

## Вариации ионосферных параметров в азиатском регионе России в период деятельности тропических циклонов

М.А. Черниговская<sup>1</sup>, В.И. Куркин<sup>1</sup>, И.И. Орлов<sup>1</sup>, Б.М. Шевцов<sup>2</sup>,  
И.Н. Поддельский<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт солнечно-земной физики СО РАН,  
664033 Иркутск, а/я 291  
E-mail: cher@iszf.irk.ru ;

<sup>2</sup> Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,  
684034 Камчатский край, Елизовский район, п. Паратунка, ул. Мирная, д. 7  
E-mail: podd-igor@yandex.ru

На основе анализа короткопериодных временных вариаций параметров ионосферы в работе продолжены исследования возможности проявления мощных метеорологических возмущений в нижней атмосфере в вариациях ионосферных параметров в дальней от региона источника возмущения зоне. В качестве источника воздействия на ионосферу снизу рассматривались сильные метеорологические возмущения в тропосфере – тропические циклоны (ТЦ). Для анализа использовались данные максимальных наблюдаемых частот (МНЧ) сигналов наклонного зондирования (НЗ) вдоль трасс Магадан-Иркутск, Хабаровск-Иркутск и Норильск-Иркутск, проходящих в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока, весной (март-апрель), летом (июль) и осенью (сентябрь-октябрь) 2010 г. С помощью частотного анализа данных МНЧ выявлены временные интервалы с повышенной энергетикой короткопериодных колебаний, которые можно интерпретировать как проявление крупномасштабных перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ), источниками которых являются ВГВ с периодами 1-5 часов. В результате комплексного анализа гелио-геомагнитных, ионосферных и атмосферных данных, а также спутниковых данных о ТЦ, предпринята попытка связать ряд выявленных ПИВ с откликами ионосферы на ТЦ, действовавшие в северо-западной акватории Тихого океана в рассматриваемые временные интервалы. В летние и осенние месяцы, в период активного тропического циклогенеза, отмечено значительное усиление энергетики короткопериодных волновых возмущений на трассах НЗ. Интенсивность наблюдаемых ПИВ уменьшалась по мере удаления средних точек трасс НЗ к западу от потенциальных источников ВГВ. Для анализируемых трасс НЗ выявлен различный отклик ионосферы на прохождение волновых возмущений от одних источников ВГВ. Полученные спектры вариаций МНЧ сигналов НЗ для весенних месяцев, когда циклоническая активность в северо-западной акватории Тихого океана низкая, в спокойных гелио-геомагнитных условиях можно рассматривать как «фоновые». Проведено сравнение «фоновых» спектров со спектрами амплитуд возмущений, полученными в периоды активной деятельности тропического циклогенеза летом и осенью.

**Ключевые слова:** верхняя и средняя атмосфера, ионосфера, взаимодействие слоев атмосферы, волновые возмущения, тропические циклоны.

### Введение

В работе продолжено исследование волнового механизма воздействия со стороны нижних слоев атмосферы на ионосферу Земли (Черниговская и др., 2008а, б; Черниговская и др., 2009; Черниговская и др., 2010 а, б). Задача исследования возмущений верхней атмосферы и ионосферы, обусловленных воздействиями снизу (в том числе, метеорологического характера), активно решается экспериментально и теоретически в течение многих лет и продолжает оставаться актуальной до настоящего времени (Hocke, Schlegel, 1996; Kazimirovsky, 2002; Fritts, Alexander, 2003; Lastovicka, 2006; Vincent, 2009). Источниками таких возмущений могут быть внутренние гравитационные волны (ВГВ), рас-

пространяющиеся из нижележащих слоев атмосферы (мезосфера, стратосфера и тропосфера) и переносящие с собой момент количества движения и энергию. При определенных условиях ВГВ достигают высот максимума ионосферы (~300-350 км), проявляя свои свойства в виде перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ). Теоретические расчеты и экспериментальные данные показывают, что ВГВ распространяются в горизонтальных направлениях с различными скоростями, в результате чего формируются движущиеся пакеты волн, которые могут обнаруживаться на расстояниях до нескольких тысяч километров от источника возбуждения (Vadas, 2007; Ахмедов, Куницын, 2004; Куницын и др., 2007; Ерохин и др., 2007).

