

ГЕОЛОГИЯ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья
УДК 581.9(571.621)

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА Г. ОБЛУЧЬЕ ПО МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫМ ДАННЫМ

Д.В. Жучков, Д.М. Фетисов

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: dmitriy.zhuchkov.2000@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7474-2910>;
e-mail: dfetisov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9613-8690>

Задачи в области устойчивого развития городов и населенных пунктов обуславливают актуальность оценки состояния инфраструктуры городского озеленения в современных урбанистических исследованиях. Широкое распространение в таких работах получило использование геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Целью исследования являлся анализ представленности зеленых насаждений малого города Облучье (Еврейская автономная область) по мультиспектральным данным с оценкой индикаторов его устойчивого развития. Источниками информации выступили мультиспектральные продукты Sentinel-2A, Правила землепользования и застройки г. Облучье, материалы полевых исследований, фондовые материалы ИКАРП ДВО РАН, литературные источники. Выявление и анализ пространственного распределения зеленых насаждений г. Облучье основаны на результатах расчета нормализованного вегетационного индекса растительности (NDVI). Определено, что значение NDVI 0,55 и более является граничным для выделения зеленых насаждений г. Облучье, 0,75 и более – для древесной растительности. С NDVI в диапазоне 0,55...0,74 выделяются травянисто-кустарниковая растительность на газонах, неблагоустроенных участках, а также естественные и производные луга. Значениями NDVI 0,75 и более на снимке определяются лесная растительность рекреационной зоны г. Облучье, древесно-кустарниковые заросли вдоль русел рек и пойменные леса, древесные массивы в застроенной части города.

Распределение зеленых насаждений по участкам функциональных зон в городе неравномерное. Территории с высоким и очень высоким уровнем озеленения приурочены к периферии г. Облучье и соответствуют зонам рекреационной и жилой застройки. Древесные насаждения в большинстве случаев расположены в рекреационной зоне, преимущественно за пределами городской застройки. Однако все градостроительные зоны имеют высокие значения среднего уровня озеленения (от 71 до 93%).

Расчет индикаторов устойчивого развития, отражающих обеспеченность малого города Облучье зелеными насаждениями, показывает, с одной стороны, что уровень озеленения заметно превышает установленные нормы (не менее 40%) и составляет в пределах городской застройки 53%. С другой стороны, доля озелененных территорий общего пользования в суммарной площади зеленых насаждений г. Облучье очень низкая – всего 1,6%. Таким образом, для города актуально качественное совершенствование зеленой инфраструктуры.

Ключевые слова: зеленые насаждения, индикаторы, устойчивое развитие, малый город, нормализованный вегетационный индекс растительности, Дальний Восток, Облучье.

Образец цитирования: Жучков Д.В., Фетисов Д.М. Оценка современного состояния растительного покрова г. Облучье по мультиспектральным данным // Региональные проблемы. 2024. Т. 27, № 1. С. 112–124. DOI: 10.31433/2618-9593-2024-27-1-112-124.

Введение

Город как урбогеосистема представляет собой сложное образование, состоящее из трех основных блоков – экономический, социальный и экологический (природный) [13]. Изучение растительного покрова сохраняет актуальность в связи с важностью выполняемых им экологических функций в формировании благоприятной городской среды [7, 11, 19, 20, 34, 36]. Обеспечение доступа к зеленым насаждениям и снижение негативного экологического воздействия городов являются задачами для достижения цели устойчивого развития № 11 «Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов» [30].

Современным распространенным методом сбора информации о площади зеленых насаждений, их распределении и состоянии является геоинформационный с использованием данных ДЗЗ. С этой целью применяются расчеты специальных индексов, среди которых популярным и простым представляется нормализованный относительный индекс растительности (NDVI) [17]. Также он широко используется в практической деятельности, например, в сельском и лесном хозяйстве [3, 9, 12].

По состоянию на 1 января 2023 г. в общей структуре городских населенных пунктов России 1119 городов, из которых численно преобладают малые и средние – 947 (около 85%) [31]. С другой стороны, уровень изученности растительного покрова в крупных городах выше, чем в малых и средних [16, 28].

Целью данной работы является анализ представленности зеленых насаждений малого города Облучье (Еврейская автономная область) по мультиспектральным данным с оценкой индикаторов его устойчивого развития.

Объект и методы исследования

Объектом исследования выступают зеленые насаждения г. Облучье. По численности населения город относится к категории малых (7 183 чел. на 01.01.2023) [31]. По функциональному зонированию площадь города составляет 1153,65 га [21]. Он расположен на северо-западе Еврейской автономной области (ЕАО), является центром Облученского муниципального района и одноименного городского поселения, транспортным узлом на Транссибирской железнодорожной магистрали [2, 29]. Объект исследования является частью Малохинганского геоботанического района хвойно-широколиственных, долинных лесов и лугово-болотных сообществ [25]. Г. Облучье расположен в долине горной р. Хинган в окружении низкогорий

хребта Малый Хинган. Растительный покров района исследований сильно трансформирован антропогенной деятельностью. На склонах преобладают производные осиново-белоберезовые леса (*Betula platyphylla* Sukacz., *Populus tremula* L.) с участием лиственницы (*Larix cajanderi* Mayr.) и других хвойных пород (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim., *Picea ajanensis* (Lindl. et Gord.) Fisch. ex Carr., *P. obovata* Ledeb.). Склоны, обращенные к городу, лишены коренной лесной растительности. Сегодня на них распространены вейниковые луга (*Calamagrostis langsдорffii* (Link) Trin.) с участием осок, лабазника дланевидного (*Filipendula palmata* (Pall.) Maxim.), полыни побегоносной (*Artemisia stolonifera* (Maxim.) Kom.), вероничника сибирского (*Veronicastrum sibiricum* (L.) Pennell) и других видов с порослью кустарников из лещины маньчжурской (*Corylus mandshurica* Maxim. in Rupr. et Maxim.), шиповника иглистого (*Rosa acicularis* Lindl.), рододендрона даурского (*Rhododendron dauricum* L.), спиреи иволистной (*Spiraea salicifolia* L.). По берегам р. Хинган сохранились пойменные леса и заросли ив (*Salix caprea* L., *S. rorida* Laksch., *S. schwerinii* E. Wolf), а также заочкаренные осоково-разнотравно-вейниковые луга с ивой козьей (*S. caprea*) и лиственницей. Ранние исследования растительного покрова г. Облучье затрагивали распространение редких видов растений и адвентивный компонент флоры [24, 25].

Для достижения поставленной цели использовались картографический, геоинформационный и полевые методы исследования. Кроме инвентаризационных полевых работ источником информации о растительном покрове г. Облучье и его окрестностей выступили литературные данные [1, 15, 24, 25] и фондовые базы данных Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН (ИКАРП ДВО РАН), собранные Т.А. Рубцовой или под ее руководством.

