

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА

Романова М.А., Трефилов П.М., Шевченко А.В., Исхаков А.Ю., Мамченко М.В.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия,

г. Москва, ул. Профсоюзная д.65

rma-rda@yandex.ru, petertrfi@gmail.com, iskhakovandrey@gmail.com, markmamcha@gmail.com,

Ищук И.Н., Долгов А.А.

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,

Россмя, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков 54А.

Russiaboerby@rambler.ru, alexdolgov88-08@rambler.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается модель поиска тепловых аномалий в среде с применением БПЛА. Используемая модель позволяет выявить как скрытые источники тепловых полей, так и дать прогноз влияния техногенного объекта на экологическую обстановку среды. Представлен результат компьютерного моделирования распределения тепловых полей в анизотропной переменнно-насыщенной пористой среде, обеспечивающий количественными и качественными параметрами мониторинга объекта наблюдения.

Ключевые слова: экологический мониторинг, температурное поле, анизотропная переменнно-насыщенная пористая среда (почва), БПЛА.

Введение

Деятельность человека оказывает ощутимое воздействие на окружающую среду. Для обеспечения экологической безопасности необходим своевременный контроль её состояния. Особенно важно иметь источник объективной и подробной информации о состоянии природной среды в густонаселенных областях и вокруг экологически опасных объектов.

В настоящее время мониторинг состояния природной среды в зоне воздействия производственных объектов минерально-сырьевого комплекса проводится контактными и неконтактными (дистанционными) методами. К контактным методам относится мониторинг, который выполняется на стационарных постах наблюдения и маршрутными исследованиями. Дистанционные методы представлены аэро- и космомониторингом, лидарным зондированием и другие [1,2].

1 Экологический мониторинг

Современные дистанционные методы исследования с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) дают возможность проводить экологическую оценку территорий независимо от их удаленности и дорожной доступности. Основной задачей БПЛА является автоматизация организационных процессов, связанных учётом природных ресурсов и мониторинг экологической обстановки. Их применение позволяют быстро, просто и эффективно отслеживать природные и антропогенные процессы, выявлять источники загрязнений и планировать природоохранные мероприятия.

Произведенное с помощью БПЛА дистанционное зондирование земной поверхности позволяет получить оценку свойств почвы и содержание влаги. С помощью полученной измерительной информации можно получить распределение тепловых полей не только на самой земной поверхности, но и на несколько метров вглубь неё. Дистанционное зондирование почвы и почвенной влаги осуществляется с помощью видимых, инфракрасных (ближних и тепловых), микроволновых и гамма данных. Однако, для этих целей целесообразно применять методы с использованием видимой и ближней инфракрасной области спектра, основанные на измерении отраженной солнечной радиации, поскольку многочисленные сопутствующие шумы мешают интерпретировать полученные данные. Методы теплового инфракрасного излучения основаны на отношении дневного цикла

температуры и влажности почвы, которые зависят от типа почвы и в основном ограничены условиями голых почв.

В этой статье применяется метод теплового инфракрасного излучения, основанный на зависимости цикла солнечной радиации и температуры почвы. Данный метод позволит выявить тепловые аномалии в анизотропной переменнно-насыщенной пористой среде. Качественные данные в инфракрасном диапазоне получены с помощью БПЛА.

2 Постановка задачи

Основной задачей является поиск тепловых аномалий с помощью БПЛА в неомогенной ортотропной среде (почве). Используем методику теплового инфракрасного излучения. Для этого оснастим БПЛА камерой, работающей в инфракрасном диапазоне. При проведении дистанционного мониторинга БПЛА с системой многоспектральных оптикоэлектронных средств получают множество пространственно-временных ИК-изображений радиационного температурного поля поверхности района дистанционного мониторинга - кубоид ИК-изображений. на основе численного решения коэффициентно-обратной задачи теплопроводности путем решения многопараметрической оптимизационной задачи [3] каждый пиксель изображения тепловой томограммы строится путем минимизации функционала невязки между измеренными тепловизионным приемником значениями температур на участке местности и рассчитанными математически. В процессе оптимизации для каждого пикселя томограммы определяются значения эффективной теплопроводности - основного теплофизического параметра, определяющего значение температуры на поверхности и внутри объектов аэрофотосъемки.

