



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра прикладной и системной экологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

На тему «Динамика площади зеленых насаждений населенного пункта Кудрово»

Исполнитель Китаева Алена Александровна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой


(подпись)

кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович

(фамилия, имя, отчество)

«14» 06 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

Содержание

Введение	4
Глава 1. Физико-географическая и демографическая характеристики исследуемого населенного пункта	6
1.1 Физико-географическая характеристика	6
1.2 Климатические особенности территории	8
1.3 Демографическая характеристика населенного пункта.....	10
Глава 2. Зеленые насаждения в городской среде	13
2.1 Роль зеленых насаждений для городской среды	13
2.2 Функции зеленых насаждений в городской среде	16
2.3 Влияние городской застройки на растительность.....	24
Глава 3. Методики оценки качественного и количественного состояния зеленых насаждений.....	26
3.1 Мониторинг и инвентаризация зеленых насаждений	26
3.2 Вегетационные индексы. Теоретические сведения.....	28
3.3 Расчет вегетационного индекса. Нормализованный разностный вегетационный индекс	29
Глава 4. Расчет вегетационного индекса NDVI, как показателя динамики зеленых насаждений города Кудрово.....	33
4.1 Нормы озеленения городской территории в Российской Федерации	33
4.2 Характеристика исследуемых периодов, выбранных для анализа динамики зеленых насаждений	35
4.3 Результаты проведенных расчетов и их интерпретация	38
Заключение.....	46
Список литературы	48

Введение

В современном мире значительная часть населения Земли проживает в городах, и этот показатель продолжает увеличиваться. С годами все большее количество городов получают статус «Город-миллионник». Предполагается, что уже менее чем через 30 лет две трети населения планеты будет жить в городах. Этому способствует экономическое развитие крупных городов, поэтому люди отдают предпочтение урбанизированным территориям сельским, особенно это выражено в развитых и развивающихся странах. Ведь в городах больше рабочих мест, образовательных учреждений и в целом жизнь кажется более комфортной и удобной.

В связи с постоянным ростом городского населения, растет потребность строительства все большего количества жилых районов, объектов инфраструктуры, а также улучшение и расширение транспортного сообщения между районами города и другими населенными пунктами. Как следствие увеличивается потребность в свободных земельных участках, и сельскохозяйственные угодья и площади «зеленого» фонда ближайших территорий города стремительно сокращаются. Такая тенденция часто ведет к ухудшению микроклимата территории и нарушению других экологических особенностей местности. Впоследствии это может негативно сказаться на состоянии почвенного покрова, акватории и подземных водах, растительности, жизнедеятельности и развития живых организмов, а также на здоровье человека и т.д.

Следовательно, важно более тщательно изучать влияние растительности на городскую среду и население. Кудрово довольно быстро развивается и его численность населения стремительно увеличивается, что не может не сказаться на общем состоянии экологической ситуации в населенном пункте. Поэтому необходимо рационально оценить состояние зеленых насаждений в Кудрово,

чтобы в будущем иметь возможность сформировать план по его благоустройству.

Цель: оценить динамику зеленых насаждений в населенном пункте Кудрово по данным дистанционного зондирования.

Задачи:

- Проанализировать физико-географические особенности района исследований;
- Выявить основные функции зеленых насаждений в городской среде;
- Оценить состояние растительности при помощи вегетационного индекса;
- Выполнить сравнительную характеристику растительности на основе нормализованного разностного вегетационного индекса.

Глава 1. Физико-географическая и демографическая характеристики исследуемого населенного пункта

1.1 Физико-географическая характеристика

Кудрово – город в Заневском городской поселении Всеволожского района Ленинградской области. Несмотря на то, что Кудрово административно относится к Ленинградской области, он также входит в агломерацию Санкт-Петербурга, благодаря очень близкому расположению к городу федерального значения. Кудрово расположен вплотную у восточной границы Санкт-Петербурга и практически примыкает к Невскому району, внутри Кольцевой автодороги (КАД) и всего в 2 км от станции метро «Улица Дыбенко».

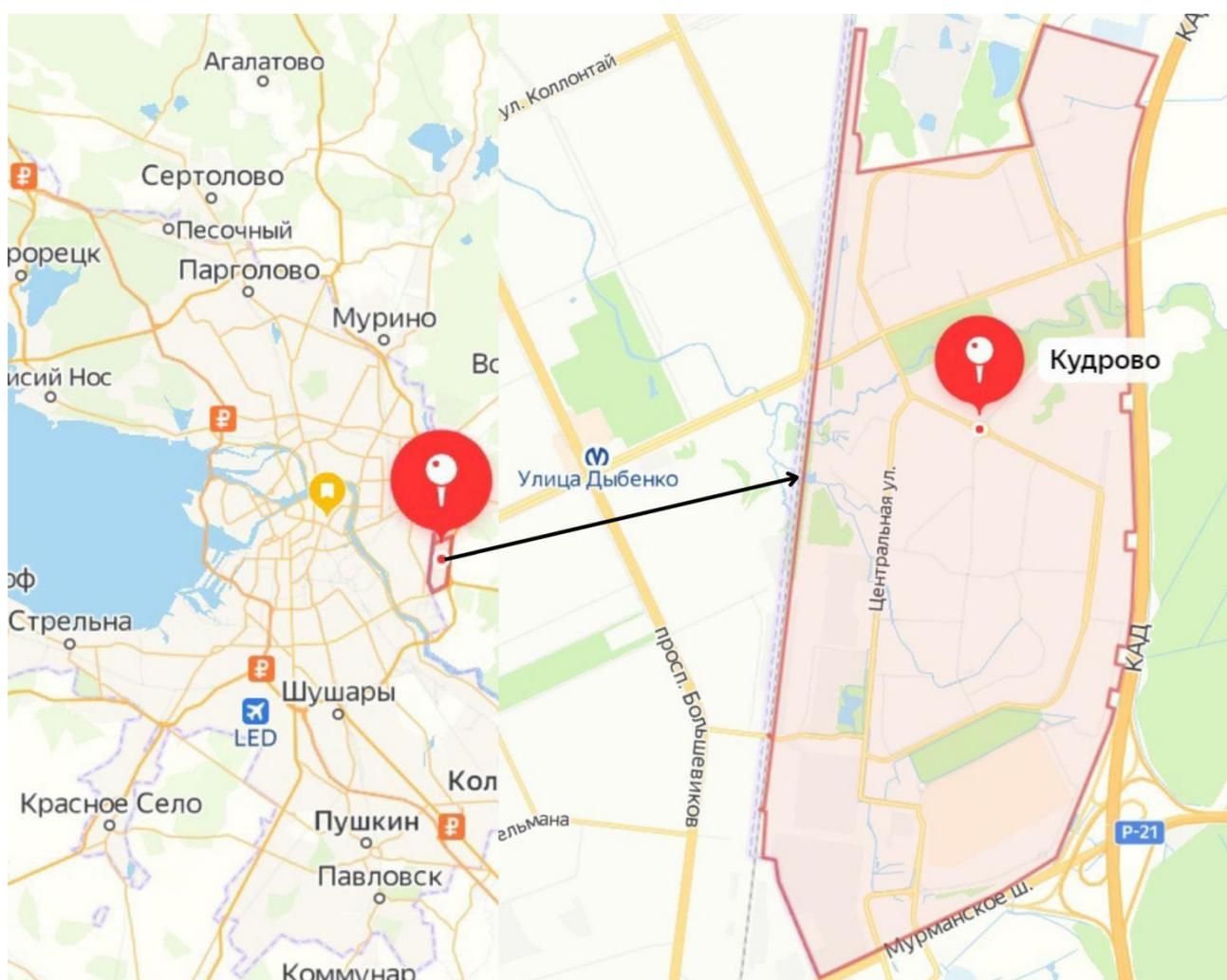


Рисунок 1.1 – Географическое положение населенного пункта Кудрово
Территория населенного пункта является высоко урбанизированной. Причиной тому является высокие темпы экономического и демографического роста Кудрово последние 10-15 лет, особенно ярко выражены последние 5 лет, в связи со сменой категории населенного пункта.

Через территорию города, протекает река Оккервиль, являющаяся левым притоком реки Охта.

Площадь территории Кудрово составляет всего 5 км² (500 га) по данным приведенным в проекте генерального плана Кудрово [1]. Данный фактор сильно усложняет ситуацию обеспеченности города зелеными насаждениями, так как численность населения Кудрово продолжает увеличиваться, из-за этого растет потребность во все большем количестве жилых зданий и объектов инфраструктуры. Как следствие, свободные земли, которые могли быть заняты зелеными насаждениями, практически полностью отсутствуют.

Это подтверждают данные приведенные в Правилах землепользования и застройки (ПЗЗ) муниципального образования «Заневское городское поселение» Всеволожского муниципального района Ленинградской области [2]. На рисунке 1.2 представлена кадастровая карта Кудрово, вдоль течения реки ярко-зеленым цветом выделены участки, которые относятся к категории зеленых насаждений общего пользования. На этих участках расположен лесопарк Оккервиль, который является практически единственным зеленым пространством для отдыха местных жителей.

Также на кадастровой карте представлены участки, на которых расположены рекреационные зоны – зоны размещения объектов туризма, спорта, отдыха, досуга и развлечений. Но их площади еще более незначительны, чем площади, занятые парками, скверами и бульварами.

Кроме того, зеленые насаждения имеются в северо-восточной части Кудрово, в зоне размещения объектов делового, общественного и коммерческого

Город Санкт-Петербург расположен в устье реки Невы, которая впадает в Финский залив Балтийского моря. Окрестности города относятся к атлантикоконтинентальной области умеренного пояса.

При формировании климатического режима Санкт-Петербурга определяющими факторами являются циркуляционные процессы, под которыми понимается вся совокупность разнообразных погодных условий. Преобладающий в течение всего календарного года западный перенос воздушных масс и циклонических преобразований из районов Атлантического океана является причиной формирования в районе Санкт-Петербурга климата с хорошо выраженными морскими чертами: мягкой зимой, прохладным лето, достаточным увлажнением и сравнительно частым выпадением осадков [3].

Интенсивная циклоническая деятельность в районе Санкт-Петербурга обуславливает значительные колебания атмосферного давления во времени. От нее в очередь зависит ветровой режим территории. Чем больше горизонтальный барический градиент (перепад давления на единицу расстояния), тем сильнее ветер и устойчивее его направление. Обычно осенью и зимой в Санкт-Петербурге барические градиенты и соответственно скорости ветра в среднем несколько больше, чем летом [3].

Из многолетних наблюдений за сменой воздушных масс в Санкт-Петербурге, стало понятно, что в среднем в год наибольшую повторяемость имеют ветры западного направления, со стороны Балтийского моря. Далее следуют ветры южного и юго-западного направлений. Столь частая смена направлений воздушных масс оказывает влияние на изменчивость погодных условий, в том числе температурного режима.

