

Влияние тропических циклонов на ионосферу и атмосферу в целом как один из важнейших составляющих климатических процессов

Л.Б. Ванина-Дарт, Е.А. Шарков

*Институт космических исследований РАН
117997 Москва, ул. Профсоюзная, 84/32
E-mail: vandart@iki.rssi.ru; easharkov@iki.rssi.ru*

Влияние тропических циклонов на земную атмосферу обнаруживается на десятках километров по вертикали и на тысячах горизонтально. Это изменяет как структуру нейтральной атмосферы, так и заряженной-ионосферы. Тропический циклон, его влияние на климатические процессы – суть данной работы. В докладе авторы используют данные низкоширотного ионосферного зондирования.

Ключевые слова: Экваториальная нижняя ионосфера, тропический циклон, солнечная активность, климатические процессы.

Введение

Вопрос влияния тропических циклонов на нижнюю экваториальную ионосферу (50-90 км) уже был рассмотрен авторами в работах [1, 2]. В целом, проблема взаимодействия тропосфера–стратомезосфера–ионосфера до сих пор была и будет актуальной. Взаимодействие атмосферных слоев подтверждает очевидную целостность атмосферы Земли, и в первую очередь – термодинамическую. В свою очередь, на исследованиях процессов и механизмов взаимодействия между различными атмосферными слоями базируется исследование глобального энергетического переноса, являющегося основной климатологической компонентой.

В первой работе [1] авторы пытались обнаружить отклик выделяемой интенсивной энергии во время активной фазы тропических циклонов на прилегающую стратомезосферу, которая, как ожидалось, должна воздействовать на нижнюю ионосферу. На основе данных ракетного банка ЦАО [1] одновременных измерений электронной концентрации (ракетный полигон Тумба, Индия (8°N, 77°E)) и термодинамических параметров слоя D экваториальной ионосферы, а также дистанционных данных по тропическому циклогенезу в северной части Индийского океана были представлены результаты комплексного анализа. Впервые был выявлен экспериментальный факт понижения электронной концентрации в области D на расстоянии около 1000 км (в горизонтальной проекции) от ядра тропического циклона, действующего в активной фазе в акватории Аравийского моря. При этом наибольшего понижения электронная концентрация в среднем в 3-4 раза достигала на высотах 71 ± 3 км. Кроме того, во время действия тропического циклона было зафиксировано небольшое повышение температуры на высоте стратопаузы около 3°С.

В следующих работах авторы расширили спектр поставленных перед нами задач, и решили проанализировать ракетные данные того же банка только за два года с разной солнечной активностью, с одной стороны, и с другой – для тропического циклогенеза в акваториях, значительно отдаленных от непосредственного места ракетного зондирования (северо-западная часть Тихого океана). В этих работах представлено сопоставление влияния гелиоактивности на нижнюю экваториальную ионосферу в дни с наличием активно функционирующих тропических циклонов и без них. Для решения поставленной задачи были привлечены данные ракетного ионосферного зондирования (ракетный полигон Тумба) и спутникового дистанционного мониторинга тропического циклогенеза в Индийском и Тихом океанах.

В данной работе авторы рассмотрели все имеющиеся ионосферные данные за период 1979-1989 гг. с целью выявить влияние тропических циклонов на зависимость между нижней ионосферой и гелиоактивностью.

База данных ракетного зондирования ионосферы

Измерения, рассмотренные в настоящей работе, проводились Центральной аэрологической обсерваторией (ЦАО) Росгидромета на экваториальном полигоне ракетного зондирования Тумба (80 N, 770 E). Исходные данные являются частью базы данных, описание которой можно найти в [3]. Фундаментом базы данных ЦАО является банк измерений электронной концентрации [e] на метеорологических ракетах М-100Б зондовым методом, который основан на применении электростатического зонда Ленгмюра. Зонд был установлен на верхнем торце метеорологического шпиля ракеты, защищая его от влияния электрических и магнитных полей самой ракеты.

Ему могут быть присущи систематические ошибки, которые выявляются при сравнении измерений этим методом с наиболее точными измерениями методом фарадеевского вращения. Оценочная среднеквадратическая погрешность индивидуального измерения электронной концентрации (банк ЦАО) $\sim 35\%$. При регулярном зондировании атмосферы на метеорологических ракетах кроме зонда электронной концентрации были установлены датчики температуры и аппаратура для измерения параметров ветра.