Под термином «зеленые насаждения» в работе, согласно ГОСТ 28329-89 «Озеленение городов. Термины и определения» (от 10.11.1989 № 3336), понимается совокупность древесных, кустарниковых и травянистых растений на определенной территории, представленных как естественными, так и полуестественными сообществами. Они включают как природные экосистемы, так и искусственные сообщества. Часть зеленых насаждений, представленная древостоями, отнесена к древесной растительности.

Выявление, оценка и картирование зеленых насаждений проводились на основе мультиспек-

тральных данных Sentinel-2, доступ к которым предоставлен с помощью сайта открытого доступа EarthData [35]. Использовался снимок от 24 июля 2022 г. в период активной вегетации растений. Класс продукта – Level-2A с уже выполненной атмосферной коррекцией, что обеспечивает увеличение качества дешифровки снимка и репрезентативность результатов. Выбор данного продукта также обоснован тем, что красный (Red) и ближний инфракрасный (NIR) каналы имеют разрешение 10 м. Такая точность важна при проведении исследований для небольших по площади городов [38, 39]. Анализ зеленых насаждений проводился с использованием результатов расчета нормализованного относительного индекса растительности (NDVI) в геоинформационной системе QGIS 3.28. Индекс широко применяется в научных исследованиях и производственной деятельности. Его расчет основан на данных спектральных каналов Red и NIR:

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

Для красного канала характерно максимальное поглощение солнечной радиации хлорофиллом, а для ближнего инфракрасного – максимум отражаемой солнечной энергии клеточной структурой листа. С помощью NDVI помимо простой фиксации факта присутствия растительности на территории оценивается состояние растительного покрова, его структура, разреженность (фрагментированность) застройкой и открытыми пространствами с искусственным покрытием [38]. Значения индекса изменяются от -1 до +1. Наличие растительности определяется положительными значениями NDVI. Выбор граничных значений индекса для классификации зеленых насаждений индивидуален для каждого города [33]. Значение NDVI 0,55 и более было установлено для выделения зеленых насаждений г. Облучье, 0,75 и более – для древесной растительности. Распределение зеленых насаждений по функциональным зонам г. Облучье оценивалось через отношение количества пикселей изображения с растительным покровом к их общему числу [14].

В качестве индикаторов устойчивого развития экспертами выбраны показатели, которые позволяют контролировать степень достижения целей сбалансированного развития сообществ, стран, регионов, городов. Полученные данные по зеленым насаждениям г. Облучья использовались для расчета и оценки ряда индикаторов устойчивого развития города [4, 5, 17, 23, 37]:

1. Уровень озеленения (%). Для оценки по-

казателя результаты расчетов были переведены в площадные единицы измерения (га). Согласно ГОСТ ИСО 37120-2020, индикатор используется для оценки вклада зеленых насаждений в выполнение задач по формированию благоприятной среды, сохранению биоразнообразия, а также улучшению качества жизни горожан. СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» его актуализированной версии СП 42.13330.2016 определяет, что доля озелененных территорий любой категории в пределах городской застройки должна составлять не менее 40%;

2. Площадь зеленых насаждений (га) на 100 тыс. жителей. В его расчете учитываются не только искусственные насаждения, но и участки с естественной и полуестественной растительностью. Численность населения малых и средних городов в России менее 100 тыс. чел. В связи с этим дополнительное приведение этого показателя к 1 тыс. жителей сделает его более понятным при изучении и сравнении рассматриваемой категории населенных пунктов [10];

3. Доля озелененных территорий общего пользования в суммарной площади зеленых насаждений (%). Согласно ГОСТ 28329-89 «Озеленение городов. Термины и определения», к озелененным территориям общего пользования относятся озелененные территории, предназначенные для различных форм отдыха. Они включают лесопарки, парки, скверы, бульвары и городские леса. Данный индикатор характеризует представленность в городе зеленых насаждений, которые имеют некоторый уровень обустроенности, открыты и доступны жителям;

4. Процент площади городских земель, покрытых пологом деревьев. Использование этого индикатора более распространено за рубежом [37]. Он отражает экологическую роль деревьев в городском ландшафте (регулирование содержания поллютантов в атмосферном воздухе, формирование микроклимата и др.).

Расчеты и картирование проводились в программе Quantum GIS 3.28. Для пространственного анализа зеленых насаждений использовались функциональные зоны г. Облучье. Они представлены на карте функционального зонирования города, утвержденной решением Собрания депутатов от 01.07.2019 № 149 «Правила землепользования и застройки города Облучье Облученского городского поселения Облученского муниципального района Еврейской автономной области» (рис. 1) и положений Генерального плана г. Облучье [21].

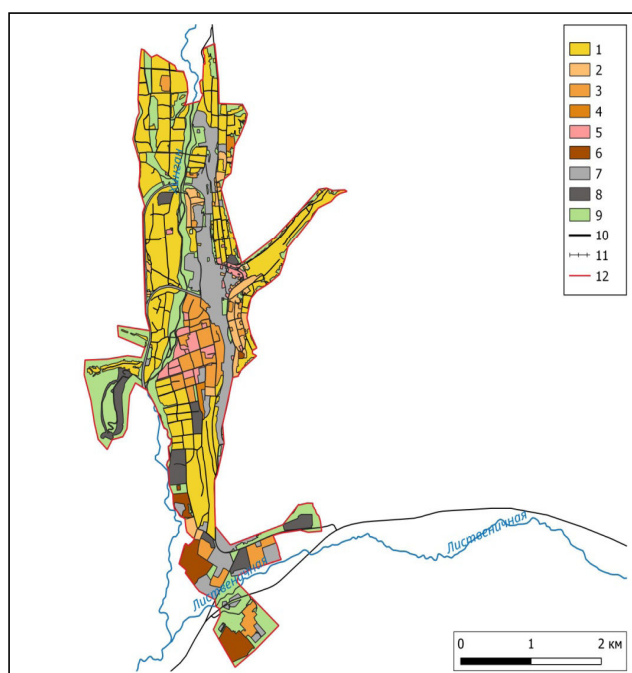


Рис. 1. Градостроительное зонирование г. Облучье

Цифрами на карте обозначены: 1–10 – функциональные зоны, а именно 1) индивидуальная жилая застройка, 2) малоэтажная жилая застройка, 3) многоэтажная жилая застройка, 4) смешанная жилая застройка; 5) центральные, общественно-деловые и коммерческие, 6) промышленные, 7) коммунальные, 8) специальные; 9) рекреационные; 10–11 – дороги: 10) автомобильные, 11) железные; 12 – граница города

Fig. 1. Urban planning in Obluchye

The numbers indicate, exactly: 1–10 – functional zones: 1) individual development, 2) low-rise development, 3) multi-storey development, 4) mixed residential development, 5) central, public-business and commercial, 6) industrial, 7) communal, 8) special, 9) recreational; 10–11 – roads: 10) highway, 11) railways; 12 – town boundary

Результаты

Характеристика значений NDVI для г. Облучье. Значения нормализованного вегетационного индекса в границах изучаемого города меняются от -0,1 до 1 (рис. 2).