Для определения значений температур в анизотропной переменнно-насыщенной пористой среде с разрывными коэффициентами в условиях теплообмена на границе с окружающей средой исследуется на основе решения краевой задачи для конвекционно-диффузионного уравнения. В ходе решения этой задачи задаются краевые условия, учитывающие уравнение теплового баланса и сопряжения слоистых сред. Таким образом на выходе можно получить тепловую томограмму с учетом органической глубины почвы.

3 Математическое моделирование распределения температурных полей поверхности при дистанционном мониторинге с БПЛА. Решение рассматриваемой задачи возможно с помощью различных сред математического моделирования и программирования, таких как SolidWorks, TAITherm, Comsol, Flow3D, HYDRUS1D.

Для решения данной задачи наиболее целесообразным является использование пакета математического моделирования одномерного движения воды, тепла и множества растворов в переменнно-насыщенных средах HYDRUS1D, так как он позволяет рассчитывать распределения температурных полей вглубь поверхности почвы; учитывать состояние почвы (влажность), а также метеорологические условия проведения эксперимента. Совместное использование данного пакета с дополнительными модулями математической обработки данных среды MATLAB позволяет получать распределения температурных полей по всей поверхности почвы в течение заданного временного интервала.

В результате компьютерного моделирования с применением генетического алгоритма был произведен расчет распределения температурного поля грунта на его поверхности и в глубину до 1 м. Результаты расчета проведены на рис. 1.

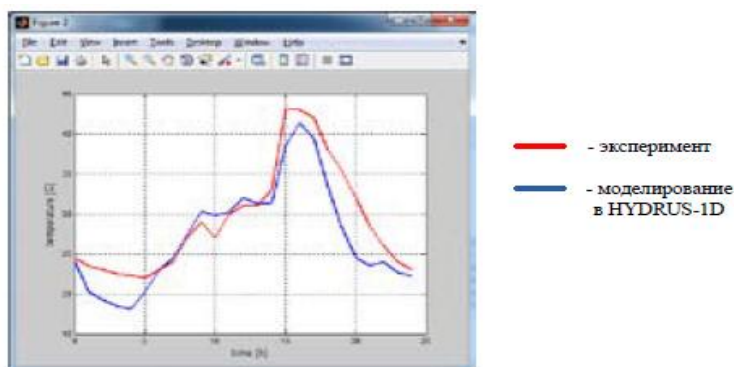


Рис. 1. Распределение температурного поля на поверхности земли в течение суток

Сравнительный анализ экспериментального и моделируемого распределения температурных полей на поверхности грунта показал, что расчет произведен с достаточной точностью, относительная погрешность мала и составила менее 10%.

Выводы

Таким образом, произведена постановка задачи на расчет пространственного распределения температурных полей в негетерогенной ортотропной переменнно-насыщенной среде. В ходе расчета были получены пространственные распределения температур на поверхности грунта в течение суток. Точность произведенного расчета подтверждается экспериментальными данными (относительная погрешность составила менее 10%), что свидетельствует об адекватности примененной для расчета математической модели.

Литература

1. Пашкевич М.А., Смирнов Ю.Д., Данилов А.С. Оценка качества окружающей среды с применением малогабаритных беспилотных летательных аппаратов. – Записки Горного института. 2013. с 269-271.
2. Киселевская К. Е. Применения метода дистанционного зондирования Земли для экологического мониторинга // ГИАБ. 2009. №1. 188-190с.
3. Ицук И.Н., Филимонов А.М., Долгов А.А., Степанов Е.А., Тяпкин В.Н. Алгоритм совместной обработки многоспектральных изображений по данным воздушной съемки с беспилотных летательных аппаратов. – Промышленные АСУ и контроллеры. 2018.- № 10.- 27-34с.