Солнечная активность и нижняя ионосфера

Проблема зависимости электронной концентрации в области D от уровня солнечной активности до сих пор является одной из нерешенных [4]. Как известно, основными ионизирующими излучениями в области D являются излучения в линии Лайман- α и в интервале длин волн 111,8 – 102,7 нм. От минимума к максимуму солнечной активности интенсивность излучения в линии Лайман- α (ионизирующее молекулы NO в области D) увеличивается в 1,7 раза. Интенсивность излучения в интервале длин волн 111,8 – 102,7 нм (ионизирующее возбужденные молекулы O₂(14g)) в области D растет в два раза. Интенсивность рентгеновского излучения в интервале 1,2 -100 нм (ионизирующее все нейтральные молекулы), вносящий основной вклад в ионизацию области D, растет в 7 раз. Во сколько же раз и в какую сторону увеличение солнечной активности изменит электронную концентрацию в нижней ионосфере: этот вопрос до сих пор оставляет за собой право выбора.

Существуют противоположные точки зрения о влиянии солнечной активности на нижнюю ионосферу. Авторы работы [4] считают, что влияние волновой радиации Солнца на область D в чистом виде может быть оценено по наблюдениям в низких широтах, поскольку там отсутствуют такие явления, как зимняя аномалия. В настоящей работе, как и в работе [4], мы анализируем банк данных ЦАО. Будет уместным здесь привести выводы [4], полученные при построении эмпирических модельных распределений электронной концентрации в зависимости от высоты для периодов низкой и высокой гелиоактивности. Было получено, что на высоте 54 км, хотя количество измерений мало, хорошо выделяется обратный эффект, а именно падение электронной концентрации при падении солнечной активности. Положительные коэффициенты корреляции [e] от индексов солнечной активности (F-суточный индекс, поток радиоизлучения Солнца на 10,7 см и R – относительное число солнечных пятен) получены выше 60 км и вплоть до 80 км они невелики. Коэффициенты регрессии также систематически растут с высотой, что свидетельствует о значительном, увеличивающемся влиянии солнечной активности.

В настоящей работе мы впервые анализируем эмпирические модельные распределения [e] в зависимости от высоты для периодов низкой и высокой гелиоактивности в дни с функционирующими ТЦ и без них.

Сопоставление измерений электронной концентрации в нижней ионосфере в годы различной гелиоактивности на фоне тропосферных возмущений

На рис. 1а-1д приведены зависимости электронной концентрацией, измеренной на определенном высотном уровне h (60, 65,70,75,80 км) и индексом солнечной активности F в дни с ТЦ и без ТЦ исключительно за 1985 и 1988 гг. [2]. На рис. 2а-2д приведены подобные зависимости, но за все 1979-1989 гг. На представленных рисунках построены линейные аппроксимации [e] в зависимости от индекса F для данных обеих групп «без ТЦ» (сплошная

линия) и «с ТЦ» (пунктирная линия). При построении линий аппроксимации были использованы только те данные об [e], которые были получены при значениях индекса $F < 175$ [2].

