

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

Кафедра геоморфологии и геоэкологии

**Оценка древесно-кустарниковой растительности по данным
дистанционного зондирования Земли (на примере городов Саратова,
Балашова и Балаково)**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 246 группы

направления 05.04.06 – экология и природопользование

географического факультета

Лосева Семена Константиновича

Научный руководитель
ст. преподаватель



П. А. Шлапак

Зав. кафедрой
к.с.-х.н., доцент



В. А. Гусев

Саратов 2022

Введение. Широкое внедрение ГИС-технологий в геоэкологические исследования предполагает наличие данных об исследуемом объекте в цифровой форме, где одним из самых перспективных направлений является работа с данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). При оценке состояния растительного покрова все чаще находят применение данные космических снимков. В настоящее время, используя ДЗЗ, получают сведения о состоянии наземных объектов, при этом возможен непрерывный сбор информации для каждой конкретной территории.

Высокую роль в оценке состояния лесной растительности посредством ДЗЗ играют вегетационные индексы, которые получаются благодаря математическим манипуляциям с каналами снимков.

Объектом в данной работе выступает древесно-кустарниковая растительность на территории г. Балаково, Саратова и Балашова.

Предметом научной работы является исследование изменений площадей кустарниковой и древесной растительности в представленных городах за период с 1989 по 2019 гг.

Защищаемые положения:

- Использование обработанных данных дистанционного зондирования Земли и создание специальных спектральных индексов позволяет облегчить мониторинг древесно-кустарниковой растительности в пределах города.
- Значение вегетационных индексов, отражающих состояние древесно-кустарниковой растительности, зависит от температуры и количества осадков в пределах территории исследования.

Целью данной квалификационной работы является – качественная и количественная оценка состояния древесной и кустарниковой растительности в городах Балаково, Саратов и Балашов за период с 1989 года по 2019.

Для достижения данной цели были определены следующие **задачи:**

1. теоретическое обоснования использования ДЗЗ и разработка наиболее оптимального алгоритма работ;
2. отработка алгоритма получения космических многозональных снимков города со спутниковой системы Landsat на территории городов на период с 1989 по 2019 гг.
3. расчет необходимых для анализа растительности индексов (NDVI, NDWI);
4. векторизация участков древесно-кустарниковой растительности по годам на основе вычисленных растров спектральных индексов;
5. представление в табличном и графическом виде и анализ изменений площадей растительности;
6. выявление районов города, имеющих наибольшие проблемы с древесно-кустарниковой растительностью;

Работа была создана на основе 6 литературных источников, 19 источников из сети Интернет.

Основное содержание работы.

1 Общие принципы дистанционного зондирования Земли.

Первый раздел рассматривает физические основы ДЗЗ, то как происходит регистрация излучения, на какие спектральные диапазоны оно подразделяется и какое влияние может оказывать атмосфера на излучение в различных спектральных диапазонах. Также в данном разделе представлены существующие основные виды съемок, и спутники, посредством чего, эти самые съемки проводятся, и в каких сферах деятельности они применяются в настоящее время.

На данном этапе развития технологий дистанционное зондирование заняло довольно важное место среди методов исследования Земли. С помощью этих методов можно узнать такие разнообразные характеристики, как: свойства почв, состояние и вид деревьев, состав вод океана, распространение пожаров и их последствий, антропогенную нагрузку на окружающую среду, температуру поверхности Земли и многое другое.

Принцип работы ДЗЗ основан на регистрации отраженного, либо генерируемого объектом электромагнитного излучения. Оно измеряется в двух неразрывно связанных величинах – частота (Гц) и длина (мкм) волны. Длина волны – это расстояние между двумя гребнями волны. Частота волны – число гребней, проходящих мимо наблюдателя за определенный временной промежуток. Как правило, более короткие волны измеряются в длине волны, а более длинные в частоте. Скорость распространения данных волн равна скорости света - 299 792 458 м/с.

В зависимости от длины электромагнитного излучения, оно подразделяется на спектральные диапазоны: гамма, рентгеновский, ультрафиолетовый, видимый, инфракрасный и радио. Из всех диапазонов человеческому глазу доступен лишь видимый. Но также он может ощущать и другими органами чувств, диапазоны за пределами видимого. Например, инфракрасное излучение ощущается кожей, как тепло [1,2].

