).
- Lur'e, I.K. (2017), TSifrovaia epokha v kartografii: ot avtomatizatsii k kartograficheskim servisam, *Voprosy geografii*, no. 144, pp. 15–28 (in Russian).
- Mazurov, I.U.L. (2015), Prirodopol'zovanie i ego sistematika: sovremennaia interpretatsiia, *Sistematizatsiia i tipologicheskaiia klassifikatsiia prirodopol'zovaniia*, MGU, Moscow, Russia, pp. 6–26.
- Vorob'ev, V.V., Snytko V.A. (ed) (2002), *Metodologiia sistemnogo ekologicheskogo kartografirovaniia* [Methodology of systematic ecological mapping], Izd-vo In-ta geografii SB RAS, Irkutsk, Russia.
- Mil'kov, F.N. (2004), Uchenie ob antropogennykh landshtafakh: voprosy teorii, terminologii i prepodavaniia v vysshei shkole, *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serii: Geografiia. Geoekologiia*, no. 1, pp. 19–23 (in Russian).
- Osipov, A.G. (2015), Ekologo-geograficheskaiia otsenka landshtafov pri formirovanii prirodno-ekologicheskogo karkasa territorii, *Informatsiia i kosmos*, no. 1, pp. 62–73 (in Russian).
- Ofitsial'nyi portal goroda Irkutsk, (2022), *General'nyi plan goroda*, available at: <https://admirk.ru/sectors/stroitelstvo/generalny-plan-goroda/> (Accessed 19 Sept. 2022).
- Ministry of Economic Development of Russia Order No.10 dated 9.01.2018 "On approval of the Requirements for describing and displaying in the territorial planning documents of objects of federal importance, objects of regional importance, objects of local importance and on the recognition of the order of the Ministry of Economic Development of Russia from December 7, 2016 as no longer valid. N 793" (in Russian).
- Federal Service of State Registration, Cadastre and Cartography (Rosreestr) Order No P/0412 dated 10.11.2020. "On approval of the Classifier of Types of Permitted Land Use" (with amendments and supplements) (in Russian).

Картография и геоинформатика

Лопаткин Д.А.

27. Pkk.rosreestr.ru, (2022), *Public cadastral map of Russia*, available at: <https://pkk.rosreestr.ru> (Accessed 19 Sept. 2022).
28. Regional report. On the state and use of lands. In the Irkutsk region. for 2020. Irkutsk (2021).
29. Reimers, N.F. (1990), *Prirodopol'zovanie* [Environmental Management], Mysl', Moscow, Russia.
30. Runova, T.G., Volkova, I.N., Nefedova, T.G. (1993), *Territorial'naiia organizatsiia prirodopol'zovaniia* [Territorial organization of nature management], Nauka, Moscow, Russia.
31. Rybkina, I.D. Stoiashcheva, N.V., Kurepina N.IU. (2011), Metodika zonirovaniia territorii rechnogo basseina po sovokupnoi antropogennoi nagruzke (na primere Ob'-Irtyskского basseina), *Vodnoe khoziaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, no. 4, pp. 42–52. (in Russian).
32. Savel'ev, A.A., Mukharamova, S.S., Piliugin, A.G., Chizhikova, N.A (2012), *Geostatisticheskii analiz dannykh v ekologii i prirodopol'zovaniia (s primeneniem paketa R): Uchebnoe posobie* [Geostatistical Analysis of Data in Ecology and Nature Management (using the R package): Tutorial], Kazan, Russia.
33. Sturman, V.I. (2009), Tipy prirodopol'zovaniia i ikh kolichestvennaia kharakteristika (na primere Udmurtii), *Geograficheskii vestnik*, no. 3(11), pp. 48–53.
34. Tikunov, V.S., Belousov, S.K. (2021), Integral'naia otsenka i kartografirovanie antropogennoho vozdeistviia na prirodnuuiu sredu regionov Rossii, *Nauka. Innovatsii. Tekhnologii*, no. 1, pp. 89–106. doi: 10.37493/2308-4758.2021.1.6. doi: 10.37493/2308-4758.2021.1.6.
35. About Rosreestr, (2022), *Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography*, available at: <https://rosreestr.gov.ru/about/> (Accessed 19 Sept. 2022).
36. Chibilev, A.A. (jr.), Grigorevskii, D.V., Meleshkin, D.S. (2019), Prostranstvennaia otsenka urovnia antropogennoi nagruzki stepnykh regionov Rossii, *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Serii: Estestvennye nauki*, vol. 161, no. 4, pp. 590–606. (in Russian).
37. Emelyanova, N.V., Naprasnikova E.V., Sorokovoi A.A. (2018), The Ecological State of a Large City of Eastern Siberia in the Process of Urbanization, *Geography and Natural Resources*, vol. 39, no. 4, pp. 324–331. doi: 10.1134/S1875372.

Статья поступила в редакцию: 14.11.2022; одобрена после рецензирования: 16.01.2023; принята к опубликованию: 23.05.2023.

The article was submitted: 14 November 2022; approved after review: 16 January 2023; accepted for publication: 23 May 2023.

Информация об авторе

Дмитрий Александрович Лопаткин

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН; 664033, Россия, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1

Information about the author

Dmitry A. Lopatkin

Candidate of Geographical Sciences, Senior Scientist, V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS; 1, Ulanbatorskaya st., Irkutsk, 664033, Russia
e-mail: lopatkind@yandex.ru