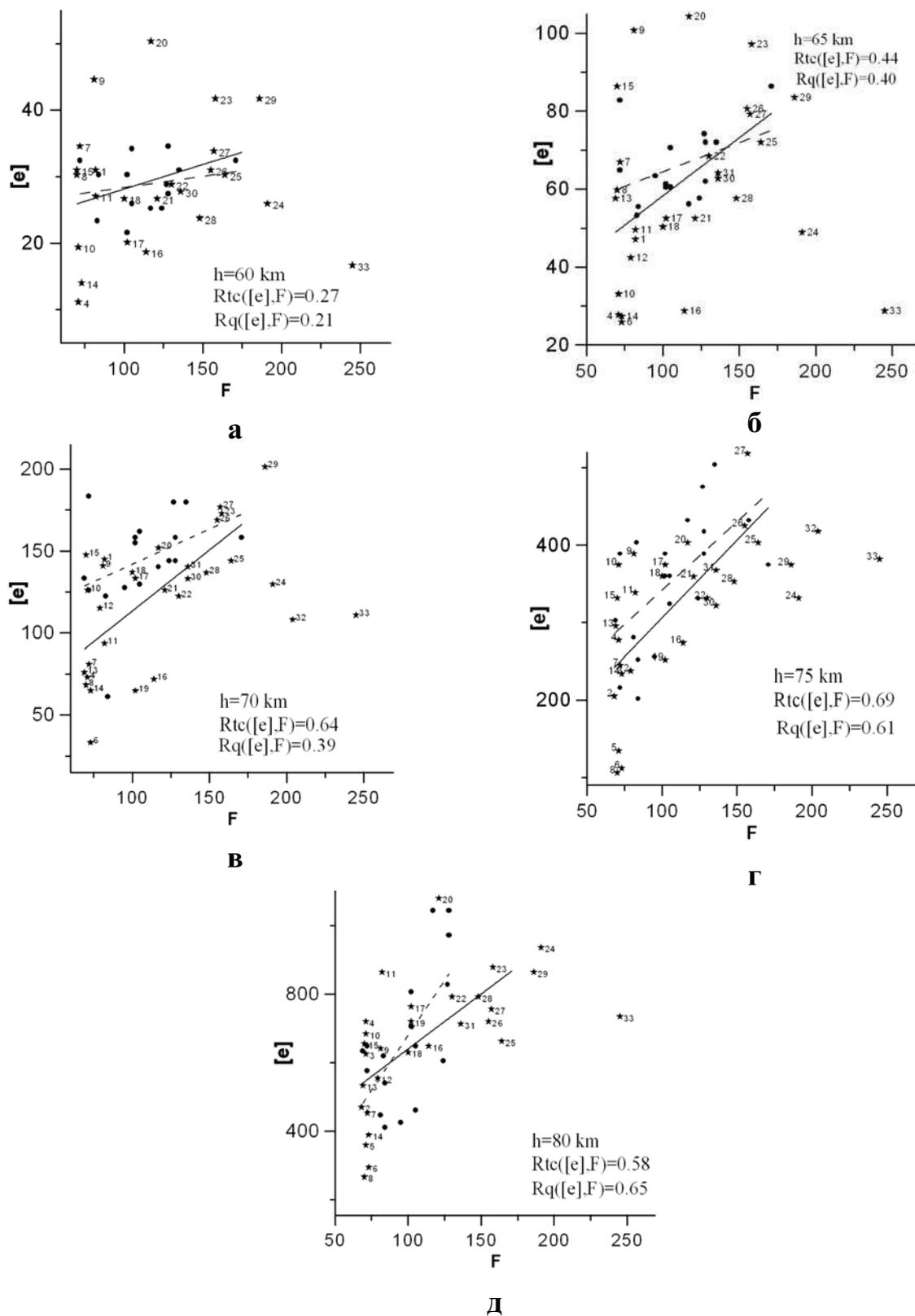


Рис. 1. Зависимость электронной концентрации от солнечной активности в дни с ТЦ (звездочки) и без ТЦ на определенной высоте для данных 1985 и 1988 гг.

