

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

**Пространственно-временные вариации альbedo и поглощенной солнечной
радиации в муссонных регионах**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 411 группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Ващенко Елены Вячеславовны

Научный руководитель

доцент, к.г.н.

М.Ю. Червяков

Заведующий кафедрой

д.ф.-м.н.

М.Б. Богданов

Саратов 2018

Во введении обоснована актуальность проблемы изучения пространственно-временных вариаций альbedo и поглощенной солнечной радиации в муссонных регионах, изложена структура работы, сформулированы цели работы.

Целью данной работы является анализ пространственно-временных вариаций величин альbedo и поглощённой солнечной радиации по среднемесячным картам, широтное распределение альbedo и поглощённой солнечной радиации, временные вариации величин составляющих РБЗ над территорией воздействия Юго-Восточного Азиатского муссона.

Для достижения цели работы, проводился анализ пространственно-временных вариаций величин альbedo и поглощённой солнечной радиации по среднемесячным картам, временные вариации величин составляющих РБЗ над территорией воздействия Юго-Восточного Азиатского муссона, было проведено построение графиков с помощью программы «IKOR» и Excel и был проведен их анализ, было проведено построение карт глобальных распределений среднемесячных значений альbedo и поглощённой солнечной радиации.

Работа состоит из двух разделов. Первый раздел называется «Спутниковые измерения составляющих радиационного баланса Земли». Второй раздел называется «Пространственно-временные изменения величин составляющих РБЗ по данным гидрометеорологических спутников «Метеор-М» № 1 и «Метеор-М» № 2».

Муссон — макромасштабный режим воздушных течений над значительной частью земной поверхности, отличающийся высокой повторяемостью одного преобладающего направления ветра в течение как зимнего, так и летнего сезона, но с резким изменением этого преобладающего направления (на противоположное или близкое к противоположному) от одного сезона к другому. Первоначальной причиной возникновения муссонов является различие в нагревание материков и океанов в течение года. Классическая теория муссонов выделяет термические условия как основную

причину их возникновения. Их развитие зависит от формы континентов, от рельефа, а также от условий циркуляции в верхней тропосфере.

Структуры муссонных областей связана с изменением положения и интенсивности центров действия атмосферы. Выделяют три муссонные зоны: тропическую, располагающуюся между 20° с.ш. и 20° ю.ш.; две субтропические, которые размещаются между 30° и 40° ш. в обоих полушариях, зону умеренных широт и полярную зону.

Муссоны зонально размещаются вдоль тех частей тропической зоны, где имеют место достаточно заметные изменения температуры и, следовательно, давление между морем и сушей и морем в зимний и летний сезоны. Зональность нарушается только на востоке Азии. Там образуется меридиональная полоса муссонов, которая является результатом слияния и усиления трех зон.

В первом разделе рассматриваются современные международные спутниковые проекты по измерению составляющих РБЗ, спутниковые измерения уходящей (инфракрасная, тепловая) длинноволновой радиации, измерение отраженных потоков коротковолновой радиации с помощью радиометров ИКОР-М, алгоритм обработки данных ИКОР-М о составляющих радиационного баланса Земли и расчет среднемесячных значений альбеда.

Важным проектом является CERES (Clouds and the Earth's Radiant Energy System) — система изучения облачности и излучения Земли. Первый прибор CERES был успешно запущен на борту спутника для измерения тропических осадков в ноябре 1997 года. Съёмочная система предназначена для изучения влияния облачного покрова на радиационный баланс Земли. Данные CERES могут быть использованы для оценки радиационных эффектов и климатического воздействия, стихийных бедствий, таких как извержения вулканов, крупные наводнения и засухи. Набор долгосрочных данных создаст основу для научного понимания механизмов и факторов, таких как облачная / климатическая обратная связь, которые определяют долгосрочные изменения климата и тенденции.

