

Сравнительный анализ вариаций ионосферных и метеорологических параметров над зонами действия тропических циклонов Rita (18-26.09.2005) и Wilma (15-25.10.2005)

Н.П. Перевалова, А.С. Полякова, А.Б. Ишин, С.В. Войков

Учреждение Российской академии наук Институт солнечно-земной физики СО РАН
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 126а, ИСЗФ СО РАН,
E-mail: pereval@iszf.irk.ru

Проведен сравнительный анализ пространственно-временной динамики возмущений полного электронного содержания (ПЭС) с картами приземных метеорологических параметров (давление, температура, скорость зонального и меридионального ветра) во время действия мощных тропических циклонов (ТЦ) RITA (18-26 сентября 2005 г.) и WILMA (15-25 октября 2005 г.). Установлено, что над зонами действия циклонов в спокойной геофизической обстановке наблюдалось усиление интенсивности колебаний ПЭС с периодами 02-20 мин и 20-60 мин. Интенсивность колебаний ПЭС была выше на лучах «приемник-спутник», которые проходили ближе к циклону. В колебаниях с периодами 20-60 мин возмущения ПЭС были выражены сильнее, чем для периодов 02-20 мин. Среднее увеличение амплитуды длиннопериодных (20-60 мин) возмущений относительно спокойного уровня составляло 0.7-0.8 TECU. Амплитуда колебаний с периодами 02-20 мин возрастила, в среднем, на 0.3-0.4 TECU. Отклик ионосферы на ТЦ RITA и WILMA был заметно слабее, чем на ТЦ KATRINA. Анализ температурных и ветровых полей, а также распределения давления над зонами действия трех циклонов показал, что ТЦ KATRINA прослеживался до высоты 12 км, а ТЦ RITA и WILMA – только до 8 км. В силу этого ТЦ KATRINA мог оказывать более сильное воздействие на ионосферу.

Ключевые слова: ионосферные возмущения, GPS, тропические циклоны.

Введение

В работах (Perevalova, Polekh, 2009; Ишин и др., 2009; Перевалова, Ишин, 2010; Перевалова и др., 2010) показано, что регистрация реакции ионосферы на тропические циклоны (ТЦ) требует тщательного учета геофизической обстановки. Основными факторами, подавляющими реакцию верхней ионосферы на тропосферные возмущения, являются геомагнитные бури, экваториальная аномалия ионизации, солнечные вспышки, солнечный терминатор. Установлено, что выделение и идентификация ионосферных откликов на тропические циклоны возможно в спокойной гелиогеофизической обстановке в ночные часы местного времени, когда фоновые пространственно-временные вариации ионизации характеризуются слабой изменчивостью. Новые возможности для детектирования отклика ионосферы на ТЦ обеспечивает технология зондирования ионосферы с помощью спутниковой радионавигационной системы GPS. Сеть наземных двухчастотных приемников GPS позволяет получать данные о вариациях полного электронного содержания (ПЭС) в ионосфере с высоким пространственно-временным разрешением. Основываясь на технологии GPS-зондирования в (Перевалова и др., 2010) разработана технология построения и сравнительного анализа карт интенсивности возмущений ПЭС и карт метеорологических параметров в зоне действия ТЦ. На примере ТЦ KATRINA выполнен сравнительный анализ пространственно-временной динамики возмущений ПЭС с картами приземных метеопараметров, построенными по данным архива NCEP/NCAR Reanalysis (<http://www.esrl.noaa.gov/>

psd). Показано, что такой анализ может обеспечить идентификацию ионосферных возмущений, обусловленных воздействием циклонов.

Продолжая начатые в (Ишин и др., 2009; Перевалова, Ишин, 2010; Перевалова и др., 2010) исследования, в настоящей работе на основе данных ПЭС, полученного на наземных приемниках GPS, и метеорологических данных архива NCEP/NCAR Reanalysis исследованы вариации ионосферных и метеорологических параметров над зонами действия тропических циклонов RITA (18-26.09.2005) и WILMA (15-25.10.2005). Проведена оценка возможного влияния температурного и ветрового режимов нижней атмосфера на интенсивность ионосферных возмущений, обусловленных циклонической активностью.

Геофизическая обстановка, данные и методы анализа

ТЦ RITA возник 18 сентября 2005 г. в районе островов Теркс и Кайкос севернее о. Гаити (www.nhc.noaa.gov). С 20 по 24 сентября циклон двигался на запад-северо-запад и 20 сентября у побережья Флориды достиг стадии урагана (скорость ветра в циклоне V превысила 33 м/с). Максимальная скорость ветра (50-78 м/с) в ТЦ RITA наблюдалась в период 21-24 сентября, когда циклон находился в Мексиканском заливе. После пересечения береговой линии 24 сентября ТЦ RITA стал ослабевать, продолжал двигаться над территорией США и 26 апреля разрушился над штатом Иллинойс. Траектория циклона показана на рис. 1а толстой черной линией.

