**Лекция 1. Историческое развитие методов дистанционного зондирования Земли**

**История аэрофотосъемки.**

**Эволюция спутникового дистанционного зондирования.**

**Основные миссии и технологические достижения в дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ).**

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) — это наблюдение земной поверхности с использованием авиационных и космических аппаратов, оснащенных различными типами съемочной аппаратуры. Диапазон рабочих длин волн, воспринимаемых съемочной техникой, варьируется от долей микрометра (оптическое излучение) до метров (радиоволны). Методы зондирования могут быть пассивными — использовать естественное отраженное или тепловое излучение объектов, и активными — применять искусственное излучение для стимулированной регистрации объектов.

Данные, полученные с космических аппаратов, зависят от прозрачности атмосферы. Поэтому для ДЗЗ используются многоканальные приборы пассивного и активного типа, регистрирующие электромагнитное излучение в разных диапазонах. Первые космические аппараты для ДЗЗ, запущенные в 1960–70 годах, были линейного типа — проекция области измерений на Земле представляла собой линию. Позже появились панорамные приборы, сканирующие полосы поверхности.

ДЗЗ позволяет получать информацию об объектах или явлениях без их физического контакта. В современном понимании этот термин относится к технологиям воздушного и космического зондирования с использованием электромагнитных сигналов для определения, классификации и анализа объектов на земной поверхности, в атмосфере или океане. Активные устройства излучают сигналы, которые регистрируются после отражения. Примером таких устройств являются радары и лидары, которые определяют параметры объектов, включая их расположение и скорость.

Применение ДЗЗ включает мониторинг состояния лесов, наблюдение за ледниками в полярных регионах, измерение глубины океанов и контроль за природными процессами без их нарушения. Кроме того, технологии ДЗЗ используются для исследования природных явлений (например, Эль-Ниньо) и решения задач в геонауках, сельском хозяйстве и национальной безопасности.

**Методы сбора данных**

Основная цель мультиспектральных исследований и анализа данных — выделение объектов и областей, генерирующих энергию, что позволяет отличить их от фона. Например, летом, когда Солнце находится под большим углом к горизонту, условия съемки оптимальны. Исключение составляют активные сенсоры (радар, лидар), которые могут работать независимо от освещенности.

Активные сенсоры обеспечивают возможность зондирования под растительным покровом и съемки в сложных погодных условиях. Например, радары часто применяются в тропиках для съемки влажных лесов, а лидары позволяют получать трехмерные изображения лесных структур и изменений высоты объектов.

**Лекция 2. Характеристики и особенности данных ДЗЗ**

**Типы данных: оптические, радиолокационные, тепловые.**

**Разрешающая способность: пространственная, временная, спектральная.**

**Значимость калибровки и валидации.**

Современные системы ДЗЗ предназначены для мониторинга изменений на земной поверхности. Системы включают два сегмента: космический (орбитальные аппараты, оснащенные съемочной аппаратурой) и наземный (центры управления полетами и обработки данных). Наземный сегмент обрабатывает данные и готовит их для пользователей. Поскольку объем данных, получаемых от ДЗЗ, огромен, их обработка требует значительных интеллектуальных и материальных ресурсов.

Например, электронно-оптические аппараты регистрируют сигналы в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. Эти данные классифицируются на:

* Панхроматические снимки (черно-белые, с высоким разрешением).
* Мультиспектральные снимки (3–7 каналов, ценные для анализа процессов на Земле).
* Гиперспектральные снимки (до 220 каналов, перспективные для научных исследований).

Электронно-оптические аппараты относятся к пассивным устройствам, поскольку зависят от естественного освещения. Радарные аппараты, напротив, являются активными, так как генерируют сигналы самостоятельно, позволяя получать данные независимо от погодных условий.

