

92-98 /
92,97 2001. 11

**АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ
СПУТНИКОВЫХ И ПОЛИГОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
В ТРОПИЧЕСКИХ ШИРОТАХ ОКЕАНА**

д-ф-м-н Гранков А.Г., Мильшин А.А., к-ф-м-н Новичихин Е.П.,
Шегобанова Н.К., к-ф-м-н Солдатов В.Ю.
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН
141190 г. Фрязино, пл. ак. Введенского, 1
e-mail agrankov@ms.ite.rssi.ru)

Рус.

**RES. ANGLE ALGORITHM OF DETERMINATION OF THE HIGH-ALTITUDE
DISTRIBUTION OF ATMOSPHERIC TEMPERATURE AND MOISTURE
BASING ON THE SATELLITE DATA AND ON-SITE MEASUREMENTS IN
TROPICAL LATITUDES OF THE OCEAN**

A.G. Grankov, A.A. Mishin, E.P. Novichikhin, N.K. Shegobanova, V.Yu. Soldatov

Разработан алгоритм определения вертикального распределения температуры и влажности атмосферы в районах формирования тропических циклонов. Алгоритм основывается на сочетании данных метеорологических измерений в тропическом слое воздуха (полигон NOAA TAQ/TRITON/PIRATA/RAMM) и данных одновременных спутниковых измерений радиометра SSM/I в миллиметровом и сантиметровом участках СВЧ-диапазона. Обсуждены вопросы повышения надежности обнаружения моментов зарождения тропических циклонов. Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований по гранту РФФИ № 14-01-31117-мо.

Ключевые слова: температура, влажность, вертикальный профиль, атмосфера, океан, циклон, радиометр

The algorithm of determination of vertical distribution of the temperature and moisture in the atmosphere in the regions of forming the tropical cyclone is developed. This algorithm combines in one the data of meteorological measurements in the near-surface atmosphere at the NOAA polygon TAQ/TRITON and the data of synchronous satellite measurements derived from the SSM/I radiometer at the millimeter and centimeter wavelength ranges of wavelengths. The questions of reliability increase for the detection of moments when tropical cyclone is began. This study was supported by Russian Fund for Basic Researches, Grant No. 14-01-31117-mo.

Key words: temperature, humidity, vertical profile, atmosphere, ocean, cyclone, radiometer

Постановка задачи

Анализ высотного распределения температуры и влажности воздуха в атмосфере представляет интерес при анализе возможных факторов возникновения тропических циклонов (ТЦ). Эти характеристики формируются, прежде всего, за счет влияния горизонтального переноса тепла и влаги над океаном, который имеет промодный энергетический потенциал [5]. Например, в средних широтах Северный Атлантики, подверженных регулярному воздействию циклонов [4,5], этот фактор определяет интенсивность вариаций тепловых (термодинамических)

и радиотепловых (СВЧ-радиационных) характеристик системы "океан-атмосфера" (СОА) и их взаимосвязь [3].

До настоящего времени исследования взаимосвязи интенсивности собственного СВЧ-излучения (радиокростной температуры) и параметров СОА в нижних (тропических) широтах практически не проводились. Основное внимание во многих исследованиях было обращено на энергоактивные зоны Северной Атлантики (Гольфстримская, Ньюфаундлендская, Норвежско-Гренландская), определяющих погодные условия и климатические тенденции на территории Европы и на европейской части России. Основой для проведения данного исследования послужила доступность архивных данных судовых экспериментов Ньюфаундлендской и АТЛАНТЭС-90, полученных в рамках программы "РАЗРЕЗЫ"[3], а мотивом - сильная отзывчивость радиокростной температуры СОА к вариациям температуры и влажности атмосферы, которая проявляется наиболее отчетливо во время прохождения среднеширотных циклонов в районе Гольфстримского и Северо-Атлантического течений. Наблюдаемые в это время вариации температуры и влажности приводной атмосферы составляют десятки градусов Цельсия и миллибар, соответственно, а радиокростные контрасты - десятки градусов Кельвина [3], что намного превышает порог чувствительности судовых и спутниковых приборов и позволяет надежно регистрировать такие изменения в СОА.