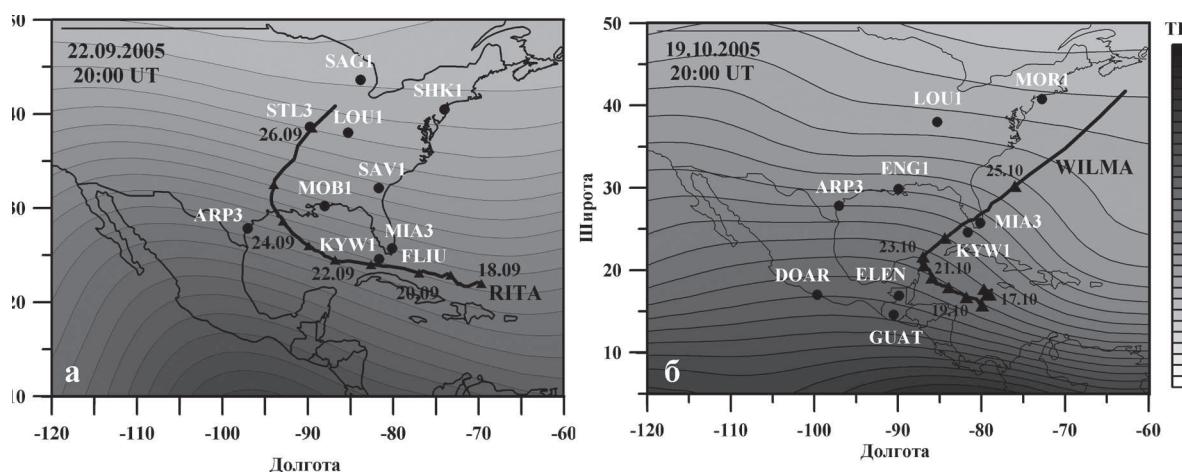


Рис. 1. Траектории ТЦ RITA (а), WILMA (б) и карты распределений ПЭС (заливка) над центральной Америкой. Треугольниками отмечено положение центра циклона в 0:00 UT. Крупными точками обозначено положение станций GPS

Образование ТЦ WILMA зарегистрировано в 18:00 UT 15 октября 2005 г. в северо-западной части Карибского моря (www.nhc.noaa.gov). В течение трех суток циклон медленно перемещался в сторону Юкатанского пролива, достигнув 17 октября стадии тропического шторма ($V \approx 18-23$ м/с). 19 октября произошло очень быстрое усиление скорости ветра: менее, чем за 24 ч ТЦ WILMA из тропического шторма превратился в ураган ($V > 33$ м/с). Максимум скорости в циклоне ($V \approx 78$ м/с) был достигнут около 12:00 UT 19 октября. В это

же время давление в центре ТЦ WILMA достигло рекордно низкого для ураганов Атлантического бассейна значения 882 мб. До 23 октября скорость в ТЦ WILMA постепенно уменьшалась (до 44 м/с). 24-25 октября, когда циклон находился у полуострова Флорида, наблюдался новый рост скорости до 56 м/с. WILMA вышел из тропической зоны в ночь на 26 октября и был поглощен внетропическим циклоном, расположенным над восточной частью Новой Шотландии. Траектория ТЦ WILMA показана на рис. 1б толстой черной линией.

Геомагнитная обстановка в период действия ТЦ RITA, WILMA была достаточно спокойной: индекс Кр не превышал 4, а индекс Dst не опускался ниже -50. Очень слабые возмущения в геомагнитном поле можно отметить 07-08, 16-17, 25 октября. Поэтому условия для регистрации ионосферных откликов RITA, WILMA были более благоприятными, чем для циклона KATRINA. В тоже время, как и в случае ТЦ KATRINA, траектории ТЦ RITA, WILMA проходили в зоне действия экваториальной аномалии ионизации. Рис. 1 демонстрирует распределение вертикального ПЭС (карта GIM) в 20:00 UT (14:00 LT на долготе -90° E) 22 сентября 2005 г. (рис. 1а) и 19 октября 2005 г. (рис. 1б). В дневные часы местного времени траектория циклона RITA лежала в области больших значений градиента ПЭС. С 18 по 24 октября траектория ТЦ WILMA проходила южнее ТЦ RITA, в областях, где экваториальная аномалия ионизации развита более сильно. В связи с этим, амплитуда фоновых вариаций ПЭС в дневные часы была достаточно высока и выделение отклика на циклон, также как для ТЦ KATRINA, возможно только вочные часы местного времени.

Фоновое поведение ионизации (рис. 1) оценивалось по глобальным картам ПЭС (GIM): <ftp://cddisa.gsfc.nasa.gov/pub/gps/products/ionex>. Состояние магнитного поля Земли контролировалось по вариациям индексов геомагнитной активности Кр и Dst (<http://swdcwww.kugi.kyoto-u.ac.jp>; <http://clust1.wdcb.ru/spidr>).

Для изучения волновых возмущений ПЭС использовались данные фазовых измерений двухчастотных приемников GPS (<http://sopac.ucsd.edu>), расположенных на восточном побережье США вблизи зоны действия ТЦ RITA, WILMA. Положение станций GPS отмечено крупными точками на рис. 1. Выбирались временные ряды вариаций ПЭС, полученные в вечерние иочные часы местного времени (в интервале 00:00-10:00 UT). Исходные временные ряды вариаций ПЭС подвергались фильтрации в двух диапазонах периодов: 02-20 мин и 20-60 мин.