Значения NDVI -0,10...0,19 характерны для участков с плотной многоэтажной застройкой, водных объектов, особенно неглубоких карьеров. На рис. 2 пиксели с такими значениями вегетацион-

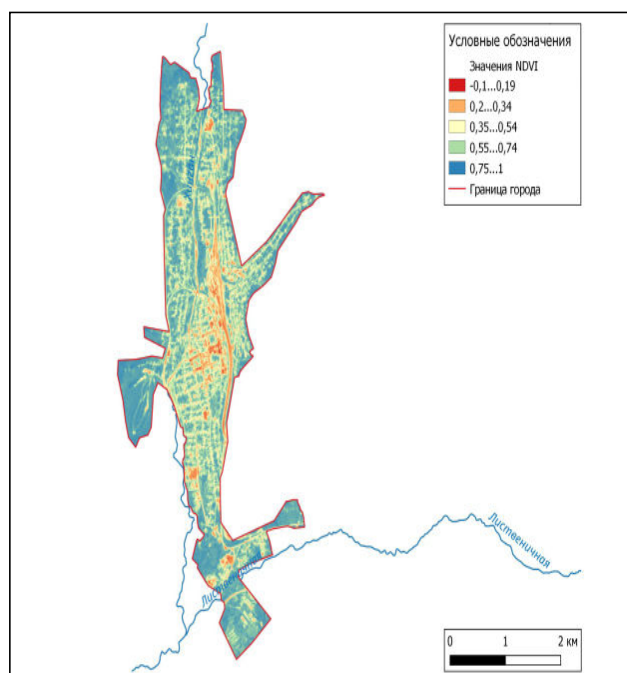


Рис. 2. Распределение значений NDVI на территории г. Облучье

Fig. 2. Distribution of NDVI values in the territory of Obluchye

ного индекса отмечены только для центральной части города с многоэтажной застройкой и пространствами с асфальтовым покрытием.

Значениями индекса 0,20...0,34 в границах Облучья отображаются территории, занятые мало- и многоэтажной жилой застройкой, железной дорогой, а также связанные с ней складские и производственные объекты. Кроме того, данными значениями NDVI на рис. 2 выделяются каменистая пойма и русло р. Хинган, покрытые щебнем пространства.

Значение вегетационного индекса 0,35...0,54 интерпретируется как дороги (особенно грунтовые), малоэтажная жилая застройка и ее уличная сеть, ЛЭП, горнолыжные трассы, русла рек.

NDVI со значениями 0,55...0,74 отражает преобладание вегетирующей растительности. Следовательно, значение 0,55 выбрано в работе граничным для выделения зеленых насаждений г. Облучье, расчета их площади и распределения по функциональным зонам города.

Зеленые насаждения представлены травянисто-кустарниковой растительностью на газонах, неблагоустроенных участках. Основную роль играют мятлики (*Poa annua* L., *P. compressa* L., *P. trivialis* L.), овсяница луговая (*Festuca pratensis*

Huds.), тимофеевка степная и луговая (*Phleum phleoides* (L.) Karst., *P. pratense* L.), коммелина обыкновенная (*Commelina communis* L.), ячмень гривастый (*Hordeum jubatum* L.), лапчатки (*Potentilla approximata* Bunge, *P. bifurca* L., *P. canescens* Bess., *P. intermedia* L.), клевер ползучий и луговой (*Amoria repens* (L.) C. Presl, *Trifolium pratense* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.) и др. Также распространен ильм низкий (*Ulmus pumila* L.) в виде поросли.

Кроме искусственной растительности и пустырей значением вегетационного индекса 0,55...0,75 характеризуются луга, в том числе производные. По долинам рек и ручьев распространены осоково-разнотравно-вейниковые луга с ивой (*S. caprea*, *S. schwerinii*, *S. udensis* Trautv. et Mey.), лиственницей. В травостое доминируют вейник Лангсдорфа, осока придатконосная (*Carex appendiculata* (Trautv. et Mey.) Kuk.), кровохлебки (*Sanguisorba officinalis* L., *S. parviflora* (Maxim.) Takeda), лабазник дланевидный и др. Производные вейниковые луга на склонах, как отмечалось выше, характеризуются участием в травостое осок, лабазника дланевидного, полыни побегоносной, вероничника сибирского и других видов с порослью кустарников из лещины маньчжурской,

шиповника иглистого, рододендрона даурского, спиреи иволистной.

Значения NDVI 0,75...1,0 соответствуют древесным насаждениям. Они представлены лесной растительностью рекреационной зоны г. Облучье (осиново-белоберезовые леса), древесно-кустарниковыми зарослями вдоль русел рек и пойменными лесами из ивы Шверина, россистой, удской (*S. udensis* Trautv. et Mey.), тополя душистого (*Populus suaveolens* Fisch.), корянки земляничниколистной (*Chosenia arbutifolia* (Pall.) A. Skvorts.) и других пород. В застроенной части города этими значениями индекса выделяются отдельно стоящие деревья и массивы. Видовой состав древесно-кустарниковых насаждений представлен тополем душистым и дрожащим, березой плосколистной, ильмом низким, ивой козьей и Шверина, а также ильмом японским (*Ulmus japonica* (Rehd.) Sarg.), яблоней ягодной (*Malus baccata* (L.) Borkh.), елью сибирской, сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницей Каяндера.

Распределение зеленых насаждений по функциональным зонам города. Значения уровня озеленения отдельных функциональных зон города представлены в табл.

Характеристика функциональных зон г. Облучье

Таблица

Table

Characteristics of the Obluchye functional zones

Зона	Состав	Площадь, га	Среднее значение NDVI	Средний уровень озеленения, %
Жилая	Застройка: индивидуальная малоэтажная многоэтажная смешанная	572,46	0,65 0,6 0,5 0,55	90,35 89,3 74,6 88,0
Центральная, общественно-деловая и коммерческая	Зона делового ядра городского центра. Административные, общественные организации, торговые объекты и некоторые объекты социальной инфраструктуры	43,73	0,5	70,71
Специальная	Объекты здравоохранения, спорта, образования, кладбищ, обороны и безопасности	155,03	0,6	78,54
Коммунальная	Транспортная и инженерная инфраструктура	197,34	0,55	80,95
Промышленная	Предприятия различного класса вредности	31,75	0,7	81,5
Рекреационная	Ландшафтно-рекреационные объекты (озелененные территории)	153,34	0,7	92,5

