

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра геоморфологии и геоэкологии

**Мониторинг городской древесно-кустарниковой растительности
с помощью данных дистанционного зондирования земли
(на примере территории г. Энгельса)**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 431 группы

направления 05.03.03 Картография и геоинформатика

 географического факультета

 Геворкова Данилы Дмитриевича

Научный руководитель

ст. преподаватель

 П.А. Шлапак

Зав. кафедрой

к.с-х.н., доцент

 В.А. Гусев

Саратов 2024

Введение. Сохранение и поддержание состояния растительного покрова является одной из важнейших экологических проблем городской среды. Древесно-кустарниковые городские насаждения регулируют степень загрязненности воздуха, его газовый состав, снижают влияние шумового фактора, смягчают суточные температуры воздуха.

Для поддержания городских насаждений в надлежащем состоянии необходима система мониторинга, которая бы могла предоставлять актуальную информации о характеристиках растительности. В качестве данной системы себя хорошо зарекомендовали методы дистанционного зондирования Земли, в частности аэрокосмическая съемка. С помощью космоснимков мы можем получать данные о характеристиках растений, основанные на их спектральной отражательной способности, и рассчитывать различные вегетационные индексы, показывающих их состояние.

Целью данной работы является изучение и анализ динамики состояния городской древесно-кустарниковой растительности с помощью вегетационного индекса NDVI на примере территории г. Энгельса. В соответствии с целью были поставлены задачи:

3. Собрать серию космоснимков за период с 1985 по 2023 гг. и создать серию тематических карт с показателем вегетационного индекса NDVI на изучаемую территорию;
4. Собрать статистику по уровню вегетации за все изучаемое время для отслеживания динамики состояния городской растительности в границах функциональных зон озеленения;
5. Выявить участки с наибольшими показателями изменчивости уровня вегетации, отражающей здоровье насаждений;
6. По полученным разновременным данным проанализировать уровень вегетации растительности г. Энгельса и выявить факторы, влияющие

на изменение состояния растительности в рамках изучаемого временного периода.

Основное содержание работы.

1 Дистанционное зондирование как метод познания природы

Первый раздел включает в себя теоретические аспекты дистанционного зондирования Земли, информацию о видах аэрокосмической съемки, обработки и дешифрирования космических снимков.

Дистанционное зондирование представляет собой неконтактное изучение Земли (планет, спутников), её поверхности и недр, отдельных объектов и явлений путём регистрации и анализа их собственного или отражённого ими электромагнитного излучения. Также к дистанционному зондированию можно отнести некоторые методы исследования недр Земли, как сейсморазведку и гравиразведку, сканирующую эхолотию дна водоемов и другие [1].

Аэрокосмические съемки принято делить на ряд классов и видов в зависимости от назначения, используемых носителей, съемочной аппаратуры, технологии выполнения съемки, формы представления результатов.

Аэросъемку в зависимости от наклона оптический оси аэрофотоаппарата подразделяют на плановую и перспективную. При плановой ось объективна находится в отвесном положении и поверхность снимка горизонтальна, а при перспективной съемке ось аэрофотоаппарата направлена под углом к снимаемой поверхности. По характеру покрытия местности выделяют одномаршрутную и многомаршрутную съемки, одномаршрутная используется при исследовании объектов или явлений линейного характера распространения, а многомаршрутная при изучении больших площадей с помощью серии перекрывающихся маршрутов.

По характеру покрытия земной поверхности космическими снимками, можно выделить одиночное фотографирование, маршрутную, прицельную и глобальную съемку. По типу съемочного аппарата космические съемки

подразделяют на активные и пассивные. Если рассматривать технологию съемки с учетом используемого спектрального диапазона, то различают фотографическую (цветную, спектрзональную, черно-белую) и сканерную (оптико-механического и оптико-электронного сканирования) съемки в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне, также тепловую инфракрасную, радиолокационную и микроволновую радиометрическую съемки [2].

2 Использование ДЗЗ для изучения растительности

Второй раздел включает в себя задачи, решаемые с помощью данных дистанционного зондирования и основные методы изучения растительности .