Пространственная локализации наблюдаемых возмущений определялась с помощью предложенного в (Перевалова и др., 2010) метода картирования интенсивности возмущений ПЭС. Метода заключается в нанесении на карту траекторий ионосферных точек (ИТ) лучей «приемник-спутник GPS». При этом положение каждой ИТ отображается кругом, радиус которого пропорционален абсолютному значению отфильтрованного ПЭС $|dI(t)|$, зарегистрированному на данном луче в данный момент времени. Полученные карты интенсивности возмущений ПЭС сопоставлялись с картами приземных метеорологических параметров (давление, скорость зонального и меридионального ветра). Для построения карт метеопараметров использовались 6-часовые данные архива NCEP/NCAR Reanalysis (<http://www.esrl.noaa.gov/psd>), предоставленные на географической сетке координат с шагом 2.5° по широте и долготе. Как показано в (Перевалова и др., 2010), из-за пространственно-временного усреднения, применяемого в NCEP/NCAR Reanalysis, данные архива на масштабах, меньших, чем шаг сетки, могут быть использованы для качественной оценки картины метеорологической обстановки в регионе. Для количественных оценок использовались данные прямых метеонаблюдений www.nhc.noaa.gov.

Сравнительный анализ возмущений ПЭС над зонами действия ТЦ RITA и WILMA

Пространственные распределения интенсивности возмущений ПЭС в диапазоне периодов 02-20 мин (слева) и 20-60 мин (справа) во время наивысшей активности ТЦ RITA и WILMA показаны на рис. 2а-г. Для сравнения на рис. 2д-е приведены вариации ПЭС для циклона KATRINA. Черными линиями переменной толщины нанесены траектории ионосферных точек для спутников, наблюдавшихся в вечернее/ночное время на станциях GPS. В левом нижнем углу каждой панели в качестве масштаба показан круг, определяющий масштаб возмущений ПЭС: $|dI(t)|=1.0$ TECU для ТЦ RITA, WILMA; $|dI(t)|=2.0$ TECU для ТЦ KATRINA ($1 \text{ TECU} = 1016 \text{ м}^{-2}$). Сплошная заливка на панелях (а, в, д) рис. 2 отражает распределение приземного давления P по данным NCEP/NCAR Reanalysis. На панелях (б, г, е) рис. 2 заливкой показано распределение скорости меридионального ветра V по данным NCEP/NCAR Reanalysis. Положительный меридиональный ветер направлен на север. Толстые черные линии на рис. 2 отображают траекторию движения ТЦ по данным www.nhc.noaa.gov. Квадратами отмечено положение станций GPS.

Так же, как во время ТЦ KATRINA, в период действия ТЦ RITA и WILMA на лучах, проходивших вблизи циклона, в вариациях ПЭС наблюдалось заметное усиление колебаний в обоих диапазонах периодов. Динамика возмущений ПЭС выглядела так же, как во время ТЦ KATRINA: колебания усиливались в период максимальной активности циклонов; по мере ослабления циклона и удаления его от станции интенсивность возмущений ПЭС, регистрируемых на ней, уменьшалась. Однако, отклик ионосферы на ТЦ RITA и WILMA был заметно слабее, чем на ТЦ KATRINA. В связи с этим масштаб для возмущений ПЭС для ТЦ RITA, WILMA выбран в два раза меньшим, чем в случае ТЦ KATRINA (рис. 2).

Наиболее ярко отклик выражен для колебаний с периодами 20-60 мин. (рис. 2). Учитывая, что спутник GPS ежедневно повторяет свою траекторию с «опозданием» в 4 мин (Hofmann-Wellenhof et al., 1992), можно оценить отклонения амплитуды ΔA_i на каждом луче «приемник-спутник» относительно некоторого спокойного дня: $\Delta A_i = A_i - A_0$, где A_i, A_0 – амплитуда колебаний ПЭС на лучах «приемник-спутник» в текущий и в спокойный день, соответственно. Отклонения рассчитывались для одинаковых углов места лучей «приемник-спутник», чтобы исключить влияние длины луча на величину амплитуды. В качестве невозмущенного дня для циклона RITA выбрано 26 сентября, для ТЦ WILMA – 15 октября, для ТЦ KATRINA – 25 августа. Над зоной действия циклона KATRINA максимальное повышение амплитуды длиннопериодных (20-60 мин) колебаний составило 3.14 TECU 28 августа и 3.11 TECU 29 августа (среднее увеличение составило 1.05 TECU и 1.09 TECU, соответственно). Максимальное повышение амплитуды возмущений с периодами 02-20 мин достигали 2.08 TECU 28 августа и 1.75 TECU 29 августа (среднее увеличение составило 0.50 TECU и 0.56 TECU, соответственно). Над зоной действия ТЦ RITA среднее увеличение амплитуды длиннопериодных возмущений 22-23 сентября относительно спокойного дня не превышало 0.7 TECU. Амплитуда колебаний с периодами 02-20 мин возрастила 22-23 сентября, в среднем, не более, чем на 0.3 TECU. Над зоной действия ТЦ WILMA среднее увеличение амплитуды длиннопериодных возмущений 19 и 24 октября относительно спокойного дня не превышало 0.8 TECU. Амплитуда колебаний с периодами 02-20 мин возросла 19 и 24 октября, в среднем, на 0.4 TECU. Отметим, что во время действия ТЦ WILMA не все наблюдавшиеся возмущения ПЭС были обусловлены воздействием циклона. 17-18 октябрь