Температурный режим Санкт-Петербурга формируется, в основном, под влиянием, двух факторов: радиационного режима и циркуляции атмосферы. Вторжение атлантических воздушных масс (преимущественно юго-западного и западного направлений) сопровождается обычно ветреной пасмурной погодой, а

радиационный фактор больше проявляется при формировании антициклонов – в условиях ясной безветренной погоды [4].

Всего за год в Петербурге бывает, в среднем, 177 пасмурных дней по общей облачности. В дни с солнцем средняя продолжительность солнечного сияния уменьшается от 10,1 часа в июне до 2 часов в декабре [4].

Для Санкт-Петербурга и его окрестностей характерна высокая влажность (около 80 %), так как количество выпадающих осадков превышает испарение влаги. Влажность, как правило, имеет более значительные показания в зимний период, чем в летний период. Также стоит отметить, что сам город по своему географическому положению находится в зоне избыточного увлажнения. Стоит отметить, что циклоническая деятельность определяет интенсивность выпадения атмосферных осадков. В среднем интенсивность осадков 0,2-0,4 мм/ч, в летние месяцы возрастает до 1,1 -1,3 мм/ч главным образом за счет ливневых осадков.

Климатические характеристики являются одним из факторов, определяющих виды произрастающей растительности на территории, а также особенности их развития. Поэтому в разных климатических зонах будут отличаться древесные породы, кустарниковое и травянистое разнообразие, а также преобладание одного типа растительности над другим. Например, в степных зонах преобладают травянистая и кустарниковая растительность, а таежной зоне хорошо развита древесная растительность.

1.3 Демографическая характеристика населенного пункта

Исторически ранее Кудрово являлся маленькой деревней, расположенной в ближайших окрестностях Санкт-Петербурга, в которой проживало меньше сотни людей (по данным Росстат на 2007 год). Но застройщики проявили большой интерес к свободным земельным участкам и активно начали застраивать, без должного внимания в соблюдении строительных норм и правил.

Уже в 2014-2016 годах в Кудрово отмечался резкий рост численности населения. Так, например в 2010 году население населенного пункта было только 137 человек (данные Росстат), а уже в 2017 проживал 13501 человек. В то время Кудрово еще имел статус деревни.

По данным Росстата на 1 января 2021 год, в Кудрово проживает 49079 человек, и население продолжает увеличиваться [5].

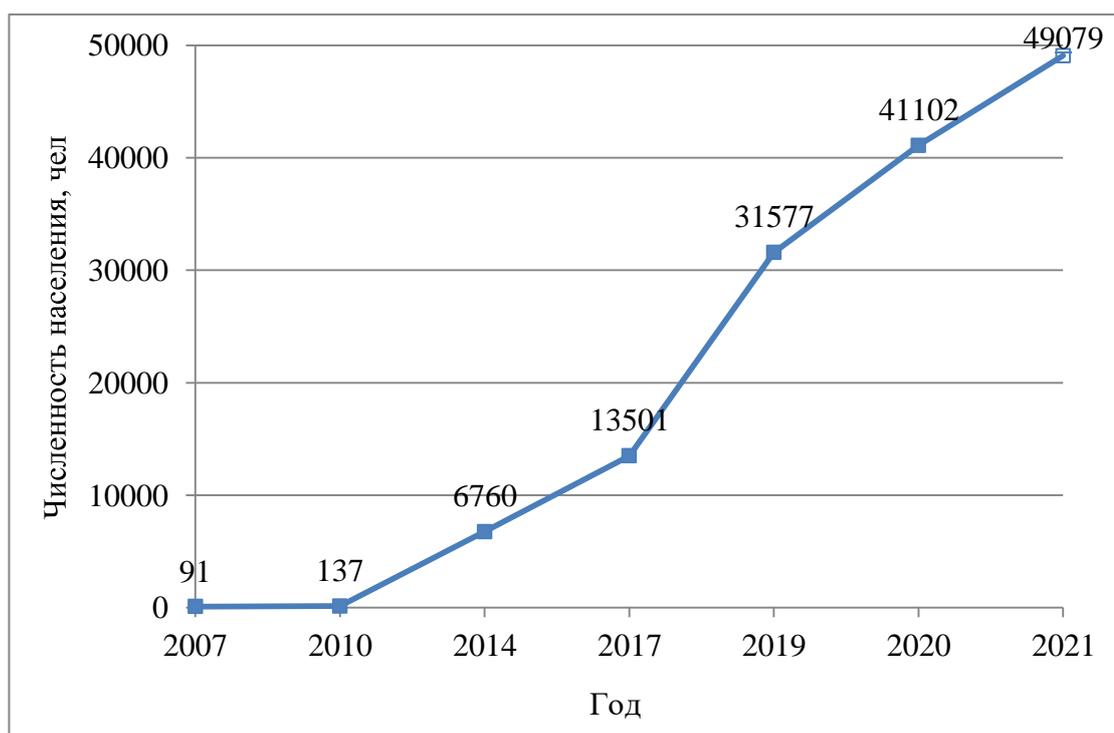


Рисунок 1.3 – Динамика населения Кудрово за 14-летний период

Стремительный рост населения, который хорошо виден на рисунке 1.3, привел к острой нехватке инфраструктурных и социальных объектов, и плохому транспортному сообщению, чем нет возможности обеспечить население без дополнительного финансирования. Тогда в 2018 году губернатором Ленинградской области был подписан областной закон №46-оз «Об изменении категории населенного пункта Кудрово во Всеволожском муниципальном районе Ленинградской области и внесении изменения в областной закон «Об административно-территориальном устройстве Ленинградской области и

порядке его изменения» [6]. Согласно первой статье данного закона категория «деревня» населенного пункта Кудрово была изменена на категорию «город».

Данное решение привело к еще большему росту численности населения и строительству новых жилых комплексов. Однако, данное решение также способствовало контролю со стороны администрации за проектированием новых жилых комплексов и других объектов. А также способствовало соблюдению градостроительных правил и норм при строительстве.

Основываясь на последние данные о количестве населения города (2021 г.) и его площади, можно сделать вывод, что на настоящий момент плотность населения составляет 9815,8 чел/км².

Активная застройка городской территории жилыми комплексами, объектами инфраструктуры и дорогами приводит к уменьшению свободной земли и зеленых участков. Таким образом, население начинает испытывать нехватку не только школ, больниц, детских садов и других государственных учреждений и социально-досуговой инфраструктуры, но и зеленых пространств.

Так с инициативы местных жителей Кудрово, в социальных сетях был организован сбор средств на обеспечение зелеными насаждениями территорию города. Это говорит об озабоченности населения состоянием окружающей среды их города. Также администрацией города и Всеволожского муниципального образования проводятся общественные слушания по проектам благоустройства городской среды Кудрово и Заневского городского поселения.

Зеленые насаждения важны не только для благоприятного проживания граждан, но и для городской экосистемы в целом. Озеленение играет очень важную роль в градостроительстве. Поэтому этой проблеме нужно уделять особое внимание и подробно изучать.

Для анализа обеспеченности зелеными насаждениями городской среды Кудрово, были получены космические снимки со спутника Landsat 8, с изображением исследуемой территории. А также были произведены расчеты

вегетационного индекса NDVI для получения информации о динамике зеленых насаждений Кудрово за период 7 лет (с 2014 по 2021 гг.), когда наблюдался пик развития населенного пункта.

Глава 2. Зеленые насаждения в городской среде

2.1 Роль зеленых насаждений для городской среды

Озелененные территории – это часть территории природного комплекса, на которой располагаются природные и искусственно созданные садовопарковые комплексы и объекты – парк, сад, сквер, бульвар; территории жилых, общественно-деловых и других территориальных зон, не менее 70 % поверхности которых занято зелеными насаждениями и другим растительным покровом [7].

Зеленые насаждения – совокупность древесных, кустарниковых и травянистых растений на определенной территории [8].

Сложно недооценить важность влияния зеленых насаждений на благоприятное состояние городской среды и население. Как и в любой другой урбанизированной экосистеме, зеленые насаждения в городе играют одну из ключевых ролей в структуре современного городского устройства. Причем, стоит отметить, что с повышением численности количества людей, проживающих на одной территории, тем более значимым является влияние. Являясь неотъемлемой частью дизайнерской структуры современного города, зеленые насаждения выполняют различные функции. Эти функции можно разделить на две основные группы: гигиеническое и декоративное оформление.

Проблема состояния зеленых насаждений в городской среде – одна из актуальных экологических проблем урбанизированных территорий. Озеленение города имеет огромное влияние на благоприятную окружающую среду для человека. Зеленые насаждения очень эффективно и экономично справляются со многими важными задачами, например, повышение комфорта и качества

обитания человека. Особенно это важно учитывать в настоящее время, когда рост городов и общая тенденция к урбанизации все больше оказывает влияние на естественные ландшафты. Также это способствует все большему отрыву и отчуждению человека от природы.

Естественные ландшафты под влиянием деятельности человека претерпевают значительные изменения и преобразования. Вследствие хозяйственной и иных видах деятельности человека искусственные элементы (такие как здания, дороги, тротуары, площадки и т.д.) преобладают над естественными. Таким образом, формируется совершенно новый вид городского ландшафта, который иногда называют урбанизованным. То есть подчеркиваются крайние формы трансформации ландшафта и особенности его искусственности.

В планетарном масштабе урбанизованные территории занимают незначительные площади мира, но на их участках концентрируется значительное количество населения. В настоящее время, когда мир развивается уже в сторону не индустрии и научно-технической революции, а постиндустрии, городское население продолжает увеличиваться. Как следствие, растет нагрузка на городские ландшафты и расширение их территорий. Все эти и другие смежные факторы оказывают негативное влияние на количественные и качественные показатели озеленения городских территорий. Появляется проблема сохранения и оздоровления окружающей среды в городе, формирования благоприятных условий, влияющих на физическое и психическое здоровье человека. Зеленые насаждения выступают в роли буфера между негативными факторами антропогенного происхождения (загрязнение атмосферы, резкие колебания температурного и радиационного режимов, шум, вибрации и т.д.) и человеком.

Зеленые насаждения имеют большой спектр положительного влияния на качество городской среды, в том числе на архитектурный облик города, что тоже немало важно. Помимо приятного визуального фактора зеленые насаждения имеют множество функциональных ролей: очищение и поддержание влажности воздуха, снижение силы ветра, распределение инсоляции и другие. При

грамотном подходе к засадке зелеными насаждениями городского пространства можно добиться комфортных и здоровых условий для жизни людей, при этом уменьшая негативное влияние на экосистемы.

Выстраивая целую систему насаждений, можно коренным образом изменить условия районов и всего города.

