

ISSN 2518-1726 (Online),  
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

ӘЛЪ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ  
ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

AL-FARABI KAZAKH  
NATIONAL UNIVERSITY

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

## 4 (320)

ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2018 ж.

ИЮЛЬ – АВГУСТ 2018 г.

JULY-AUGUST 2018

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА  
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ  
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД  
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

Б а с р е д а к т о р ы  
ф.-м.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғ.М. Мұтанов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

**Жұмаділдаев А.С.** проф., академик (Қазақстан)  
**Кальменов Т.Ш.** проф., академик (Қазақстан)  
**Жантаев Ж.Ш.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Өмірбаев У.У.** проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Жүсіпов М.А.** проф. (Қазақстан)  
**Жұмабаев Д.С.** проф. (Қазақстан)  
**Асанова А.Т.** проф. (Қазақстан)  
**Бошқаев К.А.** PhD докторы (Қазақстан)  
**Сұраған Д.** корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Quevedo Hernando** проф. (Мексика),  
**Джунушалиев В.Д.** проф. (Қырғыстан)  
**Вишневский И.Н.** проф., академик (Украина)  
**Ковалев А.М.** проф., академик (Украина)  
**Михалевич А.А.** проф., академик (Белорус)  
**Пашаев А.** проф., академик (Әзірбайжан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары  
**Тигиняну И.** проф., академик (Молдова)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.)  
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде  
01.06.2006 ж. берілген №5543-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.  
Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2018

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор  
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

**Джумадилаев А.С.** проф., академик (Казахстан)  
**Кальменов Т.Ш.** проф., академик (Казахстан)  
**Жантаев Ж.Ш.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Умирбаев У.У.** проф. чл.-корр. (Казахстан)  
**Жусупов М.А.** проф. (Казахстан)  
**Джумабаев Д.С.** проф. (Казахстан)  
**Асанова А.Т.** проф. (Казахстан)  
**Бошкаев К.А.** доктор PhD (Казахстан)  
**Сураган Д.** чл.-корр. (Казахстан)  
**Quevedo Hernando** проф. (Мексика),  
**Джунушалиев В.Д.** проф. (Кыргызстан)  
**Вишневский И.Н.** проф., академик (Украина)  
**Ковалев А.М.** проф., академик (Украина)  
**Михалевич А.А.** проф., академик (Беларусь)  
**Пашаев А.** проф., академик (Азербайджан)  
**Такибаев Н.Ж.** проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.  
**Тигиняну И.** проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов  
Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2018

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

E d i t o r i n c h i e f  
doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

E d i t o r i a l b o a r d:

**Dzhumadildayev A.S.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Kalmenov T.Sh.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Zhantayev Zh.Sh.** prof., corr. member. (Kazakhstan)  
**Umirbayev U.U.** prof. corr. member. (Kazakhstan)  
**Zhusupov M.A.** prof. (Kazakhstan)  
**Dzhumabayev D.S.** prof. (Kazakhstan)  
**Asanova A.T.** prof. (Kazakhstan)  
**Boshkayev K.A.** PhD (Kazakhstan)  
**Suragan D.** corr. member. (Kazakhstan)  
**Quevedo Hernando** prof. (Mexico),  
**Dzhunushaliyev V.D.** prof. (Kyrgyzstan)  
**Vishnevskiy I.N.** prof., academician (Ukraine)  
**Kovalev A.M.** prof., academician (Ukraine)  
**Mikhalevich A.A.** prof., academician (Belarus)  
**Pashayev A.** prof., academician (Azerbaijan)  
**Takibayev N.Zh.** prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.  
**Tiginyanu I.** prof., academician (Moldova)

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.**

**ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,  
[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz) / [physics-mathematics.kz](http://physics-mathematics.kz)

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2018

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 4, Number 320 (2018), 92 – 97

A.F. Yakovets, G.I. Gordienko, B.T. Zhumabayev, Yu.G. Litvinov,

«Institute of Ionosphere» JSC «National Center of Space Research and Technology», Almaty  
[artyak40@mail.ru](mailto:artyak40@mail.ru)

## COMPARISON OF ALTITUDE PROFILES OF AMPLITUDE OF TWO TYPES OF $F_2$ - LAYER IONOSPHERIC DISTURBANCES

**Abstract.** Based on the data of vertical sounding of the ionosphere in Almaty in 2000-2012, the altitude profiles of amplitude of nighttime enhancements in the electron concentration of the  $F_2$  layer were obtained and compared with the altitude profiles of amplitudes of large-scale traveling ionospheric disturbances (LSTIDs). A scattering diagram is calculated between the height ( $h_{Am}$ ) corresponding to the amplitude maximum and the height of the maximum of the ( $h_mF_2$ ) layer. Similar diagrams are calculated for the amplitudes of the LSTIDs. It is shown that  $h_{Am}$  is always below  $h_mF_2$ , between  $h_{Am}$  and  $h_mF_2$  there is a good correlation relation, and the difference between  $h_{Am}$  and  $h_mF_2$  increases linearly with increasing  $h_mF_2$ . If for  $h_mF_2 = 280$  km the difference is  $\sim 38$  km, then for  $h_mF_2 = 380$  km the difference is  $\sim 54$  km. A similar behavior of the altitude corresponding to the maximum amplitudes was also obtained for plasma disturbances formed by the LSTIDs, with the average distance between altitudes varying from  $\sim 45$  km for  $h_mF_2 = 280$  km to  $\sim 80$  km for  $h_mF_2 = 380$  km.

