

# ОЦЕНКА УРОВНЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДА БИРОБИДЖАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ

**Д.М. Фетисов\*, Д.В. Жучков, М.В. Горюхин**

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, г. Биробиджан, Россия

\* Эл. почта: [dfetisov@gmail.com](mailto:dfetisov@gmail.com)

Статья поступила в редакцию 17.11.2021; принята к печати 06.12.2021

В работе представлены результаты оценки распределения зеленых насаждений по функциональным зонам среднего по численности населения города Биробиджана. Для выявления, картирования и оценки распространения зеленых насаждений применялись результаты расчета нормализованного относительного индекса растительности (NDVI) с использованием мультиспектрального снимка Sentinel 2. Для Биробиджана характерна большая разница в значениях вегетационного индекса (от  $-0,5$  до  $+1$ ) и преобладание участков с высокими показателями озелененности. Они отмечаются у разных типов функциональных зон, но в основном соответствуют природно-рекреационным, сельскохозяйственной, индивидуальной застройки и зоне специального назначения. В городе наблюдается контрастность в пространственном распределении зеленой инфраструктуры. Центральные, общественно-деловые и коммерческие, а также производственные и коммунально-складские зоны выделяются сочетанием застроенных мест с массивами плотной древесной растительности. Нередко они представлены фрагментами сохранившейся естественной растительности. Кроме того, контрастность проявляется в том, что для застроенной части города характерны низкие показатели распространения древесных насаждений. Следовательно, в г. Биробиджане выполнение экологических функций в значительной степени берет на себя естественная растительность, представленная в природно-рекреационных зонах на 70% площади города.

*Ключевые слова:* NDVI, город, растительность, зеленые насаждения, уровень озеленения.

## ESTIMATING THE GREENNESS LEVEL OF BIROBIDZHAN CITY USING REMOTE SENSING DATA

**D.M. Fetisov, D.V. Zhuchkov, M.V. Goryukhin**

Institute for Comprehensive Analysis of Regional Problems, Far-East Branch of the Russian Academy of Sciences, Birebidzhan, Russia

\* E-mail: [dfetisov@gmail.com](mailto:dfetisov@gmail.com)

The urban greenness distribution between functional areas of a medium-size city Birebidzhan was assessed. To this end, normalized difference vegetation index (NDVI) values were calculated based on Sentinel 2 multispectral imaging. Birebidzhan is characterized by a large scatter of NDVI values (from  $-0.5$  to  $+1$ ). Areas with high levels of greenery are prevalent. They are found in different types of functional zones, but are specific mainly to natural recreational, agricultural, and individual build-up zones as well as to special areas. The spatial distribution of green infrastructure is highly contrast. The downtown part as well as the industrial and storage zones feature a combination of built-up areas with dense woody vegetation, which is often represented by fragments of preserved natural vegetation. In addition, a feature of the contrast is that low level of tree greenness is characteristic for the built-up districts of the city. Thus, in the city of Birebidzhan, ecological functions are largely performed by the natural vegetation present in the natural recreational zones on 70% of the city's area.

*Keywords:* NDVI, urban area, vegetation, green infrastructure, greenness index.

### Введение

Малые и средние города имеют особое значение в системе расселения России. В условиях ускоренного создания промышленной базы в советское время на территории Сибири и российского Дальнего Востока они часто становились основными центрами сосредоточения населения в окружении малоосвоенных пространств. В настоящее время в Приамурье (Амурская и Еврейская автономная области, Хабаровский край)

уровень урбанизации составляет около 70%. Большая часть городского населения проживает в крупных и больших городах. Однако из 19 городов, расположенных в изучаемом регионе, 16 по численности населения относятся к категории малых и средних.

Город как урбэкосистема включает природные и техногенные составляющие. Среди природных компонентов растительность выполняет несколько важных функций: санитарно-гигиеническую, структур-

но-планировочную, архитектурно-эстетическую и рекреационную. Исследования состояния зеленых насаждений городов Приамурья носят фрагментарный характер. Ведется изучение общего жизненного состояния урбанофлоры и влияния на него экологических условий, пространственного распределения растительного покрова и его соответствия градостроительным нормам. В основном исследованиями охвачены большие города [6–11, 13], в меньшей степени – средние города [1, 3, 4], а в малых исследования не проводились.

Цель настоящего исследования – определение уровня представленности зеленых насаждений в типичном среднем городе Приамурья по функциональным градостроительным зонам с применением данных мультиспектральных космических снимков. Исследования экологического состояния малых и средних городов Приамурья с использованием данных дистанционного зондирования Земли не проводились. В качестве модельной территории был выбран г. Биробиджан. По численности населения (70,4 тыс. чел.) он относится к категории средних городов. Растительный покров (в первую очередь, дендрофлора, состав и состояние древесных насаждений) в нем сравнительно хорошо изучен с помощью инвентаризационных методов [1–4].

