

Оценка сезонной динамики потоков тепла и влаги в Северной Атлантике по данным радиометра AMSR-E

А.Г. Гранков¹, А.А. Мильшин¹, Н.К. Шелобанова¹, И.В. Черный², Е.А. Ямпольская¹

¹ Фрязинский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук 141190, Московская область, г. Фрязино, Пл. Ак. Введенского, д.1, amilshin@list.ru

² Научно-технологический центр "Космонит" ОАО "Российские космические системы" 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, 84/32, icherny@cpl.space.ru

Приведены оригинальные результаты исследований теплового и динамического взаимодействия океана и атмосферы с помощью американского спутника EOS Aqua (радиометр AMSR-E - частотный аналог радиометра MTVZA спутника Метеор-М №1) в Северной Атлантике. Демонстрируется возможность использования спутниковых средств для анализа среднемесячных значений потоков тепла, влаги и импульса на границе раздела океана и атмосферы и их сезонных изменений. Исследования проводятся на основе архивов данных многолетних спутниковых измерений, созданных в ФИРЭ РАН при поддержке организаций Роскосмоса и НАСА.

Some original results of studies of ocean/atmosphere heat and dynamic interaction in the North Atlantic derived from US satellite EOS Aqua with radiometer AMSR-E (it is an analog of radiometer MTVZA-G at Russian satellite Meteor-M No.1) are presented. A capability of these means for analyzing the monthly mean fluxes of heat, moisture and momentum at the ocean-atmosphere boundary and their seasonal variability is demonstrated. These studies are carried out basing on the archives of long-term satellite measurement data accumulated in FIRE RAS under support of the Roscosmos and NASA organizations.

Географической областью исследований в данной работе является Северная Атлантика с координатами 67N, 95W – 0N, 0W. Для обработки мы использовали данные многоканального сканирующего СВЧ радиометра AMSR-E спутника EOS-Aqua, полученные в Remote Sensing Systems (RSS) и The National Snow and Ice Data Center (NSIDC) [1]. Были обработаны восходящие и нисходящие витки с яркостными температурами (ЯТ) 12 каналов радиометра, с полями скорости приводного ветра, температуры поверхности океана и интегрального влагосодержания атмосферы за период с ноября 2009 г. по декабрь 2010 г. и получены оценки потоков тепла, влаги и импульса. Затем на основе срочных суточных данных были получены среднемесячные значения потоков. Пространственное разрешение данных составляет 0.25 градуса по широте и долготе.

Существование корреляционных связей между температурными и влажностными характеристиками в различных слоях атмосферы, служит отправной точкой для использования спутниковых радиометрических методов при определении основных количественных характеристик теплового взаимодействия океана и атмосферы – вертикальных турбулентных потоков явного (Q_h) и скрытого (Q_e) тепла на границе раздела системы океан-атмосфера (СОА) на основе полуэмпирических формул – так называемых балк-формул, полученных на основе аэродинамического метода (Global Bulk Aerodynamic Method) [2]. В соответствии с этим подходом величины Q_h и Q_e характеризуются следующими соотношениями [5]:

$$Q_h = c_p \rho C_T (T_p - T_a) V, \quad (1)$$

$$Q_e = L \rho C_E (q_s - q) V, \quad (2)$$

т.е. выражаются через следующие параметры СОА - температуру T_a и удельную влажность приводного воздуха q , давление P_a и скорость ветра V в приводном воздухе, а также через температуру поверхности океана $T_{\text{п}}$ и максимальную для данной величины ТПО насыщенную удельную влажность над поверхностью воды q_s . В качестве коэффициентов пропорциональности в соотношениях (1) и (2) служат коэффициенты обмена теплом C_T (число Шмидта) и влагой C_E (число Дальтона), и удельная теплота испарения (L), удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении c_p и его плотность ρ .