В настоящей работе в качестве мощнейшего потенциального источника воздействия снизу рассматриваются гигантские по своей энергетике тропосферные возмущения – тропические циклоны, тайфуны. Известно, что прохождение фронта тропического циклона (ТЦ) может сопровождаться возбуждением ВГВ различных временных масштабов, которые могут распространяться вверх и проявляться на высотах ионосферы в виде ПИВ (Fabric et al., 2002; Bishop et al., 2006; Zuo Xiao et al., 2008; Ванина-Дарт, Шарков, 2009; Шарков, 2010; Онищенко, 2010; Перевалова, Ишин, 2010; Перевалова и др., 2010). Цель работы заключалась в исследовании возможности проявления мощных тропосферных возмущений в вариациях ионосферных параметров в дальней от региона источника возмущения зоне.

## Данные наблюдений

В работе исследованы короткопериодные (порядка десятков минут, часов) временные вариации ионосферных параметров, полученных на сети ионозодов наклонного зондирования, вызванные изменениями параметров верхней атмосферы и ионосферы в регионах проведения радиофизических измерений.

Для анализа использовались данные наблюдений:

– экспериментальные данные максимальных наблюдаемых частот (МНЧ) сигналов наклонного зондирования (НЗ) вдоль трасс Норильск-Иркутск, Магадан-Иркутск, Хабаровск-Иркутск со скважностью ~5 мин в различные сезоны года (март-апрель, июль, сентябрь-октябрь) 2010 г.

– данные о тропических циклонах, действовавших в акватории северо-запада Тихого океана по данным Астрономической обсерватории Гавайского университета (<http://www.solar.ifa.hawaii.edu/Tropical/Data>).

Геометрии трасс НЗ, проходящих в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока азиатской части России (рис. 1), различны. Средние точки трасс (области ионосферы, в окрестности которых происходит отражение радиосигналов и которые, в основном, определяют характер вариаций параметров, регистрируемых в пунктах приема сигналов) существенно разнесены по пространству:

- западнее пос. Подкаменная Тунгуска 60.8°с.ш., 96.2°в.д. (трасса Норильск-Иркутск);
- южнее г. Якутск 58.1°с.ш., 123.3°в.д. (трасса Магадан-Иркутск);
- территория КНР 51.3°с.ш., 119.7°в.д. (трасса Хабаровск-Иркутск).

Трасса НЗ Хабаровск-Иркутск была задействована в 2009 г., ее средняя точка наиболее близка к региону активной деятельности тропических циклонов в акватории северо-запада Тихого океана.



Рис. 1. Схема трасс наклонного зондирования

### Результаты анализа данных

Частотный анализ выполнялся с помощью разработанной в ИСЗФ СО РАН методики поиска периодичностей для временных рядов (Орлов, Ильин, 2000). Расчеты мощностей текущих спектров  $Ri$  проводились на сетке периодов  $Ti = 0.5 \div 5$  час с шагом 0.5 часа. Усиление мощности спектра на определенных периодах  $Ti$  интерпретировалось как проявление ПИВ, связанных с распространением ВГВ. При решении задачи о возможности регистрации проявлений деятельности мощных ТЦ в вариациях ионосферных параметров в зоне, удаленной от региона деятельности ТЦ, существенным является вопрос о выявлении других возможных источников волновых возмущений снизу. Это могут быть землетрясения, метеорологические фронты непосредственно в регионах получения экспериментальных данных, солнечный терминатор и т.п. Доминирующим фактором в термодинамическом режиме ионосфера является гелио-геомагнитная активность. Поэтому для эффективного разделения возмущений при анализе учитывалась сопутствующая гелио-геомагнитная возмущенность (поток солнечного радиоизлучения  $F_{10.7}$  на длине 10,7 см в ед.  $10^{-22}$  Вт/(Гц•М2) и геомагнитные индексы  $K_p$ ,  $D_{st}$ ). Помимо гелио-геомагнитной возмущенности мы учитывали метеорологическую обстановку в исследуемых регионах, поскольку прохождения атмосферных фронтов также могут быть источниками ВГВ (отмечалось время прохождения атмосферных фронтов через регионы средних точек рассматриваемых трасс НЗ). Для этой цели использовались композиты дистанционного мониторинга облачного покрова по данным спутника NOAA.

