

времени около одного года. Тем не менее, наши оценки $h(t)$ не подтверждают значения τ , полученные Локвудом [6] и лучше согласуются с данными работы [4].

Предложенная нами методика восстановления $h(t)$ не налагает жестких модельных ограничений на вид ЗКС. Она может быть динамической системой первого порядка или совокупностью таких независимых подсистем с разными постоянными времени. Результаты восстановления $h(t)$ показывают, что она представляет собой быстро убывающую функцию со средней эквивалентной постоянной времени $\tau = 1.04 \pm 0.17$ мес. Чувствительность ЗКС к изменению радиационного воздействия на ВГА на интервале времени до 100 мес. оказывается равной $\lambda = 0.41 \pm 0.05 \text{ K } \text{Bm}^{-1} \text{m}^2$. При величине радиационного воздействия 3.7 Bm m^{-2} , соответствующего удвоению содержания CO_2 в атмосфере, это дает увеличение глобальной температуры на $1.5 \pm 0.2 \text{ K}$, что вдвое ниже наиболее вероятного значения, принятого IPCC [3].

Библиографический список

1. Мохов И.И., Смирнов Д.А. Диагностика причинно-следственной связи солнечной активности и изменений глобальной приповерхностной температуры Земли. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2008. Т. 44. № 3. С. 283—293.
2. Тихонов А.Н., Гончарский А.В., Степанов В.В., Ягола А.Г. Регуляризирующие алгоритмы и априорная информация. М.: Наука, 1983. 200 с.
3. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds: (S. Solomon et al.) Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2007. 996 pp.
4. Douglass D. H., Clader B. D., Knox R. S. Climate sensitivity of Earth to solar irradiance: update. // Paper presented at 2004 Solar Radiation and Climate (SORCE) meeting on Decade Variability in the Sun and the Climate, Meredith, New Hampshire, 27–29 October 2004. P. 1—16 (<http://arxiv.org/abs/physics/0411002>).
5. Fröhlich C. Solar Irradiance Variability Since 1978: Revision of the PMOD Composite During Solar Cycle 21. // Space Science Rev. 2006. V. 125. P. 53—65.
- ✓ 6. Lockwood M. Recent changes in solar outputs and the global mean surface temperature. III. Analysis of contributions to global mean air surface temperature rise. // Proc. Royal Soc. A. 2008. V. 464. P. 1387—1404.
- ✓ 7. Smith T.M., Reynolds R.W., Peterson T.C., Lawrimore J. Improvements to NOAA's historical merged land-ocean surface temperature analysis (1880–2006). // J. Climate, 2008. V. 21. P. 2283—2296.
- ✓ 8. Schwartz S.E. Reply to comments by G.Foster et al., R.Knutti et al., and N.Scafetta on “Heat capacity, time constant, and sensitivity of Earth’s climate system”. // J. Geophys. Res. 2008, V. 113. D15105, doi:10.1029/2008JD009872.

Ю.А. Скляров, В.М. Фейгин, В.А. Воробьев,
А.И. Котума, Н.В. Семенова, М.Ю. Червяков

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ СО СПУТНИКА «МЕТЕОР-М» №1

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского,
kafmeteo@sgu.ru

17 сентября 2009 г. был запущен Российский метеорологический спутник «Метеор-М» №1. На этом спутнике установлена аппаратура ИКОР—«Измеритель коротковолновой отраженной радиации», созданная в СГУ под руководством Ю.А. Склярова. Ранее данная аппаратура работала в рамках совместных российско-французских экспериментов на спутниках «Метеор-3» №7 (1994—1995 гг.) и «Ресурс-01» №4 (1998—1999 гг.). Прибор входит в гелиогеофизический аппаратурный комплекс ГГАК-М.

Радиометр ИКОР предназначен для спутникового мониторинга уходящей отраженной коротковолновой радиации, являющейся одной из составляющих радиационного баланса Земли и альбедо системы Земля-атмосфера [1,4]. Данная информация может быть использована в различных моделях долгосрочных прогнозов погоды и исследованиях трендов изменения климата, а также для получения величин поглощенной солнечной радиации.