В данной статье предложен и апробирован алгоритм восстановления взаимосвязей температуры (Тa) и влажности (R) воздуха от высоты (h) в тропических широтах океана, реализованный путем сопоставления результатов моделирования радиокростной температуры СОА на основе данных измерений приземных значений этих параметров Та(0) и R(0) буйковыми (островными) станциями в приземном 10-метровом слое атмосферы и данных спутниковых СВЧ-радиометрических измерений. Источником информации о наземных данных является американский Центр - National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA); в качестве источника спутниковых данных используются результаты регулярных измерений радиокростной температуры системы, полученных с помощью радиометра SSM/I (Special Sensor Microwave/Imager) метеорологических спутников, созданных в рамках метеорологической программы минис-терства обороны США (Defense Meteorological Satellite Program - DMSP).

Обширная сеть метеорологических станций, в частности, станций полигона TAQ/TRITON в Тихом и Атлантическом океанах, обеспечивают измерения лишь параметров поверхности океана и приводного слоя атмосферы [10]. Метеорологические средства наблюдения этих станций не в состоянии дать сведения о температуре и влажности воздуха и их вертикальном распределении в более высоких слоях атмосферы (несколько километров), где формируются характеристики собственного СВЧ-излучения. Такая информация может быть получена при сочетании данных буйковых (станционных) измерений с данными спутниковых (дистанционных) СВЧ-радиометрических измерений, которые позволяют получить сведения о температурно-влажностных характеристиках атмосферы в различных ее слоях.

Заметим, что спутниковые СВЧ-радиометрические методы дают возможность определить интегральные (усредненные по всей толще) характеристики атмосферы, такие как интегральное поглощение радиоволн в СВЧ-диапазоне, полное влагосодержание атмосферы, ее энтропийность, в то время как предложенный здесь алгоритм позволяет оценить эти характеристики на разноточных горизонтах (10, 100, 1000, 10000 метров, например) благодаря его модельному блоку, который учитывает вертикальное распределение температуры и влажности атмосферы.

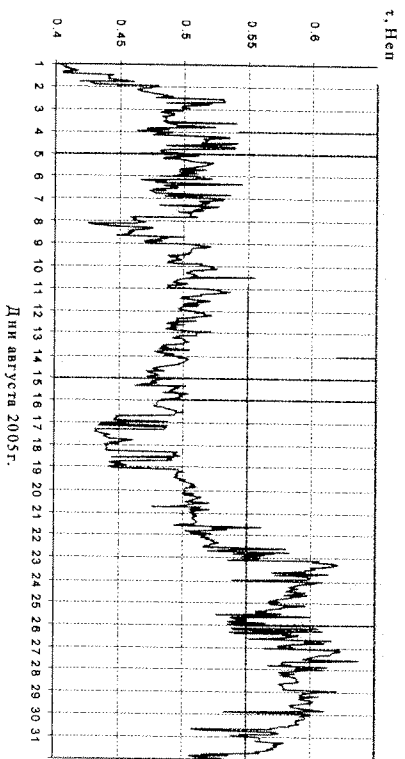


Рис. 2. Распределение показателя поглощения t электромагнитного излучения в слое атмосферы в августе 2005 г. в зоне метеорологической станции СМКГ1 (24°37'36" N, 81°06'36" W).

Видно, что поведение приведенных на рис. 1 и 2 кривых согласуется с ранее полученными результатами оценки состояния СОА, полученными с помощью индикатора неустойчивости [11]. Из рис. 3 видно, что между индикатором неустойчивости и показателями теплообмена в СОА перед зарождением урагана Катрина существует корреляция [8].