В архитектурном и инженерном планах городской среды растительность способна регулировать дорожное движение, делать его более безопасным, также оберегать почвы от эрозии, а ландшафт от оврагообразования и др. То есть зеленые насаждения во многом определяют развитие города и его архитектуру.

Невозможно представить парки, сады и скверы без растительности. Ведь именно насаждения являются ключевым моментом в организации культурно-досуговых участках города. В первую очередь разнообразие форм, фактуры и цвета растений приятно для человека и позволяет ему наслаждаться природным разнообразием в условиях антропогенных построек города. Стоит отметить, что разнообразие видов и облик растительности изменяется в зависимости от особенностей местного климата и местоположения города. В зависимости от географического положения будет определяться видовой состав древостоя, кустарников и травяного покрова. Также будут различаться продолжительность и пик вегетационного периода. Например, в южных районах цветение начинается в среднем на месяц раньше, чем в районах, расположенных севернее. Это касается и разнообразия окраски и фактуры листвы и стволов, а также яркости крон деревьев и кустарников в конце вегетационного периода осенью. При правильном понимании декоративных свойств растений и их особенностей развития, можно широко использовать насаждения как одно из средств решения развития архитектуры города.

Суммируя санитарно-гигиенические и архитектурно-планировочные функции зеленых насаждений, можно сделать вывод, что озеленение городской среды – это одни из основных слагаемых, которые образуют населенные пункты.

Особенно это важная составляющая при развитии высоко урбанизированных территорий. Ведь одна из наиболее важных функций зеленых насаждений – нивелирование негативного воздействия как антропогенного, так и природного характера, чтобы обеспечить комфортные условия для жизни человека.

При более детальном рассмотрении влияния зеленых насаждений на городскую среду, можно выделить некоторые основные функции: архитектурная, санитарная, эстетическая, досуговая, эмоциональнопсихическая и другие.

Градостроительное значение насаждений в санитарно-гигиеническом, инженерном и архитектурно-планировочном отношениях можно подразделить следующим образом:

- Влияние насаждений на микроклимат;
- Влияние насаждений на состав и чистоту воздуха;
- Значение насаждений в борьбе с городским шумом; □ Значение насаждений в инженерном благоустройстве города;
- Архитектурно-планировочное значение насаждений [9].

2.2 Функции зеленых насаждений в городской среде

Растения являются одним из лучших естественных живых фильтров для экосистем, особенно для урбанизированных территорий. На своей поверхности они способны удерживать значительное количество пыли, поглощать различные токсичные и вредные химические вещества из атмосферного воздуха. Также насаждения способствуют контролю температурного режима города и уменьшения островов тепла, поддерживать необходимую влажность воздуха, и в целом способствует формированию микроклимата территории города. Кроме того, одна из наиболее важных функций растительности состоит в том, что

зеленые насаждения поглощают углекислый газ, и обогащают воздух кислородом. Они также обладают рядом других важных и полезных функций.

Рассмотрим их более подробно.

Зеленые насаждения являются органической частью планировочной структуры современного города и выполняют в нем разнообразные функции.

Эти функции разбиваются на две большие группы:

1. Санитарно-гигиенические;
2. Декоративно-планировочные [10].

Санитарно-гигиенические функции

Влияние зеленых насаждений на микроклимат

В зависимости от того, в какой климатической зоне расположен населенный пункт, видовой состав и характер произрастания растительности будут различаться для разных территорий.

Климат состоит из нескольких характеризующих показателей, таких как: температура воздуха в различные времена года и время суток; влажности воздуха; количества выпадающих осадков; наличие по близости водного объекта (моря, озера, реки или болота); высота над уровнем моря; атмосферное давление; интенсивность и продолжительность воздействия солнечной радиации (инсоляция); ветровой режим.

На климат оказывают влияние рельеф, наличие или отсутствие лесов, водоемов, типы почв, режим грунтовых вод. Эти и другие показатели могут значительно отличаться в отдельных районах, и, следовательно, в разных районах одной местности будет формироваться свой микроклимат. В урбанизированных местностях дополнительными факторами, влияющими на микроклимат, будут застройки (этажность зданий), строительные материалы, система размещений зданий, их ширина, направлением, а также тип и

направление покрытий транспортных систем (автомагистрали, железнодорожные пути, аэропорты и др.), тротуары и т.п.

Организм человека достаточно чувствителен к резким перепадам температуры, влажности и вообще к изменениям климатическим, и даже микроклиматическим условиям. Изменения теплового режима, а также влажности и подвижности воздуха оказывают ощутимое влияние на физическое и психоэмоциональное состояние человека, вызывая у него дискомфорт. Таким образом, можно сделать вывод о влиянии климатических и микроклиматических условий на санитарно-гигиенические условия труда, быт и жизнь человека. Изменения влажности, радиационного и температурного фона и другие факторы, в последствии могут привести к различным проблемам со здоровьем населения: заболеваниям сердечно-сосудистой системы, болезням дыхательных путей, повышению кровяного давления, проблем с ЖКТ, мигрени и т.п. А также может способствовать к увеличению уровня стресса, раздражительности, депрессии, апатии и другим немало важным психическим заболеваниям и расстройствам.

На формирование микроклимата города значительное влияние оказывают зеленые насаждения. Эту зависимость можно увидеть на примере влияния растительности на увеличении влажности воздуха. Например, в жаркую погоду среди зеленых насаждений температура воздуха ниже, чем на открытых местах на 4-8 градусов. Облегчая жару зеленые насаждения увеличивают влажность воздуха примерно на 10-16 %, что в свою очередь влияет на облегчение дыхания людей. Также повышение влажности воздуха воспринимается как понижение температуры, что также благоприятно действует на состояние людей.

Изучению влияния насаждений на факторы, формирующие микроклимат, посвящены многочисленные научно-исследовательские работы гигиенистов, климатологов, биологов и растениеводов [9].

Влияние на тепловой режим

Хозяйственная деятельность человека оказывает значительное влияние на тепловой режим городской территории, а именно повышая среднюю температуру в городе по сравнению с периферией. Плотная жилая застройка, наличие промышленных предприятий и теплотрассы способствуют увеличению среднегодовых и среднесуточных температур приземного слоя воздуха. Также это способствует более быстрому росту прогреванию территории по сравнению с окраинами.

В таком случае зеленые насаждения способны смягчить микроклимат и урегулировать температурный режим города. Растения создают естественную затененность, которая понижает степень нагреваемости стен зданий, тротуаров и дорог. Температура поверхности зданий снижается на 22-35 % ($7-13^{\circ}$), при засадке зелеными насаждения вдоль стен.

Смягчающее влияние на летний температурный режим зеленые насаждения оказывают на ближайшие (в пределах 100 м) территории города. выяснено, что в радиусе до 100 м вблизи зеленого массива температура воздуха на $1-1,5^{\circ}\text{C}$ ниже, чем на удаленных от массива открытых местах. Это происходит, вследствие повышенной циркуляции воздушных масс, вблизи зеленых насаждений. Более теплый воздух на открытой инсолируемой территории поднимается вверх и на его место поступает более холодный из соседних зеленых массивов [10].

Кроме этого, зеленые насаждения оказывают защиту от прямых солнечных лучей, что особенно важно в жаркий летний период, когда деятельность солнца наиболее активная. Также они оказывают большое влияние на улучшение радиационного режима в городе. Вместе с тем в реальных условиях городского окружения лишь значительные по площади зеленые массивы оказывают заметное влияние на микроклимат (в том числе на тепловой режим) территории [10].

Влияние на влажность воздуха и ветровой режим

В районах городской застройки, лишенных насаждений, относительная влажность воздуха в среднем ниже на 15-18 %, чем в пригородном лесу, на 11-12 % - в городском парке и на 8-10 % - на бульваре и в сквере. Благодаря большому испарению воды листьями зеленые насаждения увеличивают полезную для человека влажность воздуха вокруг себя на 30 %. Влияние растительности на влажность воздуха распространяется на 20-кратную высоту дерева [10].

Растения являются естественной преградой для ветра, изменяя скорость и направление потоков. Что оказывает положительный эффект на воздухообмен урбанизированных территорий, предохраняет от перегрева зданий и человека летом, и напротив переохлаждения зимой. Зеленые насаждения способствуют образованию конвекционных потоков в городе, то есть более теплый воздух над открытыми пространствами поднимается вверх, а его место занимает прохладный воздух зеленых массивов. Таким образом, улучшается проветривание территории, рассеивание и снижение концентраций вредных примесей.

В глубине зеленого массива, например в лесопарках, где довольно высокая плотность произрастания деревьев, происходит практически полное затухание скорости ветра до 5 % от его первоначальной скорости. Это происходит на расстоянии до 40 метров от периметра насаждений. Это расстояние зависит от плотности древесно-кустарниковых насаждений, характера их видового состава и возраста и других факторов.

Задержание шума

Шум является физическим фактором влияния, которое представляет собой беспорядочное механическое колебательное движение, распространяющееся в упругой среде волнообразно. Несмотря на то, что реакция на шум у людей

разница в зависимости от его возраста, пола, индивидуальных особенностей, состояния здоровья и других различных факторов, постоянный шум оказывает сильное раздражительное воздействие, в том числе на животных и других живых организмов. В связи с этим появилось такое понятие как шумовое (акустическое) загрязнение.

Шумовое загрязнение — раздражающий шум антропогенного происхождения, нарушающий жизнедеятельность живых организмов и человека [11]. Главными источниками городского шума являются: транспорт, промышленные предприятия, строительные и ремонтные работы, собачий лай, системы вентиляция и др. Все эти виды воздействия негативно сказываются экологии города. Поэтому стоит уделять должное внимание мерам по снижению негативного шумового воздействия.

Зеленые насаждения являются глушителями шума. Эффект снижения шума зелеными насаждениями зависит от характера посадок, породы деревьев и кустарников, времени года, а также от силы шума, проходящего через насаждения. Плотные, сомкнутые по вертикали насаждения снижают уровень шума на 15-18 дБА (акустический децибел). При прохождении через растительность уровень шума понижается пропорционально биомассе. В среднем кроны деревьев поглощают до 25 % падающей на них звуковой энергии и примерно 75 % этой энергии отражают и рассеивают. Лучшими шумопоглощающими свойствами обладают многоярусные насаждения из нескольких древесных и кустарниковых пород. Для шумозащиты идеально подходят густые «непрозрачные» по вертикали полосы из нескольких рядов деревьев и кустарников. Высота деревьев должна быть не ниже 7 м. усилить шумозащитные свойства насаждений можно путем посадки дополнительных плотных рядов деревьев, которые должны располагаться на таком расстоянии друг от друга, чтобы их кроны не смыкались. Аналогичный эффект дает создание нескольких полос на расстоянии, не превышающем их высоту [10].