бря зарегистрировано значительное усиление колебаний ПЭС вблизи большой внетропической области пониженного давления, располагавшейся в диапазоне 35-40°N, 60-75°W и смещающейся в северо-восточном направлении. Влияние данной синоптической структуры проявлялось в поведении ПЭС вплоть до 21 октября в виде усиления колебаний на станциях, удаленных от центра ТЦ WILMA. За исключением особенности, указанной для циклона WILMA, для всех трех ТЦ зона с крупномасштабными возмущениями ПЭС охватывала более значительную территорию: заметное увеличение интенсивности длиннопериодных возмущений ПЭС регистрировалось на луках, более удаленных от траектории циклона, чем в случае короткопериодных колебаний.

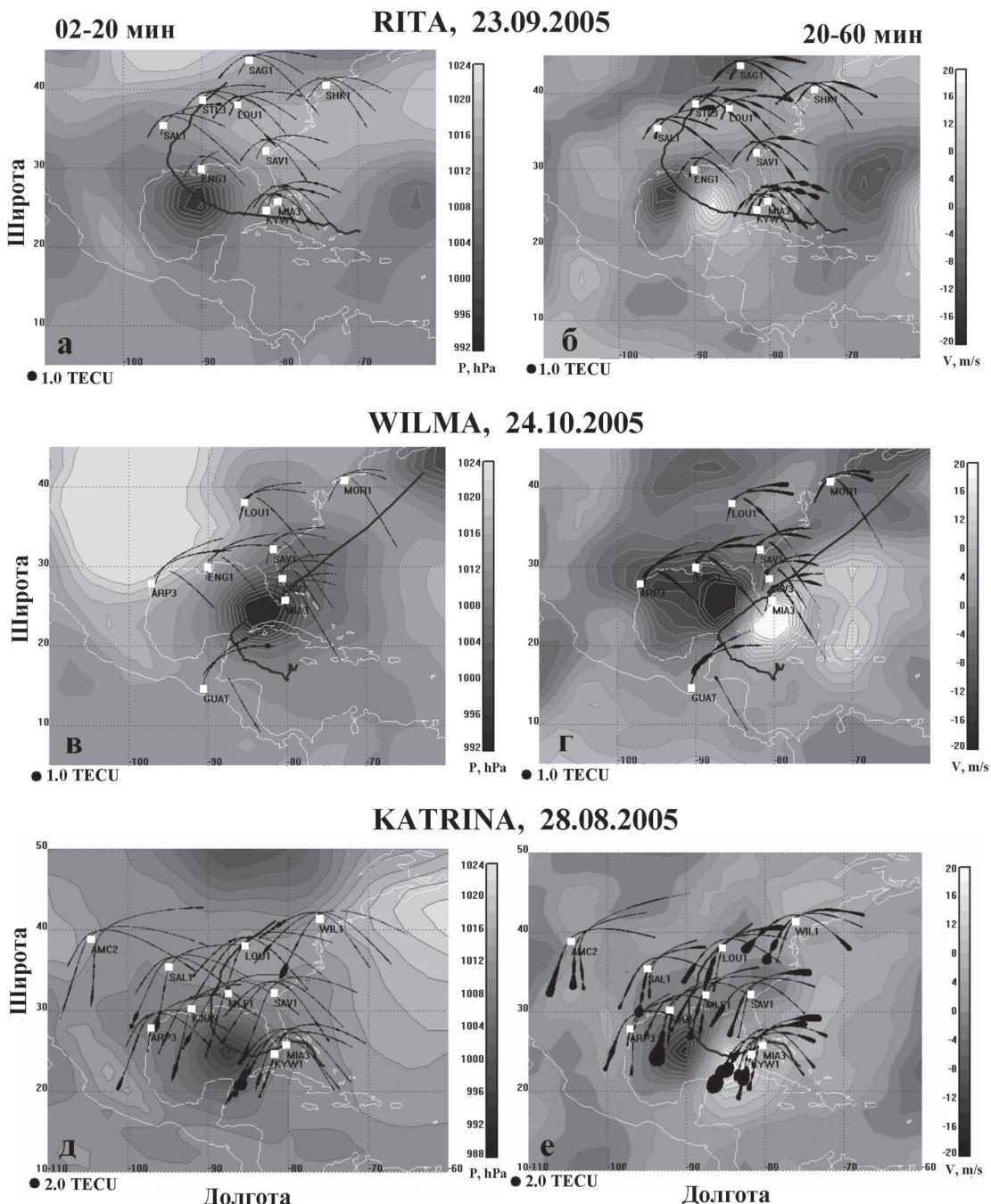


Рис. 2. Пространственное распределение интенсивности колебаний ПЭС (черные линии переменной толщины) с периодами 02-20 мин и 20-60 мин во время действия ТЦ RITA (а-б), WILMA (в-г), KATRINA (д-е). Слева заливкой показано распределение приземного давления P , справа – скорости меридионального ветра V . Квадратами отмечено положение станций GPS