### Объект и методы исследования

Биробиджан является административным центром Еврейской автономной области. Его площадь составляет около 170 км<sup>2</sup>. В пределах городской черты хорошо представлены условно естественные природные ландшафты (57%) [1]. Планировочная структура города, как и у других дальневосточных городов, складывалась хаотично. Ее экологическая нерациональность имеет унаследованный характер. Промышленные зоны соседствуют с селитебными. Загрязнения от ТЭЦ, расположенной в центре населенного пункта, затрагивают как близлежащие жилые массивы, так и расположенные с подветренной стороны в восточной части Биробиджана. Исследования показали, что с учетом городских лесов на одного жителя приходится более 560 м<sup>2</sup> зеленых насаждений [2]. Однако в селитебных территориях этот показатель снижается до 4 м<sup>2</sup>, что в пять раз ниже установленных законодательством норм [2].

Для выявления, картирования и оценки распространения зеленых насаждений г. Биробиджана использовались результаты расчета нормализованного относительного индекса растительности (normalized difference vegetation index, NDVI), широко применяемого для количественных оценок растительного покрова как в научной, так и производственной (сельское и лесное хозяйство) деятельности [5, 15–17, 19–21]. Расчет NDVI основан на данных спектральных каналов в красной (Red) и ближней инфракрасной (near infrared, NIR) зонах:

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

NDVI отражает активность вегетации растений. Он связан с показателями продуктивности, биомассы, структурой растительного покрова. NDVI обычно используют для оценки состояния растительности (плохое – удовлетворительное – хорошее). В исследованиях урбозкосистем NDVI применяют для определения состояния зеленых насаждений, их структуры, разреженности (фрагментированности) застройкой и открытыми пространствами с искусственным покрытием (дороги, площади, стоянки и др.). Величина NDVI находится в пределах от –1 до +1. Присутствию растительного покрова соответствуют положительные значения [16]. В большинстве работ по изучению городской растительности с использованием NDVI выполняется дихотомическая классификация: с растительным покровом («зеленая инфраструктура») – без растительного покрова («серая инфраструктура») – застроенные участки, дороги, пустоши с открытой почвой и др.).

NDVI рассчитывали с использованием мультиспектрального снимка Sentinel 2 в период активной вегетации 26 июня 2021 года. Выбор связан с тем, что его красный и ближний инфракрасный каналы имеют разрешение 10 м, что важно для исследования небольшого по площади города [18]. Класс продукта – Level-2A, то есть он доступен с уже выполненной атмосферной коррекцией – проведен учет искажающих изображение земной поверхности свойств атмосферы (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/data-products>). Это необходимая процедура для повышения качества распознавания снимка и корректности получаемых результатов.

Для изучения растительного покрова г. Биробиджана выполняли расчет средних, максимальных и минимальных значений NDVI и стандартного отклонения по выделенным функциональным зонам. Также оценивали озелененность (степень представленности зеленых насаждений) как отношение числа пикселей с растительным покровом к общему числу пикселей по отдельным участкам функциональных зон города [5]. В зарубежной научной литературе этот показатель называют greenness index (индекс озелененности) [14]. Выбор граничного значения индекса для отделения территорий с растительным покровом был выполнен на основе полевых исследований, проведенных летом 2021 года, и дешифровки космоснимка. Было выбрано значение NDVI 0,3 и более для выделения зеленых насаждений г. Биробиджана, 0,75 и более – для древесной растительности. Под зелеными насаждениями, согласно ГОСТ 28329-89 «Озеленение городов. Термины и определения» (от 10.11.1989 № 3336), понимается «совокупность древесных, кустарнико-

вых и травянистых растений на определенной территории». Они включают как природные экосистемы, так и искусственные сообщества. Часть зеленых насаждений, представленная древостоями, отнесена к древесной растительности. Расчеты и картирование проводились в программе Quantum GIS 3.10.

Пространственными объектами для проведения исследования стали территории функционального зонирования города. Карта градостроительного зонирования Биробиджана принята решением Городской

думы от 09.12.2008 № 858 «Об утверждении правил землепользования и застройки муниципального образования “Город Биробиджан” Еврейской автономной области» (рис. 1).

Полосы транспортных коммуникаций (железных и главных автомобильных дорог) не включены в градостроительное зонирование. На карте они занимают порядка 8% площади города и не учтены при подсчете площадей при пространственном анализе озелененности Биробиджана.



**Рис. 1.** Градостроительное зонирование г. Биробиджана

Цифрами обозначены:

- 1–8 – функциональные зоны: 1) индивидуальной застройки; 2) малоэтажной застройки; 3) многоэтажной застройки; 4) центральные, общественно-деловые и коммерческие; 5) производственные и коммунально-складские; 6) специального назначения; 7) природно-рекреационные; 8) сельскохозяйственная;  
9–10 – дороги: 9) железные; 10) автомобильные;  
11 – граница города

### Результаты Значения NDVI и характеристика растительного покрова г. Биробиджана

Для Биробиджана характерен большой диапазон значений NDVI: от  $-0,5$  до  $1$  (рис. 2). По наименьшим значениям NDVI ( $-0,5 \dots -0,3$ ) выделяются пространства, полностью лишённые растительного покрова и перекрытые небольшим слоем воды по естественным причинам (карьеры по добыче щебня, строительные площадки, заполняющиеся грунтовыми водами и атмосферными осадками) или по технологическим требованиям (золотвал городской ТЭЦ). Они расположены в зонах специального назначения и рекреационно-ландшафтных

территорий. Здания, широкие участки дорог, площади, промышленные зоны, места складирования гравия и щебня тоже определяются как не имеющие растительного покрова, со значениями NDVI  $-0,3 \dots 0$ .