Регистрируемое излучение прежде чем попасть в приемник на спутнике, проходит через толщу атмосферы, которая оказывает довольно большое влияние на точность. Отраженный сигнал в зависимости от длины волны может иметь разную степень рассеяния после прохождения через атмосферу. Усугубляет в данном случае ситуацию и то, что сигнал принимается одновременно от рассеянного и отраженного излучения. При длине волны более 4 мкм собственное излучение Земли превосходит излучение, отраженное от Солнца.

Поглощение излучения происходит из-за того, что в атмосфере Земли присутствуют молекулы, у которых есть возможность поглощать энергию. Основными такими веществами являются: кислород, озон, углекислый газ и водяной пар.

Датчики, принимающие сигнал, условно можно разделить на фундаментально отличающиеся группы, различающиеся по типу регистрируемого излучения: фотографические, телевизионные оптические, сканерные, радиолокационные и тепловые.

Дистанционное зондирование - довольно универсальный способ исследования, который нашел отражение во многих сферах. Основными из них являются: климатология и океанология, сельское хозяйство, лесное хозяйство, городское планирование, мониторинг при чрезвычайных ситуациях, гидрология и геодезия [3].

2 Применение данных ДЗЗ при оценке лесной растительности

В данной главе рассматривается использование вегетационных индексов, различные способы предварительной обработки космоснимков и виды их дешифрирования, как визуальное, так и автоматизированное.

В 1925 г. Было положено начало изучению лесной растительности посредством аэросъемки. В результате работ был получен снимок масштабом 1:8400. В процессе работ были исследованы различные дешифровочные признаки, впервые был использован комбинированный метод, сочетающий наземные исследования и аэросъемку.

Значительный скачок произошел в конце 50-х годов XX века. Именно тогда впервые была использована цветная спектральная съемка. Этот скачок позволил давать более качественную и разноплановую оценку лесным насаждениям на основании аэросъемки. Впоследствии с развитием космической отрасли в 70-х годах прошлого века, стало возможным получать снимки из космоса, что давало значительное преимущество в пространственном охвате снимков.

Первопроходцем в данном случае стал искусственный спутник земли «Восток». В начале 70-х годов была создана целевая программа научных исследований по изучению лесных экосистем. Впоследствии данная сфера изучения только развивалась. Происходило увеличение точности снимков, на орбиту выводилось множество других спутников. С развитием аппаратуры, стало возможным получение гиперспектральных снимков для более узконаправленных исследований. Также довольно широкое применение нашло использование различных спектральных индексов, в т.ч. вегетационных, для изучения поверхности Земли [4].

Спектральный вегетационный индекс – показатель, который рассчитывается в результате операций с разными каналами снимка и имеющий прямое отношение к параметрам растительности. Характеризуется различными параметрами отражения в разных зонах спектра. Все вегетационные индексы были выведены опытным путем.

Суть работы индексов основана на знании спектральной отражательной способности растений. Расчет подавляющего большинства вегетационных индексов основан на особенности отражательной способности растений в двух спектральных зонах: красная зона (0,62 – 0,75 мкм) и ближняя инфракрасная (0,75 – 1,3 мкм). На красную зону спектра приходится максимальное поглощение солнечной радиации хлорофиллом, а на инфракрасную зону максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. При большой фитомассе растительности будет более низкое значение яркости в красной области электромагнитного спектра, в инфракрасной же зоне ситуация будет обратной т. е. значения яркости будут выше [3,5].

Предварительная обработка снимка необходима, так как она приводит снимок в удовлетворяющий целям дешифрирования вид. Как правило, предварительной обработкой снимка занимаются организации, непосредственно выполняющие съемку или имеющие определенную лицензию на выполнение данной обработки.

После предварительной обработки снимков наступает процесс дешифрирования, который подразделяется на 2 фундаментально отличающиеся группы: визуальное и компьютерное.

