



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

(Бакалаврская работа)

На тему «Использование ГИС технологий (ДДЗ) для оценки загрязнения
окружающей среды»

Исполнитель Тимошенко Артур Леонидович

Руководитель д.б.н. Лекомцев Петр Валентинович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

Кандидат географических наук

Алексеев Денис Константинович

«09» 06 2023 г.

Санкт-Петербург

2023

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время из-за плохо контролируемого использования природных ресурсов, быстрого развития производства и большого количества выбросов и сбросов загрязняющих веществ происходят неблагоприятные изменения в экосистемах. За счёт этого появилась необходимость в проведении экологического мониторинга.

Экологический мониторинг – совокупность мероприятий по наблюдению, прогнозированию и оценке состояния окружающей среды, проводимых с целью выявления антропогенных и естественных составляющих в его изменениях. Экологический мониторинг решает следующие задачи:

- Сбор первичной информации, ее накопление, систематизация, анализ и формирование банка данных;
- обработку и представление данных в виде различных таблиц, графиков, карт;
- усовершенствование и разработку методов получения исходной информации, оценка текущего состояния окружающей среды и прогноза;
- анализ причин наблюдаемых и вероятных изменений состояния;
- оперативное обеспечение необходимой информацией всех заинтересованных лиц [1].

Для проведения экологического мониторинга требуются комплексные данные о текущем состоянии и функционировании природных и антропогенных ландшафтов, а также наблюдения за различными компонентами окружающей среды. Помимо этого необходимо учитывать взаимодействие всех компонентов между собой и их реакцию на влияние техногенных факторов, оказывающих негативные последствия. Из-за слишком большой площади и труднодоступных территорий России проведения экологического мониторинга может быть недостаточным для получения точной оценки состояния окружающей среды. Решением данной

проблемы является использование данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ).

Дистанционное зондирование можно определить как метод измерения свойств объектов на земной поверхности, в котором используются данные, полученные с помощью воздушных летательных аппаратов и искусственных спутников Земли [2].

ДЗЗ считается одним из самых эффективных решений в области экологического мониторинга, так как обладает рядом преимуществ. В их число входит:

- Возможность вести наблюдения за отдалёнными областями и районами;
- Большая база данных спутниковых снимков, которые покрывают всю поверхность Земли;
- Высокая информативность космических изображений;
- Широкий охват территории;
- Бесплатное использование;
- Оперативность.

Несмотря на все свои достоинства, этот метод имеет сильную зависимость от облачности и других атмосферных явлений. Поэтому на спутниках используют оборудование, которое предоставляет изображение в различных спектральных каналах. Для получения необходимой информации используют геоинформационные системы (ГИС), которые позволяют обрабатывать, хранить, редактировать, а также визуализировать полученные данные ДЗЗ, сравнивая и комбинируя значения яркости разных каналов.

В данной работе объектом исследования будут служить природные и сельскохозяйственные территории, когда-либо подверженные техногенному загрязнению.

Целью исследования будет являться получение комплексной оценки состояния природных и сельскохозяйственных территорий за разные годы и

их сравнение для обнаружения каких-либо изменений с помощью данных ДЗЗ.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Подобрать определённые вегетационные и иные индексы, пригодные для оценки состояния окружающей среды;
- Выбрать наиболее подходящую для работы платформу по скачиванию данных ДЗЗ;
- Найти и скачать спутниковые снимки за определённый период времени, на которых будет отображена территория исследования;
- Провести дешифровку полученных изображений и создать карты вегетационных и других индексов;
- Рассчитать процентное соотношение состояния растительного покрова для каждой карты;
- Дать заключительную оценку о состоянии исследуемых территорий.

Глава 1. Общие сведения по геоинформационным, дистанционному зондированию земли

1.1 Спутниковые системы, их характеристики и возможность использования получаемых данных для оценки загрязнения окружающей среды

Значительную часть различных антропогенных загрязнений на окружающую среду удобно рассматривать и анализировать на спутниковых снимках. Спутниковые системы дают возможность исследовать промышленные, сельскохозяйственные, городские, природные и многие другие объекты, а также проводить сравнения с другими годами.

Снимки отображают как формы хозяйственной деятельности человека, так и различные, часто неблагоприятные изменения природной среды, связанные с этой деятельностью, – эродированность почв, пастбищную дигрессию, в особенности приколодезное опустынивание, вырубленность лесов, лесные пожары и гари, зоны повреждения растительности дымами промышленных предприятий, сброса промстоков в водоемы, деградации растительности вблизи нефтескважин и линий нефтегазопроводов, загрязнения снежного покрова вокруг городов. Благодаря четкой фиксации таких особенностей природопользования снимки выполняют ревизионную роль, их применяют для контроля отрицательного антропогенного воздействия и действенности мероприятий по рекультивации земель, лесовосстановлению, борьбе с эрозией и т. п., их используют для создания карт экологической оценки территории и прогноза развития экологической ситуации [3].