Положительные значения NDVI означают присутствие вегетирующего растительного покрова в пикселе. При значениях от  $0$  до  $+0,3$  зеленые насаждения г. Биробиджана сильно разреженные. В таких случаях характерно преобладание застройки и пространств с искусственным покрытием.

У травянисто-кустарниковой растительности в основном на газонах и открытых неблагоустроенных пространствах в сочетании с тротуарами, дорогами и постройками значения NDVI находятся в диапазоне

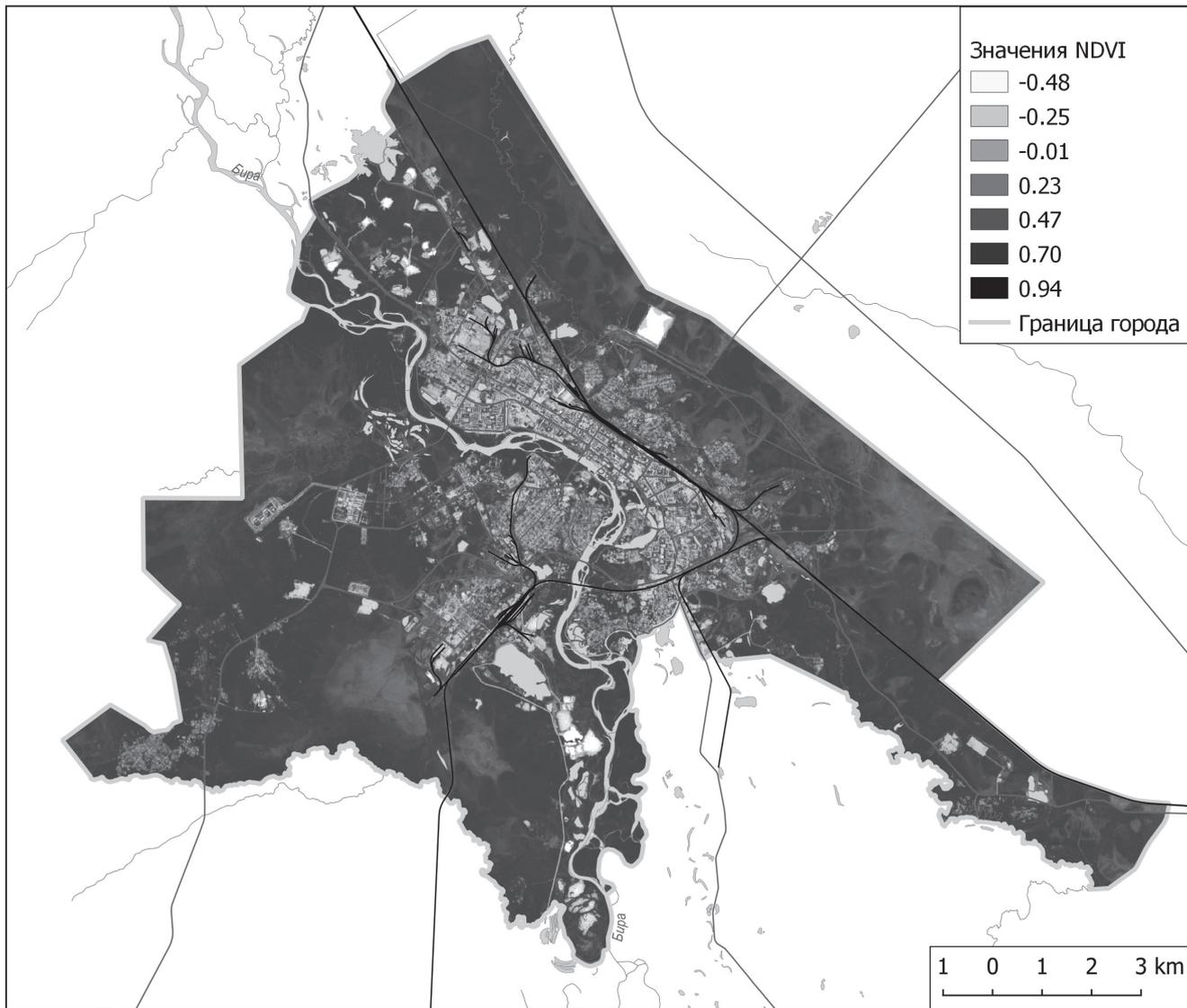


Рис. 2. Распределение значений NDVI в границах г. Биробиджана

от +0,3 до +0,5. Она выделяется повсеместно на застроенных территориях по разным функциональным зонам города, окружая здания и дороги.

Значения NDVI от +0,5 до +0,75 характерны для открытых лугов и болот, занимающих пониженные участки в зоне рекреационно-ландшафтных территорий, а также для селитебных массивов с частной одноэтажной застройкой (зона индивидуальной застройки), где преобладают в основном травянистые растения, включая культурные и сорные виды.