На рис. 2 представлены матрицы текущих спектров МНЧ для периодов 1-5 час на широтных трассах Хабаровск-Иркутск, Магадан-Иркутск и меридиональной трассе Норильск-Иркутск в период 15 марта–16 апреля 2010 г. совместно с графиками изменения индексов гелио-геомагнитной активности. В этот период в акватории северо-запада Тихого океана не было действующих ТЦ. Вертикальными стрелками на картах мощности спектров вариаций МНЧ указаны моменты прохождения местных метеорологических атмосферных фронтов в регионах подионосферных средних точек трасс НЗ.

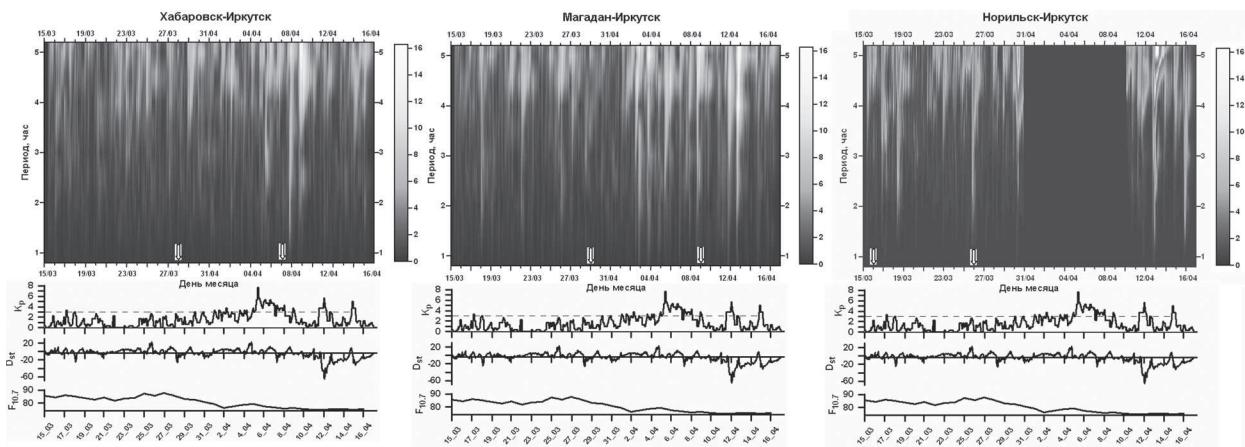


Рис. 2. Матрицы текущих спектров МНЧ для периодов 1-5 час на трассах Хабаровск-Иркутск, Магадан-Иркутск и Норильск-Иркутск, индексы геомагнитной активности  $K_p$ ,  $D_{st}$  и поток солнечного радиоизлучения  $F_{10.7}$  в марте-апреле 2010 г.

На рис. 3, 4 приведены аналогичные данные комплексного анализа для июля и сентября-октября 2010 г. Горизонтальными полосами на временных осях графиков вариаций геомагнитного индекса  $K_p$  указаны периоды действия наиболее мощных ТЦ, действовавших в акватории северо-запада Тихого океана в эти периоды (табл. 1, 2).