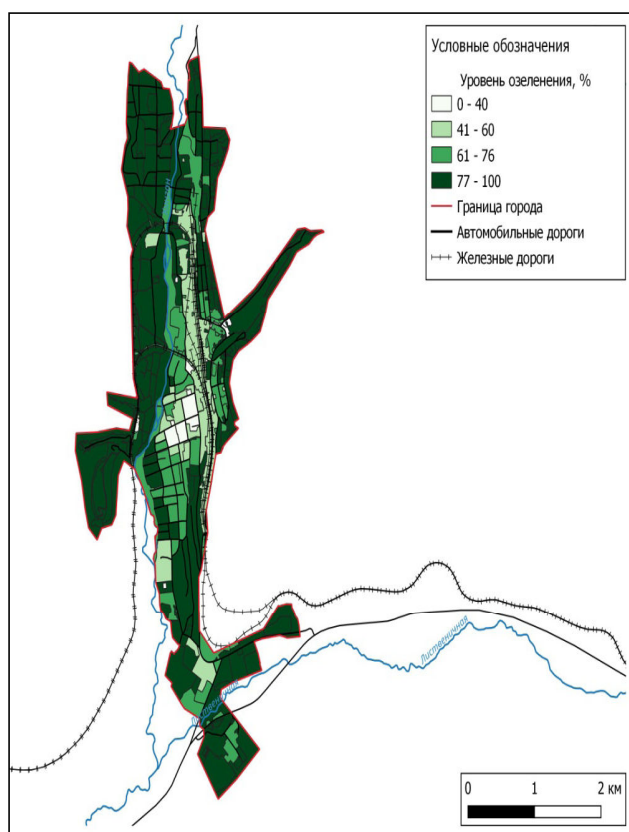


Рис. 3. Уровень озеленения участков функциональных зон г. Облучье

Fig. 3. Level of landscaping in the Obluchye functional zones

Все градостроительные зоны имеют высокие уровни озеленения. Однако по отдельным участкам зон г. Облучье значение этого показателя сильно меняется (рис. 3).

Низкий уровень озеленения (менее 40%) преимущественно характерен для участков зоны многоэтажной жилой застройки (61% от площади территорий анализируемого уровня озеленения), а также зоны центральной, общественно-деловой и коммерческой (8%). В целом площадь территорий данной категории в городе занимает всего 1% (11,85 га).

Средний уровень озеленения (41–60%) фрагментарно наблюдается на участках коммунальной (79% площади пространств с данным уровнем озеленения), многоэтажной жилой застройки (16%) и центральной, общественно-деловой и коммерческой (5%). Общая площадь пространств этого уровня озеленения составляет 7% от площади города (83 га).

Участки с *высоким уровнем* озеленения (61–76%) встречаются во всех функциональных зонах,

за исключением зоны смешанной жилой застройки и промышленной. Около 60% площади территорий данной категории озеленения приходится на участки специальной и коммунальной зоны. Далее расположились участки с многоэтажной жилой застройкой, для которых площадь данной категории составляет 12%, и рекреационных зон (8%). Оставшиеся 20% территории приходятся на выделы жилой индивидуальной и малоэтажной застройки, а также центральных, общественно-деловых и коммерческих зон. Общая площадь этих участков в г. Облучье составляет 95 га (8%).

Участки с *очень высоким* уровнем озеленения (77–100%) выявлены во всех функциональных зонах изучаемого города. В основном они характерны для рекреационной зоны (73% площади территорий с этой категорией озеленения) и индивидуальной жилой застройки (16%). В сумме они составляют 84% от общей площади города (900 га).

Пространственное распределение древесных насаждений в г. Облучье. Площадь города, занятая древесной растительностью, составляет 300 га (26% его территории). Кроме того, эти насаждения распределены по городу неравномерно. На рис. 4 прослеживается общая закономерность – с удалением от центральной части Облучья уровень озелененности древесными насаждениями увеличивается, достигая наиболее высоких показателей на границе города. В Quantum GIS с помощью встроенного алгоритма естественных границ Дженкса участки функциональных зон города по доле древесных насаждений в их площади были ранжированы в четыре группы.

На участках с *низким значением* доля площади древесных насаждений не превышает 13%. Они занимают 300 га (26% от площади города). В основном в данную группу входят участки коммунальной (28% от площади территории группы), а также зоны жилой застройки (совместно индивидуальной, мало- и многоэтажной) – 45%.

Участки со *средним уровнем* (14–36%) характерны для большинства функциональных зон, за исключением смешанной жилой застройки и специальной. Их площадь – 350 га (30% от площади г. Облучье). В основном участки, отнесенные к данной категории, отмечены для зон индивидуальной жилой застройки (55% от общей площади группы), коммунальной (21%) и рекреационной (14%).

Высоким уровнем представленности древесных насаждений со значениями от 37 до 68% оцениваются участки, которые есть почти во всех

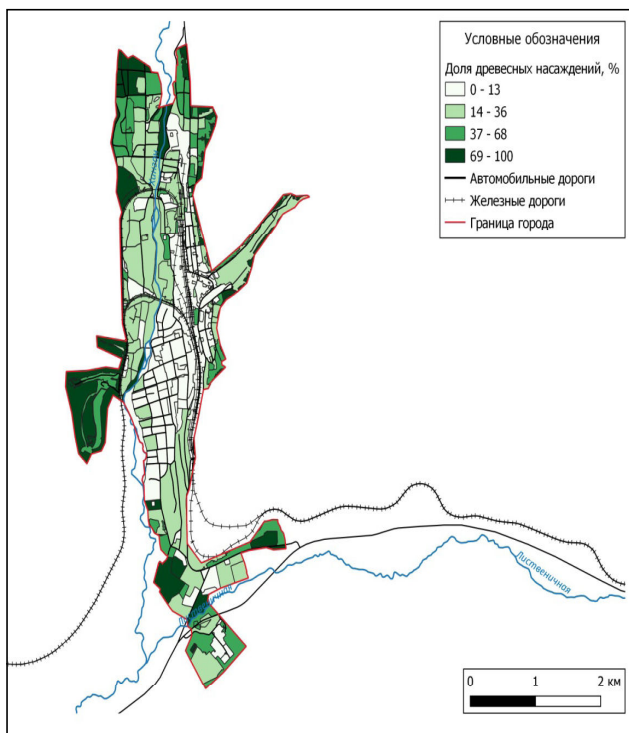


Рис. 4. Доля древесных насаждений на участках функциональных зон г. Облучье

Fig. 4. Tree plantations proportion in the Obluchye functional zones

функциональных зонах г. Облучье за исключением центральной, общественно-деловой и коммерческой. Высокие значения на этих территориях связаны с распространением естественной лесной растительности. Общая площадь участков данной категории составляет 150 га (13% от территории города).

Очень высоким уровнем оцениваются участки функциональных зон, где древесные насаждения преобладают по площади (60–100%). Они занимают 385 га (31%) территории города и сосредоточены в рекреационной функциональной зоне (96% площади данной категории). Остальные 4% приходятся на участки зон индивидуальной и многоэтажной жилой застройки, коммунальной, промышленной и специальной. Для данной категории представленности древесных насаждений характерно преобладание естественной лесной растительности.

Оценка индикаторов устойчивого развития г. Облучье. На основе дистанционных данных по зеленым насаждениям города был выполнен расчет ряда индикаторов устойчивого развития города.