Влияние на запыленность, загазованность и задымленность городского воздуха

В первую очередь зеленые насаждение выступают в роли механической преграды для загрязненного воздуха. Загрязненный воздушный поток, встречающий на своем пути зеленый массив, замедляется, в результате чего часть пыли оседает на поверхности листьев, хвои, веток, стволов и во время дождя смывается на землю. Распространение пыли сдерживается также газонами. Среди зеленых насаждений запыленность воздуха в 2-3 раза меньше, чем на открытых городских территориях. Например, древесные насаждения уменьшают запыленность воздуха в вегетационный период на 42,2 %, а при отсутствии лиственного покрова на 37,5 %. Даже сравнительно небольшие городские сады снижают запыленность городского воздуха в летнее время на 30-40 %. Пылезадерживающие свойства различных пород деревьев и кустарников неодинаковы: опушенные и клейкие задерживают до 6 раз больше пыли, чем гладкие (таблица 2.1) [10].

Таблица 2.1 – Пылеулавливающие свойства растений [10]

Растение	Суммарная площадь листовой поверхности, м ²	Общее количество осажженной пыли, кг
Деревья		
Айлант высокий	208	24
Робиния псевдоакация	86	4
Вяз перисто-ветвистый	66	18
Вяз шершавый	233	23
Гледичия трехколючковая	130	18
Клен полевой	171	20
Ива	157	38
Клен ясенелистный	224	33
Шелковица	112	31

Тополь канадский	267	34
Ясень зеленый	195	30
Ясень обыкновенный	124	27
Кустарники		
Акация желтая	3	0,2
Бересклет европейский	13	0,6
Бузина красная	8	0,4
Лох узколистный	23	2,0
Сирень обыкновенная	11	1,6
Спирея	6	0,4
Виноград пятилисточковый	3	0,1
Бирючина обыкновенная	8	0,3

Древесно-кустарниковые насаждения, поглощая из воздуха вредные газы и нейтрализуя их в тканях, способствуют сохранению газового баланса в атмосфере, биологическому очищению воздуха. На использовании газозащитных свойств зеленых насаждений основан принцип устройства санитарно-защитных зон. Эти свойства зеленых насаждений учитываются и при защите воздушного бассейна города от выбросов транспорта [10].

В процессе транспирации вредные газовые смеси поглощаются растениями. Твердые частички аэрозолей оседают на стволах, листьях и ветках. При грамотном расположении посадок, поперек потока загрязненного воздуха, растения разбивают первоначальный поток в различных направлениях. Таким образом, вредные выбросы разбавляются чистым воздухом, и их концентрация в воздухе уменьшается.

Наиболее активно зеленые насаждения снижают содержание газов в воздухе в облиственном состоянии. Содержание окиси углерода после появления листвы уменьшается в 2-2,5 раза по сравнению с безлиственным периодом. Газозащитная роль зеленых насаждений во многом зависит от степени

газоустойчивости пород. Часть поступающих в растение газов способна накапливаться и связываться в тканях растений [10].

Зеленые насаждения могут оказывать защитные функции от газов и предотвращать оседание пыли на антропогенных и естественных объектах только в том случае, если растительный массив будет расположен между источником загрязнения и объектами.

Также стоит учитывать, что большое влияние на эффективность защитных функций зеленых массивов имеет протяженных элементов системы озеленения, которые в зависимости от природных и архитектурных условий городской территории, а также видового разнообразия и структуры насаждений способны выполнять разнообразные функции, оказывающие благоприятное состояние окружающей среды города.

2.3 Влияние городской застройки на растительность

Зеленые насаждения играют исключительную роль в современных городских условиях: помимо известного процесса фотосинтеза, зеленым растениям (особенно древесным) свойственны такие важнейшие функции, как пылезащитная, климатообразующая, шумопоглощающая, фитонцидная, эстетическая и другие. Также хорошо известны бактерицидные свойства черемухи, сирени, лавровишни. Фитонциды листьев тополя убивают дизентерийную палочку, а коры пихты – бактерии дифтерии. Благодаря действию фитонцидов в лесу в 1 м³ воздуха содержится всего 200-300 бактерий, в то время как в воздухе крупных городов их в 200-500 раз больше. Поэтому городские зеленые насаждения являются эффективным средством экологической защиты [9].

Однако, несмотря на все положительные функции зеленых насаждений для поддержания стабильной экологии города, хозяйственная деятельность человека наносит сильный ущерб растениям. Условия урбанизированных территорий сильно отличаются от изначальных природных. Довольно значительному

изменению подвержены: ландшафт, температурный и воздушный режимы, преобразован, а местами нарушен, почвенный покров, увеличивается количество атмосферных осадков и т.д. Все эти факторы могут негативно отражаться на состоянии зеленых насаждений и животных, так как они наиболее чувствительны к изменениям ландшафтных компонентов.

Растения и животными одними из первых реагируют на изменения среды, даже на самые незначительные, как следствие биоразнообразия городской территории начинает деградировать, а некоторые виды флоры и фауны исчезают.

В частности, на растительность крайне негативно влияют нарушения водно-воздушного режима почвенных структур, засорение отходами всех видов и др. именно поэтому городская растительность требует достаточно частого обновления. Так, продолжительность жизни липы мелколистной составляет в среднем: в лесу – 300 лет, в крупных парках – 200 лет, а на улицах – 80 лет. Для вяза продолжительность жизни в естественных условиях и на городских улицах составляет еще более существенную разницу: 300 и 45 лет соответственно [9].

Из факторов, оказывающих негативное влияние на состояние растительности и нарушения функций городских насаждений, можно выделить:

- Засоление почв, в результате применения противогололедных смесей (хлористых солей и/или поваренной соли с песком);
- Высокая степень уплотнения почвы, закрытие ее поверхности асфальтом, плиткой или брусчаткой;
- Недостаток влаги в почве в летние засушливые периоды;
- Загрязнение воздуха аэрозолями, оксидами/диоксидами углерода и серы, тяжелыми металлами, и другими транспортными промышленными загрязнителями;
- Загрязнение почв тяжелыми металлами, нефтепродуктами, а также общее ухудшение ее свойств (показатели аэрации, водный режим, количество

содержания органических соединений, рН и т.д.); □ Поражение болезнями и вредителями.

Для того чтобы вовремя отследить негативные изменения в состоянии зеленых насаждений необходимо проводить регулярный мониторинг за здоровьем растительности. Также следует вовремя выявлять угнетающие факторы, для того чтобы иметь возможность восстановить до первоначального или более благоприятного состояния насаждений и окружающей среды.

Глава 3. Методики оценки качественного и количественного состояния зеленых насаждений

3.1 Мониторинг и инвентаризация зеленых насаждений

Мониторинг состояния зеленых насаждений в Санкт-Петербурге осуществляется в соответствии с утвержденной методикой Правительства Санкт-Петербурга. Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности в соответствии с распоряжением от 22 июня 2010 года N 99-р была утверждена «Методика мониторинга состояния зеленых насаждений общего пользования на территории Санкт-Петербурга».

Мониторинг состояния зеленых насаждений общего пользования (мониторинг состояния ЗНОП) – это постоянно действующая система оперативного наблюдения за зелеными насаждениями парков, городских садов, скверов, бульваров, озелененных улиц и набережных, за нарушением их устойчивости, повреждениями вредителями, поражениями болезнями и другими негативными факторами среды, обеспечивающая раннее выявление неблагоприятного состояния насаждений, оценку и прогноз развития экологически неблагоприятных ситуаций, получение достоверной информации о нежелательных изменениях природы под антропогенным влиянием [12].

В связи с высокими темпами демографического и экономического роста городов, растет экологическое значение зеленых насаждений для урбанизированных территорий. Только при поддержании высокого качества, состояния и здоровья растительности в городской среде, возможно оптимальный уровень жизни населения. Ведь растения играют не последнюю роль в создании благоприятной окружающей среды.

Количественный и качественный учет зеленых насаждений урбанизированных территорий является важной составляющей в понимании того, какое воздействие оказывает деятельность человека на экологию города, и напротив, как окружающая среда влияет на население. Посредством наблюдений и анализа полученных данных разрабатывается дальнейший план по благоустройству городской среды.

Основная цель мониторинга заключается в получении актуальных данных, то есть информационная.

Эффективно и довольно быстро оценить состояние зеленых насаждений можно при помощи картографических материалов, на которых будут отражаться показатели, необходимые для оценки. Для получения актуальных данных о динамике и состоянии городских зеленых массивов эффективным инструментом является инвентаризация.

Инвентаризация зеленых насаждений включает в себе сбор и анализ данных о границах, площади, расположении на местности и других характеристиках зеленого фонда города, которые необходимы для паспортизации территорий, занятыми зелеными насаждениями.

Для того, чтобы облегчить процесс слежения и учета растительности городской среды, можно разработать и использовать геоинформационную систему (ГИС), посредством которой будет получен наглядный результат состояния зеленого фонда. Также данная система является автоматической, что тоже является преимуществом ее использования.

Выделяют несколько причин, определяющих необходимость проведения инвентаризации зеленых насаждений. Во-первых, инвентаризация дает возможность оценить обеспеченность зелеными насаждениями населенного пункта и выработать дальнейшую программу действий по развитию системы озеленения. Во-вторых, данные инвентаризации позволяют определить перечень необходимых мероприятий по улучшению состояния зеленых насаждений на той или иной конкретной территории. В-третьих, наличие данных о площади объектов озеленения и точном количестве деревьев и кустарников на определенной территории позволяет привлекать к ответственности лиц за незаконную вырубку насаждений [13].

В субъектах и городах Российской Федерации разрабатываются и принимаются нормативные акты, регламентирующие вопросы содержания, в том числе учета и инвентаризации зеленых насаждений. Региональная и муниципальная нормативно-методическая база строится на основе федеральной с конкретизацией и адаптацией некоторых вопросов к местным условиям [13].

Таким образом, важным количественным показателем является степень покрытия участков земной поверхности города растительным покровом и его состояние. Оценить динамику зеленого фонда городской среды можно при помощи расчета нормализованного разностного вегетационного индекса по данным, полученным по растровым снимкам спутника Landsat 8, в течение какого-то периода времени (месяца, года или нескольких лет).

3.2 Вегетационные индексы. Теоретические сведения

Для того чтобы оценить современное состояние растительности используется информация дистанционных изображений о структуре и свойствах зеленых массивов. Кроме того, этот метод позволяет выявить закономерности пространственно-временного распределения растительного покрова при воздействии антропогенной нагрузки разной степени.

Технические возможности современных спутниковых систем дистанционного зондирования позволяют осуществлять глобальные наблюдения растительного покрова в широком диапазоне длин волн электромагнитного излучения, величин пространственного и временного разрешения [14].

Спектральная отражательная способность растительности является ее характерным признаком и состоянием. Эта способность характеризуется значительными различиями в отражении излучения разных длин волн. Знания о связи структуры и состояния растительности ее спектрально отражательными способностями позволяют использовать аэрокосмические снимки для картографирования и идентификации типов растительности и их стрессового состояния [14].