Таблица 1. Тропические циклоны, действовавшие в июле 2010 г.

| Имя ТЦ по международному перечню | Дата          | Максимальная скорость в центре возмущения, м/с | Категория* |
|----------------------------------|---------------|--|------------|
| Тайфун-1 CONSON                  | 11-17/07/2010 | 38   | 1          |
| Тайфун-1 CHANTHU                 | 18-22/07/2010 | 38   | 1          |

Таблица 2. Тропические циклоны, действовавшие в сентябре-октябре 2010 г.

| Имя ТЦ по международному перечню | Дата          | Максимальная скорость в центре возмущения, м/с | Категория* |
|----------------------------------|---------------|--|------------|
| Тайфун-3 FANAPI                  | 14-20/09/2010 | 53   | 3          |
| Тайфун-2 MALAKAS                 | 20-25/09/2010 | 45   | 2          |
| Супер-тайфун-5 MEGI              | 13-23/10/2010 | 78   | 5          |

\* Категории ТЦ (в соответствие со шкалой Саффира-Симпсона): TD – тропическая депрессия; TS – тропический шторм; 1 – тайфун (минимальный); 2 – тайфун (умеренный); 3 – тайфун (значительный); 4 – тайфун, супертайфун (огромный); 5 – супертайфун (катастрофический).

Из рис. 2-4 видно, что периоды с повышенной геомагнитной активностью:  $K_p = 8_- \div 6_-$  и  $D_{st} = -66$  нТ в первой половине апреля 2010 г. (рис. 2);  $K_p = 4_+ \div 14$  июля 2010 г. (рис. 3);  $K_p = 4_+$  и  $D_{st} = -75$  нТ – 11 октября 2010 г. (рис. 4) сопровождались существенным усилением волновой активности. Мощности ПИВ при этом были значительно выше, чем энергетика короткопериодных волновых возмущений в спокойные геомагнитные периоды.

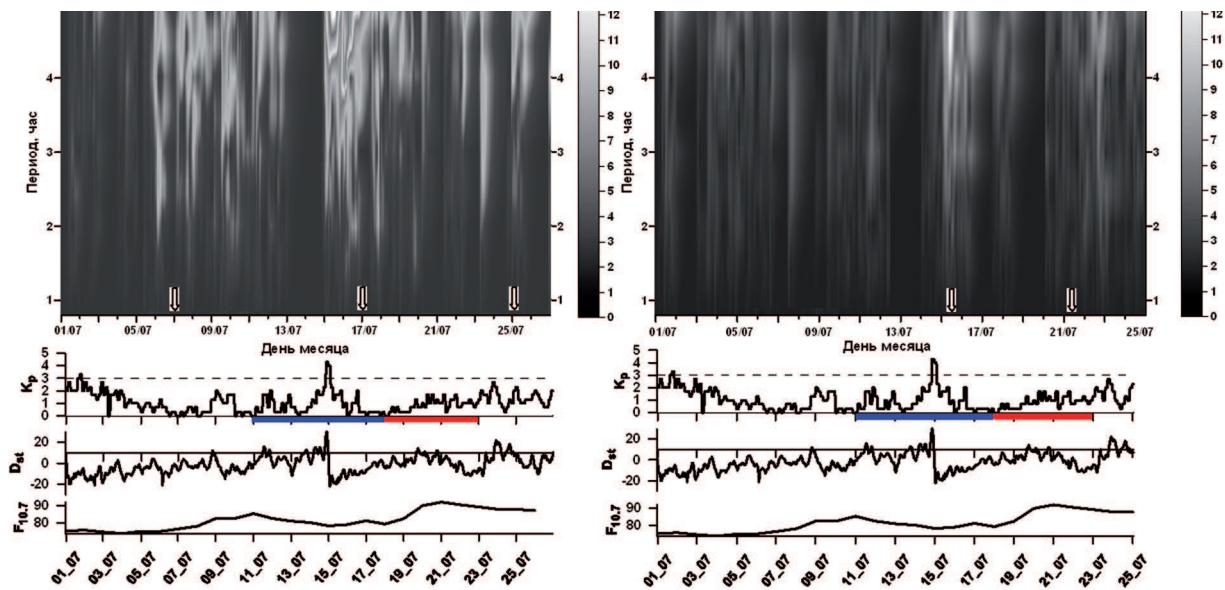


Рис. 3. Матрицы текущих спектров МНЧ для периодов 1-5 час на трассах Магадан-Иркутск и Норильск-Иркутск, индексы геомагнитной активности  $K_p$ ,  $Dst$  и поток солнечного радиоизлучения  $F_{10.7}$  в июле 2010 г.