**Key words:** ionosphere, vertical sounding, electron concentration in the  $F_2$  layer maximum.

УДК 550.383

А.Ф. Яковец, Г.И. Гордиенко, Б.Т. Жумабаев, Ю.Г. Литвинов

ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», Алматы,

## СРАВНЕНИЕ ВЫСОТНЫХ ПРОФИЛЕЙ АМПЛИТУД ДВУХ ТИПОВ ВОЗМУЩЕНИЙ $F_2$ - СЛОЯ ИОНОСФЕРЫ

**Аннотация.** На основе данных вертикального зондирования ионосферы в Алматы в 2000-2012 гг получены высотные профили размаха ночных увеличений электронной концентрации  $F_2$ -слоя, и проведено их сравнение с высотными профилями амплитуд крупномасштабных перемещающихся ионосферных возмущений (КМ ПИВ). Рассчитаны диаграммы рассеяния между высотой  $h_{Am}$ , соответствующей максимальному размаху увеличений, и высотой максимума  $h_mF$  слоя. Аналогичные диаграммы рассчитаны для амплитуд КМ ПИВ. Показано, что  $h_{Am}$  всегда находится ниже  $h_mF$ , между  $h_{Am}$  и  $h_mF$  существует хорошая корреляционная связь, а разница между  $h_{Am}$  и  $h_mF$  линейно возрастает с ростом  $h_mF$ . Если для  $h_mF = 280$  км разница равна  $\sim 38$  км, то для  $h_mF = 380$  км разница равна  $\sim 54$  км. Подобное поведение высоты, соответствующей максимальному размаху, получено также для возмущений плазмы, образованных КМ ПИВ, при этом среднее расстояние между высотами изменяется от  $\sim 45$  км для  $h_mF = 280$  км до  $\sim 80$  км для  $h_mF = 380$  км.

**Ключевые слова:** ионосфера, вертикальное зондирование, высотные профили в  $F_2$ -слое.

**Введение.** В литературе описан обширный класс возмущений  $F_2$ -слоя ионосферы, которые накладываются на регулярные суточные вариации электронной концентрации. Разные типы возмущений характеризуются отличающимися механизмами их генерации. Крупномасштабные перемещающиеся ионосферные возмущения (КМ ПИВ), по-видимому, являются наиболее характерными особенностями неоднородной структуры ионосферы. КМ ПИВ представляют собой

отклик ионосферы на распространение атмосферных гравитационных волн (АГВ), генерируемых в полярных районах во время геомагнитных возмущений [1] и в нижней атмосфере независимо от уровня магнитной активности [2]. Результаты теоретического и экспериментального изучения распространения АГВ в нейтральной атмосфере и их ионосферного проявления сведены в ряде обзорных работ [1, 3]. Типичные параметры КМ ПИВ представляют следующие величины: периоды занимают диапазон 40 мин – 3 ч; горизонтальные длины волн – 1000–3000 км; фазовые скорости – 400–1000 м/с.

Другой тип ионосферных возмущений представляет собой ночные увеличения электронной концентрации в максимуме  $F2$ -слоя ионосферы ( $N_mF2$ ). Этот тип неоднородностей описан в многочисленных работах [4, 5, 6, 7, 8], в которых наряду с морфологией явления рассматривается механизм его образования, включающий: а) амбиполярную диффузию ионосферной плазмы; б) дрейф плазмы вдоль магнитных силовых линий, обусловленный меридиональным нейтральным ветром; в) плазменный обмен между плазмосферой и ионосферой и г) рекомбинацию. Анализ частоты возникновения ночных увеличений  $NmF2$  по данным вертикального зондирования в Алматы за 2000–2014 гг. показал, что существует хорошо выраженная сезонная зависимость частоты возникновения увеличений [9]. Одинаковыми чертами распределений для высокой и низкой солнечной активности являются высокие вероятности формирования увеличений в зимние месяцы.

В работе [10] были получены высотные профили амплитуд КМ ПИВ, которые дают возможность ввести дополнительные параметры, характеризующие распространение возмущений. Одним из таких параметров является высота максимума амплитуды КМПИВ ( $h_{Am}$ ), а также ее соотношение с высотой максимума  $F2$ -слоя ( $h_mF$ ). Целью настоящей работы явилось получение высотных профилей размаха ночных увеличений электронной концентрации  $F2$ -слоя, и сравнение их с высотными профилями амплитуд КМ ПИВ.