В отношении изучения состояния растительности выделяют основные группы задач, решение которых может существенно облегчить использование космических снимков:

1. Инвентаризация растительного покрова, или же получение первичной информации о его составе и структуре;
2. Количественная оценка, т. е. получение метрик, отражающий требуемый параметр в численном виде, на основе спектральных индексов, с помощью которых определяются такие параметры, как биологическое разнообразие, биомасса, сомкнутость крон, содержание некоторых элементов и др.;
3. Моделирование и прогнозирование распределения отдельных элементов растительных сообществ, изменения их границ и т. д.;
4. Оценка параметров среды и их последующее картографирование – например, параметры водоемов как мест обитания определенных видов растительности;
5. Оценка пространственного распределения показателей растительного покрова – связности или фрагментированности территории, выявлении мест, пригодных для местообитания редких видов и т. п.;

6. Совместный ГИС-анализ данных дистанционного зондирования дает возможность статистического анализа закономерностей распределения растительности, так как космические снимки могут дать представление о пространственно-непрерывных данных, в отличие от полевых методов [3].

Мультиспектральный метод зондирования захватывает данные изображения в определенных диапазонах длин волн электромагнитного спектра. Длины волн могут быть разделены фильтрами или обнаружены с помощью детекторов, чувствительных к определенным длинам волн, включая свет с частотами за пределами диапазона видимого света, т. е. инфракрасного и ультрафиолетового, что позволяет получать дополнительные данные, которые человеческий глаз зафиксировать не способен [4].

Гиперспектральные снимки с сотнями съемочных каналов могут быть использованы для более точного и своевременного определения физиологического состояния сельскохозяйственных культур за счет способности захватывать более подробные спектральные характеристики, чем при мультиспектральной съемке. Гиперспектральные данные показывают большую продуктивность при мониторинге свойств растительности, таких как изучение биомассы культур, оценки индекса площади листьев и содержания азота в листьях.

Оптическое дистанционное зондирование ограничено изучением растительного покрова из-за отсутствия возможности проникновения солнечного света сквозь кроны деревьев и другой растительности, из-за чего появился новый тип активного датчика – LiDAR. Данный метод позволяет получать более точную и детальную информацию о структуре растительности.

Радар – это тип активного сбора данных, который использует излучаемые системой микроволны для того, чтобы определять дальности, углы и физические свойства изучаемых объектов земной поверхности. На такой датчик

не влияет солнечный свет как источник излучения, и поэтому он имеет способность работать даже в облачных условиях в ночное время. Радиолокационное сканирование позволяет отслеживать фенологию растительности, нарушение лесов, вызванное пожарами или короедами, а также вырубку лесов в тропических широтах, где способность проникать сквозь облака сильно повлияла на возможности дистанционного мониторинга. Радар также применяется для изучения водно-болотных угодий и городских территорий [4].

3 Применение вегетационных индексов для изучения состояния растительности

Третий раздел состоит из описания основных вегетационных индексов, применяемых для изучения растительного покрова.

При изучении растительного покрова используют такой характерный признак его состояния, как спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими отличиями при отражении излучения с разными длинами волн. Различные значения отраженного излучения позволяют использовать данные аэрокосмосъемки для расчета индексов, основанных на спектральной отражательной способности, с помощью которых возможна идентификация типов растительности и оценка их состояния.

На данный момент существует около 160 видов вегетационных индексов, которые подбираются экспериментальным путем, исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растений и почв. Большая часть индексов рассчитывается на основе двух наиболее устойчивых (не зависящих от других факторов) участков кривой спектральной отражательной способности растительности.

Отличительной особенностью вегетационных индексов является простота их получения и широкий круг задач, решаемых с их помощью. На основе промежуточных индексов могут быть рассчитаны коэффициенты для более

сложных типов анализа, результатом которых могут выступать карты продуктивности сельскохозяйственных угодий, карты ландшафтов и природных зон, почвенные, аридные, тепловые, фенологические и другие эколого-климатические карты.

Выделяют несколько основных групп вегетационных индексов, те, что полученные по данным в широких спектральных каналах, те, что получены по данным в узких спектральных каналах, индексы содержания влаги, пигментов и азота в листе.

По данным в широких спектральных каналах получают индексы, которые описывают силу и здоровье зеленой растительности. Рассчитываемые коэффициенты представляют собой комбинации измерений отражательной способности, которые чувствительны к комбинированным эффектам концентрации хлорофилла в листьях, сгущению листвы, строению и поверхности листьев полого. В данной группе сильные отражательные особенности в ближнем инфракрасном диапазоне сравниваются с сильными поглощающими свойствами растений в красном диапазоне спектра. Эти соотношения определяют нормализованный разностный индекс вегетации (NDVI), усовершенствованный вегетационный индекс (EVI), индекс простого соотношения (SR), атмосферно-устойчивый и суммарный индекс «зелёности» (ARVI) [5].