Первые регулярные данные со спутника стали поступать в ноябре 2009 года. По состоянию на 1 июля измерения проведены в течение 228 наблюдательных суток. Отсчёты производятся ежесекундно. За каждые сутки спутник совершает 14 витков, таким образом, уже получена информация с 3149 витков. В среднем за месяц спутник совершает около 430 витков.

Таким образом, уже получен достаточно большой массив данных, обеспечивающих глобальное покрытие, что позволяет решать различные задачи по оценке распределения величин УКР и альбедо, в том числе и построение карт.

Следует отметить, что условия наблюдений со спутника «Метеор-М» №1 аналогичны условиям наблюдений со спутника «Ресурс-01» №4. Основные параметры орбиты обоих спутников незначительно отличаются друг от друга.

Спутник «Метеор-М» №1 был выведен на околокруговую гелиосинхронную орбиту со следующими параметрами: наклон к плоскости экватора i равен $98,786^\circ$, средняя высота над поверхностью Земли 832 км, период обращения 101,307 мин, угловое расстояние ω по экватору между исходящим узлом орбиты и кругом склонения Солнца приблизительно равно $27,3^\circ$, скорость движения спутника по орбите составляет ≈ 7 км/с. Пересечение экватора в исходящем узле около 9 часов, в восходящем — около 21 часов местного солнечного времени. Период повторения геометрических условий наблюдений со спутника «Метеор-М» №1 4,67 суток. При осреднении наблюдений за месяц части поверхности, заключенные между соседними витками, покрываются наблюдениями примерно 6,4 раз, т.е. условия для осреднения наблюдений, например, в ячейках $5^\circ \times 5^\circ$, вполне приемлемы. В связи с тем, что угловой диаметр поля зрения (ПЗ) ИКОР для ИСЗ «Метеор-М» №1 в геоцентрических координатах составляет $8,8^\circ$, а угловая скорость $3,55$ град/мин, спутник проходит поле зрения за 2,5 минуты. Отсчеты делаются каждую секунду, следовательно, в пределах ПЗ ИКОР укладывается 144 отсчета. Период изомаршрутности (повторения трассы) осуществляется через 14 суток, что соответствует 199 виткам [1].

Приём 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. Эти файлы данных содержат величины информационных кадров ИКОР и его температуры с частотой — 1 измерение в секунду (ранее с ИСЗ «Ресурс-01» №4 данные поступали 1 измерение в минуту).

В Саратовском государственном университете осуществляется регулярный прием и накопление данных радиометра ИКОР-М с FTP-сервера НЦ ОМЗ.

Поступающие «сырые» данные обрабатываются при помощи разработанной специалистами СГУ программы «ИКОР-декодер», которая декодирует данные, записанные на спутнике при помощи «Блока накопления данных». Это первый уровень обработки данных. На этом уровне программа формирует текстовый файл, в котором в хронологическом порядке содержится следующая ежесекундная информация: номер информационного кадра радиометра ИКОР-М, бортовые дата и время каждого измерения, результаты измерения потока отражённой коротковолновой радиации и температуры прибора.

На втором уровне производится привязка каждого измерения к телеметрической информации с помощью программы «CoordReader», которая считывает файлы данных первого уровня обработки и телеметрические данные (файлы с координатами подспутниковой точки и текущей высотой спутника). Для каждого измерения ИКОР-М производится поиск соответствующих ему телеметрических данных, затем осуществляется времененная привязка к гринвичскому времени. Полученные данные сохраняются в виде файлов в банк данных. Ка-

ждый такой файл содержит в себе одни сутки (с 00:00 до 23:59 по гринвичскому времени) ежесекундных данных.

На третьем уровне обработки осуществляется просмотр информации, содержащейся в банке данных, при помощи специального программного модуля «IKOR Archive Viewer for Meteor-M Satellite». Данная программа выполняет следующие функции: выбор даты для просмотра мгновенных значений ИКОР-М для любой точки трека орбиты, расчет для каждого мгновенного измерения ряда физических величин на уровне ВГА (зенитный угол Солнца, значения уходящей коротковолновой радиации, мгновенные и среднесуточные значения альбедо и поглощенной радиации). Программа позволяет оценить пространственно-временную изменчивость составляющих радиационного баланса для различных регионов, например, Тихий океан, Сахара и другие. Выбор широтно-долготной зоны может осуществляться по желанию исследователя.