Причины более слабого воздействия ТЦ RITA и WILMA на ионосферу, по сравнению с ТЦ KATRINA, следует, по нашему мнению, искать в метеорологической обстановке. Известно, что структура циклона, область высот, которые он занимает, в большой степени зависят от характера температурного поля. В частности, циклон, который существует в холодном воздухе с наименьшей температурой в центре, представляет собой высокое образование и прослеживается до больших высот в тропосфере. Циклон, действующий в теплой воздушной массе с наивысшей температурой в центре, является низким, а над ним располагается антициклон. Высотные распределения температуры, давления, скорости ветра определяют также возможность прохождения внутренних атмосферных волн, генерируемых циклоном, до ионосферы. Таким образом оценка возможной степени воздействия конкретного ТЦ на ионосферу Земли требует развернутого анализа распределений метеорологических параметров в период действия циклона.

Мы провели исследование высотных профилей давления, температуры, скорости ветра над зонами действия циклонов KATRINA, RITA, WILMA, используя данные архива NCEP/NCAR Reanalysis. На рис. 3 представлены высотно-широтные разрезы геопотенциальной высоты девяти уровней давления на долготе, которая проходит через центр циклона, в дни высокой активности трех ТЦ. В архиве NCEP/NCAR Reanalysis представлены данные для 17 уровней давления от 1000 до 10 ГПа, что соответствует высотам примерно от 0 до 30 км. На рис. 3 приведены графики через 1 уровень давления. Вертикальным пунктиром отмечено положение центра циклона. Анализ рис. 3 показывает, что ТЦ KATRINA был более высоким циклоном: он наблюдается до уровня 250 ГПа, в то время как ТЦ RITA и WILMA – только до 400 ГПа.

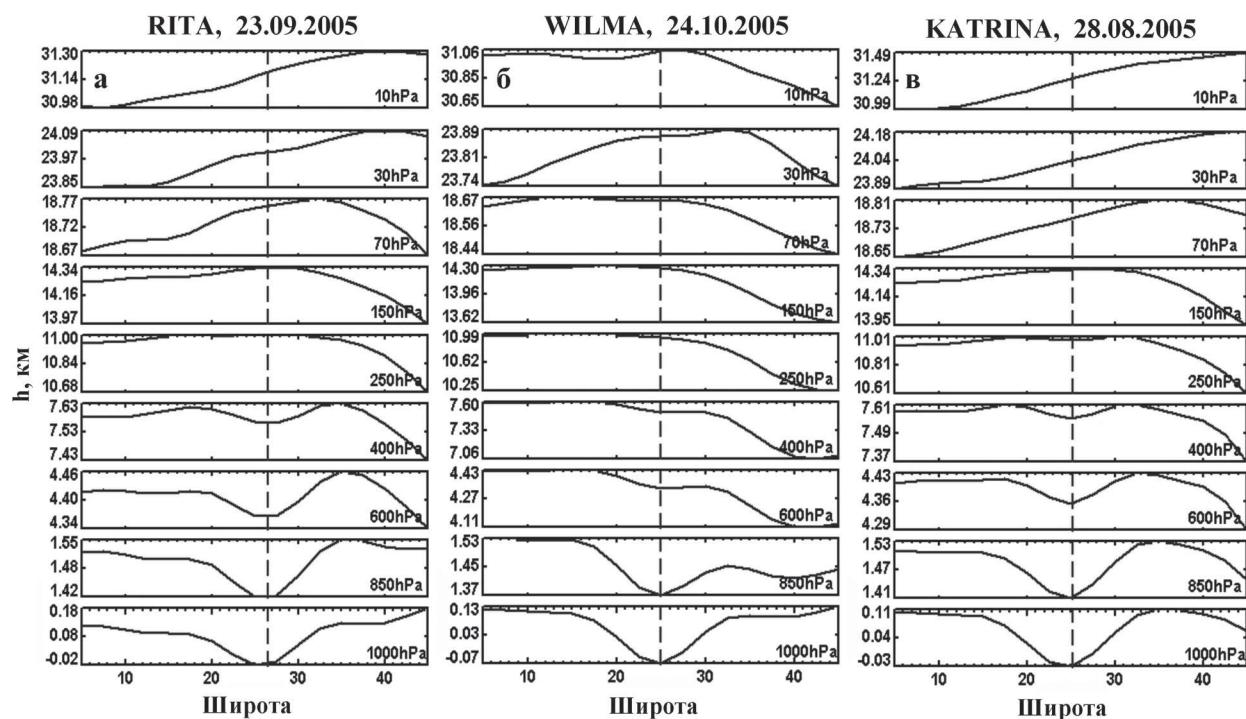


Рис. 3. Высотно-широтные профили геопотенциальной высоты h девяти уровней давления в дни максимальной активности ТЦ RITA (а), WILMA (б), KATRINA (в). Профили построены на долготе, которая проходит через центр циклона. Пунктиром отмечено положение центра циклона