По данным в узких спектральных каналах индексы «зелёности» используют измерения отраженного излучения в красном и ближнем инфракрасном диапазонах спектра для выбора диапазона красного края на кривой отражения. Красный край – это понятие, применяемое для описания круто наклонной части кривой отражения растительности между 690 нм и 740 нм, которая вызвана переходом от поглощения хлорофилла и рассеяния листьями в ближнем инфракрасном диапазоне. Подобные измерения в ближнем инфракрасном диапазоне с большей глубиной проникновения через полог, чем

в красном, дают возможность оценить общее количество зеленого материала толщи листьев, такие индексы более чувствительны к меньшим изменениям в состоянии растительности, чем по данным в широких спектральных каналах, особенно в условиях густой растительности. Индексы вегетации, рассчитываемые по данным в узких спектральных каналах, предназначены для расчетов над изображениями с высоким спектральным разрешением, такими как снимки, полученные гиперспектральными камерами. К таковым относятся нормализованный вегетационный индекс красного края (NDVI705), модифицированный индекс простого соотношения красного края (MSR705), индекс положения красного края REP.

4 Изучение динамики состояния растительности на территории г. Энгельса

Данное исследование проводилось с целью выявить участки положительной и отрицательной динамики состояния растительного покрова за временной период с 1985 по 2023 гг. на территории города Энгельса. На основе разновременных космоснимков проводилось изучение изменений в состоянии растений на основе их разной спектральной отражательной способности, регистрируемой съемочными системами космических аппаратов. С помощью вегетационного индекса NDVI, который является показателем количества фотосинтетически активной биомассы, возможно отслеживать уровень вегетации, отображающий силу и здоровье растений. Использование геоинформационного картографирования в сочетании с дистанционным зондированием Земли позволяет выявить участки с положительной и отрицательной динамикой, которые можно представить в виде картографического изображения, а инструменты геопространственного анализа дают возможность мониторинга пространственно-временных изменений, используя различные показатели для оценки состояния растительности.

Для этого была собрана серия космоснимков в красном и инфракрасном диапазоне, покрывающих территорию г. Энгельса за период с 1985 по 2023 гг. В качестве источника выступали космические снимки с аппаратов Landsat и Sentinel, опубликованные на сайте Sentinel Hub EO Browser – открытый портал с мозаиками снимков различных космических аппаратов, доступных для просмотра и скачивания по адресу - <https://www.sentinel-hub.com>.

После скачивания космоснимков в красном и инфракрасном диапазоне для каждого из них был рассчитан индекс NDVI по формуле: $(\text{Nir}-\text{Red})/(\text{Nir}+\text{Red})$, где Red – красный диапазон, Nir – инфракрасный диапазон соответственно. Все вычисления проводились в геоинформационной системе QGIS 3, с помощью модуля «Калькулятор растров».

На основе полученных изображений с индексом NDVI за каждый год изучаемого периода, было решено создать растры, показывающие изменения в показателе между 2023 годом и каждым предыдущим. В результате полученный результат был представлен в виде серии карт, которые были обработаны в видеоредакторе для создания видеофрагмента, наглядно иллюстрирующего изменения во времени.

Помимо этого, данные о динамике состояния растительности были получены в количественном виде для дальнейшего анализа. В пределах границ территориальных зон озеленения г. Энгельса была записана зональная статистика по показателю NDVI за весь изучаемый период. На основе этого были построены графики изменения уровня вегетации, которые количественно отражают положительные или отрицательные изменения.

Также по имеющимся данным была создана синтетическая карта областей существенного изменения состояния растительности, отражающая те участки, на которых произошел существенный рост растительного покрова, либо полное его исчезновение.

Сохранение и поддержание состояния растительного покрова является одной из важнейших экологических проблем городской среды. Древесно-кустарниковые городские насаждения регулируют степень загрязненности воздуха, его газовый состав, снижают влияние шумового фактора, смягчают суточные температуры воздуха. Теневые зоны растений создают вблизи местный охлаждающий эффект. Деревья и живые изгороди также издавна используются как защита от ветра. Снижение скорости ветра значительно влияют на эффективность, с которой деревья очищают загрязненный воздух городской среды [6].