Рамки аэродинамического метода допускают также простую параметризацию соотношений между интенсивностью механического (динамического) взаимодействия поверхности океана и атмосферы Q_v - потоком количества движения (импульса) со скоростью приводного ветра V , где в качестве коэффициентов пропорциональности фигурируют плотность воздуха ρ и коэффициент сопротивления C_v):

$$Q_v = \rho C_v V^2 \quad (3)$$

Формулы (1)–(3) положены в основу расчетов срочных, среднесуточных и среднемесячных значений потоков явного, скрытого тепла и импульса по данным измерений спутниковых радиометров SSM/I, TMI, AMSR-E, МТВ3А-ГЯ. Развитие в настоящее время алгоритмы позволяют получить прямые оценки ТПО $T_{\text{п}}$ и скорости приводного ветра V , а также общего влагосодержания атмосферы, тесно связанного с температурой T_a и удельной влажностью q приводного воздуха. Примером может служить разработанный для радиометра AMSR-E спутника EOS Aqua алгоритм [3] в виде линейного регрессионного соотношения между удельной влажностью приводного воздуха с ЯТ каналов радиометра.

Особенностью данного исследования является то, что все текущие параметры в балк-формулах определяются по срочным данным радиометра AMSR-E, т.е. одновременно. Такой подход существенно улучшает качество получаемой информации.

Анализируя данные обработки (некоторые результаты представлены на рис.1), отметим высокую пространственную изменчивость всех потоков в Северной Атлантике. Для потоков влаги характерно более чем десятикратное изменение от минимального значения к максимальному значению. Наибольшая интенсивность потоков влаги наблюдается в летний сезон, пик приходит на июль.

В поле потока скрытого тепла наблюдается течение Гольфстрим. Повышенным уровнем потоков влаги характеризуется тропическая область восточнее Кубы в весенний сезон и летний сезоны и в сентябре - октябре. Эта область относится к районам зарождения, формирования и прохождения тропических циклонов.

Для потоков явного тепла наблюдается выраженная широтная зависимость – наиболее интенсивные потоки на севере, их величина спадает по мере продвижения к экватору. Сезонная особенность поведения потока импульса заключается в минимальных контрастах в летний сезон, а в осенний и зимний сезоны контрасты существенно возрастают.

Результаты, иллюстрируемые на рис.1, демонстрирует важный результат – возможность наблюдения из космоса течения Гольфстрим в поле потоков скрытого тепла при пространственном разрешении $0,25 \times 0,25^\circ$, которое обеспечивается современными спутниковыми СВЧ-радиометрическими средствами.

Из приведенных результатов следует, что современные спутниковые радиометры-сканеры типа радиометра AMSR-E могут служить эффективным инструментом изучения сезонной динамики вертикальных турбулентных потоков тепла, влаги и импульса на границе раздела поверхности океана и атмосферы.