Таким образом, вегетационные индексы являются удобными количественными и качественными показателями, позволяющими описать степень покрытия зелеными насаждениями земного покрова города, а также сделать выводы об их состоянии. Вегетационные индексы сгруппированы в категории по свойству растительности, которое они характеризуют.

Вегетационный индекс – это показатель, рассчитываемый в результате операций с разными спектральными диапазонами (каналами) ДДЗ, и имеющий отношение к параметрам растительности в данном пикселе снимка. Эффективность вегетационного индекса определяется особенностями отражения; эти индексы выведены, главным образом, эмпирически [15].

3.3 Расчет вегетационного индекса. Нормализованный разностный вегетационный индекс

Существует множество различных вегетационных индексов, позволяющих оценить состояние растительности с разным целевым направлением. Выбор того или иного индекса зависит от цели исследования, поставленных задач, технических и других возможностей и т.д. В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются эмпирическим путем,

исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв [14]. Одним из часто используемых вегетационных индексов является Normalized Difference Vegetation Index (нормализованный разностный вегетационный индекс).

Индекс Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) – простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы, который чувствителен к наличию растительности на земной поверхности и может быть использован для определения ее типа, количества и состояния.

Расчет NDVI выполняется по формуле:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}, \quad (3.1)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра, а RED – отражение в красной области спектра.

Согласно этой формуле, плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазонах, деленной на сумму их интенсивностей [16].

Для растительности индекс NDVI принимает положительные значения, и чем больше фитомасса, тем они выше. На значение индекса влияет также видовой состав растительности, ее сомкнутость, состояние, экспозиция и угол наклона поверхности, цвет почвы под разреженной растительностью. Индекс умеренно чувствителен к изменениям почвенного фонда, кроме случаев, когда густота растительного покрова ниже 30 %. Индекс может принимать значения от -1 до 1. Для зеленой растительности индекс обычно принимает значения от 0,2 до 0,8 [14]. Пример дискретной шкалы NDVI приведен на рисунке 3.1.

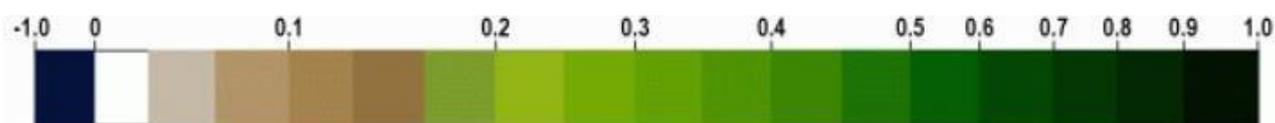


Рисунок 3.1 – Дискретная шкала NDVI [17]

Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию «индексных» изображений. На основе комбинации значений яркости в определенных каналах информативных для выделения исследуемого объекта и расчета по этим значениям «спектрального индекса» объекта строится изображение, соответствующее значению индекса в каждом пикселе, что и позволяет выделить исследуемый объект или оценить его состояние. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, получили общепринятое название вегетационных индексов [14].

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть, высокая фотосинтетическая активность, которая, как правило, связана с густой растительностью, ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко определять и анализировать растительные объекты от прочих природных. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяя уменьшить влияние различия освещенности снимка, поглощение радиации атмосферой, облачности и др. [17].

Нормализованный разностный вегетационный индекс может быть рассчитан на основе снимков любого разрешения, имеющие спектральные каналы красного (0,55-0,75 мкм) и инфракрасного (0,75-1,0 мкм) диапазонов.

Расчет NDVI в настоящее время возможен практически во всех распространенных пакетах программного обеспечения, которые связаны с

обработкой данных дистанционного зондирования. Одним из распространенных и доступных программных обеспечений с открытым исходным кодом является SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses). Данное программное обеспечение является гибридным, то есть поддерживает векторные и растровые модели данных, специализируясь на анализе растров.

Рассчитать NDVI в SAGA GIS можно двумя способами. Первый способ представляет собой ручной самостоятельный ввод формулы на калькуляторе растров. Используя данный метод, можно рассчитать и другие вегетационные индексы, помимо NDVI, если они не представлены в программе.

Второй способ является автоматическим. Он представляет собой выбор специального встроенного инструмента для расчета некоторых вегетационных индексов. На основе двух растровых снимков, в ближайшем красном и инфракрасном спектральных каналах, программа автоматически производит расчет необходимого вегетационного индекса. Используя данный метод, можно быстро и точно получить растровое изображение, в котором будет содержаться информация о вегетационной активности растительности. После расчета индекса производится реклассификация раstra на основе дискретной шкалы, выбранной для анализа нормализованного разностного вегетационного индекса.

Дальнейшая обработка растрового снимка производится в Quantum GIS (QGIS). Данная геоинформационная система с открытым кодом позволяет решать широкий спектр задач. В данной программе выполняется ряд действий обработки растрового изображения, полученного с помощью SAGA GIS, а также произведения необходимых расчетов. При условии соблюдения всего алгоритма, итогом работы является информационная карта, на которой наглядно отображены необходимые качественные и количественные характеристики растительности.

Главное преимущество NDVI – это легкость расчета, так как для этого не

требуется дополнительных методик и данных, кроме необходимых спутниковых снимков и знания параметров вегетационного индекса. Данный способ удобен для мониторинга зеленых насаждений в пространстве и времени.

Глава 4. Расчет вегетационного индекса NDVI, как показателя динамики зеленых насаждений города Кудрово

4.1 Нормы озеленения городской территории в Российской Федерации

Норма озеленения – площадь озелененных территорий общего пользования, приходящаяся на одного жителя [8].

Большое внимание при планировке городской территории уделяется зеленым насаждениям, размещение, плотность и количество которых определяется строительными нормами и правилами, а также сводами правил.

Согласно данным Всемирной Организации Здоровья (ВОЗ), нормы озеленения городских зеленых насаждений равна 50 м^2 на одного жителя. Также, стоит отметить, что городские жители должны иметь доступ к общественным зеленым зонам площадью не менее 0,5-1 га, расположенным на расстоянии не более 300 метров от дома.

Нормы озеленения городского пространства в России определяются в соответствии со Сводом правил 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Согласно данному документу, город Кудрово относится к малым городам по количеству жителей (<50 тыс.чел.). Однако в настоящем своде правил также говорится, что необходимо учитывать перспективы развития поселения на расчетный срок планирования городской территории с учетом демографического прогноза естественного и механического прироста населения, а также маятниковых миграций.

В настоящее время население Кудрово приближается к отметке 50 тысяч человек и есть перспективы на дальнейший рост, что позволит отнести его к

средним городам (от 50 до 100 тыс.чел.). Поэтому, проводить анализ на обеспеченность городских зеленых насаждений на одного жителя города Кудрово, можно по средним городам. Площадь озелененных территорий общего пользования - парков, садов, скверов, бульваров, размещаемых на территории городских и сельских поселений, следует принимать по таблице

4.1, которая приведена в СП 42.13330.2016.

Таблица 4.1 – Оценка площади озелененных территорий общего пользования [7]

Озелененные территории общего пользования	Площадь озелененных территорий общего пользования, м ² на одного человека			
	Крупнейших, крупных и больших городов	Средних городов	Малых городов	Сельских поселений
Общегородские	10	7	8(10)*	12
Жилых районов	6	6	-	-

* В скобках приведены размеры для малых городов с численность населения до 20 тыс.чел.

Примечания:

1. Площадь озелененных территорий общего пользования в поселениях следует: уменьшать для тундры и лесотундры – до 2 м² на одного человека; полупустыни и пустыни – на 20 %-30 %; увеличивать для степи и лесостепи – на 10 %-20 % [7].

2. В средних, малых городах и сельских поселениях, расположенных в окружении лесов, прибрежных зонах крупных рек и водоемов, площадь озелененных территорий общего пользования допускается уменьшать, но не более чем на 20 % [7].

Также в документе говорится, что в структуре озелененных территорий общего пользования крупные парки и лесопарки шириной 0,5 км и более должны не менее 10 %.

Согласно таблице 4.1 на одного жителя города Кудрово должно приходиться 8 м² озелененной территории общего пользования при численности населения на 2021 год.

4.2 Характеристика исследуемых периодов, выбранных для анализа динамики зеленых насаждений

Для того чтобы иметь более четкое представление о степени озеленения городской территории Кудрово были проведены расчеты вегетационного индекса NDVI. С помощью данного индекса довольно просто и быстро можно оценить земельные площади на наличие и качество растительности, при этом, не теряя объективности и информационности полученных данных.

Для того, чтобы оценка зеленых насаждений во времени была более объективной, были выбраны годы с наиболее сходными по температурному режиму вегетационного периода. Также важно было, чтобы временной промежуток был не слишком коротким. Таким образом, были выбраны 2014 и 2021 годы. Данные по температурам были взяты из архива метеорологического ресурса «Гисметео» [18].

Летний период в 2014 году можно охарактеризовать как довольно теплый. Самым холодным месяцем по температурному режиму был июнь, средняя температура которого была 16,8°C. Первый месяц лета по температурному режиму был самым не стабильным, и имел довольно резкие температурные перепады. Самым теплым месяцем был июль со средней температурой 23,4°C. Второй месяц по значениям температуры имел более стабильные изменения, как среднесуточные, так и в среднем по месяцу. Средняя температура августа – 20,1°C. Также как и июль, август был стабилен по температурному режиму, и ближе к концу месяца температура постепенно снижалась. Средняя температура

летом 2014 года составляла 20,1°C. Основные температурные показатели за 2014 год представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Основные показатели температуры летом в Санкт-Петербурге в 2014 г.

Месяц	Июнь	Июль	Август
Средняя температура	16,8	23,4	20,1
Макс. температура	29	29	28
Мин. температура	7,5	15	12

Летний период 2021 года был несколько теплее, чем в 2014 году. В июне средняя температура составляла 23,7°C. Первый месяц являлся самым жарким из всех летних месяцев, максимальное значение температуры было 23-го июня со среднесуточным значением 31,5°C. Июль по температурному режиму был более стабильным, однако количество дней с температурой выше 20°C было больше, чем в июне. Поэтому средняя температура за второй месяц была выше, чем в первый, и составляла 24,6°C, а максимальная среднесуточная температура наблюдалась 8-го июля и была равна 29,5°C. Самый холодный месяц – август, со среднемесячной температурой 17,9°C. Средняя температура летом 2021 года составляла 22,1°C. Основные температурные показатели за 2021 год представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Основные показатели температуры летом в Санкт-Петербурге в 2021 г.

Месяц	Июнь	Июль	Август
Средняя температура	23,7	24,6	17,9
Макс. температура	32	31	24
Мин. температура	17,5	17,5	12

Для более точного анализа была проведена оценка на однородность по критерию Стьюдента-Госсета самых теплых месяцев обоих годов. Июль имел самые высокие температуры как в 2014, так и в 2021 году, поэтому оценка проводилась по ним.