Самые высокие значения NDVI (от +0,75 до +1) характерны для лесной растительности. Она приурочена к зонам рекреационно-ландшафтных территорий и открытых пространств. В Биробиджане, который находится на границе зон дальневосточных хвойно-широколиственных лесов и подтайги, она разнообразна. В западной части города на отрогах Малого Хингана произрастают смешанные широколиственные леса. В их составе – дуб монгольский (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.), клен мелколистный (*Acer mono* Maxim.), береза даурская (*Betula davurica* Pall.), ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica* Rupr.), липа амурская (*Tilia amurensis* Rupr.) и другие виды. На востоке города леса занимают небольшие повышения (рёлки) над низменным рельефом и состоят из

березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.), лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi* Mayr.), дуба монгольского (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.), клена мелколистного (*Acer mono* Maxim.). В поймах рек Большая Бира и Икура, на берегах которых расположен Биробиджан, леса многопородные – ильм японский (*Ulmus laciniata* (Trautv.) Mayr.), ясень маньчжурский (*Fraxinus mandshurica* Rupr.), ива Шверина (*Salix schwerinii* E. Wolf), ива росистая (*Salix rorida* Laksch.) и др. [12]. Помимо естественной растительности по высоким значениям NDVI определяются искусственные массивы древесных насаждений внутри городской застройки – в пределах скверов, парков, аллей, неиспользуемых участков. Они созданы в зонах много- и малоэтажной застройки, открытых пространств, центральных общественно-деловых и коммерческих.

### Распределение растительного покрова по функциональным зонам города

Зона индивидуальной застройки. Среднее значение NDVI данной зоны +0,6 при разбросе по отдельным участкам от +0,3 до +0,9. Важно учитывать, что генеральный план города включает территории перспективного развития. Поэтому участки с NDVI +0,7

Табл. 1

Характеристика территорий функционального зонирования г. Биробиджана

Зоны	Состав и функции	Площадь, км <sup>2</sup>	Средний NDVI	Средняя озелененность, %
Жилые	Застройка:			
	индивидуальная	12,9	+0,6	92
	малоэтажная	1,0	+0,5	76
	многоэтажная	3,6	+0,5	71
Центральные, общественно-деловые и коммерческие	Обслуживание и деловая активность городского центра, учебных и научных комплексов, учреждений здравоохранения, спортивных и спортивно-зрелищных учреждений	1,8	+0,5	65
Производственные и коммунально-складские	Производственные и коммунально-складские объекты классов II, III, IV, V санитарной вредности	9,4	+0,5	68
Специального назначения	Кладбища, объекты ограниченного доступа, золоотвалы и скотомогильники, объекты инженерной инфраструктуры	7,3	+0,7	90
Природно-рекреационные	Особо охраняемые природные территории, открытые пространства, рекреационно-ландшафтные территории	119,5	+0,7	92
Сельскохозяйственные		0,3	+0,7	97

и выше на самом деле в настоящее время не освоены и заняты естественной растительностью. Озелененность, то есть доля пикселей, отнесенных к категории «растительность», в среднем составляет 92% (табл. 1). В зависимости от плотности застройки этот показатель меняется от 33 до 100%.

*Зону малоэтажной застройки* составляют жилые массивы со зданиями в 2–4 этажа. Зеленые насаждения представлены газонами и в скверах. Среднее значение NDVI здесь, в сравнении с предыдущей зоной, ниже и составляет +0,5. Средний показатель озелененности – 76%. Отмечаются значительные различия в плотности растительного покрова между разными участками этой зоны. Доля зеленых насаждений меняется от 18 до 100%, среднее значение NDVI меняется от +0,1 (разреженная растительность) до +0,8 (густая растительность). В трех четвертях таких выделов растительный покров занимает более половины их площади.

*Зона многоэтажной жилой застройки.* В распределении растительного покрова имеет сходство с предыдущей зоной. Среднее значение NDVI +0,5. По отдельным участкам данной зоны оно колеблется от +0,3 до +0,8. Озелененность составляет 71% и меняется по выделам от 39 до 100%. При этом у более чем половины участков зоны многоэтажной застройки г. Биробиджана показатель озелененности превышает 60%.

*Центральные, общественно-деловые и коммерческие зоны.* Сюда включаются территории делового центра, образовательных и научных учреждений, спортивные объекты и медицинские организации, инфраструктура городских и региональных органов власти. Среднее значение NDVI +0,5. Для данного типа характерны очень большие различия в значениях индекса отдельных участков от –0,007 (растительный покров отсутствует) до +0,9 (практически без застройки). Стандартное отклонение – 0,2. Предположительно, причиной являются различия в функциональном назначении территорий, объединенных в одной зоне. Если пространства крупных торговых центров представлены застройкой и стоянками для автомобилей практически без участия растительного покрова, то земельные участки организаций здравоохранения, как правило, имеют зеленые насаждения. Средняя озелененность этой зоны 65%, но значения по отдельным входящим участкам сильно колеблются от 6% (почти полностью застроенные) до 100% (резервные).

*Производственные и коммунально-складские зоны* характеризуются средним значением NDVI +0,5. Для данного типа территории это хороший показатель, сравнимый с таковым у селитебных зон, в которых зеленые насаждения создавались планомерно. Средняя озелененность – 68%. Объяснением этой ситуации может быть то, что часть бывших промышленных предприятий города находится в разрушенном и заросшем

состоянии, а новые еще полностью не освоили выделенные участки. Вместе с тем, как и в предыдущей зоне, распределение растительного покрова между разными участками неравномерно. Среднее значение NDVI меняется от +0,1 до +0,9, а озелененность – от 12 до 100%.