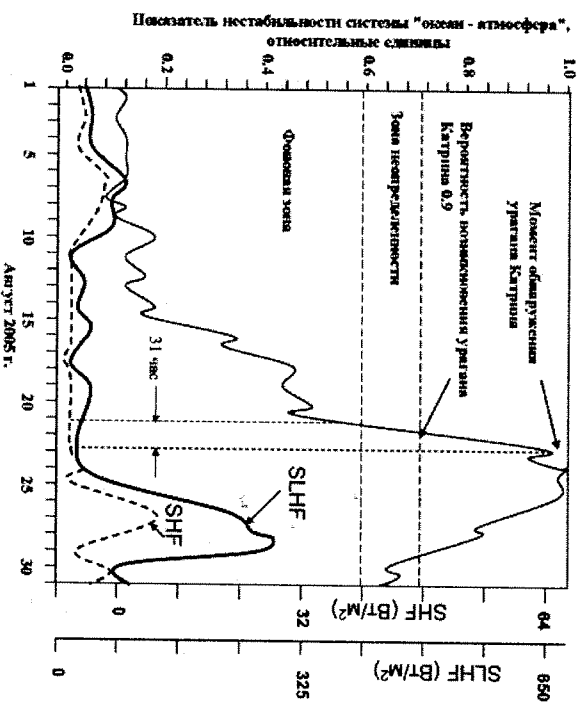


Рис. 3. Сравнительный анализ индикатора неустойчивости и тепловых потоков в динамике СОА в августе 2005 г. Обозначения: SHF (surface heat flux) - поверхностный поток физической (опуточной) теплоты, SLHF (surface latent heat flux) - поверхностный поток скрытой теплоты.

Заключение. Выводы:

Полученный здесь результат показывает, что перед зарождением тропического циклона происходит резкая смена фазового состояния СОА. Обнаружение этого момента путем диагностики показателей влагосодержания атмосферы и ослабления электромагнитного излучения в атмосфере может служить показателем возникновения тропического циклона. Однако, для более надежных выводов необходимо провести подобные расчеты для других ситуаций зарождения тропических циклонов и попытаться рассмотреть более детально шкалу фазовых переходов в СОА.

Именно полное влагосодержание атмосферы, определяемое со спутников в линии резонансного поглощения водяного $1,35$ см позволило оценить реакцию параметров СОА на зарождение и прохождение тропического циклона «Катрина». Представленный на рис. 1 эффект нарастания градиента изменчивости влагосодержания атмосферы перед зарождением циклона позволяет предположить, что для повышения эффективности алгоритма обнаружения фазовых переходов в СОА необходимо выполнить следующие исследования:

- расширить индикатор неустойчивости [11] за счет учета в нем показателей интегрального влагосодержания атмосферы и ослабления электромагнитного сигнала в слое атмосферы;
- провести серию оценок неустойчивости СОА в зонах уже прошедших тропических циклонов;
- рассчитать поведение показателя неустойчивости СОА по трассам ряда тропических ураганов с выделением их категорий;
- оценить важность различных компонент индикатора неустойчивости СОА путем их исключения из рассмотрения.

Литература

1. Арманда Н.А., Гранков А.Г., Мильшин А.А., Лапо С.С., Гулев С.К. Исползование данных одновременных спутниковых СВЧ-радиометрических и судовых измерений для исследования процессов взаимодействия океана и атмосферы в Северной Атлантике, *Океанология*, 2004, т.44, №1, 49-61.
2. Башаринов А.Е., Гурвич А.С., Егоров С.Т. Радионизлучение Земли как планеты. М.: Наука. 1974. 188 с.
3. Гранков А.Г., Мильшин А.А. Взаимосвязь радионизлучения системы океан-атмосфера с тепловыми и динамическими процессами на границе раздела. М.: Физматлит, 2004, 168 с.
4. Гулев С.К., А.В. Колинко А.В., Лапо С.С. Синоптическое взаимодействие океана и атмосферы в средних широтах. СПб.: Гидрометеозиздат, 1994. 320 с.
5. Лапо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Л.: Гидрометеозиздат. 1990. 336 с.
6. Райзер В.Ю., Черный И.В. Микроволновая диагностика поверхности слоя океана. С.-П.: 1994. 231 с.
7. Шутко А.М. СВЧ-радиометрия водной поверхности и почвогрунтов. М.: Наука. 1986. 190 с.
8. Drepan W.M., Zhang J.A., French J.R., VcSotnick S., and Black P.G. (2007) Turbulent fluxes in the hurricane boundary layer. Part II: Latent heat flux // *Journal of Atmospheric Sciences*. 2007, Vol. 64, No. 4. - Pp. 1103-1115.