**Лекция 3. Источники высокоточных данных ДЗЗ**

**Обзор спутниковых программ: Landsat, Sentinel, MODIS.**

**Веб-ресурсы для доступа к данным.**

Для исследовательских целей доступны бесплатные источники спутниковых и аэрофотоснимков. К ним относятся:

1. **USGS Earth Explorer** (https://earthexplorer.usgs.gov): архивы миссии Landsat с 1975 года, данные SRTM и GTOPO30.
2. **Sentinel Open Access Hub** (https://scihub.copernicus.eu): оптические и радиолокационные данные миссий Sentinel.
3. **EO Browser** (https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser): просмотр и сравнение спутниковых изображений в различных спектральных диапазонах.
4. **NASA Earthdata Search** (https://search.earthdata.nasa.gov): данные о биосфере, гидросфере и атмосфере.
5. **NOAA Data Viewer** (https://coast.noaa.gov/dataviewer/): данные о рельефе, землепользовании и спутниковые снимки.

**Лекция 4. Оптические спутниковые изображения**

**Спектральные диапазоны и их применение.**

**Проблемы, связанные с освещением и атмосферными условиями.**

**Примеры анализа оптических изображений.**

Оптические системы позволяют получать снимки в видимом спектре (RGB) и ближнем инфракрасном диапазоне. Такие данные применяются в картографии, сельском хозяйстве и экологии. Однако качество данных зависит от погодных условий и уровня освещенности.

**Лекция 5. Применение радиолокационных спутников**

**Основы технологии радаров с синтезированной апертурой (SAR).**

**Преимущества радиолокационных данных при различных условиях освещения и погоды.**

**Примеры использования в геологии, гидрологии и сельском хозяйстве.**

Радиолокационные технологии ДЗЗ находят широкое применение благодаря независимости от погодных условий и времени суток. SAR позволяет получать высокоточные данные о рельефе, структуре растительности и объектах на поверхности Земли. Например, радары используются для мониторинга лесов, обнаружения наводнений и изучения динамики ледников.

**Лекция 6. Обработка данных дистанционного зондирования**

**Цифровая обработка изображений.**

**Калибровка, фильтрация и коррекция данных.**

**Использование геоинформационных систем (ГИС) для анализа данных.**

Обработка данных дистанционного зондирования (ДЗЗ) включает несколько этапов: радиометрическую, геометрическую и атмосферную коррекцию. Радиометрическая коррекция устраняет искажения, вызванные чувствительностью сенсоров. Геометрическая коррекция исправляет ошибки, связанные с движением спутника и особенностями рельефа. Атмосферная коррекция позволяет устранить влияние атмосферы на данные.

Цифровая обработка изображений осуществляется с помощью специализированных программных средств, таких как ENVI, ERDAS и ArcGIS. Эти программы позволяют:

* Обрабатывать данные в различных спектральных диапазонах.
* Выделять объекты интереса (вода, растительность, почва).
* Создавать тематические карты и анализировать изменения на местности.

**ГИС как инструмент анализа**

Геоинформационные системы (ГИС) используются для интеграции данных ДЗЗ с другой пространственной информацией. Это позволяет:

* Создавать трехмерные модели местности.
* Анализировать пространственные связи между объектами.
* Оценивать изменения окружающей среды и планировать природоохранные мероприятия.

**Лекция 7. Применение ДЗЗ в сельском хозяйстве**

**Мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий.**

**Оценка урожайности и прогнозирование.**

**Оптимизация использования ресурсов.**

ДЗЗ активно используется в сельском хозяйстве для мониторинга состояния растений, оценки плодородия почв и прогнозирования урожайности. С помощью мультиспектральных снимков можно определять зоны стресса растений, вызванные недостатком влаги или питательных веществ. Радиолокационные данные позволяют оценивать влажность почвы независимо от погодных условий.

Использование данных ДЗЗ способствует оптимизации внесения удобрений и рациональному использованию водных ресурсов, что повышает эффективность сельскохозяйственного производства.