Научным обоснованием измерения CERES могут быть сведены к трем утверждениям:

а) Изменение радиационного баланса энергии система Земля-атмосфера может стать причиной долгосрочных изменений климата (например, углекислый газ, вызывает глобальное потепление)

б) Помимо систематических суточных и сезонных циклов поступающей солнечной энергии, изменения в свойствах облака (высота оптической толщины) вызывают крупнейшие изменения радиационного баланса энергии земли

в) Физика облаков является одним из самых слабых компонентов современных климатических моделей, используемых для прогнозирования потенциального глобального изменения климата

CERES преследует четыре основные цели:

а) Анализ изменения климата позволяет продолжить регистрацию радиационных потоков в верхней части атмосферы, проанализированную с использованием тех же алгоритмов, которые дали данные ERBE

б) Удвоить точность оценок радиационных потоков и земной поверхности

в) Предоставить первые долгосрочные глобальные оценки радиационных потоков в земной атмосфере

г) Дать оценку облачности, которые согласуются с радиационными потоками с поверхности на поверхность

Изучение радиационного баланса Земли со спутников представляет большой практический интерес, так как он является одним из основных климатообразующих факторов нашей планеты. Большая часть инструментальных измерений компонентов РБЗ выполнена за рубежом.

Наиболее известными спутниками по измерению составляющих РБЗ за рубежом являются Terra и Aqua. Космические аппараты Terra и Aqua являются частью комплексной программы NASA EOA (Earth Observing System), направленной на исследование Земли и состоящей из трех специализированных

спутников Terra, Aqua и Aura, предназначенных для исследования суши, воды и атмосферы соответственно. Космический аппарат (КА) Terra запущен NASA 18 декабря 1999 г. с авиабазы Ванденберг (США). Спутник находится на солнечно-синхронной полярной орбите высотой 705 км. Космический аппарат Aqua был запущен 4 мая 2002 г. с авиабазы Ванденберг (США). Aqua был вторым спутником (после Terra), запущенным в рамках программы NASA Earth Observing System. Спутник выведен на околополярную солнечно-синхронную орбиту высотой 705 км. Приборы, установленные на ИСЗ Aqua, предназначались для изучения свойств облачного покрова и определения температуры воды в морях, а также температуры атмосферы Земли и ее влажности, такие же, как и на ИСЗ Terra: MODIS, CERES.

Одним из ключевых инструментов американских спутников серии EOS является спектрорадиометр MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). MODIS, установленный на спутниках Terra и Aqua, имеет 36 спектральных каналов с 12-битным радиометрическим разрешением в видимом, ближнем, среднем и дальнем ИК-диапазонах, и позволяет производить регулярную съемку одной территории с пространственным разрешением до 250 м.

Прибор MISR (Multi-angle Imaging Spectro-Radiometer) — многоугловой сканирующий спектрорадиометр, позволяющий определять отражательные характеристики объектов в девяти разных направлениях. Изменение отражения света при разных углах наблюдения позволяет распознавать различные типы атмосферных аэрозолей, форму облаков, покровы поверхности суши. При привлечении стереоскопических методов анализа изображений возможно наблюдение пространственных моделей местности и структур облачности.

17 сентября 2009 г. с космодрома «Байконур» был осуществлен запуск «Метеор-М» № 1. «Метеор-М» № 1 – первый космический аппарат создаваемого ФГУП «НПП ВНИИЭМ» комплекса гидрометеорологического и океанографического обеспечения «Метеор-3М», предназначенного для получения космической информации дистанционного зондирования Земли в

интересах оперативной метеорологии, гидрологии, агрометеорологии, мониторинга климата и окружающей среды, в том числе околоземного космоса. На этом спутнике установлена аппаратура ИКОР - «Измеритель коротковолновой отраженной радиации», созданная в СГУ под руководством Ю.А. Склярова. Прибор входит в гелиогеофизический аппаратный комплекс ГГАК-М. Первые регулярные данные со спутника стали поступать в ноябре 2009 года. Радиометр ИКОР предназначен для спутникового мониторинга уходящей отраженной коротковолновой радиации, являющейся одной из составляющих радиационного баланса Земли и альbedo системы Земля-атмосфера. Данная информация может быть использована в различных моделях долгосрочных прогнозов погоды и исследованиях трендов изменения климата, а также для получения величин поглощенной солнечной радиации. Прием данных информации со спутника «Метеор-М» № 1 производится в Научном центре оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ). Дважды в сутки осуществляется приём и декодирование информации с прибора ИКОР-М, которая затем архивируется в ZIP - файлы и записывается на FTP- сервер.