*Зоны специального назначения.* По особенностям растительного покрова это неоднородная функциональная зона. Она включает золоотвалы с ограниченными по площади зелеными насаждениями и, например, кладбища с плотным растительным покровом. Среднее значение NDVI высокое (+0,7). Озелененность – 90%. Функциональные различия включенных в эту зону территорий проявляются в значительных вариациях среднего значения вегетационного индекса по отдельным участкам – от 0,2 до 0,8. Озелененность в пространстве также меняется от 39 до 100%.

*Природно-рекреационные зоны* охватывают целым поясом освоенные застроенные территории г. Биробиджана, а также включают пойму и участки долины рек Большая Бира и Икура. Это одна из наиболее озелененных зон с сохранившейся естественной растительностью. Среднее значение NDVI составляет +0,7. По отдельным участкам оно меняется от +0,1 до +0,9, но у подавляющего большинства – от +0,6 и выше. Озелененность, в среднем 92%, в пространстве меняется от 11 до 100%. Но минимальными показателями (11–12%) характеризуются только два участка открытых пространств. На остальных растительный покров преобладает.

*Сельскохозяйственная зона* – одна из наименее представленных по площади в Биробиджане. Среднее значение NDVI +0,7. Все участки характеризуются преобладанием растительного покрова, стандартное отклонение – 0,1. Озелененность – 97%.

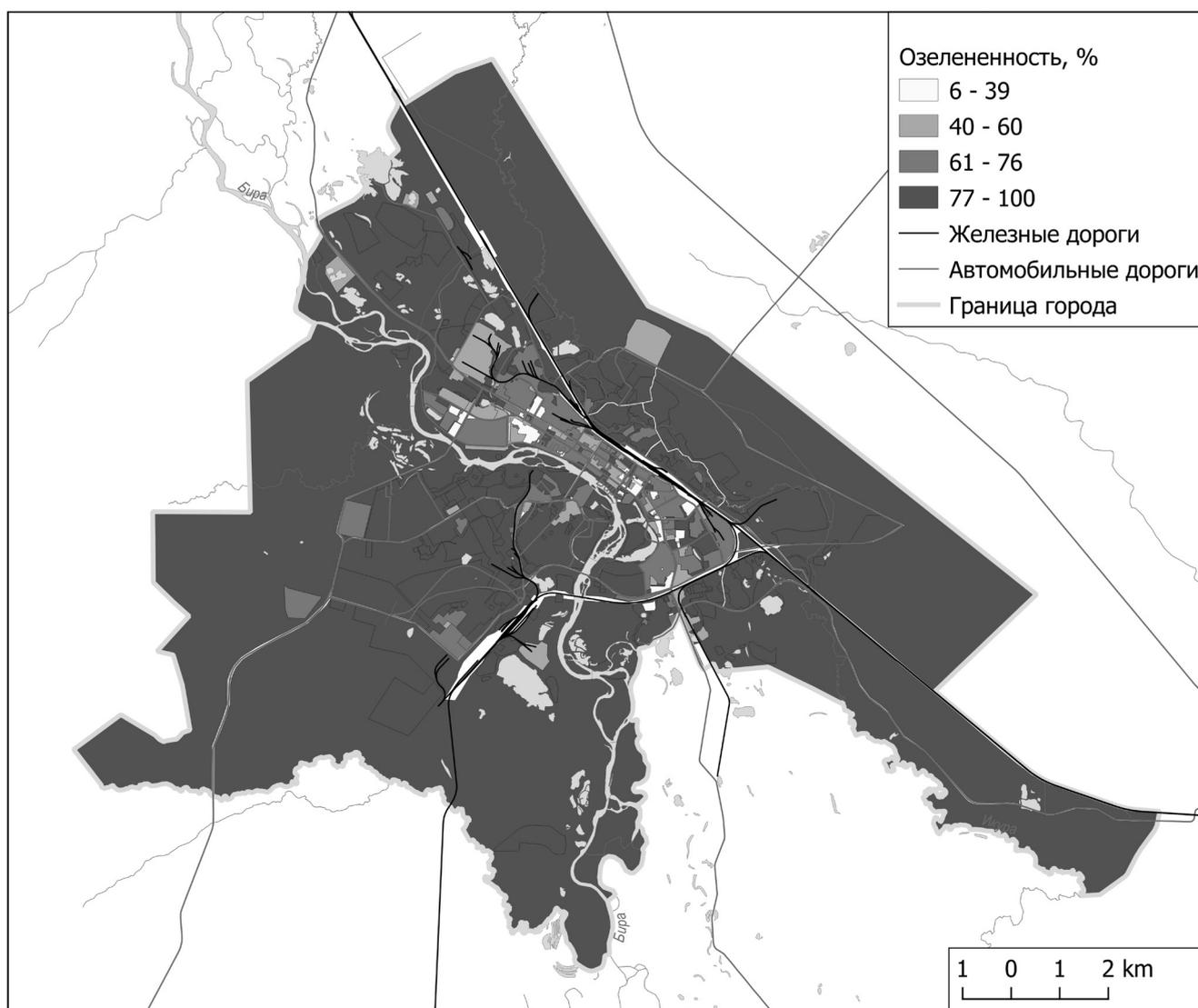
Таким образом, для большинства зон характерны застроенные участки с минимальными значениями NDVI в сочетании с массивами деревьев с максимальными значениями этого индекса.