Для оценки были проведены расчеты математического ожидания, среднеквадратичного отклонения и значения статистики Стьюдента-Госсета (t). В результате t имеет значение $-1,10$, а t_{α} равен $1,67$, следовательно, согласно гипотезе о равенстве математических ожиданий опоставляемых температурных рядов, теория не опровергается и ряды являются однородными., т.к. $t \leq t_{\alpha}$.

Мультиспектральные спутниковые снимки были получены при помощи картографического онлайн-сервера Sentinel Hub, в котором представлены снимки с различных спутников, в том числе с Landsat 8, который был выбран для данной работы. Для анализа зеленых насаждений в 2014 году, был выбран снимок, сделанный 13.07.2014, так как в эту дату была наименьшая облачность над Кудрово. По той же причине для анализа растительности в 2021 году, был выбран снимок 30.06.2021. Этот критерий важно учитывать для получения наиболее точных результатов расчета.

На рисунках 4.1 и 4.2 представлены растровые снимки панорамированные со сценами, которые были использованы для визуального анализа на предмет облачности. Для расчетов вегетационного индекса NDVI были использованы растровые изображения 4-го и 5-го каналов для обоих годов.

Причиной, по которой были использованы спутниковые снимки 4-го и 5го каналов, является то, что именно эти спектральные каналы имеют необходимые длин волн для анализа. Так 4-ый спектральный канал отображает поверхность земли с длиной волн $0,63-0,68$ мкм, то есть в красном спектре. А 5-ый спектральный канал изображает поверхность земли в ближнем инфракрасном излучении с длиной волн $0,85-0,89$ мкм. Именно эти каналы подходят для расчета NDVI так, как показано в формуле 3.1.

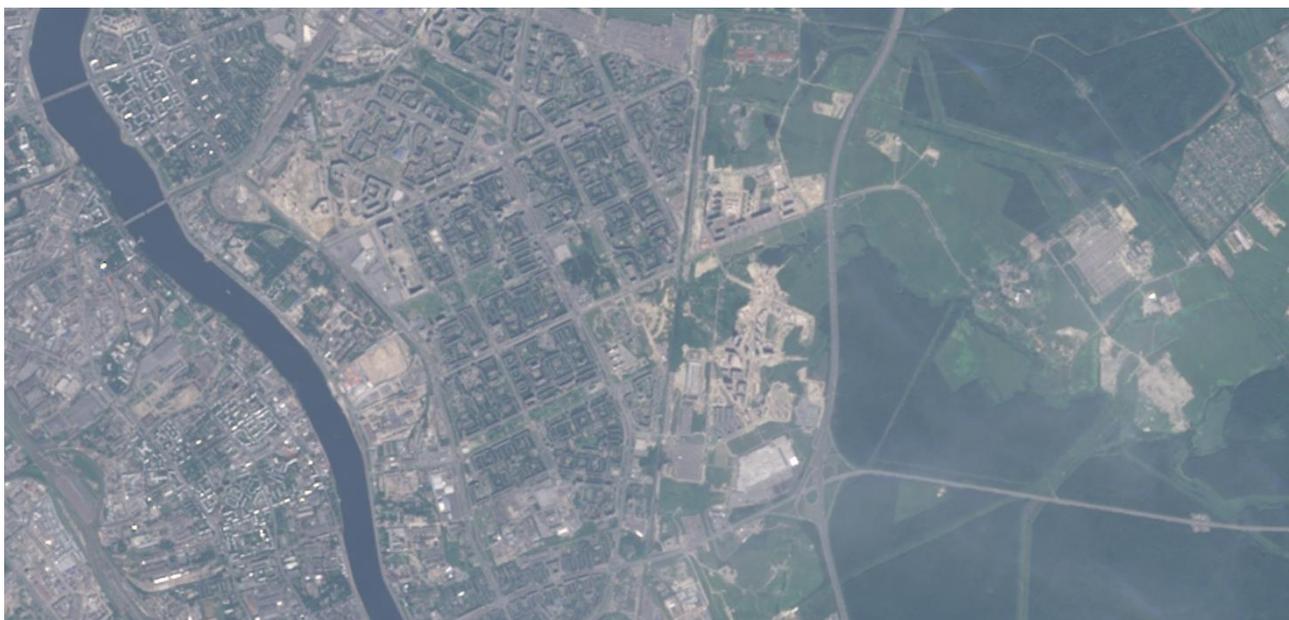


Рисунок 4.1 – Панорамированный спутниковый снимок (True color), сделанный 13.07.2014 года над г. Кудрово

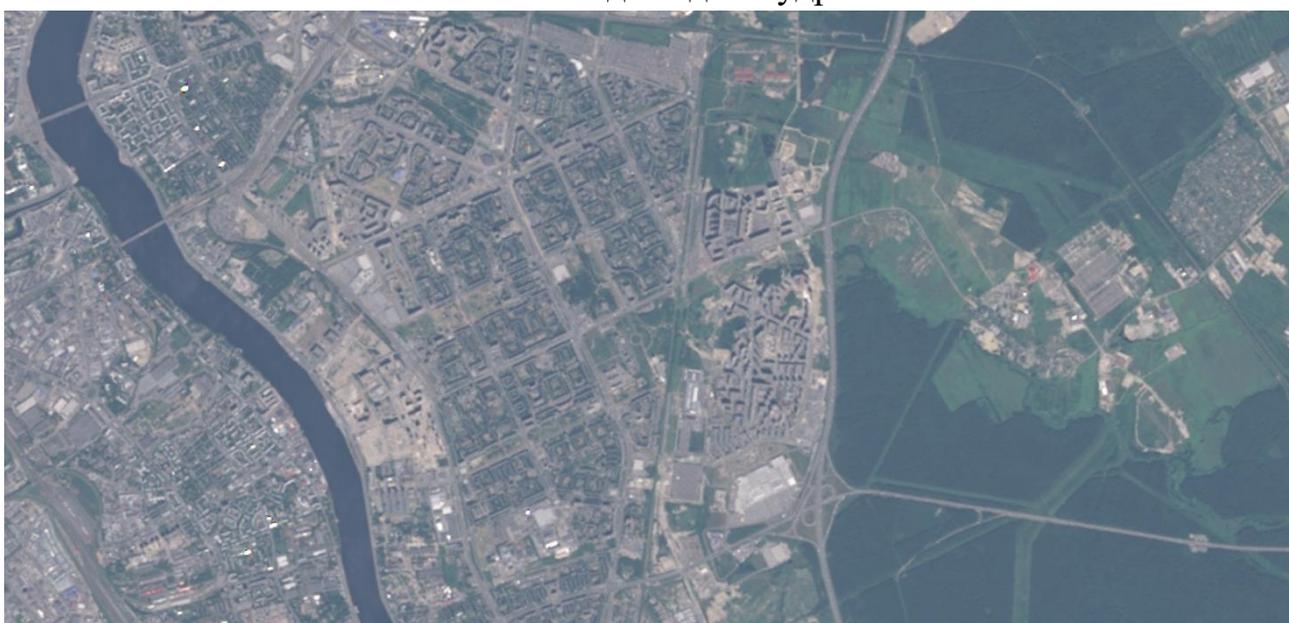


Рисунок 4.2 – Панорамированный спутниковый снимок (True color), сделанный 30.06.2021 года над г. Кудрово

4.3 Результаты проведенных расчетов и их интерпретация

Показатели вегетационного индекса NDVI при классификации были разбиты на интервалы, представленные в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Классификация растительности, используемая в расчетах [19]

Классификация растительности	Нет растительности	Слабая	Умеренная	Плотная	Очень плотная	Максимальной плотности
Значение NDVI	-1-0	0-0,15	0,15-0,30	0,30-0,45	0,45-0,60	0,60-1

На рисунке 4.3 изображена классификация растительности, используемая в расчетах, в виде дискретной шкалы.

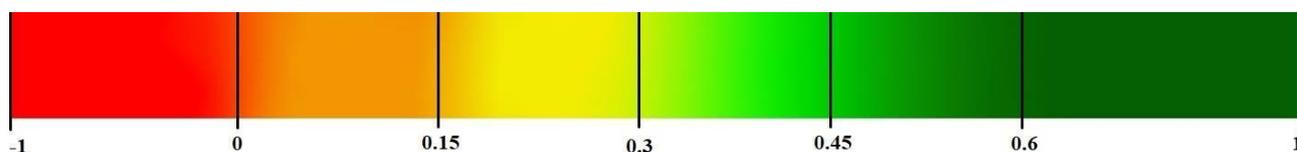


Рисунок 4.3 – Дискретная шкала NDVI, используемая для отображения расчетов. Распределение растительности в Кудрово весьма неоднородно. Наибольшая плотность зеленых насаждений расположена вдоль реки Оккервиль, в одноименном лесопарке, который является единственным природно-рекреационной зоной для местных жителей. Также в южной части города был открыт в 2014 году парк культуры и отдыха Мега парк, расположенный вблизи ТРЦ МЕГА Дыбенко.

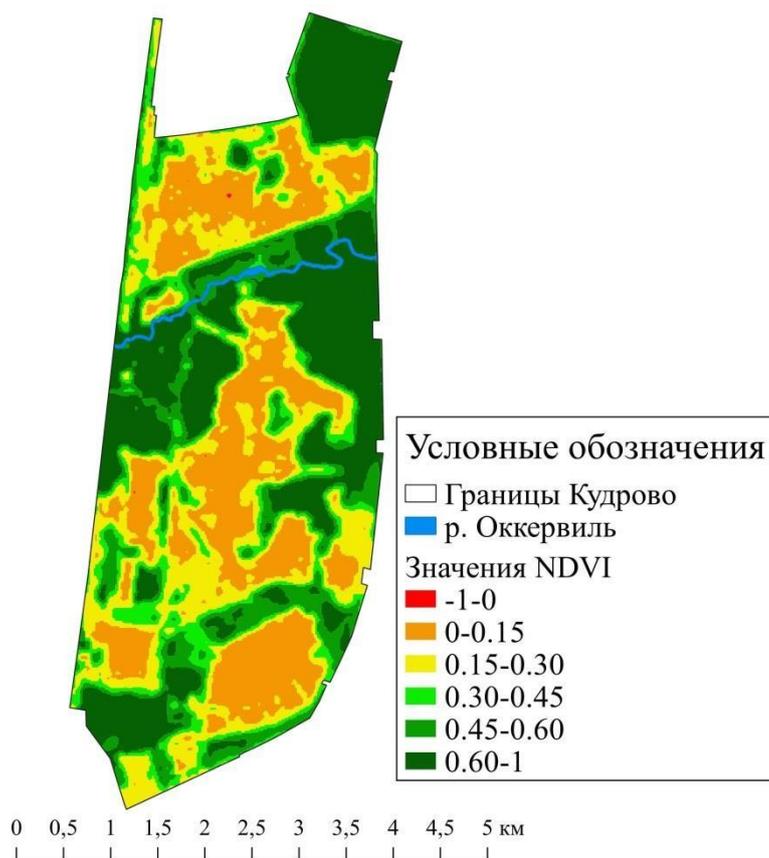


Рисунок 4.4 – Распределение вегетационного индекса NDVI в г. Кудрово, 2014 г.