Изображение данных, полученных с космических датчиков, широко используются для выявления пространственных и временных закономерностей в свойствах основных взаимосвязанных глобальных экологических систем (атмосферы, биосферы, криосферы и океаны). Данные дистанционного зондирования имеют две существенные характеристики. Во-первых, они доступны в цифровой форме, что позволяет управлять ими с

помощью компьютера. Во-вторых, они предоставляют широкий спектр информации, полученной из наблюдений с использованием электромагнитных излучений (ЭМИ) [4].

ЭМИ являются главным отличием данных ДЗЗ от других способов получения информации по экологической обстановке территории. Для проведения экологического мониторинга и решения других проблем, связанных с этим направлением, спутниковые системы используют пассивные и активные методы зондирования.

При использовании активных методов спутник посылает на Землю сигнал собственного источника энергии (лазера, радиолокационного передатчика), регистрирует его отражение. Пассивные методы подразумевают регистрацию отраженной от поверхности объектов солнечной энергии либо теплового излучения Земли. При дистанционном зондировании Земли из космоса используются оптический диапазон электромагнитных волн и микроволновый участок радиодиапазона. Оптический диапазон включает в себя ультрафиолетовый (УФ) участок спектра; видимый участок – синюю (B), зеленую (G) и красную (R) полосы; инфракрасный участок (ИК) – ближний (БИК), средний и тепловой. При пассивных методах зондирования в оптическом диапазоне источниками электромагнитной энергии являются разогретые до достаточно высокой температуры твердые, жидкие, газообразные тела [5].

Модуляция входящих ЭМИ в атмосферу или поверхности суши/моря обеспечивает информацией о характеристиках этой земли, льда и поверхности океана, атмосферы. Например, наблюдения в видимом и ближнем инфракрасных областях спектра используются для оценки "цвета" (например, вызванное присутствием фитопланктона в водах поверхности океана). Тепловые инфракрасные и микроволновые измерения используются для контроля температуры и шероховатости поверхности характеристики почвы и влаги, соответственно. Перекрытие (стерео) изображения в видимом и микроволновом диапазонах, также используемом для получения наборов

цифровых данных, показывает возвышение поверхности использованием фотограмметрических и методы интерферометрии, соответственно.

1.2 Расчёт вегетационных и других индексов на основе спектральных каналов для оценки состояния окружающей среды

На сегодняшний день существует огромное количество (примерно 160) вариаций вегетационных индексов (ВИ). Показатели ВИ создаются на основе полученных спутниковых снимков растительной массы, которая поглощает электромагнитные волны. Каждый индекс выводится эмпирическим путём, основываясь на некоторых свойствах кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Большая часть ВИ рассчитывается как соотношение видимого красного и ближнего инфракрасного каналов, по причине того, что они считаются одними из самых устойчивых участков кривой спектральной отражательной способности растений. Красная зона спектра (0,62-0,75 мкм) показывает максимальное поглощение солнечной радиации хлорофиллом, а ближняя инфракрасная зона (0,75-1,3 мкм) имеет максимум отражения энергии клеточной структурой листа. Из-за этих особенностей можно понять, что чем выше показатель фотосинтетической активности на определённой территории, такой как лес или поле с густой растительностью, тем меньше отражение в красной зоне спектра и больше в инфракрасной. Отношение этих двух спектральных каналов позволяет отделять растительность от других природных и антропогенных объектов. Самыми популярными и часто используемыми вегетационными индексами являются: NDVI, RVI, SAVI. Также кроме них наиболее распространённым считается водный индекс NDWI.

Нормализованный разностный вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI). Простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационный индекс). Один из самых распространённых и используемых

индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова [6].

NDVI рассчитывается по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

где NIR – 8 или 5 спектральный канал (в зависимости от спутника), показывающий ближнюю инфракрасную область излучения;

RED – 4 спектральный канал, показывающий видимую красную область излучения.

Нормализованный разностный водный индекс (Normalized Difference Water Index, NDWI). Используется для определения объектов открытых водных пространств и их выделения на спутниковом снимке на фоне почвы и растительности. Индекс NDWI был предложен Макфитерсом в 1996 году. Сегодня, он применяется для обнаружения и мониторинга малейших изменений в содержании водных объектов. NDWI рассчитывается с использованием комбинации GREEN-NIR (видимый зеленый и ближний инфракрасный), что позволяет выявлять незначительные изменения содержания воды в водоемах. Результатом этого уравнения являются водные объекты, которые имеют положительные значения, в то время как почва и наземная растительность имеют нулевые или отрицательные значения. Выбор этих длин волн основан на максимальных значениях отражательных характеристик водных объектов в зеленом спектре длин волн и минимальных – в ближнем инфракрасном спектре, где растительность и почва имеют максимальные значения. Недостатком данного индекса является чувствительность к строительным конструкциям, которая может приводить к переоценке водных объектов.