Большую протяженность по высоте ТЦ KATRINA демонстрируют и высотно-широтные разрезы скорости зонального ветра U , показанные на рис. 4. Согласно рис. 4, характерная смена направления зонального ветра над центром ТЦ KATRINA прослеживается вплоть до высоты 12 км, а для ТЦ RITA и WILMA – только до 8 км. Можно отметить, что в области действия ТЦ WILMA в районе 35° широты существует пик восточной зональной скорости, который прослеживается до высоты 28 км. Кроме того над ТЦ WILMA на высотах 8-16 км наблюдаются высокие скорости ветра. Вероятно, данные особенности привели к повышенному фону возмущений ПЭС вдали от траектории циклона, который сопровождал ТЦ WILMA.

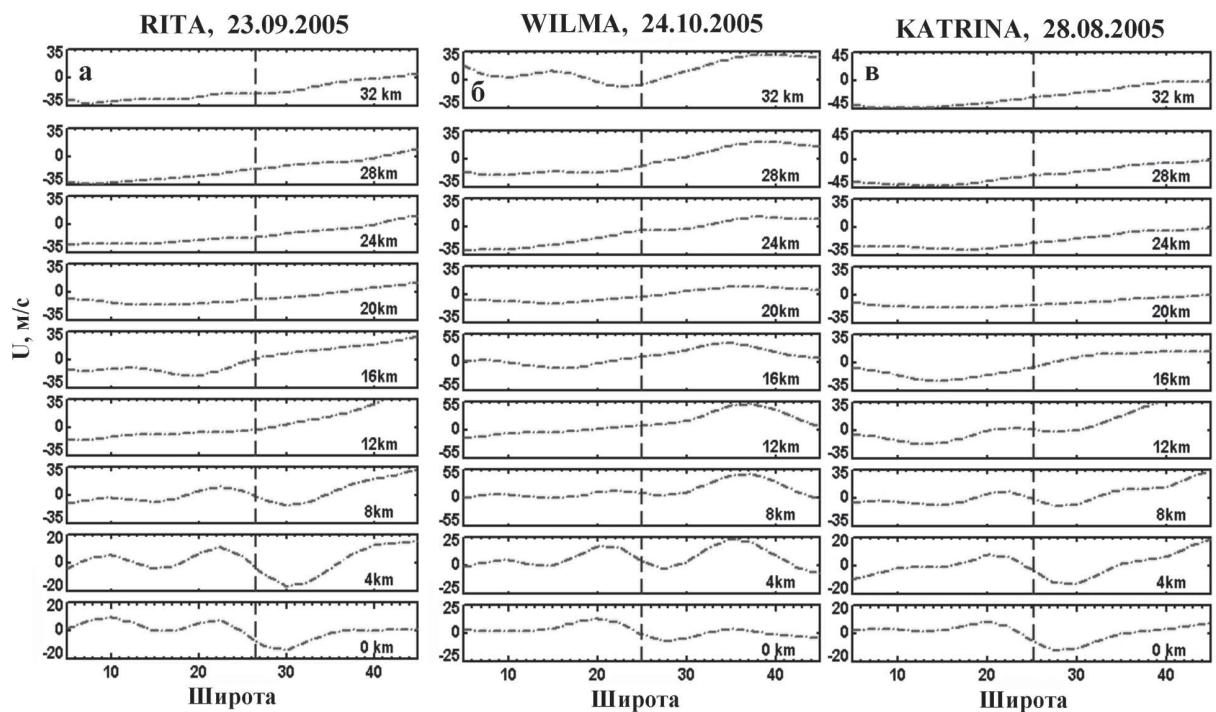


Рис. 4. Высотно-широтные профили скорости зонального ветра U в дни максимальной активности ТЦ RITA (а), WILMA (б), KATRINA (в). Профили построены на долготе, которая проходит через центр циклона. Пунктиром отмечено положение центра циклона. Положительный зональный ветер направлен на восток

Высотно-широтное поведение температуры на долготе, проходящей через центр циклона, приведены на рис. 5. Линиями показаны значения температуры на определенной высоте. Штрихпунктирные линии соответствуют температуре в тропосфере, пунктирные – в стратосфере. Тропопауза располагалась на высоте около 16 км. В тропосфере высотное распределение температуры вблизи центра циклона для всех трех ТЦ имеет достаточно близкий характер. В стратосфере наблюдаются заметные различия. На высотах больше 20 км температура над ТЦ KATRINA в целом выше примерно на 10° , по сравнению с другими циклонами. Над центром ТЦ KATRINA температура несколько повышена по сравнению с окружающими областями и растет с высотой. Над центром ТЦ RITA температура, наоборот, несколько понижена по сравнению с окружающими областями, но растет с высотой. Над центром ТЦ WILMA температура также несколько понижена по сравнению с окружающими областями, однако, не растет с высотой, а даже снижается. Установленные особенности высотного распределения давления, скорости ветра, температуры могли явиться причиной различной реакции ионосферы на три ТЦ KATRINA, RITA, WILMA.