Радиометр ИКОР-М предназначен для измерений уходящей коротковолновой радиации на верхней границе атмосферы (ВГА). Это дает возможность получать значения альbedo и поглощенной солнечной радиации, как составляющих радиационного баланса Земли, и осуществлять их мониторинг. Данный прибор третьего поколения создан в виде единого автономного блока, включающего в себя собственно приемник излучения и электронную систему управления.

В Саратовском государственном университете осуществляется регулярный прием и накопление данных радиометра ИКОР с FTP –сервера НЦ ОМЗ. На первом этапе обработки с помощью ПО «SSU Decoder», производится декодирование данных, записанных НА ИСЗ при помощи «Блока накопления данных», который разработан специалистами Специального конструкторского бюро космического приборостроения (СКБ КП) ИКИ РАН и отвечает за накопление гелио-геофизических данных на спутнике, т.е. разбирает

информационные кадры «Блока накопления данных», проверяет их соответствие контрольным суммам (при необходимости). Затем, производится первичная отбраковка данных, декодируются информационные кадры радиометра ИКОР, которые сортируются в хронологическом порядке при сбоях, связанных с помехами при передачи данных со спутника, а также производится привязка всех измерений ИКОР к бортовым дате и времени. На втором этапе обработки данных производится привязка каждого измерения к телеметрической информации. Эти данные сохраняются в виде двоичных файлов в банк данных. Банк данных представляет собой автоматически формируемый и структурированный набор каталогов и файлов данных, в так же дополнительных файлов, содержащих вспомогательную информацию о хранимой в банке данных информации для удобства анализа и доступа к данным. Третий этап обработки данных производится с помощью ПО «IKOR Archive Viewer for Meteor-M Satellite», которое используют в качестве источника банк данных, формируемый на предыдущем этапе. На этом этапе производится получение мгновенных физических величин УКР и альbedo, привязанных к уровню верхней границе атмосферы (ВГА). Затем производится расчёт среднесуточных и среднемесячных величин альbedo, поскольку они являются климатологически значимыми. Альbedo практически всех сцен имеет большую зависимость от величины зенитного угла Солнца (ЗУС). Измерение производится при конкретном значении ЗУС, а над любой площадкой в течение суток (от восхода до захода Солнца) величина ЗУС изменяется в широких пределах. Все указанные выше величины рассчитываются в динамике и не хранятся в банке данных. На данном этапе обработки также производится расчёт среднемесячных данных УКР, альbedo и поглощенной солнечной радиации на уровне ВГА. Для этого используется массив ячеек равных по площади, на которые разбивается вся поверхность Земли. Обычно применяется ячейки 5x5 или 2,5x2,5 (около экватора). С увеличением широты количество ячеек в каждой широтной зоне уменьшается. Далее ПО анализирует все мгновенные измерения в течение месяца и определяет, к какой ячейки

относится центр поля зрения данного мгновенного измерения. Программа позволяет строить карты составляющих радиационного баланса (альbedo, поглощенная радиация) по мгновенным и среднемесячным значениям, как в глобальном масштабе, так и по отдельным регионам. Основная цель настоящей программы – получение среднемесячных значений альbedo и поглощенной радиации, широтных распределений этих величин, глобальных значений альbedo и поглощенной радиации и оценка их вариаций, то есть мониторинг альbedo и поглощенной радиации, их воздействие на изменение климата 8 июля 2014 года с космодрома Байконур был запущен второй российский гидрометеорологический спутник «Метеор-М» № 2, на котором также установлена аппаратура ИКОР-М.

Второй раздел посвящен пространственно-временному изменению величин составляющих РБЗ по данным гидрометеорологических спутников «Метеор-М» № 1 и «Метеор-М» № 2. Проведён анализ пространственно-временных вариаций величин альbedo и поглощенной солнечной радиации по среднемесячным картам в 2009 – 2018 гг. Проанализированы данные с ИСЗ «Метеор-М» № 1 в виде карт среднемесячных распределений величин альbedo и поглощенной солнечной радиации в 2013 году. Выявлены максимумы и минимумы значений. Проведен анализ широтного распределения альbedo и поглощённой солнечной радиации на материках, глобальное, в Мировом океане использовались шаблоны, которые были выполнены в программе «IKOR_Archive_Viewer» для глобального, для материков, Мирового океана по программе «IKOR_Fields_Editor».