Значения NDWI индекса соответствуют следующим диапазонам:

- 0,2-1 – Поверхность воды;

- 0,0-0,2 – Затопление, влажность;
- -0,3-0,0 – Умеренная засуха, наводные поверхности;
- -1--0,3 – Засуха, неводные поверхности [7].

Формула для расчёта NDWI представлена ниже:

$$NDWI = \frac{(GREEN - NIR)}{(GREEN + NIR)} \quad (2)$$

где GREEN – 3 спектральный канал, показывающий видимую зелёную область излучения;

NIR – 8 или 5 спектральный канал (в зависимости от спутника), показывающий ближнюю инфракрасную область излучения.

Относительный вегетационный индекс (Ratio Vegetation Index, RVI). Изменяется от 0 до бесконечности, фиксируя объем зеленой фитомассы и сопутствующие показатели, такие как плотность напочвенного покрова или сомкнутость крон древостоя, обычные значения в диапазоне от 2 до 8 [8].

Впервые был рассмотрен Джорданом в 1969 году. Является одним из самых популярных и известных индексов растительности. Применяется после дешифровки данных ДЗЗ для решения различных задач, например, таких как нивелирование разных эффектов альбедо.

Рассчитать RVI можно по формуле, представленной ниже:

$$RVI = \frac{NIR}{RED} \quad (3)$$

где NIR – 8 или 5 спектральный канал (в зависимости от спутника), показывающий ближнюю инфракрасную область излучения;

RED – 4 спектральный канал, показывающий видимую красную область излучения.

Почвенный вегетационный индекс (Soil-Adjusted Vegetation Index, SAVI). Индекс SAVI был введен для минимизации яркости почвы ученым

Уэте (Huete). Он добавил коэффициент коррекции по почве L в уравнение NDVI, чтобы уменьшить почвенные шумы, которые существенно влияют на результат (влажность почвы, ее цвет, вариабельность грунтов в регионе и т.д.) [9].

Данный индекс зачастую применяется для территорий со скудным растительным покровом, например, таких как пустыни и полупустыни. Главная сложность точного расчёта индекса SAVI заключается в подборе поправочного коэффициента L , так как его нужно вычислять индивидуально для каждой определённой местности. Полученные значения варьируются в пределах от -1 до 1.

Индекс SAVI можно определить по представленной ниже формуле:

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)} * (1 + L) \quad (5)$$

где NIR – 8 или 5 спектральный канал (в зависимости от спутника), показывающий ближнюю инфракрасную область излучения;

RED – 4 спектральный канал, показывающий видимую красную область излучения;

L – коэффициент корректировки подстилающей поверхности, для которого обычно используется оптимальное значение равное 0,5.

1.3 Пригодность индексов для природных и сельскохозяйственных территорий

Для наиболее правдивой оценки состояния окружающей среды необходимы качественные изображения с высоким пространственным разрешением, так как многие вегетационные и другие индексы не способны совершенно точно передать информацию о количестве и концентрации

растительной массы. Данные индексы чаще всего используют в географическом картографировании относительных количеств растительных компонентов. Для расчёта любого вегетационного и иного индекса необходимы высокоточные измерения отражения и поглощения энергии растением, которые показывают мультиспектральные каналы. Если на спутниковом снимке имеются области высокого облачного покрытия или не проводилась атмосферная корректировка, то полученные данные по этим изображениям будут считаться непригодными в использовании и выдадут ошибки при оценке состояния окружающей среды. Поэтому необходимо выбирать изображения в безоблачную погоду для получения наиболее качественных результатов.

Каждая группа индексов имеет свои уникальные способы вычисления оценки наличия или отсутствия растительной массы на заданной территории. В определённых полевых условиях некоторые индексы могут предоставить более точные и верные результаты, в отличие от других, так как будут различаться параметры окружающей среды исследуемых объектов. Исходя из этого, можно сравнивать и подбирать необходимые вегетационные индексы, которые будут больше всего соответствовать определённым территориям. Выбранные для работы индексы будут точнее остальных показывать и отслеживать изменения растительности природных и сельскохозяйственных территорий. Это может существенно улучшить качество полученных результатов и облегчить работу других предстоящих исследований.

Кроме четырёх выбранных индексов, взятых в качестве основных, существует большое количество их аналогов, многие из которых могут дать более точную оценку состояния окружающей среды на исследуемой территории. На сегодняшний день полным ходом идёт разработка проектов по созданию более усовершенствованных спутников, которые оснащены датчиками с улучшенным пространственным и спектральным разрешением.

Всё это даст возможность не только модифицировать старые индексы, но и создавать новые, используя уникальные длины волн спектральных каналов.