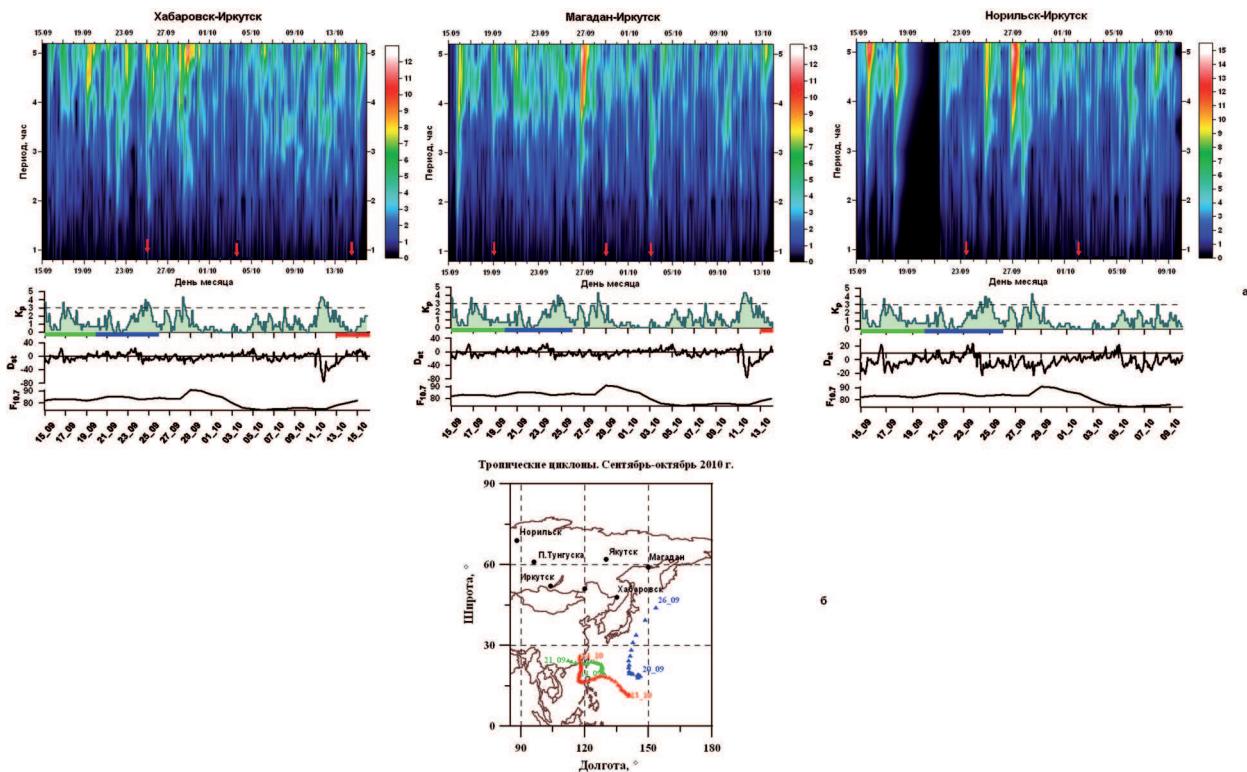


Рис. 4. Матрицы текущих спектров МНЧ для периодов 1-5 час на трассах Хабаровск-Иркутск, Магадан-Иркутск и Норильск-Иркутск, индексы геомагнитной активности  $K_p$ ,  $Dst$  и поток солнечного радиоизлучения  $F_{10.7}$  (а); траектории движения ТЦ в акватории северо-запада Тихого океана (б) в сентябре-октябре 2010 г.