**Лекция 8. Применение ДЗЗ в лесном хозяйстве**

**Мониторинг лесного покрова.**

**Выявление изменений и классификация лесов.**

**Оценка биоразнообразия и управление лесами.**

ДЗЗ играет важную роль в управлении лесными ресурсами. Снимки высокого разрешения позволяют определять типы лесов, их плотность и изменения во времени. Например, мультиспектральные данные используются для мониторинга вырубки лесов, обнаружения лесных пожаров и оценки состояния экосистем. Лидарные данные позволяют строить трехмерные модели лесов и измерять высоту деревьев.

**Лекция 9. Оценка природных рисков с использованием ДЗЗ**

**Выявление зон риска.**

**Мониторинг природных катастроф.**

**Прогнозирование и предотвращение последствий.**

ДЗЗ используется для оценки рисков, связанных с природными катастрофами, такими как наводнения, землетрясения, оползни и ураганы. Например, радиолокационные данные позволяют отслеживать изменения рельефа перед землетрясениями, а оптические снимки помогают выявлять пострадавшие районы после наводнений. Эти данные играют важную роль в планировании мер по снижению риска и восстановительных работах.

**Лекция 10. Городское планирование и ДЗЗ**

**Картирование городской застройки.**

**Оценка изменений землепользования.**

**Мониторинг инфраструктуры.**

ДЗЗ предоставляет данные для анализа урбанизации, мониторинга изменения городской застройки и управления инфраструктурой. Например, спутниковые снимки используются для оценки плотности застройки, анализа транспортных потоков и планирования новых районов. Данные ДЗЗ помогают городским планировщикам принимать обоснованные решения.

**Лекция 11. Использование ДЗЗ в водных ресурсах**

**Мониторинг состояния водоемов.**

**Оценка качества воды.**

**Управление водными ресурсами.**

ДЗЗ используется для мониторинга состояния рек, озер и водохранилищ. Например, мультиспектральные данные позволяют выявлять зоны цветения водорослей, а тепловые снимки помогают определять температуры воды. Эти данные полезны для управления водными ресурсами и предотвращения загрязнения.

**Лекция 12. ДЗЗ и климатические изменения**

**Мониторинг изменений климата.**

**Оценка состояния ледников и снежного покрова.**

**Анализ последствий изменений климата.**

ДЗЗ играет ключевую роль в изучении климатических изменений. Например, спутниковые снимки используются для оценки таяния ледников, мониторинга снежного покрова и анализа температуры поверхности земли. Эти данные помогают ученым понимать динамику климатических изменений и разрабатывать адаптационные меры.

**Лекция 13. Применение ДЗЗ в экологии**

**Оценка состояния экосистем.**

**Мониторинг биоразнообразия.**

**Выявление антропогенных воздействий.**

ДЗЗ позволяет оценивать состояние экосистем, выявлять зоны экологического стресса и анализировать антропогенные воздействия. Например, данные о растительности используются для мониторинга обезлесения, а снимки водоемов помогают отслеживать загрязнение. Эти данные важны для разработки стратегий устойчивого развития.

**Лекция 14. Космические технологии и ДЗЗ**

**Спутниковые платформы и их возможности.**

**Современные технологии обработки данных.**

**Перспективы развития ДЗЗ.**

Космические технологии обеспечивают доступ к данным высокого разрешения, которые используются в различных областях, от науки до управления ресурсами. Современные спутники, такие как Landsat и Sentinel, предоставляют данные, которые можно обрабатывать с помощью передовых алгоритмов машинного обучения. Будущее ДЗЗ связано с развитием искусственного интеллекта и улучшением пространственного разрешения.

**Лекция 15. Практические аспекты использования ДЗЗ**

**Программное обеспечение для обработки данных.**

**Интерпретация спутниковых изображений.**

**Примеры успешных проектов.**

Использование ДЗЗ в практике требует владения специализированным программным обеспечением, таким как ENVI, ERDAS и QGIS. Эти инструменты позволяют интерпретировать спутниковые изображения и создавать аналитические карты. Успешные проекты ДЗЗ включают мониторинг землепользования, управление водными ресурсами и оценку экологических рисков.