1. *Уровень озеленения.* Общая площадь зеленых насаждений изучаемого города составляет 745 га, в черте городской застройки – 490 га; общая площадь города (в пределах городской черты по карте градостроительного зонирования) – 1153,65 га, застроенной территории – 917 га. Таким образом, в границах городской черты г. Облучье уровень озеленения составляет 65%. В пределах городской застройки значение показателя снижается до 53%. Согласно СНиП 2.07.01.89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений», а также в его актуализированной версии СП 42.13330.2016 уровень озеленения г. Облучье выше нормы (более 40%).

2. *Площадь зеленых насаждений на 100 тыс. жителей.* Учитывая данные численности населения г. Облучье, на 100 тыс. жителей приходится 10 372 га зеленых насаждений или 104 га/тыс. чел. В границах городской застройки значение данного показателя составляет 6822 га/100 тыс. жителей (68 га/тыс. чел.). Законодательно установленные нормы для оценки этого показателя отсутствуют. Полученные данные за 2022 г. в перспективе могут быть использованы для анализа изменения его значений с определенной периодичностью.

Для сравнения отметим, что в административных границах г. Облучье значение этого индикатора ниже, чем в г. Биробиджане (104 и 130 га/тыс. жителей соответственно). Объяснение связано, на наш взгляд, с тем, что для обоих городов существенное значение в обеспеченности зелеными насаждениями имеет естественная растительность, основные площади которой расположены в природно-рекреационных зонах. В г. Облучье доля данной функциональной зоны от общей площади города составляет 13%, а в г. Биробиджане – 77%.

В пределах городской застройки площадь зеленых насаждений г. Облучье, в сравнении с г. Биробиджаном, существенно выше – 68 и 13 га/тыс. чел. соответственно. Предположительно, такое различие объясняется более высоким уровнем озелененности центральной, общественно-деловой и коммерческой, промышленной, специальной и коммунальной зон в г. Облучье, чем в г. Биробиджане. Кроме того, важным фактором является различие в плотности населения городов, приведенной к площади застроенной территории. В г. Облучье значение этого показателя соответствует 8 чел./га, в г. Биробиджане – 15 чел./га.

3. *Доля озелененных территорий общего пользования в суммарной площади зеленых насаждений.* К озелененным территориям общего

пользования относятся озелененные территории, предназначенные для различных форм отдыха. Информация о парках, скверах, бульварах и аллеях, которые относятся к данному типу зеленых насаждений, взята с карты градостроительного зонирования г. Облучье. Их общая площадь составляет 11,5 га – 1,6% от суммарной площади зеленых насаждений города. Озелененные территории рассматриваемого типа в основном сосредоточены в центре города (7,45 га). Значение рассматриваемого индикатора в 1,6% очень низкое. Например, в малом по численности населения городе Апатиты (55,7 тыс. чел. на 2018 г.) Мурманской области доля озелененных территорий общего пользования в суммарной площади зеленых насаждений достигает 50%, в г. Биробиджане – более 70% [10, 18, 26]. Однако, согласно исследованиям [18], посещаемость озелененных территорий общего пользования в малых городах невелика. Ежедневно в них бывает только 2,5–5% жителей города, из которых 30–60% – это транзитные посетители. Одной из причин является доступность для отдыха зеленых насаждений пригорода.

4. *Процент городских земель, покрытых пологом древесных насаждений.* Площадь городской территории, занятой древесной растительностью (при значении NDVI 0,75 и более), в Облучье составляет 300 га (26% от площади города). В пределах городской застройки значение этого индикатора снижается до 140 га (12%). В г. Биробиджане данные значения выше – 38% и 20% соответственно.

В РФ используется сходный показатель «Доля площади лесного покрова в общей площади территории города», в расчете которого не учитываются рядовые древесные посадки и одиночно произрастающие деревья в черте города [5]. Для г. Облучье значение этого показателя составляет 160 га (14% от площади города). Значение этого показателя схоже с данными по другим малым и средним городам России. Например, в г. Рузаевка (Республика Мордовия) древесная растительность занимает 16% от площади города [32], в г. Саров (Нижегородская область) – 17% [8], в г. Усолье-Сибирское (Иркутская область) – 18% [27]. В то же время в нашей стране есть города с более высокими значениями оцениваемого индикатора. В г. Дубна и г. Балашиха (Московская область) – 27 и 40% соответственно [6, 22], в г. Биробиджане – 30% [10].

Заключение

С использованием результатов расчета нормализованного относительного индекса рас-

тительности выполнен анализ распределения зеленых насаждений и оценка части индикаторов устойчивого развития г. Облучье Еврейской автономной области. По мультиспектральным данным Sentinel-2 летом 2022 г. значение NDVI 0,35 и более было установлено для выделения зеленых насаждений г. Облучье, 0,75 и более – для древесной растительности. С NDVI в диапазоне 0,55...0,74 выделяются травянисто-кустарниковая растительность на газонах, неблагоустроенных участках, а также естественные и производные луга. Значениями NDVI 0,75 и более на снимке определяются лесная растительность рекреационной зоны г. Облучье, древесно-кустарниковые заросли вдоль русел рек и пойменные леса, древесные массивы в застроенной части города.

Распределение зеленых насаждений по участкам функциональных зон в городе неравномерное. Территории с высоким и очень высоким уровнем озеленения приурочены к периферии г. Облучье и соответствуют зонам рекреационной и жилой застройки. Древесные насаждения в большинстве случаев расположены в рекреационной зоне, преимущественно за пределами городской застройки. Однако все градостроительные зоны имеют высокие значения среднего уровня озеленения (от 71 до 93%).

Расчет индикаторов устойчивого развития, отражающих обеспеченность малого города Облучье зелеными насаждениями, показывает, что уровень озеленения заметно превышает установленные нормы. Площадь зеленых насаждений в границах городской застройки на 100 тыс. жителей в пять раз выше, чем в административном центре Еврейской автономной области г. Биробиджане. С другой стороны, доля озелененных территорий общего пользования в суммарной площади зеленых насаждений г. Облучье очень низка – всего 1,6%. По площадному показателю около 75% благоустроенных озелененных территорий общего пользования Облучья располагается в центральной части городской застройки в пределах зоны многоэтажной жилой застройки. Остальные 25% сосредоточены в южной части города. В северной части (зона индивидуальной жилой застройки) озелененные территории общего пользования, предназначенные для отдыха населения, отсутствуют. Древесные насаждения, расположенные преимущественно за пределами городской застройки, в основном представляют собой естественную лесную растительность. Они доступны местному населению для рекреационной деятельности, но не обеспечивают комфортные и

безопасные условия для отдыха. Следовательно, задачи формирования благоприятной городской среды г. Облучье в рамках устойчивого развития должны быть ориентированы на качественное совершенствование зеленой инфраструктуры, с учетом среди прочих факторов выявленной пространственной неоднородности распределения зеленых насаждений в городе и востребованности для отдыха естественной лесной растительности пригорода.