Летом 2010 г. период действия двух тайфунов в акватории северо-запада Тихого океана с 11 по 22 июля (см. табл. 1) совпал по времени с геомагнитным возмущением 14 июля (рис. 3), что не позволило достоверно установить причину зарегистрированного повышения мощности ПИВ. Всплеск геомагнитной активности сопровождался усилением интенсивности ПИВ на трассах Магадан-Иркутск и Норильск-Иркутск. Измерения на трассе Хабаровск-Иркутск в этот период не проводились по техническим причинам.

В период с 15 сентября по 15 октября 2010 г. отмечалось существенное усиление энергетики короткопериодных волновых возмущений на трассах Хабаровск-Иркутск, Магадан-Иркутск и Норильск-Иркутск (рис. 4,а). Интенсивность наблюдаемых ПИВ уменьшалась по мере удаления средних точек трасс НЗ к западу от потенциальных источников ВГВ. Обнаруженные ПИВ не всегда были связаны с проявлениями гелио-геомагнитной возмущенности (11 октября 2010 г.) или прохождением в подионосферных регионах средних точек трасс НЗ местных метеорологических фронтов, а также другими потенциальными источниками короткопериодных волновых возмущений (такими как, эффекты солнечного терминатора). Однако в периоды усиления интенсивности ПИВ в акватории северо-запада Тихого океана действовали мощные тайфуны (табл. 2, рис. 4,б).

Следует отметить, что, в целом, в июле мощность короткопериодных волновых возмущений в спокойных гелио-геомагнитных условиях во время действия ТЦ была ниже, чем осенью. Это, возможно, связано с различиями в условиях распространения волновых возмущений из тропосферы в верхнюю атмосферу и ионосферу. Для ВГВ, как и для планетарных волн, существует такая ситуация, когда они могут проникать сквозь барьер стратосферной зональной циркуляции только при определенных ветрах с запада (Ерохин и др., 2007). Летом при восточном зональном переносе в стратомезосфере волны проникать в верхние слои атмосферы не могут, и атмосфера поэтому относительно стабильна. Осенью (в периоды близкие к равноденствию) в атмосфере происходит смена циркуляции с летней на зимнюю, поэтому в этот период могут возникать благоприятные условия для распространения волновых возмущений из нижней атмосферы в верхнюю.

## Выводы

Проведенный частотный анализ выявил временные интервалы с повышенной энергетикой короткопериодных колебаний данных МНЧ сигналов НЗ на трассах Хабаровск-Иркутск, Магадан-Иркутск и Норильск-Иркутск в различные сезоны (март-апрель, июль, сентябрь-октябрь) 2010 г., которые можно интерпретировать как проявление ПИВ, источниками которых являются ВГВ с периодами 1-5 часов.

1. В период активной деятельности ТЦ (вторая половина сентября 2010 г.) в акватории северо-запада Тихого океана отмечено существенное усиление энергетики короткопериодных волновых возмущений на трассах Хабаровск-Иркутск, Магадан-Иркутск и Норильск-Иркутск. Интенсивность наблюдаемых ПИВ уменьшается по мере удаления средних точек трасс НЗ к западу от потенциальных источников ВГВ.

2. Периоды с повышенной геомагнитной активностью сопровождались существенным усилением волновой активности. Энергетика ПИВ при этом была значительно выше,

чем энергетика короткопериодных волновых возмущений в спокойные геомагнитные периоды.

3. Анализ событий повышенной энергетики короткопериодных колебаний МНЧ в различные сезоны 2010 г. показал различия в амплитудах мощности спектров вариаций МНЧ в спокойных гелио-геомагнитных условиях для весны, лета и осени.

4. В марте-апреле, в отсутствие действующих ТЦ в акватории северо-запада Тихого океана, отмечались ПИВ с периодами 1-5 час, но их энергетика была значительно слабее по сравнению с энергией ПИВ в сентябре-октябре, когда на северо-западе Тихого океана действовали три мощных тайфуна. Этот факт дает основание отметить, что наличие мощных действующих ТЦ (даже в достаточно удаленной зоне), может рассматриваться как потенциальный источник короткопериодных волновых возмущений ионосферных параметров.

