

---

МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ДУ «ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА НАН УКРАЇНИ»

ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

НАУКОВО-ДОСЛІДНА УСТАНОВА  
«УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ  
ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ»

XIV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

# ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА: ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ СТАТЕЙ

10—14 вересня 2018 р.  
м. Харків, Україна

Харків  
2018

УДК 502.58:504.064.4

Друкується за постановою вченої ради УКРНДІЕП

Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XIV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 10—14 вересня 2018 р.) / УКРНДІЕП. – Х.: ФОП Столярова І. П., 2018. — 384 с.

У збірнику наукових статей висвітлено проблеми, що пов'язані з регіональною екологією, охороною атмосферного повітря та водних об'єктів, переробкою промислових та побутових відходів, моніторингом навколишнього природного середовища, радіо-екологічною безпекою та екологічно чистими енергозберігаючими технологіями.

Збірник розраховано на вчених та спеціалістів академічних та галузевих науково-дослідних і проектних інститутів, керівників підприємств різних форм власності, організацій МОЗ України, представників департаментів екології та природних ресурсів обласних та міських державних адміністрацій та екологічних інспекцій, управлінь з питань надзвичайних ситуацій, органів державної виконавчої влади та місцевого самоврядування і громадських організацій.

Статті надруковано за авторською редакцією.

XIV Міжнародна  
Науково-практична конференція

## **ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА: ПРОБЛЕМИ І ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ СТАТЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Відповідальний за випуск: Н. С. Цапко  
Дизайн обкладинки: С. А. Цеков  
Комп'ютерна верстка: В. М. Амелін

© Укладач Науково-дослідна установа  
«Український науково-дослідний  
інститут екологічних проблем»  
(УКРНДІЕП), 2018

---

Підписано до друку 17.08.2018 р. Формат 60×84 1/16. Наклад 60 прим.  
Папір офсет. Гарнітура Myriad. Друк офсет.

---

ФОП Столярова І. П., 61002, Україна, м. Харків, пр. Гагаріна, 20, оф. 1421  
Тел./факс: (057) 703-40-87, 703-40-97  
E-mail: info@rider.com.ua <http://rider.com.ua>

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ СРЕДНЕШИРОТНОЙ НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ НА ПРОХОЖДЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ФРОНТА

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Естественные возмущения в нижней ионосфере изучены еще недостаточно. Они часто оказывают существенное влияние на атмосферу и ионосферу Земли и поэтому представляют значительный интерес для понимания физики ионосферы и решения целого ряда прикладных задач радиосвязи, радионавигации, экологии и т. д. Для изучения явлений, возникающих в этих случаях в нижней ионосфере, наиболее часто применяется метод частичных отражений (ЧО) (см., напр., [1]). Как известно, естественные возмущения имеют очень широкий диапазон продолжительности: единицы секунд — десятки часов. Цель работы: на основании банка данных, полученных в 2000—2010 г. методом ЧО на аппаратуре ХНУ им. В. Н. Каразина [1] вблизи г. Харькова изучить отклик среднеширотной D-области ионосферы на прохождение мощного атмосферного фронта (АФ).

### 2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

Поведение концентрации электронов  $N$  в среднеширотной D-области ионосферы рассматривалось в периоды до, во время и после прохождения теплого и холодного АФ в разные сезоны года. Циклы непрерывных наблюдений (8 см. табл. 1) методом ЧО составляли 3 — 3,5 суток. Регистрировались высотно-временные изменения амплитуд ЧО сигналов  $A_{\text{срх}}(z, t)$  и шумов  $A_{\text{нох}}(t)$  для обыкновенной "о" и необыкновенной "х" магнитоионных компонент. Высотные профили  $N(z)$  получены на интервалах 10 мин с погрешностью  $< 30\%$  [1].

Время наблюдений и время прохождения АФ, (ЛТ)			
10 — 12.04.2001	11.04.2001: 11.20 — 14.20	02 — 03.02.2005	02.02.2005: 10.30 — 14.00
16 — 19.11.2001	17.11.2001: 09.00 — 14.00	10 — 12.05.2006	11.05.2006: 10.30 — 14.00
27 — 30.10.2004	29.10.2004: 11.00 — 14.30	07 — 09.02.2007	08.02.2007: 08.00 — 15.00
30.03–3.04.2004	02.04.2004: 09.00 — 14.00	20 — 23.03.2007	22.03.2007: 11.30 — 14.30

Наблюдения выполнялись в спокойных гелиогеомагнитных условиях. Времена начала и окончания прохождения АФ определены с точностью  $\sim 10$ —30 мин. Временные интервалы начала и спада АФ составляли десятки минут и более. Временные параметры АФ определялись по метеорологиче-

ским показателям, измеряемым вблизи поверхности Земли. Сведения о геомагнитных условиях и параметры АФ получены по сети Интернет и в Харьковском гидрометеоцентре.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рис. 1а приведены временные изменения концентрации электронов  $N$  на разных высотных уровнях в среднеширотной D-области в периоды до, во время и после прохождения теплого (11.05.2006 г.) и холодного (22.03.2007 г.) атмосферных фронтов в разные времена года (в относительных единицах). Для сравнения взято отношение  $N / N_{\text{АФ}}$ , усредненных за 30 мин значений  $N(z, t)$ , полученных в контрольные дни  $N$  и в дни прохождения АФ  $N_{\text{АФ}}$ . Анализ экспериментальных данных показал, что основные особенности высотно-временных изменений  $A_{\text{so,x}}(z, t)$ ,  $A_{\text{но,x}}(t)$  и  $N(z, t)$  сводятся к следующему: 1) при прохождении АФ и в течение 1 — 5 часов после (иногда и больше, но идентификация затруднена воздействием солнечного терминатора) нестационарность ЧО сигналов и радиозумов заметно больше, чем в периоды до прохождения АФ; 2) примерно в половине рассмотренных случаев выявлены некоторые различия в поведении  $A_{\text{so,x}}(z, t)$  при прохождении АФ в отличие от времени до и после него: наблюдаются квазипериодические изменения  $A_{\text{so,x}}(z, t)$  в течение десятков минут.