Данную работу можно считать началом мониторинга современного состояния растительного покрова на территории малых и средних городов юга Дальнего Востока.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Белая Г.А. Конспект флоры сосудистых растений Еврейской автономной области / Г.А. Белая, В.Л. Морозов. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 1995. 205 с.
2. Бреславский А.С. Городское население Еврейской автономной области в исторической динамике конца 1980-х – 2010-х годов // Крестьяноведение. 2022. Т. 7, № 3. С. 151–173. DOI: 10.22394/2500-1809-2022-7-3-151-173.
3. Глаголев В.А., Коган Р.М. Проектирование геоинформационной системы прогноза возникновения и распространения травяных пожаров // Региональные проблемы. 2016. Т. 19, № 2. С. 47–53.
4. ГОСТ Р ИСО 37120-2020. Устойчивое развитие сообщества. Показатели городских услуг и качества жизни. М.: Стандартиформ, 2020. 118 с.
5. ГОСТ Р ИСО 37123-2023. Устойчивое развитие сообществ. Показатели для адаптивных городов. М.: Российский институт стандартизации, 2023. 78 с.
6. Дейнега Е.А., Жмылев П.Ю. Озеленение г. Дубна: общая оценка // Евразийский союз ученых. 2015. № 4–10 (13). С. 14–16.
7. Ерзин И.В., Рузумовский Ю.В. О функциях системы озелененных и природных территорий: терминология и классификация // Лесной вестник. 2018. Т. 22, № 4. С. 59–67. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-4-59-67.
8. Ермохин А.А. Оценка экологического каркаса города Сарова // Globus. 2020. № 6 (52). С. 5–8.
9. Ерошенко Ф.В., Лапенко Н.Г., Сторчак И.Г., Бильдиева Е.А., Костицын Р.Д., Старостин М.А. Оценка природных растительных сообществ с использованием данных дистанционного зондирования Земли в условиях степей Ставропольского края // Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32, № 3. С. 390–409. DOI: 10.15507/2658-4123.032.202203.390-409.
10. Жучков Д.В., Фетисов Д.М. Оценка индикаторов устойчивого развития города Биробиджана: озелененные пространства // Региональные проблемы. 2023. Т. 26, № 2. С. 23–36. DOI: 10.31433/2618-9593-2022-26-2-23-36.
11. Жучков Д.В., Фетисов Д.М., Макаренко В.П. Функции зеленых насаждений городов в обеспечении целей устойчивого развития // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. 2023. № 2 (51). С. 38–60. DOI: 10.24412/2227-1384-2023-251-38-60.
12. Зубарев В.А. Изменение некоторых агрофизических свойств залежных осушенных бурых горно-лесных почв в Еврейской автономной области // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2023. № 2 (228). С. 100–109. DOI: 10/37102/0869-7698_2023_228_02_8.
13. Калманова В.Б. Город как урбогеосистема // Региональные проблемы. 2009. № 12. С. 26–28.
14. Кравчук Л.А., Яновский А.А., Баженова Н.М., Лац А.Ч. Дифференцированная оценка зеленой инфраструктуры г. Минска с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Природопользование. 2019. № 2. С. 152–167.
15. Куренцова Г.Э. Очерк растительности Еврейской автономной области. Владивосток: Кн. изд-во, 1967. 63 с.
16. Макаренко В.П., Фетисов Д.М., Жучков Д.В. Изучение растительного покрова малых и средних городов России: современное состояние // Региональные проблемы. 2022. Т. 25, № 1. С. 3–15. DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-3-15.
17. Методика формирования индекса качества городской среды: распоряжение Правительства РФ от 23 марта 2019 № 510-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/wbRiqrDYKeKbPh9FzCHUwWoturf2Ud0G.pdf> (дата обращения: 20.01.2024).
18. Мингалева Т.А., Горячева А.А., Мингалева Е.И., Мингалева А.И. Социальные и экологические функции общественных парков малого города в условиях Севера (на примере г. Апатиты Мурманской области) // Труды Кольского научного центра РАН. 2020. № 2–8. С. 179–195. DOI: 10.37614/2307-5252.2020.2.8.019.
19. Морозова Г.Ю., Дебелая И.Д. Анализ проблем озеленения современного города (на примере

- Хабаровска) // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2018. № 4 (200). С. 38–48.
20. Морозова Г.Ю., Дебелая И.Д. Зеленая инфраструктура как фактор обеспечения устойчивого развития Хабаровска // Экономика региона. 2018. Т. 14, №. 2. С. 562–574. DOI: 10.17059/2018-2-18.
 21. Облученское городское поселение. Генеральные планы. URL: <https://obluchye.eao.ru/about/architecture/gradostroitelstvo/generalnye-plany/> (дата обращения: 21.01.2024).
 22. Подрубный Д.Г., Широкова В.А. Геоэкологические особенности зеленой инфраструктуры (на примере городского округа Балашиха Московской области) // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 6 (390). С. 569–572. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_6_569.
 23. Руководство по определению первоочередных направлений развития городской среды с помощью индекса качества городской среды. URL: https://niisf.org/images/easyblog_articles/703/rukovodstvo_IQ.pdf (дата обращения: 20.01.2024).
 24. Рубцова Т.А., Антонова Л.А. Адвентивный компонент флоры Еврейской автономной области: современный список видов, дополнения // Региональные проблемы. 2020. Т. 23, № 2. С. 12–22. DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-2-12-22.
 25. Рубцова Т.А. Флора Еврейской автономной области. Хабаровск: Антар, 2017. 241 с.
 26. Святковская Е.А. Формирование садово-парковых ландшафтов в городах Кольского Севера. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. 102 с.
 27. Соколова О.Е. Состояние и привлекательность некоторых объектов озеленения г. Усоля-Сибирского // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2017. Т. 20. С. 91–105.
 28. Третьякова А.С., Баранова О.Г., Сенатор С.А., Панасенков Н.Н., Суткин А.В., Алихаджиев М.Х. Урабанофлористика в России: современное состояние и перспективы // Turczaninowia. 2021. Т. 24, №. 1. С. 125–144. DOI: 10.24855/biosfera.v13i4.648.
 29. Фетисов Д.М., Комарова Т.М., Калинина И.В., Мищук С.Н. Типология муниципальных образований Еврейской автономной области в результате реализации инвестиционных продуктов // Региональные проблемы. 2020. Т. 23, №. 1. С. 23–32. DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-1-23-32.
 30. Цели в области устойчивого развития. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/russian/cities/> (дата обращения: 20.01.2024).
 31. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 22.01.2024).
 32. Шабайкина В.А., Ларина А.В., Саулин В.А. Оценка состояния системы озеленения г. Рузаевка с использованием многозональных космических снимков // Вектор ГеоНаук. 2020. Т. 3, № 3. С. 96–105.
 33. Bhandaria A.K., Kumara A., Singh G.K. Feature extraction using normalized difference vegetation index (NDVI): A case study of Jabalpur City // Procedia Technology. 2012. N 6. P. 612–621. DOI: 10/1016/j.protcy.2012.10.074.
 34. Chen P.A., Hsu H.W., Zou M.L., Lin W.Y., Wu C.D., Chen Y.M. Effect of urban green spaces on parental sleep quality in the two year after childbirth // European journal of public health. 2023. Vol. 33. P. ii464. DOI: 10.1093/eurpub/ckad160.1164.
 35. EarthData. URL: <https://urs.earthdata.nasa.gov/> (дата обращения: 03.01.2024).
 36. Forman R.T.T. Urban ecology: science of cities. Cambridge University Press, 2014. 480 p.
 37. ISO 37123:2019. Sustainable cities and communities – Indicators for resilient cities. URL: <https://www.iso.org/standard/70428.html> (дата обращения: 10.01.2024).
 38. Kuc G., Chormanskj J. Sentinel-2 imagery for mapping and monitoring imperviousness in urban areas // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2019. Vol. XLII-1/W2. P. 43–47. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-1-W2-43-2019.
 39. Stamford J.D., Violet-Chabrand S., Cameron I. et al. Development of an accurate low cost NDVI imaging system for assessing plant health // Plant Methods. 2023. Vol. 19, N 9. DOI: 10.1186/s13007-023-00981-8.