Программа позволяет визуализировать расположение витка спутника на физической карте Земли, для чего выбирается нужный день из имеющихся в банке данных. Линией отображается расположение витка спутника (точнее неполного витка, ограниченного интервалом долгот от 180 градусов восточной долготы до 180 градусов западной долготы) на географической карте (рис. 1).

В нижней части рис. 1 для данного витка отображается график изменения мгновенных сырых значений потока радиации, измеренного аппаратурой ИКОР (нижняя линия) в условных единицах и его температуры (верхняя линия) в градусах $^{\circ}\text{C}$, умноженных на 10 (для того чтобы значения потока и температуры имели единую шкалу по оси Y). По оси X располагается время витка в секундах (от начала витка). При этом выбранное мгновенное значение изображается как на графике в виде крупной точки, так и на карте в виде эллипса, который отмечает границу поля зрения ИКОР. Форма эллипса меняется на разных широтах, что связано с используемым типом проекции карты.

Положение подсолнечной точки отмечено пуансоном для выбранного момента времени, что позволяет оценить условия освещенности для текущего мгновенного измерения.

Программа имеет возможность масштабирования, т.е. увеличения конкретного участка карты или графика, что позволяет детально проанализировать любое из ежесекундных мгновенных измерений.

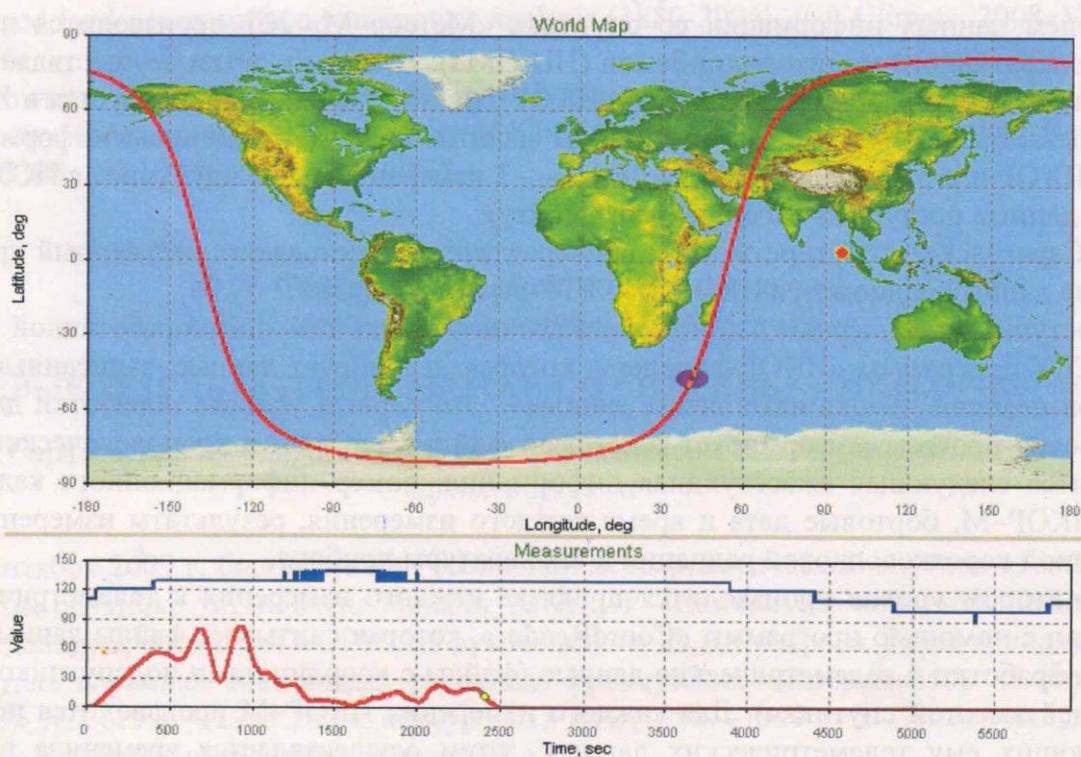


Рис. 1. Вкладка программы ИКОР-М «Визуализация данных вдоль витка»