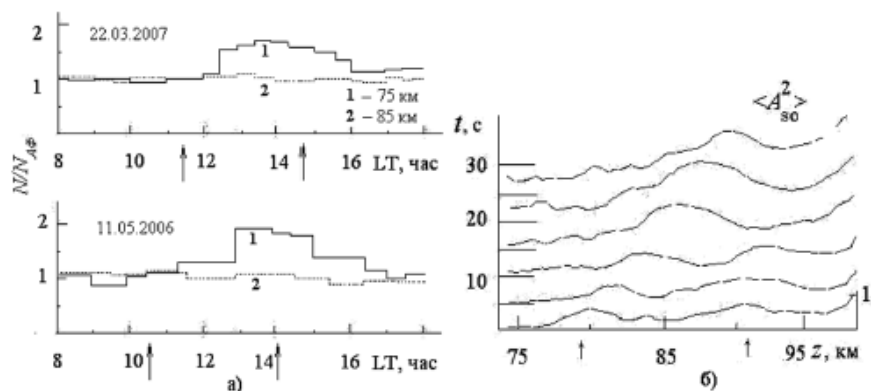


Рис. 1 — Временные изменения концентрации электронов в среднеширотной D-области в периоды АФ 11.05.2006 г. и 22.03.2007 г. (а) (стрелками указаны периоды атмосферных фронтов) и пример высотно-временных профилей  $\langle A_{\text{so}}^2 \rangle$ , (б)

При этом имеет место перемещение такого процесса по высоте. Как показал анализ первичных регистраций ЧО сигналов, предполагаемая скорость перемещения процесса составляла  $\sim 350\text{—}340$  м/с. Отметим, что подобные изменения наблюдались ранее в периоды сильных гроз [1]. При

спектральной обработке зависимостей  $A_{\text{ср.к.}}(z, t)$  установлено заметное увеличение энергии спектральной составляющей на частоте  $f \approx 0.5$  Гц, что соответствует инфразвуковому диапазону. В фоновых измерениях в контрольный день подобных изменений не отмечено; 3) на высотах  $z < 80$  км значения  $N$  оказались заниженными в 1.3—2.2 раза по сравнению с контрольными днями. Наиболее вероятным механизмом такого снижения  $N$  видится воздействие возмущения в тропосфере с помощью сложной цепочки, которое осуществляется как через динамический канал (горизонтальный и вертикальный массовый перенос), так и через канал перераспределения малых составляющих (например,  $O_3$ ). Уменьшение  $N$  в нижней части D-области, вероятно, обуславливается увеличением концентрации отрицательных ионов; 4) в верхней части D-области заметных различий в поведении  $N(z, t)$  не установлено.

#### 4. ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние атмосферного возмущения на нижнюю ионосферу через всю сложную цепочку взаимодействий осуществляется сравнительно быстро (порядка сотен минут – нескольких часов и, возможно, быстрее). Центральную роль в динамике и энергетике атмосферы и ионосферы играют атмосферные гравитационные волны (АГВ): акустические волны (АВ). Источниками волновых возмущений, распространяющихся снизу в верхнюю атмосферу и ионосферу, могут быть: тропосферные циклоны, фронтальные системы, струйные течения и т. д. Возмущения атмосферы возбуждают широкий пространственно-временной спектр АВ и ВГВ, которые расходятся от источника возмущения с разными скоростями благодаря дисперсии и фильтруются по мере их распространения в атмосфере. Как показывают исследования, над местом возмущения наблюдаются АВ, а на больших расстояниях, в основном, ВГВ. Поэтому помимо контроля гелио и геомагнитной обстановки при анализе эффектов проявления волновых возмущений в ионосферных параметрах необходимо учитывать метеорологическую обстановку в исследуемом регионе, так как прохождение АФ также могут быть источниками ВГВ, о чем свидетельствуют приведенные результаты.

#### ВЫВОДЫ

1. Экспериментально изучены основные особенности высотно-временных изменений амплитуд ЧО сигналов и радишумов и концентрации электронов в среднеширотной D-области ионосферы во время прохождения АФ. Установлено, что примерно в половине случаев при прохождении АФ в отличие от времени до и после него, наблюдаются квазипериодические изменения амплитуд ЧО сигналов и радишумов в течение десятков минут, обусловленные прохождением инфразвуковых волн. При этом имело место перемещение такого процесса по высоте с кажущейся скоростью  $\sim 350$ — $340$  м/с.

2. Установлено, что в нижней части D-области ( $z < 80$  км) значение  $N$  оказались заниженными в 1,3 – 2,2 раза по сравнению с контрольными днями. Механизм такого снижения  $N(z,t)$  представляется в воздействии тропосферного возмущения с помощью сложной цепочки процессов, затрагивающих как динамический канал, так и канал перераспределения малых составляющих.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гоков А. М. Отклик среднеширотной D-области ионосферы на природные явления. Монография. Издатель: LAP LAMBERT Academic Publishing. Saarbrücken. – 2014. –300 с.