По данным, полученным посредством расчета вегетационного индекса, результат которого изображен в виде ГИС-карты, за летний период 2014 года, представленного на рисунке 4.4, наибольшие значения NDVI приурочены к лесопарку Оккерவில், Мега парку, а также незанятым жилыми корпусами земельных участков на северо-востоке города, и в северо-западной части Кудрово. Помимо этого, в дворах жилых районов показатели индекса соответствуют умеренной и плотной степени озеленения. Однако большей части территории города соответствует показатель индекса со слабой растительностью. Все эти участки города заняты участками жилой и производственной зон, транспортной инфраструктурой, торговоразвлекательным центром МЕГА Дыбенко, и другими антропогенными объектами.

Площади участков Кудрово, распределенных по вегетационному индексу, в 2014 году представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Площади, занятые разными показателями относительной фитомассы, км², в г. Кудрово, 2014 г.

Классификация растительности и значение NDVI	Площадь участка, км ²
Нет растительности, -1-0	0,001
Слабая, 0-0,15	1,22
Умеренная, 0,15-0,30	1,07
Плотная, 0,30-0,45	0,57
Очень плотная, 0,45-0,60	0,67
Максимальной плотности, 0,60-1	1,49
Всего	5

Для более удобного визуального анализа, данные таблицы можно представить в виде диаграммы, на которой показаны в процентах площади участков, занятые разными показателями относительной фитомассы (рисунок 4.5). Из данных диаграммы хорошо видно, что на 2014 год в городе Кудрово приходилось 30 % территорий, которые имели значение максимальной плотности распределения растительности, и 13 % территорий, имеющих показатели очень плотного распределения растительности. А участки с показателями NDVI – слабая и умеренная растительность, составляло 24 % и 21 % соответственно, что меньше площади высоко озелененных территорий.

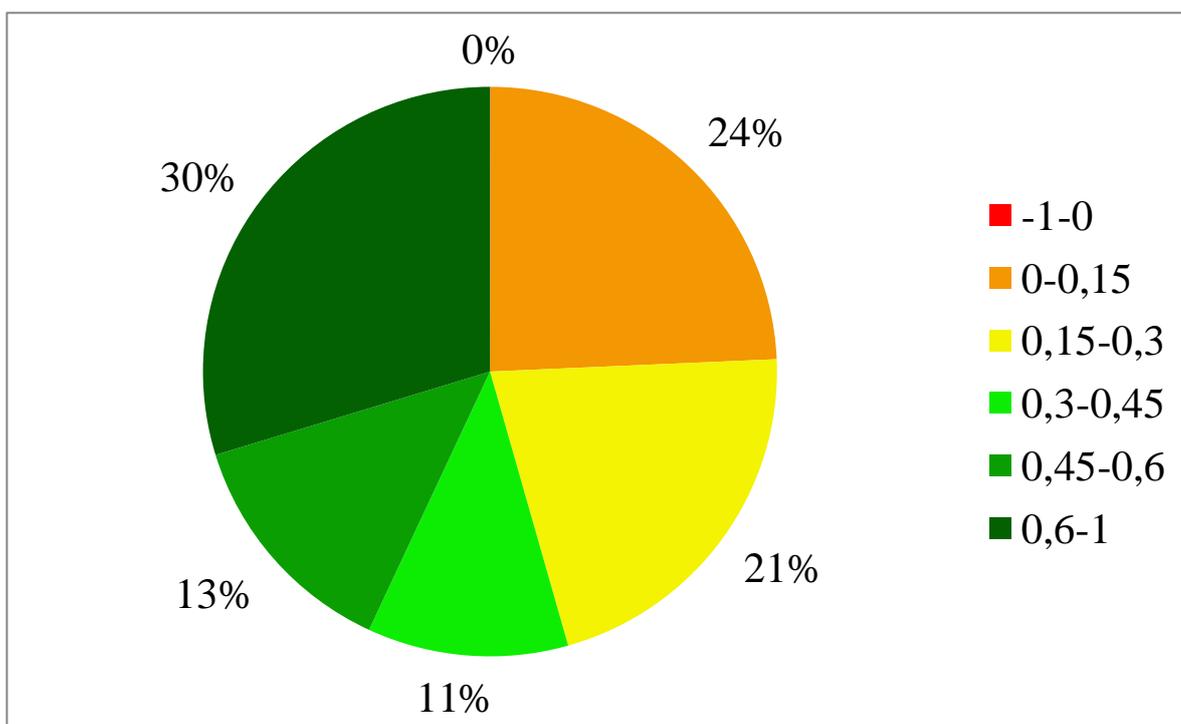


Рисунок 4.5 – Диаграмма с процентным распределением между различными объектами, по классификации вегетационного индекса NDVI в 2014 г.

Расчет площади озелененных территорий приходящихся на одного человека в Кудрово целесообразно проводить на основе показателя максимальной плотности фитомассы. Численность населения в 2014 году составляла 6760 человек, а площадь земель, занятых зелеными насаждениями была равна 1492 м². Таким образом, на одного жителя населенного пункта приходилось 0,22 м² озелененных территорий. Что не соответствует нормам, представленным в настоящем Своде правил градостроительства, о площади озелененных территорий (см. таблицу 4.1). В 2014 году Кудрово имел статус деревни и по СП 42.13330.2016 относился к крупным сельским поселениям, значит площади озелененных территорий должны составлять 12 м².

В последующие годы рост населения Кудрово продолжал увеличиваться, что подтверждает график, представленный на рисунке 1.3, следовательно, все больше свободных земельных участков застраивалось жилыми районами. Как следствие площадь зеленых насаждений в 2021 году сильно меньше показателей 2014 года. Тенденцию активной застройки антропогенными объектами видно на

рисунке 4.6. Так северо-восточная, северная, западная и юго-западная части Кудрово наиболее плотно заняты строениями разных назначений (промышленными и селитебными территориями).

Все эти факторы негативно сказываются на экологии городской среды, а также на жизни и здоровья местного населения. В городе повышенное пылевое загрязнение жилых районов, так как во дворах жилых комплексов острая нехватка древесно-кустарниковой и травянистой растительности, на которых, как правило, оседает пыль. Также плотная застройка повлияла на розу ветров, дома мешают естественной проветриваемости территории, что также негативно сказывается на запыленности и загазованности города, особенно вдоль автодорог и на парковках.

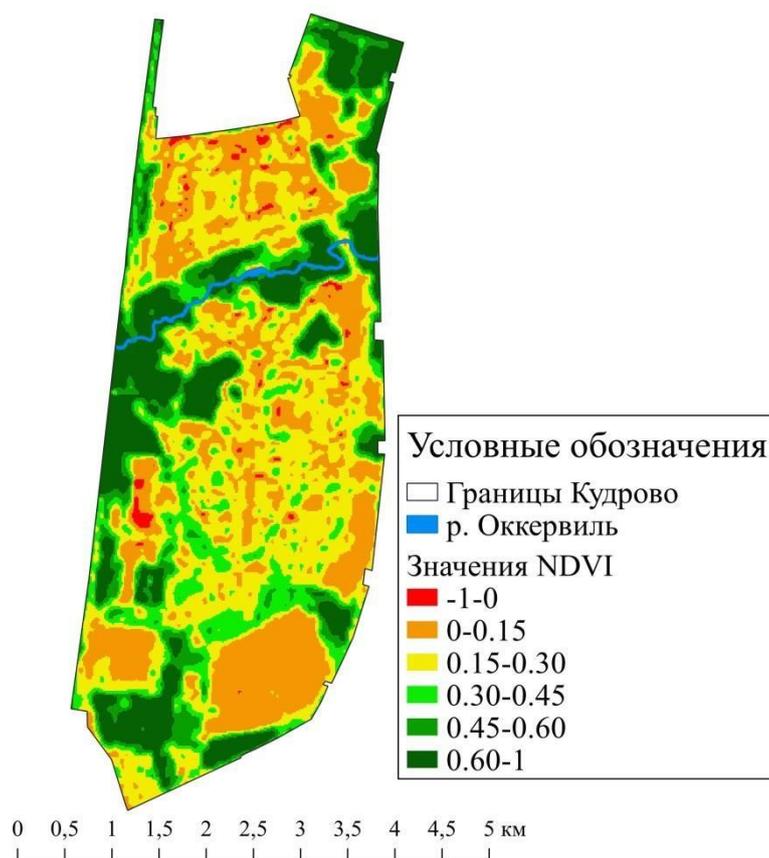


Рисунок 4.6 – Распределение вегетационного индекса NDVI в г. Кудрово, 2021 г.

Площади участков Кудрово, распределенных по вегетационному индексу, в 2021 году представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Площади, занятые разными показателями относительной фитомассы, км², в г. Кудрово, 2021 г.

Классификация растительности и значение NDVI	Площадь участка, км ²
Нет растительности, -1-0	0,05
Слабая, 0-0,15	1,37
Умеренная, 0,15-0,30	1,60
Плотная, 0,30-0,45	0,69
Очень плотная, 0,45-0,60	0,46
Максимальной плотности, 0,60-1	0,85
Всего	5

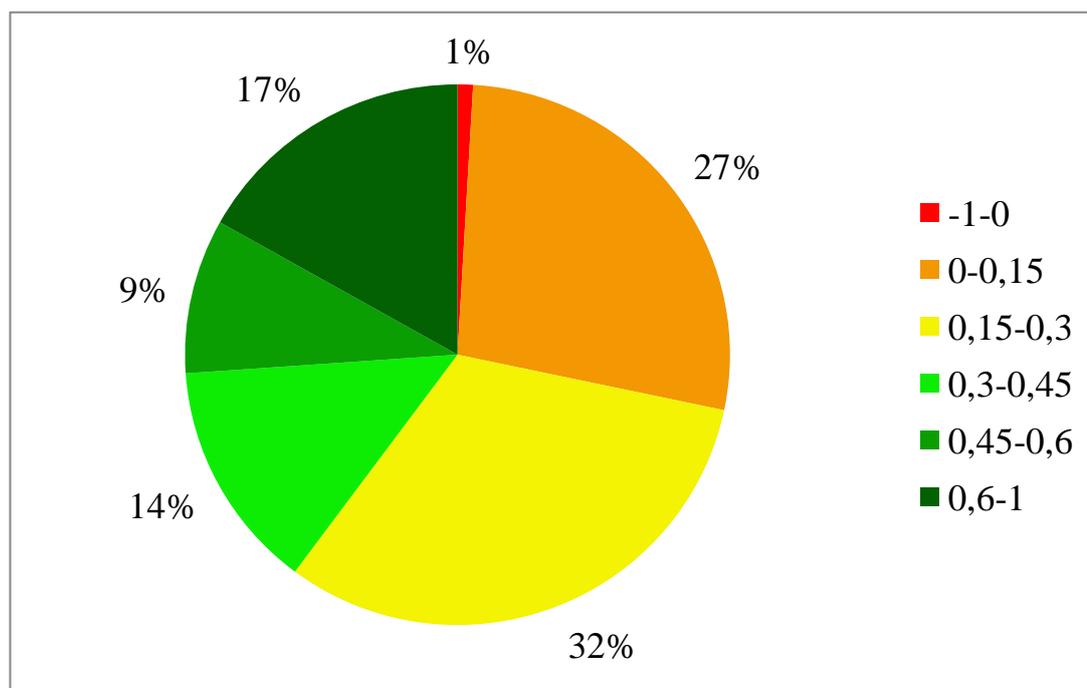


Рисунок 4.7 – Диаграмма с процентным распределением между различными объектами, по классификации вегетационного индекса NDVI в 2021 г.