5. Летом (в июле 2010 г.), в целом, мощность короткопериодных волновых возмущений в спокойных гелио-геомагнитных условиях во время действия ТЦ ниже, чем осенью. Это, возможно, связано с различиями в условиях распространения волновых возмущений из тропосферы в верхнюю атмосферу и ионосферу для различных сезонов года.

6. Выявленные различия энергетики исследуемых короткопериодных колебаний для разных сезонов могут быть, на наш взгляд, связаны также с особенностями формирования, развития, перемещения конкретных тропических циклонов в рассматриваемые периоды времени, и как следствие этих особенностей – различными эффектами воздействия ТЦ на вышележащую атмосферу.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 09-05-00760\_a.

## Литература

1. Ахмедов Р.Р., Куницын В.Е. Моделирование ионосферных возмущений, вызванных землетрясениями и взрывами // Геомагнетизм и аэрономия, 2004. Т. 44. № 1. С. 105-112.
2. Ванина-Дарт Л.Б., Шарков Е.А. Влияние тропических циклонов на ионосферу и атмосферу в целом как один из важнейших составляющих климатических процессов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2009. Вып. 6. Т. II. С. 269-273.
3. Ерохин Н.С., Михайлова Л.А., Шалимов Л.С. Прохождение крупномасштабных внутренних гравитационных волн на ионосферные высоты через ветровые структуры в нижней и средней атмосфере // Геофизические исследования, 2007. Вып. 7. С. 53-64.
4. Куницын В.Е., Сураев С.Н., Ахмедов Р.Р. Моделирование распространения акусто-гравитационных волн в атмосфере для различных поверхностных источников // Вестник Моск. ун-та. Серия 3. Физика. Астрономия, 2007. № 2. С. 59-63.
5. Онищенко О.Г. Отклик ионосферы на мощные тропические вихри // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2010. Т. 7. № 3. С. 107-109.
6. Орлов И.И., Ильин Н.В. О текущих спектрах сигналов // Радиолокация. Навигация. Связь / Под ред. Борисова В.И. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. Т.1. С. 361-365.
7. 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.
8. 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.
9. Черниговская М.А., Шарков Е.А., Куркин В.И. и др. Исследование временных вариаций ионосферных параметров в регионе Сибири и Дальнего Востока // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2008. Вып. 5. Т. I. С. 567-574(а).
  10. Черниговская М.А., Шарков Е.А., Куркин В.И. и др. Короткопериодные временные вариации ионосферных параметров в регионе Сибири и Дальнего Востока // Исследование Земли из космоса, 2008. № 6. С. 17-24(б).
  11. Черниговская М.А., Куркин В.И., Орлов И.И. и др. 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.
  12. Черниговская М.А., Куркин В.И., Орлов И.И. и др. Исследование связи короткопериодных временных вариаций параметров ионосферы в северо-восточном регионе России с проявлениями тропических циклонов // Исследование Земли из космоса, 2010, № 5, С. 32–41(а).
  13. Черниговская М.А., Куркин В.И., Орлов И.И. и др. Исследование воздействия тропических циклонов на вариации параметров ионосферы в азиатском регионе России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2010. Т. 7. № 3. С. 120-127(б).
  14. Шарков Е.А. Спутниковые исследования тропического циклогенеза: особенности и достижения современного этапа // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2010. Т. 7. № 3. С. 29-48.
  15. Bishop R.L., Aponte N. et al. Arecibo observations of ionospheric perturbations associated with the passage of Tropical Storm Odette // J. Geophys. Res., 2006. Vol. 111. No. A11. P. A11320. doi:10.1029/2006JA011668.
  16. Fabric C.-M., Greg R., Laurent R., Jean L. Gravity wave characteristics over Tromelin Island during the passage of cyclone Hudah // Geophys. Res. Lett., 2002. Vol. 29. No. 6. P. 18/1-18/4.
  17. Fritts D.C., Alexander M.J. Gravity wave dynamics and effects in the middle atmosphere // Rev. Geophys. 2003. Vol. 41. No. 1. P. 1003-1066, doi: 10.1029/2001RG000106.
  18. Hocke K., Schlegel K. A review of atmospheric gravity waves and travelling ionospheric disturbances: 1982-1995 // Ann. Geophys., 1996. Vol. 14. P. 917-940.
  19. Kazimirovsky E.S. Coupling from below as a source of ionospheric variability: a review // Ann. Geophys., 2002. Vol. 45, No. 1. P. 11–29.
  20. Lastovicka J. Forcing of the ionosphere by waves from below // J. Atmos. Solar. Terr. Phys., 2006. Vol. 68. P. 479–497.
  21. Vadas S.L. Horizontal and vertical propagation of gravity waves in thermosphere from lower atmospheric and thermospheric sources // J. Geophys. Res., 2007. Vol. 112. P. A06305. doi: doi:10.1029/2006JA011845.
  22. Vincent R.A. Gravity wave coupling from below: A review // Climate and Weather of the Sun-Earth System (CAWSES): Selected Papers from the 2007 Kyoto Symposium. Tokyo: TERRAPUB, 2009. P. 279–293.
  23. Zuo Xiao, Sai-guan Xiao, Yong-qiang Hao, Dong-he Zhang Morphological features of ionospheric response to typhoon // J. Geophys. Res., 2008. Vol. 112. No. A4. A04304.