При визуальном дешифрировании процесс интерпретации объектов на снимке становится задачей человека. При компьютерном же этот процесс автоматизируется и производится посредством программной обработки снимка. В каждом подходе есть свои плюсы и минусы. Визуальное дешифрирование субъективно, так как опирается на видение человека, проводящего процесс дешифрирования. Точность определения объекта исходит из профессионализма человека. В то время, как компьютер выводит

объективную информацию о местности. Но в силу неразвитости в настоящее время технологий, автоматизированный метод дешифрирования пока проигрывает визуальному, так как компьютер не может дешифровать косвенные признаки объектов на снимке, которые составляют значительную часть всего процесса. Это у человека пока что получается лучше.

Также была рассмотрена обработка разновременных снимков, которая подразделяется на: преобразование снимков, графическое представление и классификацию объектов для выявления изменений[6,7].

Вегетация – это развитие растения и состояние его роста.

Вегетационный период – это временной отрезок, в пределах которого растение проходит полный цикл развития. В зависимости от вида растительности этот период может по-разному характеризоваться. Например, для деревьев это период времени, когда идет активная жизнедеятельность растительности, начиная с распускания почек, и заканчивая опаданием листьев.

На вегетацию влияют следующие факторы:

- Климатические условия;
- Состояние почвы;
- Болезни и патологии растений.

В среднем у древесно-кустарниковой растительности вегетация начинается с установлением средней температуры в $+10^{\circ}\text{C}$. В зависимости от климатических условий, у разных пород может изменяться температура начала активной вегетации. Например, у ели европейской или сосны вегетация может начаться с $+3^{\circ}\text{C}$ [8,9].

3. Оценка древесно-кустарниковой растительности г. Балашов, Саратов и Балаково по разновременным данным дистанционного зондирования

Использовались данные методы исследования в силу того, что ДЗЗ в последнее время является одним из наиболее актуальных и быстроразвивающихся направлений оценки поверхности Земли. Также ДЗЗ

позволяет дать анализ без дорогостоящих полевых работ, что наиболее удобно в силу большой удаленности от объекта исследования.

Для исследования были выбраны города Балашов, Балаково и Саратов в силу того, что это одни из самых крупнейших городов в области и расположены они в различных природных условиях. Также к ним можно было добавить Энгельс, но он расположен близко к Саратову. Данные в таком случае у обоих городов не сильно бы отличались. Все исследуемые города расположены на одной широте. Также они находятся на достаточном удалении друг от друга, что позволяет оценить разницу в климатических условиях. Например, Балаково находится на Левобережье, а Саратов и Балашов в правобережье. Левобережье имеет более равнинный рельеф и малое количество древесно-кустарниковой растительности. А правобережье, наоборот, имеет более холмистую местность и большее количество деревьев. Это находит отражение в том, что на территории правобережья более высокий уровень влаги. Гидротермический коэффициент для правобережья составляет 0,7-1,1, в то время как у Левобережья 0,6. Что также отражается в том, что количество древесно-кустарниковой растительности на правом берегу Волги значительно больше, чем на левом.

Стоит отметить, что все исследуемые города находятся на берегу рек. Саратов и Балаково находятся на берегу р. Волга, а Балашов на берегу р. Хопёр. Он значительно меньше Волги, что отличает Балашов по количеству древесно-кустарниковой растительности.

Источником снимков выступил интернет ресурс EarthExplorer. Он принадлежит геологической службе США. На нем в открытом доступе находится архив космоснимков, который был использован для получения разновременных изображений. Последующая обработка снимков была сделана в программном обеспечении Quantum GIS 2.18. Табличные и графические данные обработаны в MS Excel [10].

Сначала были скачаны снимки с интернет-ресурса EarthExplorer на территорию исследуемых городов. Снимки были взяты на все года в диапазоне с 1989 по 2019 гг., на которых отсутствовала облачность.

На даты, находящиеся в диапазоне с 1989 по 2012 гг. были использованы данные со спутника Landsat 5, а начиная с 2013 г. с Landsat 8. Снимки были взяты не с одного спутника, а с двух в силу того, что время эксплуатации данных спутников отличается. Landsat 5 функционировал в период с 1984 г. по 2013 г., а Landsat 8 Работает с 2013 г. по настоящее время. Снимки были взяты с 6 по 20 июня так, как в этот период наблюдается наибольшая в году вегетация растительности.