Основные концентрации городских зеленых насаждений – парки, скверы, бульвары, нуждаются в тщательном уходе и контроле, им необходима система мониторинга, позволяющая оптимизировать мероприятия по сохранению имеющегося зеленого фонда и организации новых участков зеленых насаждений для снижения загрязненности атмосферы и повышения эстетической ценности городской среды. В сложившихся условиях высокую актуальность приобретает современная и точная информация о структуре и состоянии зеленых насаждений города, визуализированная на карте. Использование данных дистанционного зондирования Земли и их обработка в геоинформационной среде позволяет решить задачу мониторинга состояния растительности, объединив данные космических съемок с методами анализа геоизображений, которые применяются в геоинформационном картографировании.

Обладая пространственной информацией о характеристиках растительного покрова, полученных с помощью регистрирующих систем космических аппаратов, а также инструментов визуализации данных в геоинформационной среде, у нас есть возможность показать текущее состояние городской древесно-кустарниковой растительности в доступной форме для потребителя. Накопленные в течение нескольких последних десятилетий

данные дистанционного зондирования в совокупности со статистической информацией позволяют нам отследить динамику состояния растений как за некоторый крупный временной период, так и в течение краткосрочного отрезка времени. Благодаря этому можно понять сущность различных экологических процессов, выявлять закономерности и принимать обоснованные решения в области охраны растительных сообществ, прогнозировать возможные изменения и реагировать на возникающие экологические угрозы.

Аэрокосмические снимки отличаются от всех других пространственных данных (топографических, лесоустроительных карт и др.) разнообразием информации, которую можно получить на их основе, большей доступностью и актуальностью за счет регулярности обновления [7].

Целью данной работы является изучение и анализ динамики состояния городской древесно-кустарниковой растительности с помощью вегетационного индекса NDVI на примере территории г. Энгельса. В соответствии с целью были поставлены задачи:

1. Рассмотреть основные подходы к оценке состояния растительности с помощью данных дистанционного зондирования Земли;
2. Изучить методы оценки состояния растительного покрова при помощи вегетационных индексов для их последующего использования;
3. На основе имеющихся космоснимков за период с 1985 по 2023 гг. создать серию тематических карт с показателем вегетационного индекса NDVI на изучаемую территорию;
4. Собрать статистику по уровню вегетации за все изучаемое время для отслеживания динамики состояния городской растительности в границах функциональных зон озеленения;
5. Выявить участки с наибольшими показателями изменчивости уровня вегетации, отражающей здоровье насаждений;

6. По полученным разновременным картографическим и статистическим данным проанализировать уровень вегетации растений в территориальных зонах озеленения г. Энгельса и выявить факторы, влияющие на изменение состояния растительности в рамках изучаемого временного периода.

Заключение. Несмотря на то, вегетационные индексы, получаемые по данным аэрокосмических съемок, решают широкий круг задач для оценки состояния растительности в различных исследовательских и прикладных сферах, их возможности не ограничены. С развитием научно-технических средств дистанционного зондирования Земли, их получения и обработки, развитие съемочных систем космических аппаратов с еще большим пространственным и спектральным разрешением позволяет модифицировать существующие и создавать новые индексы оценки состояния растений, тем самым позволяя подойти к мониторингу насаждений с не изученных ранее сторон.

Список используемых источников

1 КиберЛенинка [Электронный ресурс]: cyberleninka.ru. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-osuschestvleniya-distantionnogo-zondirovaniya> (дата обращения 05.06.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

2 Книжников, Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований / Ю.Ф. Книжников. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.

3 КиберЛенинка [Электронный ресурс]: cyberleninka.ru. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otkrytye-multispektralnye-dannye-i-osnovnye-metody-distantionnogo-zondirovaniya-v-izuchenii-rastitelnogo-pokrova> (дата обращения 01.06.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

4 Иннотер [Электронный ресурс]: innoter.com – URL: <https://innoter.com/articles/ekologicheskie-issledovaniya-metodami-dzz> (дата

обращения 30.05.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

5 Gisproxima [Электронный ресурс]: gisproxima.ru – URL: https://gisproxima.ru/ispolzovanie_vegetatsionnyh_indeksov (дата обращения 08.06.2024). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

6 Киберленинка [Электронный ресурс]: cyberleninka.ru – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/inventarizatsiya-gorodskih-zelenyh-nasazhdeniy-sredstvami-gis> (дата обращения 25.05.24) - Загл. с экрана. – Яз. рус.

7 Комарова А.Ф. Открытые мультиспектральные данные и основные методы дистанционного зондирования в изучении растительного покрова / А.Ф. Комарова // Принципы экологии, 2016, Выпуск 1, с. 40-71.