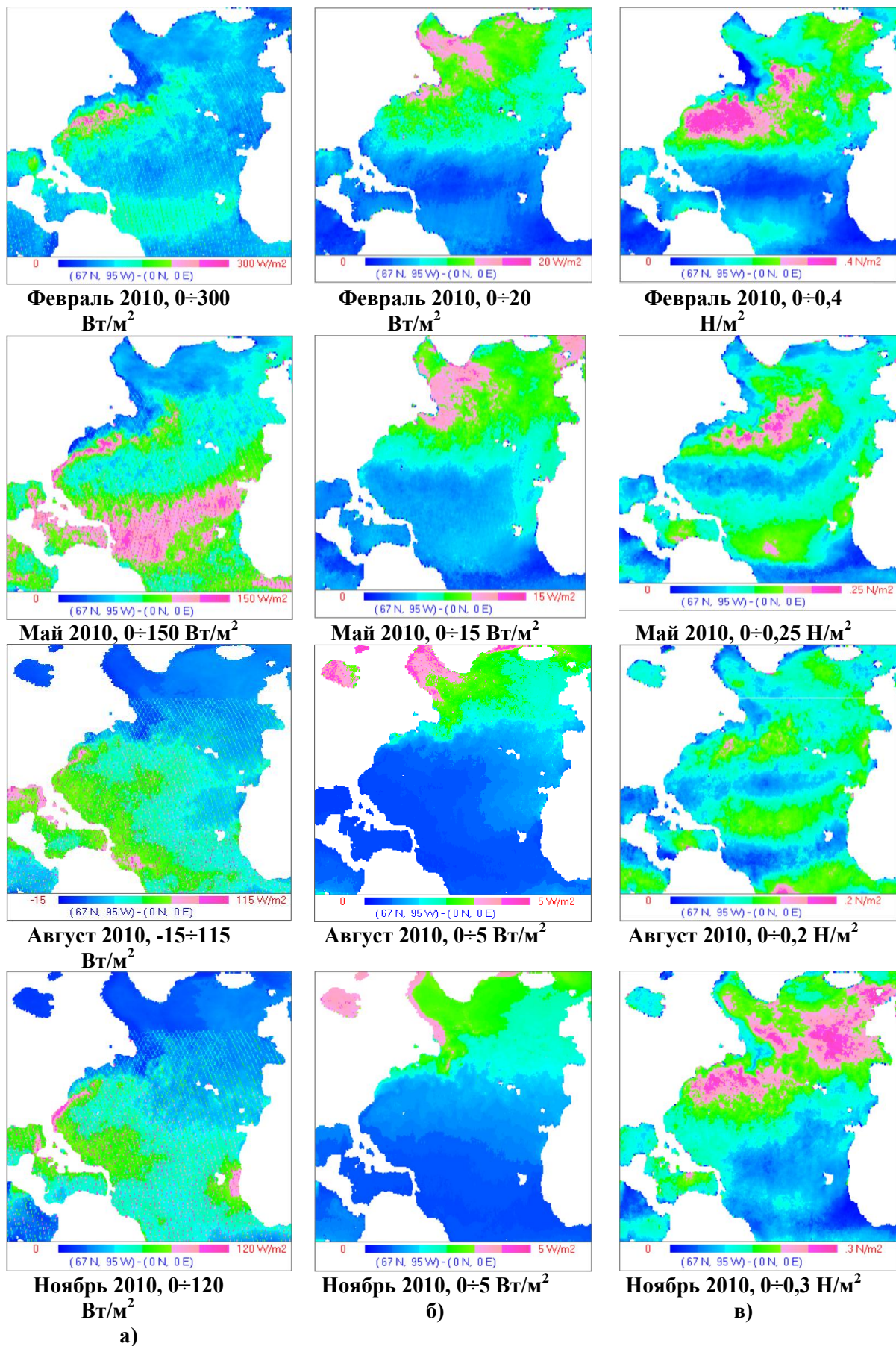


Рис. 1. Среднемесячные потоки: а) скрытого тепла; б) явного тепла; в) импульса в Северной Атлантике

Отдельные результаты, приведенные в данной работе, докладывались на ежегодных Всероссийских конференциях "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", "Радиолокация и радиосвязь", "Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий", "Системы ДЗЗ" ("Системы наблюдения, мониторинга и дистанционного зондирования Земли") и опубликованы в [1,4].

Авторы выражают благодарность коллегам из RSS и NSIDC за предоставленные спутниковые данные измерений и обработки.

Литература

1. Гранков А.Г., Мильшин А.А., Солдатов В.Ю., Шелобанова Н.К. Архивы микроволновых, океанографических и метеорологических данных в зонах возникновения тропических ураганов // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2012. №5. С. 107-124.
2. Лаппо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат. 1990, 336с.
3. Kubota M, Hihara T. Retrieval of Surface Air Specific Humidity Over the Ocean Using AMSR-E Measurements // Sensors. 2008. 8. P. 8016-8026.
4. Гранков А.Г., Мильшин А.А., Шелобанова Н.К., Черный И.В., Язерян Г.Г. Исследование взаимодействия океана и атмосферы с помощью СВЧ-радиометрических средств спутников EOS Aqua и Метеор-М №1 // Журнал радиоэлектроники, 2014, №3, 1-10.