Как видно из таблицы 4.6 площади озелененных территорий Кудрово сильно уменьшились, а площади участков, занятых строительными и иными антропогенными объектами, напротив увеличились. В 2021 году численность населения Кудрово составляло 49079 человек, а площадь земель, занятых

зелеными насаждениями составляла 846 м². Таким образом, в 2021 году на одного жителя города приходилось 0,02 м², что в 10 раз меньше, чем в 2014 году. Исходя из данных таблицы 4.1, можно сделать вывод, что город Кудрово не соответствует нормам по озеленению, так как необходимый показатель озеленения территории не соблюден.

Также, рассмотрев диаграммы, представленные на рисунках 4.5 и 4.7, можно заметить, что процентное содержание озелененных территорий в период с 2014 года по 2021 год сократилось на 4 % для очень плотной растительности и на 13 % для растительности максимальной плотности. В то время как процентное содержание земель без растительности и с низкими показателями озеленения увеличилось.

Следовательно, можно сделать вывод, что динамика зеленых насаждений в городе Кудрово имеет отрицательную тенденцию, и площади озелененных территорий быстро сокращаются.

Заключение

Зеленым насаждениям отведена важная роль в формировании благоприятной среды жизни человека, будь то большой город или маленькое сельское поселение. Но в городской среде на человека ежедневно воздействует огромное количество факторов: шумовое и световое загрязнения, повышенное электромагнитное излучение, плохое качество воздуха и другие. Все это приводит к ухудшению здоровья городских жителей как на физическом уровне (различные болезни органов дыхания, общее недомогание и т.д.), так и на психическом (повышение уровня стресса, раздражительность и др.).

В ходе работы были выявлены основные функции зеленых насаждений. Воздействие растительности на состояние окружающей среды города проявляется как в санитарно-гигиеническом ключе, так и декоративнопланировочном. Особенно эффективное влияние они оказывают, если при градостроительстве учитываются обе функции зеленых насаждений. Ведь при таком подходе можно максимально нивелировать негативное антропогенное воздействие на окружающую среду (загрязнение воздуха, почв и водных объектов, деградацию «зеленого» фонда, изменение температурного и радиационного фонов и др.), и развитие городской территории.

Помимо экологических функций, растительность выполняет эстетическую, рекреационную, психоэмоциональную функции. Научно доказано, что зеленые насаждения способствуют улучшению психического здоровья, а также, что жители озелененных районов реже страдают от сердечно-сосудистых заболеваний и от высокого кровяного давления. Кроме того, люди, проводящие значительное время в парках, лесах, садах и т.д., чувствуют себя менее одинокими, чем те, кто этого не делает. В настоящее время человек как никогда оторван от природной среды, частью которой он непосредственно является, хоть и последние тысячелетия обособлялся все больше. Поэтому так

важно иметь доступ к естественным зеленым массивам, так как это улучшает наше состояние и качество жизни.

Влияние хозяйственной деятельности человека на окружающую среду, как в пространстве, так и во времени, более очевидно в городских районах, особенно в крупных городах и их агломерациях. Деревья городов находятся под большим стрессом. Неудовлетворительное состояние растительности, проявляющиеся в повреждениях и заболеваниях, как правило, является результатом негативного влияния человеческой деятельности, нарушения технологии посадки и должного ухода. Таким образом, городская среда угнетает растительность, если своевременно не применять меры, нивелирующие негативное воздействие. Для этого необходимо вести регулярные мониторинг состояния зеленых насаждений. И для этих целей прекрасно подходит метод оценки по данным дистанционного зондирования и расчет вегетационных индексов, что также было выражено и подтверждено в ходе исследовательской работы.

Важно чтобы в городе были соблюдены нормы озеленения городской территории. В данной работе была проведена оценка динамики зеленых насаждений в городе Кудрово, первом городе-спутнике Санкт-Петербурга, за семилетний период (с 2014 по 2021 гг.). По результатам, полученным в ходе расчета вегетационного индекса NDVI, было выявлено, что на сегодняшний день в Кудрово острая нехватка озелененных территорий, и ситуация продолжает ухудшаться, причиной чего является постоянный рост численности населения при ограниченной площади города. Таким образом, уже сегодня нужно искать пути решения данной проблемы посредством формирования планов по озеленению территории, в особенности жилых районов. Возможно, для Кудрово подойдет озеленение крыш или вертикальное озеленение, так как свободной земли для высадки зеленых насаждений практически нет.

На сегодняшний день проблема озеленения городской среды довольно актуальна для всех высокоурбанизированных территорий, и урбанисты, инженеры, экологи, садоводы и другие специалисты, разрабатывают все больше

методик мониторинга и программ озеленения городов и их благоустройства.

Список литературы

1. Генеральный план. МО «Заневское городское поселение». Утвержденный генеральный план (Кудрово) / Администрация МО «Заневское городское поселение»: официальный сайт. – Янино-1, 2018. – [Электронный ресурс] URL: <https://www.zanevkaorg.ru/pzz/pzz-kudrovo-izm-2018/27595> (дата обращения 22.05.2022)
2. Изменения в Правила землепользования и застройки муниципального образования «Заневское городское поселение» Всеволожского муниципального района Ленинградской области / Администрация МО «Заневское городское поселение»: официальный сайт. – Янино-1, 2018. – [Электронный ресурс] URL: <https://www.zanevkaorg.ru/pzz/pzz-kudrovo-izm-2018/27595> (дата обращения 12.04.2022)
3. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году/ Под редакцией Д.С. Беяева, И.А. Серебрицкого – Ижевск.: ООО «ПРИНТ», 2021. - 253с
4. Экологический портал Санкт-Петербурга. Характеристика климата Санкт-Петербурга: официальный сайт. – Санкт-Петербург, 2021. – [Электронный ресурс] URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=1091> (дата обращения 25.11.2021)
5. Петростат. Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области. Население: официальный сайт. – 1999-2022. – [Электронный ресурс] URL: <https://petrostat.gks.ru/folder/27595> (дата обращения 26.11.2021)
6. Закон Ленинградской области. Областной закон №46-оз «Об изменении категории населенного пункта Кудрово во Всеволожском

муниципальном районе Ленинградской области и внесении изменения в областной закон «Об административно-территориальном устройстве Ленинградской области и порядке его изменения» от 18.06.2018 [принят Законодательным собранием Ленинградской области 30 мая 2018 года]. – Санкт-Петербург: Кодекс, 2018. – 2с.

7. СП 42.13330.2016. Градостроительство Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.0189* (с Изменениями N 1, 2): Свод правил: издание официальное: дата введения 2017-07-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва: Стандартформ, 2017 год – 94 с.

8. Государственный стандарт союза ССЗ 28329-89. Озеленение городов. Термины и определения. Госстандарт СССР – Москва: Издательство стандартов. Дата введения: 01.01.1991

9. Афолина М.И. Основы городского озеленения / М.И. Афолина ; МГСУ. – Москва : Изд-во МГСУ, 2010. – 208 с.

10. Касимов Н.С. Экология города. Учебное пособие / Н.С. Касимов. – Москва: Изд-во Научный мир. – 2004. – 624 с. – ISBN 5-89176-262-5

11. Снижение уровня шумового воздействия аэропорта Шереметьево: Всемирный фонд дикой природы (WWF). – Москва, 2020. / [Электронный ресурс] URL: <https://wwf.ru/what-we-do/ekoregulirovanie/legalmethods/snizhenieurovnya-shumovogo-vozdeystviya-aeroporta-sheremetevo/> (дата обращения 21.05.2022)

12. Правительство Санкт-Петербурга. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. Об утверждении Методики мониторинга состояния зеленых насаждений общего пользования на территории Санкт-Петербурга: Распоряжение № 99-р: [принят Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению

экологической безопасности Санкт-Петербурга 22 июня 2010 года]. – Санкт-Петербург: Кодекс, 2010. – 27с.

13. Кулакова С.А. Оценка состояния зеленых насаждений города.

Географический вестник. Выпуск №4. Научный журнал. – 2012. – 98 с.

14. Рахматуллина И.Р., Рахматуллин З.З., Кулагин А.А. Экологическое картографирование. Практикум / И.Р. Рахматуллина, З.З. Рахматуллин, А.А. Кулагин. – Уфа: Изд-во БГПУ. – 2018. – 84 с.

15. Вегетационные индексы. GIS-Lab. Географические информационные системы и дистанционное зондирование. Статьи. // М.Дубинин – 2014. – [Электронный ресурс] URL: <https://gis-lab.info/qa/vi.html#ndvi> (дата обращения 06.12.2021)

16. Бабин А.В. Пространственный анализ данных в экологии и природопользовании. Лабораторный практикум: учебное пособие для высших учебных заведений / А.В. Бабин. – СПб: РГГМУ. – 2020. – 128 с.

17. NDVI – теория и практика. GIS-Lab. Географические информационные системы и дистанционное зондирование. Статьи. // М.Дубинин – 2016. – [Электронный ресурс] URL: <https://gis-lab.info/qa/ndvi.html> (дата обращения 06.12.2021)

18. Gismeteo. Метеорологический ресурс. Дневник погоды: официальный сайт. – «Мэп Мэйкер», Москва. – 1998-2022. – [Электронный ресурс] URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/4079/> (дата обращения 02.04.2022)

19. Токарева О.С. и др. Мониторинг состояния растительного покрова территории Центрального Ирака с использованием спутниковых данных Landsat-8 / О.С. Токарева, О.А Пасько, С.М. Моханад, П. Кабраль // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 6. – С. 19–31.