В момент выбора необходимой точки на карте или графике появляется всплывающее окно, на котором отображается дополнительная цифровая информация: гринвичское, московское и истинное солнечное дата/время, координаты подспутниковой точки, высота спутника, значение измеренного потока и температуры прибора, а также значения УКР, мгновенного альбедо, солнечного зенитного угла и поглощённой радиации.

В перспективе планируется добавить в программу блок построения карт по мгновенным и среднемесячным значениям составляющих радиационного баланса (альбедо, поглощённая радиация), как в глобальном масштабе, так и по отдельным регионам.

Алгоритм обработки данных с «Метеор-М» №1 аналогичен ранее используемым для ИСЗ «Ресурс-01» №4, хотя есть некоторые видоизменения в программе.

Для оценки репрезентативности получаемых данных и определения поправочных коэффициентов для дальнейших расчетов на данном этапе составляется архив космических снимков. Космические изображения с геостационарных спутников подбираются с учетом трека орбиты. Вдоль витка проводится сопоставление значений альбедо и вида сцены. Особенный интерес представляют сцены «сплошная облачность», «снег», «пустыня», «чистый океан».

Для каждого витка строится широтное распределение альбедо, которое наглядно показывает прохождение спутником соответствующих сцен. На рис. 2 показан пример широтного распределения альбедо за 03.04.2010 г. Из рисунка видно, что трек орбиты проходит через значительные поля облачности в северной части Тихого океана в районе 40° с.ш. и чуть ниже Австралии в районе 40° ю.ш. На графике широтного распределения этим зонам соответствует увеличение значений альбедо до 0,3—0,4. Низкие значения альбедо около 0,1 и менее можно наблюдать по обе стороны от экватора в районе 10° северной и южной широты, что соответствует чистому безоблачному океану. Наиболее высокие значения альбедо южнее 65° южной широты свидетельствуют о выходе спутника в зону Антарктических льдов. Значения альбедо достигают 0,8 и выше.