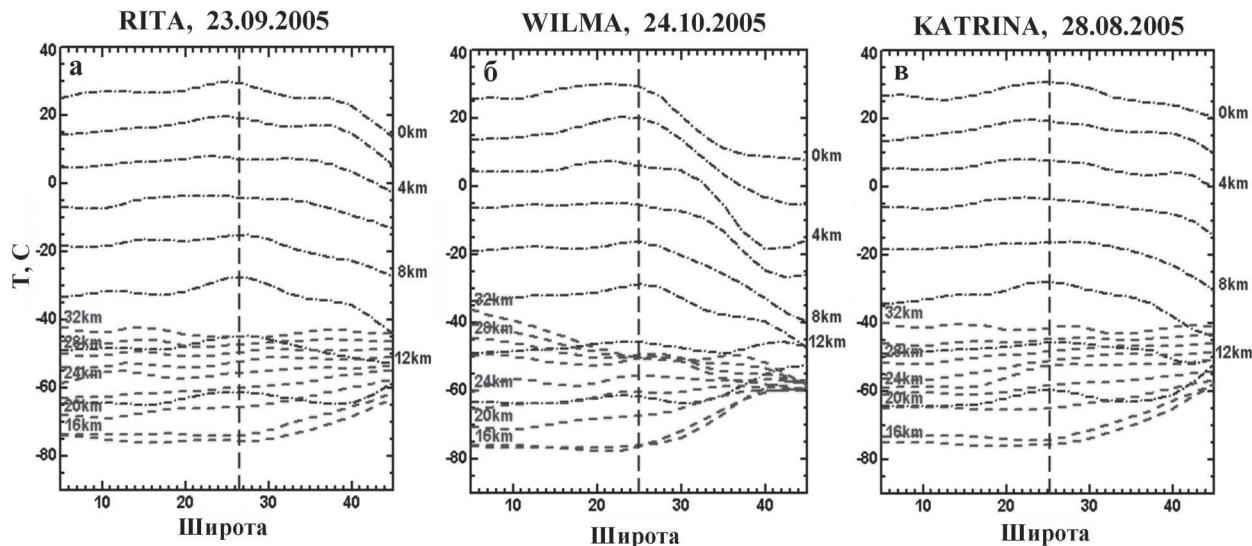


Рис. 5. Температура T над зонами действия ТЦ RITA (а), WILMA (б), KATRINA (в) в дни их максимальной активности. Профили построены на долготе, которая проходит через центр циклона. Штрихпунктирные линии соответствуют температуре в тропосфере, пунктирные – в стратосфере. Вертикальным пунктиром отмечено положение центра циклона

Заключение

По данным фазовых измерений наземных двухчастотных приемников GPS исследована пространственно-временная динамика интенсивности волновых возмущений ПЭС в верхней атмосфере Земли над зонами действия ТЦ RITA, WILMA. Проведено сопоставление карт возмущений ПЭС с картами приземных метеорологических параметров (давления, температуры, скорости нейтрального ветра), построенными по данным архива NCEP/NCAR Reanalysis.

Установлено, что над зонами действия циклонов в спокойной геофизической обстановке наблюдалось усиление интенсивности колебаний ПЭС с периодами 02-20 мин и 20-60 мин. Интенсивность колебаний ПЭС была выше на лучах «приемник-спутник», которые проходили ближе к траектории циклона. В колебаниях с периодами 20-60 мин возмущения ПЭС были выражены сильнее, чем для периодов 02-20 мин. Среднее увеличение амплитуды длиннопериодных (20-60 мин) возмущений относительно спокойного уровня составляло 0.7-0.8 TECU. Амплитуда колебаний с периодами 02-20 мин возрастила, в среднем, на 0.3-0.4 TECU. Сравнительный анализ карт возмущений ПЭС и карт метеорологических параметров позволил с высокой степенью уверенности заключить, что обнаруженное усиление колебаний ПЭС обусловлено воздействием ТЦ RITA, WILMA.

Результаты настоящего исследования подтверждают полученные ранее данные (Перевалова, Ишин, 2010; Перевалова и др. 2010) о реакции ионосферы на воздействие ТЦ KATRINA, действовавшего в том же регионе 23-31 августа 2005 г. Характер поведения и пространственное распределение возмущений ПЭС над ТЦ RITA, WILMA, в целом, аналогичен пространственно-временной динамике ионосферных возмущений, зарегистрированных во время ТЦ KATRINA. Полученные результаты согласуются также с данными других исследований. Усиления интенсивности колебаний с периодами от 1 до 6 ч в вариациях ионосферных параметров во время действия тропических циклонов зарегистрированы в (Черниговская

и др., 2008; Черниговская и др., 2009; Черниговская и др., 2010; Perevalova, Polekh, 2009). Волновые ионосферные возмущения в области F с периодами от 10 до 90 мин, связанные с воздействием ТЦ, описаны в (Bertin et al., 1975; Hung, Kuo, 1978; Xiao et al. 2007).