REFERENCE:

1. Belaya G.A. *Konspekt flory sosudistyykh rastenii Evreiskoi avtonomnoi oblasti* (Synopsis of the flora of vascular plants of the Jewish Autonomous Region), G.A. Belaya, V.L. Morozov. Birobidzhan. ICARP FEB RAS, 1995. 205 p. (In Russ.).
2. Breslavskii A.S. The urban population of the Jewish Autonomous Region in the historical dynamics of the late 1980s – 2010s. *Krest'yanovedenie*,

- 2022, vol. 7, no. 3, pp. 151–173. (In Russ.). DOI: 10.22394/2500-1809-2022-7-3-151-173.
3. Glagolev V.A., Kogan R.M. Designing a geoinformation system for forecasting the occurrence and spread of grass fires. *Regional'nye problemy*, 2016, vol. 19, no. 2, pp. 47–53. (In Russ.).
 4. GOST R ISO 37120-2020. *Ustoichivoe razvitiye soobshchestva. Pokazateli gorodskikh uslug i kachestva zhizni* (GOST R ISO 37120-2020. Sustainable community development. Indicators of urban services and quality of life). Moscow: Standartinform Publ., 2020. 118 p. (In Russ.).
 5. GOST R ISO 37123-2023. *Ustoichivoe razvitiye soobshchestv. Pokazateli dlya adaptivnykh gorodov* (GOST R ISO 37123-2023. Sustainable community development. Indicators for adaptive cities). Moscow: Russian Standardization Institute, 2023. 78 p. (In Russ.).
 6. Deinega E.A., Zhmylev P.Yu. Landscaping Dubna: a general assessment. *Evrasiiskii soyuz uchenykh*, 2015, no. 4–10 (13), pp. 14–16. (In Russ.).
 7. Erzin I.V., Ruzumovskii Yu.V. About the functions of the system of green and natural areas: terminology and classification. *Lesnoi vestnik*, 2018, vol. 22, no. 4, pp. 59–67. (In Russ.). DOI: 10.18698/2542-1468-2018-4-59-67.
 8. Ermokhin A.A. Assessment of the ecological framework of the city of Sarov. *Globus*, 2020, no. 6 (52), pp. 5–8. (In Russ.).
 9. Eroshenko F.V., Lapenko N.G., Storchak I.G., Bil'dieva E.A., Kostitsyn R.D., Starostin M.A. Assessment of natural plant communities using Earth remote sensing data in the steppes of the Stavropol Territory. *Inzhenernye tekhnologii i sistemy*, 2022, vol. 32, no. 3, pp. 390–409. (In Russ.). DOI: 10.15507/2658-4123.032.202203.390-409.
 10. Zhuchkov D.V., Fetisov D.M. Assessment of indicators of sustainable development of the city of Birobidzhan: green spaces. *Regional'nye problemy*, 2023, vol. 26, no. 2, pp. 23–36. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2022-26-2-23-36.
 11. Zhuchkov D.V., Fetisov D.M., Makarenko V.P. Functions of urban green spaces in ensuring sustainable development goals. *Vestnik Primorskogo gosudarstvennogo universiteta im. Sholom-Aleikhema*, 2023, no. 2 (51), pp. 38–60. (In Russ.). DOI: 10.24412/2227-1384-2023-251-38-60.
 12. Zubarev V.A. Changes in some agrophysical properties of fallow drained brown mountain forest soils in the Jewish Autonomous Region. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk*, 2023, no. 2 (228), pp. 100–109. (In Russ.). DOI: 10/37102/0869-7698_2023_228_02_8.
 13. Kalmanova V.B. The city as an urban geosystem. *Regional'nye problemy*, 2009, no. 12, pp. 26–28. (In Russ.).
 14. Kravchuk L.A., Yanovsky A.A., Bazhenova N.M., Lats A.C. Differentiated assessment of the green infrastructure of Minsk using Earth remote sensing data. *Prirodopol'zovanie*, 2019, no. 2, pp. 152–167. (In Russ.).
 15. Kurentsova G.E. *Ocherk rastitel'nosti Evreiskoi avtonomnoi oblasti* (An outline of the vegetation of the Jewish Autonomous Region). Vladivostok: Book Publishing House, 1967. 63 p. (In Russ.).
 16. Makarenko V.P., Fetisov D.M., Zhuchkov D.V. Study of vegetation cover of small and medium-sized cities of Russia: the current state. *Regional'nye problemy*, 2022, vol. 25, no. 1, pp. 3–15. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-1-3-15.
 17. *Metodika formirovaniya indeksa kachestva gorodskoi sredy: rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 23 marta 2019 № 510-r*. (Methodology for the formation of the urban environment quality index: Decree of the Government of the Russian Federation dated March 23, 2019 no. 510-R.). Available at: <http://static.government.ru/media/files/wbRiqrDYKeKbPh9FzCHUwWoturf2Ud0G.pdf> (accessed: 20.01.2024). (In Russ.).
 18. Mingaleva T.A., Goryacheva A.A., Mingaleva E.I., Mingalev A.I. Social and ecological functions of public parks of a small city in the conditions of the North (on the example of Apatity, Murmansk region). *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN*, 2020, no. 2–8, pp. 179–195. (In Russ.). DOI: 10.37614/2307-5252.2020.2.8.019.
 19. Morozova G.Y., Debelaya I.D. Analysis of the problems of greening a modern city (on the example of Khabarovsk). *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk*, 2018, no. 4 (200), pp. 38–48. (In Russ.).
 20. Morozova G.Y., Debelaya I.D. Green infrastructure as a factor in ensuring the sustainable development of Khabarovsk. *Ekonomika regiona*, 2018, vol. 14, no. 2, pp. 562–574. (In Russ.). DOI: 10.17059/2018-2-18.
 21. *Obluchenskoe gorodskoe poselenie. General'nye plany* (The Irradiated urban settlement. Master plans). Available at: <https://obluchye.eao.ru/about/architecture/gradostroitelstvo/generalnye-plany/> (accessed: 21.01.2024). (In Russ.).
 22. Poddubny D.G., Shirokova V.A. Geoecological