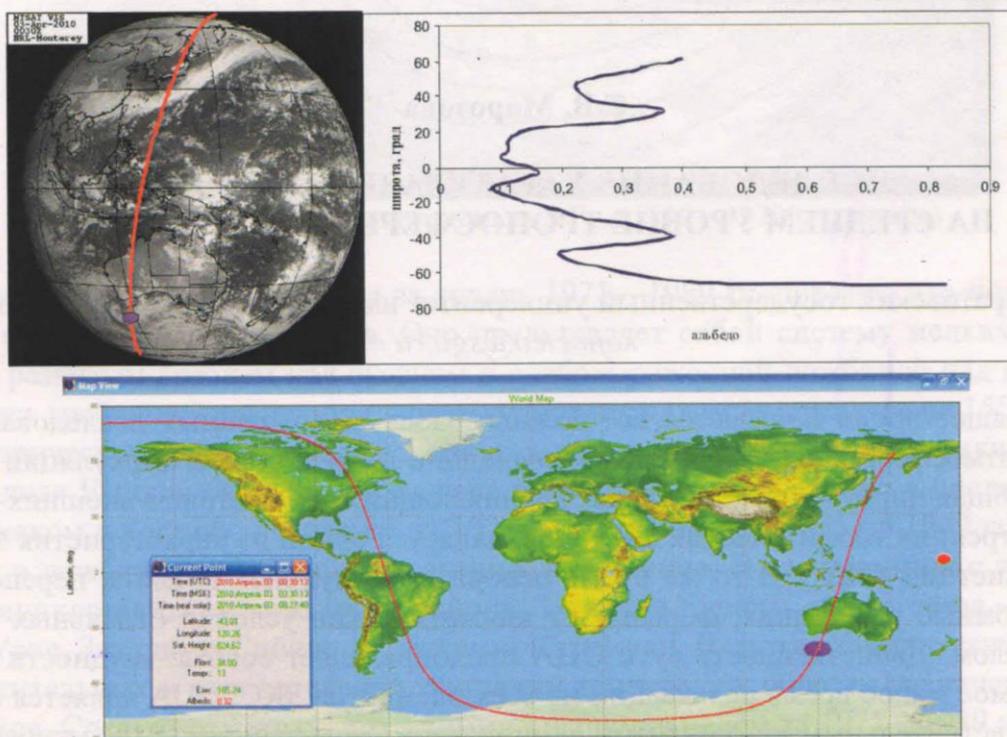


Рис. 2. Траектория орбиты, карта облачности и широтное распределение орбиты за виток 03.04.2010 г. с ИСЗ «Метеор-М» №1

Со спутника «Метеор–М» №1 было зафиксировано увеличение значений альбедо в районе Исландии. Вероятно, это связано с извержением вулкана, которое произошло в период работы спутника.

С помощью составляющих РБЗ можно уверенно фиксировать крупные климатические аномалии, например явления Эль-Ниньо и Ла-Нинья, формирующиеся в Тихом океане. Анализ данных с ИСЗ «Метеор–М» №1 показал, что в восточной части океана формируются высокие значения альбедо, особенно с декабря по февраль. Данная зона, занятая высокими значениями, соответствует району развития Эль-Ниньо Nino3 и Nino3.4 [2,3]. По данным Climate Prediction Center NOAA [5] сейчас в Тихом океане действительно наблюдается явление Эль-Ниньо.

Основная цель настоящей программы — получение среднемесячных значений альбедо и поглощенной радиации, получение широтных распределений этих величин, получение глобальных значений альбедо и поглощенной радиации и оценка их вариаций за время активного существования ИСЗ «Метеор–М» №1. При длительном продолжении эксперимента будет иметься возможность изучить межгодовые вариации рассматриваемых параметров, т.е. осуществлять мониторинг альбедо и поглощенной радиации.

Библиографический список

1. Космический комплекс гидрометеорологического и океанологического обеспечения «Метеор–3М» с космическим аппаратом «Метеор–М» №1: Справочные материалы. М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2008. 143 с.
2. Петросянц М.А., Гущина Д.Ю. Об определении явлений Эль-Ниньо и Ла-Ниньо. // Метеорология и гидрология. 2002. №8. С. 24—36.
3. Петросянц М.А., Семенов Е.К., Гущина Д.Ю., Соколихина Е.В., Соколихина Н.Н. Циркуляция атмосферы в тропиках: климат и изменчивость. М.: Изд-во ООО «МАКС Пресс», 2005. 639 с.
4. Скляров Ю.А., Бричков Ю.И., Семенова Н.В. Радиационный баланс Земли. Введение в проблему. Саратов Изд-во СГУ, 2009. 185 с.
5. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>

С.В. Морозова

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАТЕРА ЦИРКУЛЯЦИИ НА СРЕДНЕМ УРОВНЕ ТРОПОСФЕРЫ ЗИМОЙ И ЛЕТОМ

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского,
kafmeteo@sgu.ru

В настоящее время появляется всё больше работ, посвященных исследованию общей циркуляции атмосферы (ОЦА). Интерес в последние годы к общей циркуляции атмосферы неслучаен. Общая циркуляция атмосферы, возникающая под действием внешних астрономических и внутренних геофизических факторов, является одной из характеристик земной климатической системы (ЗКС). В то же время основные воздушные течения, перенося тепло и влагу на огромные расстояния, формируют климатические условия отдельных регионов и планеты в целом. Двойственность сути ОЦА предопределяет особые трудности в её изучении. Имея самое малое время релаксации из всех элементов ЗКС, ОЦА является самым подвижным и чувствительным компонентом земной климатической системы, мгновенно реагирующим на все изменения, происходящие в ней. Эти изменения проявляются в изменении режима ОЦА. Поэтому состояние и поведение общей циркуляции атмосферы в пространственно — временном масштабе может служить интегральной характеристикой причин изменения и изменчивости климата. В изменчивости ОЦА проявляется совокупное действие все-