### **Ранжирование функциональных территорий по уровню озелененности**

По степени озелененности участки функциональных зон г. Биробиджана ранжируются на четыре категории (рис. 3).

– *Низкий уровень озелененности.* Доля растительного покрова – до 40%. К этой категории отнесены отдельные участки центральных, общественно-деловых и коммерческих, а также производственных и коммунально-складских зон, мало- и многоэтажной застройки, природно-рекреационных зон. Их общая площадь – около 0,9 км<sup>2</sup> (0,5% от площади города).

– *Средний (40–60%).* В этой группе представлены участки всех типов зон за исключением индивидуаль-



**Рис. 3.** Уровни озелененности г. Биробиджана по функциональным зонам

ной застройки. Однако по количеству преобладают центральные, общественно-деловые и коммерческие, а также производственные и коммунально-складские зоны, многоэтажной застройки. Их совместная площадь примерно  $3,5 \text{ км}^2$  (2%).

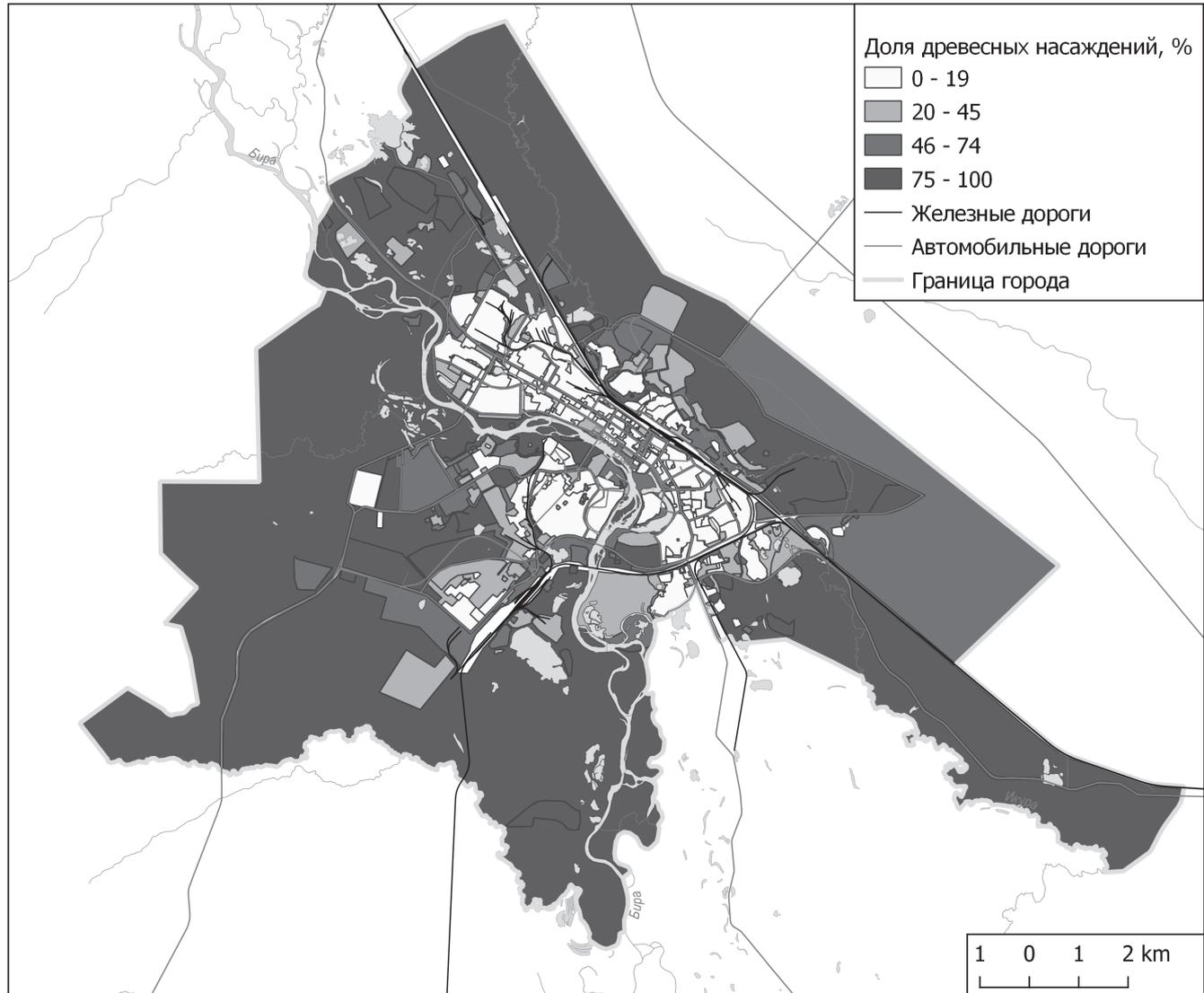
– *Высокий* (61–76%). В эту категорию попали участки всех типов зон. Их площадь – более  $6 \text{ км}^2$ . Это примерно 4% площади города.