- features of green infrastructure (on the example of the Balashikha urban district of the Moscow region). *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2022, no. 6 (390), pp. 569–572. (In Russ.). DOI: 10.55186/25876740_2022_65_6_569.
23. *Rukovodstvo po opredeleniyu pervoocherednykh napravlenii razvitiya gorodskoi sredy s pomoshch'yu indeksa kachestva gorodskoi sredy* (Guidelines for determining the priority directions of urban environment development using the Urban Environment Quality Index). Available at: https://niisf.org/images/easyblog_articles/703/rukovodstvo_IQ.pdf (accessed: 20.01.2024). (In Russ.).
 24. Rubtsova T.A., Antonova L.A. The adventitious component of the flora of the Jewish Autonomous Region: a modern list of species, additions. *Regional'nye problemy*, 2020, vol. 23, no. 2, pp. 12–22. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-2-12-22.
 25. Rubtsova T.A. *Flora Evreiskoi avtonomnoi oblasti* (Flora of the Jewish Autonomous Region). Khabarovsk: Antar Publ., 2017. 241 p. (In Russ.).
 26. Svyatkovskaya E.A. *Formirovanie sadovo-parkovykh landshaftov v gorodakh Kol'skogo Severa* (The formation of landscape gardening in the cities of the Kola North). Apatity: KSC RAS, 2007. 102 p. (In Russ.).
 27. Sokolova O.E. The state and attractiveness of some landscaping facilities in Usolya-Sibirsky. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle*, 2017, vol. 20, pp. 91–105. (In Russ.).
 28. Tretyakova A.S., Baranova O.G., Senator S.A. Urban floristics in Russia: the current state and prospects. *Turczaninowia*, 2021, vol. 24, no. 1, pp. 125–144. (In Russ.). DOI: 10.14258/turczaninowia.24.1.15.
 29. Fetisov D.M., Komarova T.M., Kalinina I.V., Mishchuk S.N. Typology of municipalities of the Jewish Autonomous Region as a result of the implementation of investment products. *Regional'nye problemy*, 2020, vol. 23, no. 1, pp. 23–32. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2020-23-1-23-32.
 30. *Tseli v oblasti ustoichivogo razvitiya* (Sustainable Development Goals). Available at: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/cities/> (accessed: 20.01.2024). (In Russ.).
 31. *Chislennost' naseleniya Rossiiskoi Federatsii po munitsipal'nym obrazovaniyam* (The population of the Russian Federation by municipality). Available at: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (accessed: 22.01.2024). (In Russ.).
 32. Shabaikina V.A., Larina A.V., Saulin V.A. Assessment of the state of the greening system of Ruzaevka using multi-zone satellite images. *Vektor GeoNauk*, 2020, vol. 3, no. 3, pp. 96–105. (In Russ.).
 33. Bhandaria A.K., Kumara A., Singh G.K. Feature extraction using normalized difference vegetation index (NDVI): A case study of Jabalpur City. *Procedia Technology*, 2012, no. 6, pp. 612–621. DOI: 10/1016/j.protcy.2012.10.074.
 34. Chen P.A., Hsu H.W., Zou M.L., Lin W.Y., Wu C.D., Chen Y.M. Effect of urban green spaces on parental sleep quality in the two year after childbirth. *European journal of public health*, 2023, vol. 33, pp. ii464. DOI: 10.1093/eurpub/ckad160.1164.
 35. *EarthData*. Available at: <https://urs.earthdata.nasa.gov/> (accessed: 03.01.2024).
 36. Forman R.T.T. *Urban ecology: science of cities*. Cambridge University Press, 2014. 480 p.
 37. *ISO 37123:2019. Sustainable cities and communities – Indicators for resilient cities*. Available at: <https://www.iso.org/standard/70428.html> (accessed: 10.01.2024).
 38. Kuc G., Chormanskj J. Sentinel-2 imagery for mapping and monitoring imperviousness in urban areas. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2019, vol. XLII-1/W2, pp. 43–47. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-1-W2-43-2019.
 39. Stamford J.D., Violet-Chabrand S., Cameron I. et al. Development of an accurate low cost NDVI imaging system for assessing plant health. *Plant Methods*, 2023, vol. 19, N 9. DOI: 10.1186/s13007-023-00981-8.

ASSESSMENT OF THE VEGETATION COVER MODERN STATE AT OBLUCHYE BY USING MULTISPECTRAL DATA

D.V. Zhuchkov, D.M. Fetisov

A sustainable development of regional towns and small settlements demands the urban modern landscape infrastructure study and assessment. For this purpose, geoinformation systems and remote sensing data are widespread used. The aim of the study was to analyze the green spaces in the small town of Obluchye (Jewish Autonomous region) using multispectral data with an assessment of indicators of the town sustainable development. The sources of information were as follows: Sentinel-2A multispectral products, the Rules of land use and development for Obluchye, field research materials, ICARP FEB RAS stock materials, special literature. The identification and analysis of green spaces distribution in Obluchye are based on calculation results of the normalized vegetation index (NDVI). It is stated that the NDVI value of 0.55 or more is the boundary value for the allocation of green spaces in Obluchye; 0.75 or more - for woody vegetation. The NDVI boundary value of 0.55..0.74 is for herbaceous and shrubby vegetation on lawns, unsettled areas, as well as for natural and produced meadows. The NDVI values of 0.75 or more in the image determine the forest vegetation of the Obluchye recreation zone, tree and shrub thickets along riverbeds and floodplain forests, and woodlands in the town built-up zone.

The green spaces distribution across the town functional zones is uneven. The high and very high landscaping areas are characteristic of the Obluchye periphery and correspond to the zones of recreational and residential development. In most cases, tree plantations are located in a recreational area, mainly outside the town. However, all urban development zones have high values of landscaping average level (from 71 to 93%).

The calculated indicators of sustainable development in Obluchye show, on the one hand, a significant exceeding level of landscaping (53%), as compared to the established norms (at least 40%). On the other hand, the share of green areas of common use in the total area of green spaces in Obluchye is very low – only 1.6%. Thus, there is a need in a qualitative improvement of green infrastructure in the town of Obluchye.

Keywords: *vegetation cover, green spaces, indicators, sustainable development, town, multispectral data, normalized difference vegetation index.*

Reference: Zhuchkov D.V., Fetisov D.M. Assessment of the vegetation cover modern state at Obluchye by using multispectral data. *Regional'nye problemy*, 2024, vol. 27, no. 1, pp. 112–124. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2024-27-1-112-124.

Поступила в редакцию 29.01.2024

Принята к публикации 22.03.2024