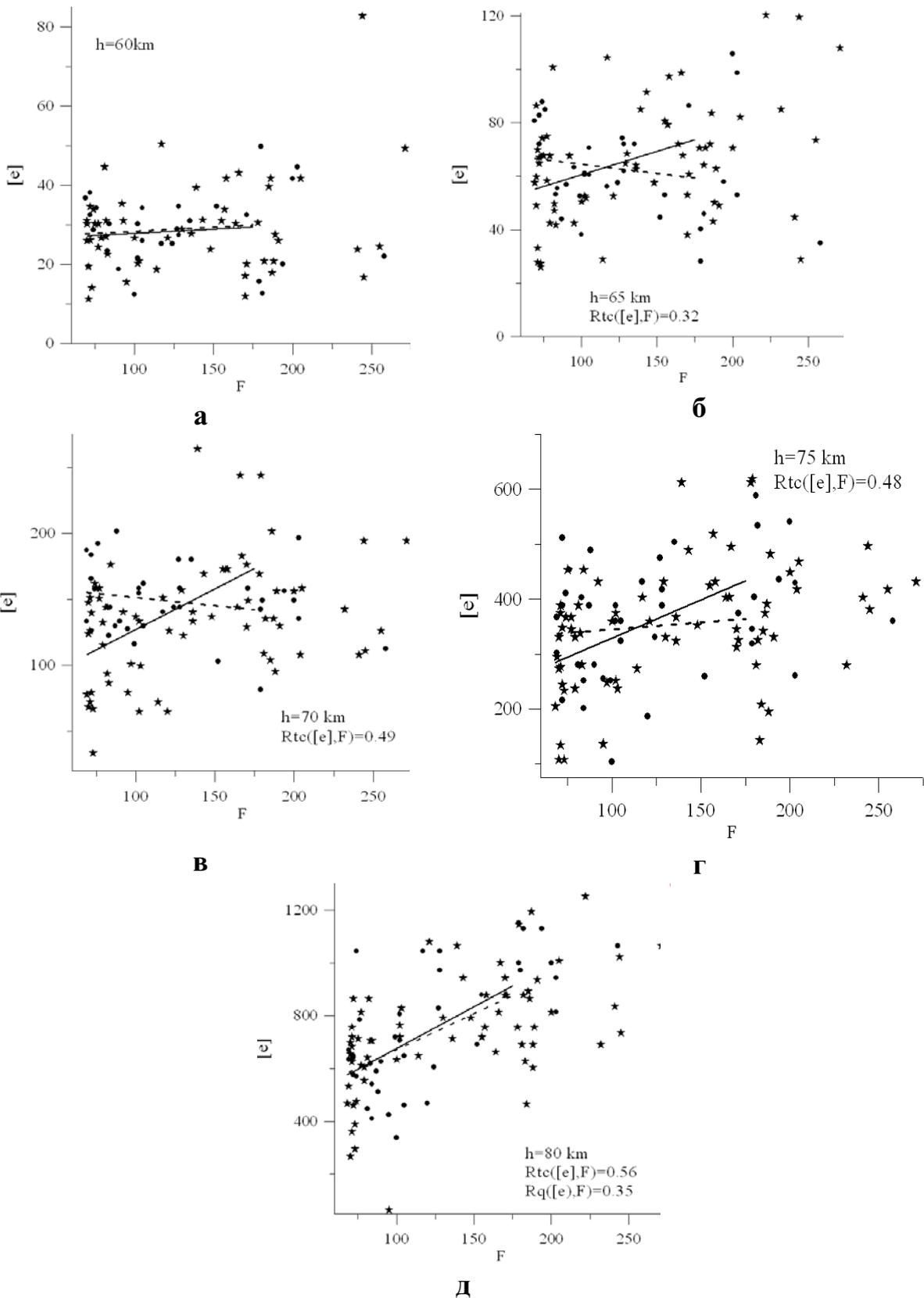


Рис. 2. Зависимость электронной концентрации от солнечной активности в дни с ТЦ (звездочки) и без ТЦ на определенной высоте для данных 1979-1989 гг.

В табл. 1 приведены значимые значения коэффициентов корреляции линейной регрессии (доверительная вероятность равна 95%) между $[e]$ и F в дни с ТЦ, где $R_{tc}([e],F)$ – коэффициент

корреляции только для данных 1985 и 1988 гг., а $Rtc([e],F)$ – для данных всего имеющегося временного интервала. Как мы видим, на высотных уровнях 65-80 км в дни с ТЦ присутствует значимая положительная зависимость $[e]$ с F , хотя само значение коэффициента корреляции меньше, когда в рассмотрение берутся все данные. Что касается данных без присутствия ТЦ, то можно выделить следующее: если брать данные только за два года с существенной гелиоактивной разницей, то на высотных уровнях 63, 68, 75, 77 и 80 км [4] корреляция между $[e]$ и F была значимой и положительной; если брать данные за весь солнечный цикл, то корреляция становится значимой и положительной только в верхней области D ($h=80$ км).

Таблица 1. Сопоставление коэффициентов корреляции между электронной концентрацией, измеренной на определенном высотном уровне H и индексом солнечной активности F в дни с ТЦ за 1985 и 1988 гг, (и за $Rtc([e],F)$) все 1978-1989 гг. ($Rtc([e],F)$)

$H, \text{ km}$	$Rtc([e],F)$	$Rtc([e],F)$
65	0.44	0.32
70	0.64	0.49
75	0.69	0.48
80	0.58	0.56

Выводы

Итак, в данной работе (не забегая вперед) мы ограничимся только следующим интересным и абсолютно новым выводом. В нижней области D (как и в верхней) в дни с наличием тропических циклонов наблюдается положительная значимая зависимость между основным ионосферным параметром и солнечной активностью (вне зависимости от временного интервала данных). В дни без ТЦ эта связь сильно затушевывается: скорее всего, это связано с влиянием ГКЛ.

Данный вывод возможно вскоре «прольет свет» на имеющиеся противоречия в определении знака зависимости электронной концентрации в нижней области D от гелиоактивности.

Литература

1. Ванина-Дарт Л.Б., Покровская И.В., Шарков Е.А. Реакция нижней экваториальной ионосферы на сильные тропосферные возмущения // Геомагнетизм и аэрномия, 2008. Т. 47. № 2. С. 255–260.
2. Ванина-Дарт Л.Б., Шарков Е.А., Покровская И.В. Влияние солнечной активности на отклик экваториальной нижней ионосферы во время активной фазы тропических циклонов// Исследование Земли из космоса, 2007. № 2. С. 3–10.
3. Sinelnikov V.M., Lvova G.P., Gulyaeva T.L., Pakhomov S.V., Glotov A.P., A rocket radio beacon experiment on the electron density profile measurement in the bottom side of the ionosphere// Proc.Satellite Beacon Simp. Warszawa. Poland. 1980. P. 453.
4. Князев А.К., Ванина Л.Б., Корнеева Л.В., Авдеев В.Н. // Профили $N_e(h)$ экваториальной нижней ионосферы в минимуме и максимуме солнечной активности, Геомагнетизм и аэрномия, 1994. Т.34. № 2. С. 152-1551.

Tropical cyclone influence on the ionosphere and atmosphere as one of the major parts of the climate processes

L.B. Vanina-Dart, E.A. Sharkov

Space Research Institute of RAS

The tropical cyclone's influence on the atmosphere can be found tens of kilometers in a vertical direction and thousands horizontally. It changes the structure of the neutral atmosphere and this alters the electron concentration of the ionosphere. The tropical cyclone, it's influence on climate processes, and an indication of the associated dangers are the subject of this report.

Keywords: Lower equatorial lionosphere, tropical cyclone, solar activity climate processes.