После того, как снимки были скачаны и открыты в программе QuantumGIS, производился расчет вегетационных индексов с помощью калькулятора полей в данной программе.

Изначально был произведен расчет индекса NDVI на все даты. Он дает наиболее общую оценку о состоянии растительности. Показатели индекса NDVI меняются в зависимости от плотности (сомкнутости) растительного полога и насыщенности растений хлорофиллом.

Далее был произведен расчет индекса NDWI. Данный индекс свидетельствует о насыщении влагой фитомассы растений. Чем больше влаги в растениях, тем более здоровыми они являются. Чем выше показатель данного индекса, тем более здоровые растения отображаются. Если область распространения данного индекса имеет большое распространение, то ситуация с наличием загрязняющих веществ в городе ниже. Территории распространения данного индекса могут иметь схожие границы с NDVI.

Саратов. Стоит отметить, что у Саратова базовый год достаточно богат на осадки. В 1994 г. осадков было мало и была низкая температура. Можно предположить, что до этого было достаточно жарко и осадков было мало. В 1995 г. скорее всего наоборот, осадков было достаточно, но вегетация и влага в составе растений еще ниже. Скорее всего это может быть связано с высокими температурами и состояние погоды до исследуемого

отрезка времени. В 1996 г. достаточное количество осадков и невысокая температура, что отражается в показаниях индексов. В 1998 и 1999 гг. Высокие температуры и мало осадков, что нашло отражение на низких показателях по обоим индексам. Далее 2005 г. Самый богатый на объем вегетирующей растительности. Опять же сыграли несколько факторов: наличие осадков, низкая температура и в силу больших отличий от большинства показателей скорее всего погода на протяжении всего мая была располагающая.

В 2007 г. среднее кол-во осадков, и в силу низкой температуры вегетация близка к базовым значениям. В 2010 г. Осадков более, чем в 2 раза больше по сравнению с 2007 г., но и средняя температура выше на 7 градусов, что сказалось на меньшей вегетации. В 2011 г. осадки были в кол-во выше среднего, вегетация и насыщение влагой держалось на уровне 70-90% от базовых значений. Далее идет 2015 г. в который наблюдается значительный провал по показателям, хотя температура не особо высокая. Вероятно, связано это с достаточно засушливым сезоном 2015 года.

Балашов. В первые 2 года исследования (1989 и 1994 гг.) нет данных по температуре, но зато большое количество осадков, что отражается на высокой вегетации и насыщении влагой фитомассы растений. Далее в 1995 году выпадает всего 4 мм осадков и погода не совсем холодная за неделю до снимка, что отражается также на вегетации и влаге в составе растительности. В 1996 году опять же с увеличением количества осадков и уменьшением температуры наблюдается повышение вегетации и здоровья растительности. Далее на протяжении 3 лет наблюдается почти полное отсутствие осадков на территории Балашова, что в 1998 и 1999 гг. находит свое отражение в лице растительности. Но в 2000 г. несмотря на то, что осадков за неделю до съемки не наблюдалось вегетация такая же, как в 1989 г., который принят за базовое значение, а насыщение влагой даже чуть выше. Тут стоит принять тот факт, что вегетация и насыщение влагой зависит не только от погодных условий за последнюю неделю, но и за большой промежуток времени. Имеет

значение насколько рано сошел снежный покров, наличие сильных заморозков и сколько было осадков до этого. В целом наблюдается такое отношение, что чем больше осадков и меньше температура, то тем выше будет вегетация и насыщение влагой. При низких температурах влага не так быстро испаряется, а при больших осадках хорошо восполняется. С 2002 г. наблюдается корреляция между погодой и вегетацией. Но в 2015 г. довольно парадоксальные значения. С одной стороны, много осадков и низкие температуры, с другой, низкая вегетация и насыщение влагой. Вероятно, связано это с тем, что все снимки после 2013 года включительно были сделаны не со спутника Landsat 5, а Landsat 8.