– *Очень высокий* (более 76%). Это преобладающая по площади категория, занимающая 85% территории г. Биробиджана. В ней представлены разные типы функциональных зон, но основу составляют природно-рекреационные, сельскохозяйственная, зона индивидуальной застройки и зоны специального назначения.

### Распределение древесной растительности по функциональным зонам

В городе древесная растительность представлена естественной лесной и искусственными древесными насаждениями в скверах, садах, парках и других территориях. Эта категория зеленой инфраструктуры выполняет ключевые экологические функции в урбоэкосистемах. В связи с этим актуален анализ представленности древесных насаждений в разных зонах города (рис. 4).

По результатам анализа в Биробиджане можно выделить зоны, характеризующиеся такими уровнями представленности древесной растительности:



**Рис. 4.** Уровни представленности древесной растительности по функциональным зонам г. Биробиджана

– *Низкий.* Доля древесных насаждений не превышает 19% площади участков функциональных зон г. Биробиджана. На рис. 4 видно, что низким показателем характеризуется, главным образом, основная застроенная часть города. В итоге, в эту группу вошли в первую очередь территории зон жилой застройки, центральных, общественно-деловых и коммерческих, а также производственных и коммунально-складских зон. Их общая площадь – около 15 км<sup>2</sup> (9% площади города).

– *Средний (20–45%).* В этой группе представлены разные функциональные зоны. В данном случае на значение показателя влияет, помимо застройки, распространение луговой растительности в поймах и на

террасах рек. В сумме на нее приходится 6% площади Биробиджана (11 км<sup>2</sup>).

– *Высокий (46–74%)* уровень характерен для участков функциональных зон города на площади 23 км<sup>2</sup> (14% территории Биробиджана). В основном в эту группу входят природно-рекреационные и производственные и коммунально-складские зоны. Для нее характерно преобладание естественной растительности.

– *Очень высокий (75–100%)* выявлен для 63% площади города (107 км<sup>2</sup>). В эту группу включены участки природно-рекреационных зон; жилая зона представлена единичными фрагментами индивидуальной и малоэтажной застройки.

## Заключение

Для г. Биробиджана характерно преобладание территорий с высокими показателями озелененности. Вероятно, это является характерной чертой малых и средних городов Приамурья. Проверка этой гипотезы будет целью дальнейших исследований. Наблюдается контрастность в пространственном распределении зеленой инфраструктуры в городе и, следовательно, в выполнении ею экологических функций. Контрастность проявляется двояко. Во-первых, для центральных, общественно-деловых и коммерческих, а также производственных и коммунально-складских зон отмечена значительная амплитуда в значениях NDVI, что говорит о соседстве на одних и тех же территориях плотной застройки с зелеными массивами (нередко с сохранившейся естественной растительностью). Во-вторых, для освоенной части города, где сконцентрированы основные части зон жилой застройки, центральных, общественно-деловых и коммерческих, а также производственных и коммунально-складских зон, характерны низкие показатели распространения древесных насаждений. Таким образом выполнение экологических функций

городских зеленых насаждений в Биробиджане обеспечивается в значительной степени естественной лесной растительностью природно-рекреационных зон, занимающих 70% площади города и расположенных в основном на его окраине. С учетом хаотичности планировочной структуры населенного пункта такая поляризованность в пространственном распределении растительного покрова может способствовать развитию напряженной экологической ситуации в городе. Низкие показатели представленности древесных насаждений в зонах жилой застройки, а также производственных и коммунально-складских, говорят о дефиците озелененных территорий общего пользования (используемых населением для отдыха) и о проблемах в выполнении своих функций озелененными территориями специального назначения (включая санитарно-защитные зоны) и санитарно-защитными зонами промышленных предприятий и других объектов. Следовательно, для совершенствования зеленой инфраструктуры Биробиджана остается актуальной реализация мероприятий по увеличению площади древесного озеленения в застроенных частях.

## Литература

### Список русскоязычной литературы

1. Калманова ВБ. Анализ формирования зеленого каркаса в планировочной структуре г. Биробиджана. Региональные проблемы. 2019;22(3):70-7.
2. Калманова ВБ. Геоэкологическое картографирование урбанизированных территорий (на примере г. Биробиджана). ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2015;(21):566-74.
3. Калманова ВБ. Экологическое состояние дендрофлоры как показатель качества городской среды (на примере г. Биробиджана). Региональные проблемы. 2013;16(1):79-86.
4. Калманова ВБ. Экологическое состояние дендрофлоры парка культуры и отдыха г. Биробиджана. Региональные проблемы. 2017;20(1):19-26.
5. Кравчук ЛА, Яновский АА, Баженова НМ, Пац АЧ. Дифференцированная оценка зеленой инфраструктуры г. Минска с использованием данных дистанционного зондирования Земли. Природопользование. 2019;(2):152-67.
6. Кузнецов ОВ, Маркелов ГЯ. Оценка зеленых насаждений Хабаровска с использованием материалов ДЗЗ и ГИС-технологий. Геоматика. 2013;(1):32-8.
7. Морозова ГЮ, Дебелая ИД. Анализ проблем озеленения современного города (на примере Хабаровска). Вестник ДВО РАН. 2018;(4):32-8.
8. Морозова ГЮ. Мониторинг урбанизированной среды: структура популяций растений. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009;11(1-6):1170-3.
9. Морозова ГЮ. Проблемы озеленения дальневосточных городов. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010;12(1-3):772-5.
10. Низкий СЕ, Сергеева ЛА. К вопросу о плотности зеленых насаждений общего пользования города Благовещенска. Аграрный вестник Урала. 2012;3(95):52-3.
11. Павлова ЛМ, Котельникова ИМ, Куимова НГ, Тимченко НА. Оценка санитарного состояния древесных насаждений г. Благовещенска. Вестник Поморского университета. Серия: Естественные науки. 2010;(1):55-62.
12. Рубцова ТА. Флора Еврейской автономной области. Хабаровск: Антар; 2017.
13. Третьякова АС, Баранова ОГ, Сенатор СА, Панасенко НН, Суткин АВ, Алихаджиев МХ. Урбанofлористика в России: современное состояние и перспективы. Turczaninowia. 2021;24(1):125-44.