Были рассмотрены временные вариации величин составляющих РБЗ над территорией воздействия Юго-Восточного азиатского муссона.

Регион Юго-Восточной Азии испытывает постоянное влияние Восточноазиатского муссона, который делится на теплый и влажный муссон летом и холодный и сухой зимний муссон. Именно летний Восточноазиатский муссон, во время которого развивается облачность над данным регионом, обуславливает столь высокие значения альbedo над ним. Летний

Восточноазиатский муссон следует воспринимать как целую систему муссонов. Их воздействия по-разному проявляются в разных регионах, ISM (the Indian summer monsoon – Индийский летний муссон), WNPSM (the western North Pacific summer monsoon – западный Северно-Тихоокеанский летний муссон) и EASM (the East Asian summer monsoon – Восточноазиатский летний муссон).

Для этих регионов были рассчитаны среднемесячные значения альбедо за период 2009–2018 гг. Режим альбедо для каждого из рассматриваемых регионов различен. Зона EASM (the East Asian summer monsoon – Восточноазиатский летний муссон) характеризуется самыми высокими значениями альбедо в течение рассматриваемого периода, так как над этим регионом развивается облачность. Максимальные значения отмечаются в июне и составляют 43-45%, минимальные значения отмечаются в январе и составляют 20-23%. Хорошо заметен сезонный ход альбедо. В зоне WNPSM (the western North Pacific summer monsoon – западный Северно-Тихоокеанский летний муссон) сезонный ход альбедо выражен не значительно. Максимальные значения составляют 37%, а минимальные значения составляют 20%. Самая большая вариация величин альбедо в течение года наблюдается над зоной ISM (the Indian summer monsoon – Индийский летний муссон). Здесь амплитуда годовых колебаний составляет 15%. Максимальные значения отмечаются в июле и составляют 30-35%, минимальные значения в феврале и их значения 15-17%.

Режим поглощённой солнечно радиации для каждого из рассматриваемых регионов различен. Зона ISM (the Indian summer monsoon – Индийский летний муссон) характеризуется самыми высокими значениями поглощённой солнечной радиации. Максимальные значения отмечаются в апреле-мае и составляют 370-390 Вт/м², минимальные значения отмечаются в декабре и составляют 260 Вт/м². В зоне WNPSM (the western North Pacific summer monsoon – западный Северно-Тихоокеанский летний муссон) максимальные значения наблюдаются в мае и составляют 350 Вт/м², минимальные значения отмечаются в декабре и составляют 200-230 Вт/м². Самая большая вариация

величин наблюдается над зоной EASM (the East Asian summer monsoon – Восточноазиатский летний муссон). Максимальные значения отмечаются в летние месяцы и составляют 330-340 Вт/м², минимальные значения отмечаются в зимние месяцы и составляют 160 Вт/м².

В заключении приведены основные результаты бакалаврской работы.

1 Изучена и применена методика расчетов среднемесячных значений альbedo и поглощённой солнечной радиации по данным спутниковых измерений

2 Проведён анализ пространственно-временных вариаций величин альbedo и поглощенной солнечной радиации по среднемесячным картам в 2009 – 2018 гг.

По карте среднемесячного распределения величин альbedo в марте видно, что наиболее высокие значения наблюдаются над Гренландией и составляют 40-45%, самые низкие значения наблюдаются над океанами и составляют 10-15%.

Над регионом Юго-Восточной Азией во всех зонах наблюдаются низкие значения и составляют 15%. По карте среднемесячного распределения величин поглощённой солнечной радиации в июне видно, что максимальные значения наблюдаются над океанами и составляют 400 Вт/м², так как это связано с тем, что в северном полушарии лето и приход солнечной радиации там больше, а минимальные значения наблюдаются в южном полушарии так как там зима.

Над регионом Юго-Восточной Азией во всех зонах значения составляют 320-360 Вт/м².