# **Variation of ionospheric parameters in the Asian region of Russia in the period of tropical cyclones**

**M.A. Chernigovskaya<sup>1</sup>, V.I. Kurkin<sup>1</sup>, I.I. Orlov<sup>1</sup>, B.M. Shevtsov<sup>2</sup>, I.N. Poddelsky<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS  
664033, Irkutsk p/o box 291; Lermontov st., 126a  
E-mail: cher@iszf.irk.ru ;*

<sup>2</sup> *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS  
684034 Kamchatka region, Elizovskiy district, Paratunka, Mirnaya str., 7  
E-mail: podd-igor@yandex.ru*

The possibility of manifestation of strong meteorological disturbances (tropical cyclones) in variations of ionospheric parameters in the zone far removed from the disturbance source region has been studied on the basis of analysis of short-period temporal variations of ionospheric parameters. In the analysis performed, we used data on maximum observed frequencies (MOF) of oblique sounding (OS) signals along the Magadan–Irkutsk, Khabarovsk–Irkutsk and Norilsk–Irkutsk paths in East Siberia and the Far East obtained in spring (March–April), summer (July) and autumn (September–October) 2010. The frequency analysis of data on MOF of OS signals has revealed time intervals with enhanced intensity of short-period oscillations which may be interpreted as manifestations of large-scale traveling ionospheric disturbances (TIDs) whose sources were internal gravity waves (IGWs) with periods of 1–5 hours. Based on a complex analysis of helio-geomagnetic, ionospheric, and meteorological data in the regions under study as well as of data on tropical cyclones, we have made an attempt at finding a link between a number of detected TIDs and the ionospheric responses to tropical cyclones which were in their active phase in the north-west Pacific during the periods in question. A considerable increase in the energy of short-period wave disturbances was observed along the OS paths during active tropical cyclogenesis in summer and autumn. The intensity of the observed TIDs decreased as the midpoints of the OS paths moved westward away from the potential IGW sources. Ionospheric responses to wave disturbance propagation from the same IGW sources differ in the OS paths under analysis. The resulting spectra of MOF variations of OS signals for the spring months, when the cyclonic activity in the north-west of the Pacific Ocean was low, in the quiet helio-geomagnetic conditions can be regarded as «background». A comparison of the 'background' spectra with the amplitudes of the perturbations obtained in the periods of active tropical cyclogenesis in the summer and autumn was performed.

**Keywords:** upper and middle atmosphere, ionosphere, coupling of the atmospheric layers, wave disturbances, tropical cyclones.