Балаково. При условии того, что данных ни по температуре, ни по осадкам до 1997 г. нету, можно лишь предполагать какие погодные условия были. Но на основании предыдущих годов была выявлена основная закономерность. Вегетация растительности повышается при более низких температурах и больших осадках. Если отношение NDWI к NDVI высокое, то скорее всего было много осадков. На основании этого можно предположить, что в 1991 г. скорее всего была высокая температура и мало осадков. В 1992 г. также высокая температура и уже небольшое количество осадков. 1999 г. аналогичен 1991 году. На 1997 год уже есть данные по температуре, она ниже среднего, и судя по значениям 6 столба некоторое количество осадков выпало, но не очень много. Скорее всего в пределах 10 мм. 1998 судя по всему был достаточно жарким. А 1999 г. был скорее прохладным, и с малым количеством осадков. Далее идет 2005 год с небольшим значением температуры и скорее всего с обильными осадками, ибо это единственный год, когда значения индексов почти приблизились к значениям в 2 раза больше базовых. 2007 г., вероятно, похож на 2005 г., только температура должна быть ниже, и с меньшим количеством осадков. 2009 г. и 2019г. достаточно похожи, температуры средние, только в 2019 г., судя по индексу NDWI, осадков было меньше.

Заключение.

В ходе данной магистерской работы были изучены методы дистанционного зондирования земли. Рассмотрено влияние, оказываемое атмосферой на результаты съемки, а также изучены съемочные системы, с помощью которых проходит съемка Земли. Была изучена последующая обработка снимков посредством спектральных вегетационных индексов, а также изучено дешифрирование, как визуальное, так и автоматизированное. Изучено какое влияние на вегетацию растительности могут оказывать различные факторы, включая климат, погоду и антропогенное влияние.

Было проведено исследование древесной и кустарниковой растительности г. Саратов, Балашов и Балаково с помощью ДЗЗ, на основании чего впоследствии были получены данные. С их помощью составлены аналитические материалы в виде табличных и графических данных. На основании чего был сделан вывод, что использование обработанных данных дистанционного зондирования Земли и создание специальных спектральных индексов позволяет облегчить мониторинг древесно-кустарниковой растительности в пределах города. А также значение вегетационных индексов зависит от температуры и количества осадков в пределах территории исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Использование данных ДЗЗ для геоинформационного моделирования территории [Электронный ресурс]: it.nmu.org.ua. – URL: http://it.nmu.org.ua/ua/to_students/files/Види_датчиків.pdf (дата обращения 21.04.2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
2. Электромагнитный спектр [Электронный ресурс]: cordon.in.ua. – URL: https://cordon.in.ua/content/E_spectra.php (дата обращения 17.04.2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
3. Сутырина Е. Н. Дистанционное зондирование земли: учеб. пособие / Е. Н. Сутырина. – М.: ИГУ, 2013. – 165 с.
4. Малышева Н. В. Автоматизированное дешифрирование аэрокосмических изображений лесных насаждений: учеб. Пособие / Н. В. Малышева. – М.: издательство Московского государственного университета леса, 2012. – 154 с.
5. Черепанов А. С. Вегетационные индексы / В. А. Гудков // Журн. Геоматика. 2011., № 2. – С. 98 – 102.
6. Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: учеб. пособие / И. А. Лабутина. – М.: Аспект Пресс, 2004. – 184 с.
7. Способы и методы дешифрирования [Электронный ресурс]: geo.bsu.by. – URL: <https://geo.bsu.by/images/pres/soil/gismapnr/gismapnr05.pdf> (дата обращения 24.05.2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
8. Что такое период вегетации у плодовых деревьев [Электронный ресурс]: deepcloud.ru – URL: <https://deepcloud.ru/articles/chto-takoe-period-vegetatsii-u-plodovyh-derevev/> (Дата обращения 30.05.2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.
9. Вегетационный период пород-лесообразователей [Электронный ресурс]: industrial-wood.ru – URL: <https://industrial-wood.ru/lesovedenie/1001-vegetacionnyy-period-porod-lesoobrazovateley.html> (Дата обращения 29.05.2022). – Загл. с экрана. – Яз. рус.

10. Earthexplorer – Home [Электронный ресурс]: NASA. – URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения 10.03.2022). – Загл. с экрана. – Яз. англ.