**Общий список литературы/Reference List**

1. Kalmanova VB. [Analysis of the green frame formation in the planning structure of Birobidzhan]. *Regionalnye Problemy*. 2019;22(3):70-7. (In Russ.)
2. Kalmanova VB. [Geoecological mapping of urban areas as exemplified with Birobidzhan]. *InterKarto*. InterGIS. 2015;(21):566-74. (In Russ.)
3. Kalmanova VB. [Ecological condition of the arboreal flora as indicator of the urban environment quality as exemplified with Birobidzhan]. *Regionalnye Problemy*. 2013;16(1):79-86. (In Russ.)
4. Kalmanova VB. [Ecological condition of dendroflora in the town park of Birobidzhan]. *Regionalnye Problemy*. 2017;20(1):19-26. (In Russ.)
5. Kravchuk LA, Yanovskiy AA, Bazhenova NM, Pats Ach. [Differentiated assessment of the green infrastructure of Minsk using data of remote sensing of the Earth]. *Prirodopolzovaniye*. 2019;(2):152-67. (In Russ.)
6. Kuznetsov OV, Markelov GYa. [Estimation of green plantings of Khabarovsk using remote sensing data and GIS technologies]. *Geomatika*. 2013;(1):32-8. (In Russ.)
7. Morozova GYu, Debelaya ID. [The analysis of the modern city gardening problems (exemplified with Khabarovsk)]. *Vestnik DVO RAN*. 2018;(4):32-8. (In Russ.)
8. Morozova GYu. [Monitoring of the urbanized inhabitancy: structure of plant populations]. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Centra Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2009;11(1-6):1170-3. (In Russ.)
9. Morozova GYu. [Problems of gardening of the far-east cities]. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra Rossiyskoy Akademii Nauk*. 2010;12(1-3):772-5. (In Russ.)
10. Nizkiy SE, Sergeeva LA. [On the issue of density of general use green plantations in the city of Blagoveshchensk]. *Agrarnyy Vestnik Urala*. 2012;3(95):52-3. (In Russ.)
11. Pavlova LM, Kotelnikova IM, Kuimova NG, Timchenko NA. [Sanitary state assessment of tree plantations in Blagoveshchensk]. *Vestnik Pomorskogo Universiteta. Seriya Yestestvennye Nauki*. 2010;(1):55-62. (In Russ.)
12. Rubtsova TA. *Flora Evreyskoy Avtonomnoy Oblasti*. Khabarovsk: Antar; 2017. (In Russ.)
13. Tretyakova AS, Baranova OG, Senator SA, Panasenko NN, Sutkin AV, Alihadzhiyev MH. [Studies of urban flora in Russia: current state and prospects]. *Turczaninowia*. 2021;24(1):125-144. (In Russ.)
14. Abutaleb Kh, Mudede MF, Nkongolo N, Newete SW. Estimating urban greenness index using remote sensing data: A case study of an affluent vs poor suburbs in the city of Johannesburg. *Egyptian J Remote Sensing Space Sci*. 2021;(24):343-51.
15. Bechtel A, Puttmann W, Carlson TN, Ripley DA. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing Environ*. 1997;62(3):241-52.
16. Bhandaria AK, Kumara A, Singh GK. Feature extraction using normalized difference vegetation index (NDVI): A case study of Jabalpur City. *Procedia Technol*. 2012;(6):612-21.
17. Hashim H., Latif ZA, Adnan NA. Urban vegetation classification with NDVI threshold value method with very high resolution (VHR) Pleiades imagery. *Int Arch Photogrammetry Remote Sens Spat Inform Sci*. 2019;(XLII-4/W16):237-40.
18. Kuc G, Chormański J. Sentinel-2 imagery for mapping and monitoring imperviousness in urban areas. *Int Arch Photogrammetry Remote Sens Spat Inform Sci*. 2019;(XLII-1/W2):43-7.
19. Lynch P, Blesius L, Hines E. Classification of urban area using multispectral indices for urban planning. *Remote Sens*. 2020;(12):2503.
20. Patón D. Normalized difference vegetation index determination in urban areas by full-spectrum photography. *Ecologies*. 2020;(1):22-35.
21. Wenzhe Z, Haochuan L. Urban vegetation coverage monitoring technology based on NDVI. *Adv Engin Res*. 2018;(163):1611-18.