3 Рассчитаны широтное распределение альbedo и поглощённой солнечной радиации. На графике распределения альbedo по спутнику «Метеор-М» № 2 максимум и составляет 0,31 %, а по спутнику «Метеор-М» № 1 составляет 0,30%. Минимум по спутнику «Метеор-М» № 1 составляет 0,26%, а по спутнику «Метеор-М» № 2 составляет 0,22%. На графике распределения альbedo на материках по спутнику «Метеор-М» № 1 максимальное значение составляет 0,45 %. Минимум по спутнику «Метеор-М» № 1 составляет 0,3 %, а по спутнику «Метеор-М» № 2 меньше 0,2%. На графике распределения альbedo в Мировом океане по спутнику «Метеор-М» № 1 максимальное значение составляет 0,35 %, по спутнику «Метеор-М» № 2 максимальное значение

составляет 0,37%. Минимум по спутнику «Метеор-М» № 1 составляет 0,2 %, а по спутнику «Метеор-М» № 2 достигает 0,15%. На графике распределения поглощённой солнечной радиации значения по спутнику «Метеор-М» № 1 и «Метеор-М» № 2 составляют 360 Вт/м². Минимум по спутнику «Метеор-М» № 1 составляет 120 Вт/м² по спутнику «Метеор-М» № 2 достигает 50 Вт/м². На графике распределения поглощённой солнечной радиации значения по спутнику «Метеор-М» № 1 составляют 340 Вт/м², по спутнику «Метеор-М» № 2 составляют 330 Вт/м². Минимум по спутнику «Метеор-М» № 1 и «Метеор-М» № 2 составляют 140 Вт/м². На графике распределения поглощённой солнечной радиации в Мировом океане значения по спутнику «Метеор-М» № 1 составляют 360 Вт/м², по спутнику «Метеор-М» № 2 составляют 370 Вт/м². Минимальные значения по спутнику «Метеор-М» № 1 и «Метеор-М» № 2 составляют 130 Вт/м².

4 Рассчитаны временные вариации величин составляющих РБЗ над территорией воздействия Юго-Восточного азиатского муссона. На рисунке 22 представлен график временного изменения величин альбедо для этих трех зон. Режим альбедо для каждого из рассматриваемых регионов различен. Зона EASM (the East Asian summer monsoon – Восточноазиатский летний муссон) характеризуется самыми высокими значениями альбедо в течение рассматриваемого периода, так как над этим регионом развивается облачность. Максимальные значения отмечаются в июне и составляют 43-45%, минимальные значения отмечаются в январе и составляют 20-23%. Хорошо заметен сезонный ход альбедо. В зоне WNPSM (the western North Pacific summer monsoon – западный Северно-Тихоокеанский летний муссон) сезонный ход альбедо выражен не значительно. Максимальные значения составляют 37%, а минимальные значения составляют 20%. Самая большая вариация величин альбедо в течение года наблюдается над зоной ISM (the Indian summer monsoon – Индийский летний муссон). Здесь амплитуда годовых колебаний составляет 15%. Максимальные значения отмечаются в июле и составляют 30-35%, минимальные значения в феврале и их значения 15-17%. На рисунке 23

представлен график временного изменения величин поглощённой солнечной радиации для этих трех зон. Режим поглощённой солнечной радиации для каждого из рассматриваемых регионов различен. Зона ISM (the Indian summer monsoon – Индийский летний муссон) характеризуется самыми высокими значениями поглощённой солнечной радиации. Максимальные значения отмечаются в апреле-мае и составляют 370-390 Вт/м², минимальные значения отмечаются в декабре и составляют 260 Вт/м². В зоне WNSPM (the western North Pacific summer monsoon – западный Северно-Тихоокеанский летний муссон) максимальные значения наблюдаются в мае и составляют 350 Вт/м², минимальные значения отмечаются в декабре и составляют 200-230 Вт/м². Самая большая вариация величин наблюдается над зоной EASM (the East Asian summer monsoon – Восточноазиатский летний муссон). Максимальные значения отмечаются в летние месяцы и составляют 330-340 Вт/м², минимальные значения отмечаются в зимние месяцы и составляют 160 Вт/м².