В тоже время в настоящей работе показано, что отклик ионосферы на ТЦ RITA и WILMA был заметно слабее, чем на ТЦ KATRINA. Более слабое воздействие ТЦ RITA и WILMA на ионосферу, может быть связано с характером высотного распределения метеопараметров над зонами действия ТЦ. Анализ температурных и ветровых полей, а также распределения давления в области действия трех циклонов показал, что ТЦ KATRINA прослеживался до высоты 12 км, а ТЦ RITA и WILMA – только до 8 км. В силу этого ТЦ KATRINA мог оказаться более сильное воздействие на ионосферу.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) за предоставленные ими данные GPS, а также центру изучения атмосферы National Centers for Environmental Prediction (NCEP) за метеоданные архива NCEP/NCAR Reanalysis. Работа выполнена при поддержке Грантов Президента РФ №№ МК-3094.2010.5 и МК-2194.2011.5, а также Министерства образования и науки Российской Федерации (Госконтракт № 14.740.11.0078).

Литература

1. Ишин А.Б., Войков С.В., Перевалова Н.П., Зализовский А.В., Сопин А.А. Вариации ионосферных параметров, наблюдавшиеся во время мощных ураганов 2005 г. вблизи атлантического побережья США // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2009. Вып. 6. Т. 2. С. 274-279.
2. Перевалова Н.П., Ишин А.Б. Эффекты тропических циклонов в ионосфере по данным зондирования сигналами спутниковой радионавигационной системы GPS // Исследование Земли из космоса, 2010. № 3. С. 49-61.
3. Перевалова Н.П., Полякова А.С., Ишин А.Б., Войков С.В. Исследование волновых возмущений ионосферной плазмы по данным дистанционного зондирования во время урагана Katrina // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2010. Т. 7. № 1. С. 190-200.
4. Черниговская М.А., Шарков Е.А., Куркин В.И., Орлов И.И., Покровская И.В. Исследование временных вариаций ионосферных параметров в регионе Сибири и Дальнего Востока // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2008. Вып. 5. Т. 1. С. 567–574.
5. Черниговская М.А., Куркин В.И., Орлов И.И., Шарков Е.А., Покровская И.В. Совместный анализ короткопериодных временных вариаций ионосферных параметров в регионе Сибири и Дальнего Востока и процессов тропического циклогенеза // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2009. Вып. 6. Т. 2. С. 324-332.
6. Черниговская М.А., Куркин В.И., Орлов И.И., Шарков Е.А., Покровская И.В. Исследование связи короткопериодных временных вариаций параметров ионосферы в северо-восточном регионе России с проявлениями тропических циклонов // Исследования Земли из космоса, 2010. № 5. С. 32-41.
7. Bertin F., Testud J., Kersley L. Medium scale gravity waves in the ionospheric F-region and their possible origin in weather disturbances // Planet. Space Sci., 1975. V.23. P.493-507.
8. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J. Global Positioning System: Theory and Practice. New York. Springer-Verlag Wien., 1992. 327 p.
9. Hung R.J., Kuo J.P. Ionospheric observation of gravity waves associated with Hurricane Eloise // J. Geophysics, 1978. V.45. P.67-80.
10. Perevalova N.P., Polekh N.M. An investigation of the upper atmosphere response to cyclones using ionosonde data in Eastern Siberia and the Far East // Proceedings of SPIE, 2009. V.7296. P. 7296J1-7296J11.
11. Xiao Z., Xiao S., Hao Y., Zhang D. Morphological features of ionospheric response to typhoon // J. Geophys. Res., 2007. V.112. A04304, doi:10.1029/2006JA011671.

Comparative analysis of ionospheric and meteorological parameter variations over tropical cyclones Rita (18-26.09.2005) and Wilma (15-25.10.2005)

N.P. Perevalova, A.S. Polyakova, A.B. Ishin, S.V. Voeykov

*Institute of Solar-Terrestrial Physics, SB RAS,
664043, Irkutsk, Lermontov st., 126a,
E-mail: pereval@iszf.irk.ru*

Spatial-temporal dynamics of Total Electron Content (TEC) disturbances during powerful tropical cyclones (TCs) RITA (18-26 September 2005) and WILMA (15-25 October 2005) were compared with the behavior of the near-ground meteorological parameters (pressure, temperature, zonal and meridional wind speed). An increase in the 02-20 and 20-60 min TEC variation intensity was observed over tropical cyclones in quiet geophysical conditions. The TEC variation intensity was higher on the receiver-satellite lines of sight that passed closer to the cyclone. In the 20-60 min variations the TEC response was more intense than in the 02-20 min ones. The mean increase of the long-period (20-60 min) disturbance amplitude, relative to quite conditions, reached 0.7-0.8 TECU. On average, the 02-20 min variations amplitude increased by no more than 0.3-0.4 TECU. The TEC response to TCs RITA and WILMA was much weaker than it was to tropical cyclone KATRINA. The analysis of distributions of temperature, wind, and pressure over the three tropical cyclones has revealed that the cyclone KATRINA was traced up to the height of 12 km; TCs RITA and WILMA, to 8 km. That is why the cyclone KATRINA could have a stronger effect on the ionosphere.

Keywords: ionospheric disturbances, GPS, tropical cyclones.