#### **Описание аппаратуры и анализ результатов наблюдений.**

Ночные наблюдения ионосферы проводятся в Институте ионосферы (Алма-Ата,  $76^{\circ}55' E$ ,  $43^{\circ}15' N$ ) на цифровом ионозонде, сопряженном с компьютером “Pentium-166”, который предназначен для сбора, хранения и обработки ионограмм в цифровом виде. Информация считывается с ионограмм полуавтоматическим методом. Длительность сеансов наблюдения, осуществляемых в 5-минутном режиме, в зависимости от сезона составляет 10–14 ч, 10–15 ночей каждый месяц. Первичная обработка ионограмм включает считывание значений действующих высот ( $h'(t)$ ) отражения радиосигнала на ряде фиксированных рабочих частот зондирования и значений критической частоты ( $f_oF2$ ). Ионозond обеспечивает точность считывания  $h'(t) \sim 2.5$  км и точность считывания  $f_oF2 \sim 0.05$  МГц. Дальнейшая обработка включает получение из ионограмм  $N(h)$ -профилей, используя программу пересчета POLAN [11] действующих высот в истинные высоты. В этом методе  $N(h)$ -профиль аппроксимируется перекрывающимися полиномами, при этом участок профиля вблизи  $N_mF2$  аппроксимируется параболой.

Для получения количественных оценок параметров ночных увеличений электронной концентрации слоя  $F2$  строилось поведение электронной концентрации на ряде фиксированных высот (рис. 1) (расстояние между соседними высотами составляет 10 км, а нижняя кривая соответствует высоте  $h = 190$  км). Жирной кривой представлены вариации электронной концентрации ( $N_mF2$ ) в максимуме слоя. Критическая частота слоя (в МГц) связана с электронной концентрацией в максимуме слоя ( $N_mF2$ ), выражаемой количеством электронов в кубическом сантиметре, соотношением  $N_mF2 = 1.24 \cdot 10^4 (f_oF2)^2$ .

На рисунке 1 представлен пример поведения параметров ночного  $F2$ -слоя, которое представляет последовательность первого ( $t \sim 20:40$ – $22:25$ ), второго ( $t \sim 23:10$ – $02:00$ ) и третьего ( $t \sim 03:15$ – $04:15$ ) увеличений. Падение электронной концентрации в начале сеанса измерения обусловлено выключением ионизирующего излучения Солнца после его захода и химическими потерями, обусловленными рекомбинацией плазмы. Быстрое увеличение электронной концентрации утром после 06:00 обусловлено восходом Солнца. Поведение электронной концентрации на ряде фиксированных высот позволяет получить высотную зависимость (профиль) размаха увеличения. На рисунке 2 представлены высотные профили размаха увеличений электронной концентрации для первого (левая панель) и второго (правая панель) увеличений и

$N(h)$ -профили для начала и конца увеличений, рассчитанные из вариаций  $N_e(t)$ , представленных на рис. 1. В сеансе измерений, представленном на рис. 1, высота, соответствующая максимальному размаху, как для 1-го, так и для 2-го увеличения, оказалась равной 260 км. Анализ всего объема наблюдений показал, что рассмотренные на рис. 1 особенности сохраняются во время формирования увеличений и в другие даты, приходящиеся на разные сезоны и годы с разным уровнем солнечной активности.

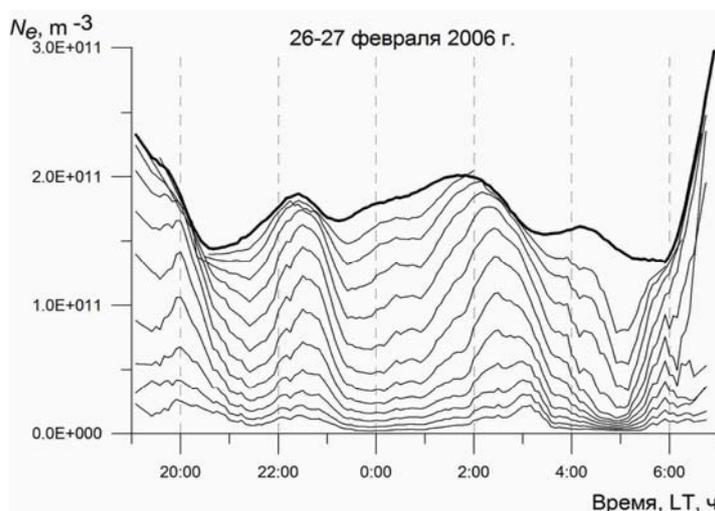


Рисунок 1 – Поведение электронной концентрации F2-слоя на ряде фиксированных высот при формировании ночных увеличений электронной концентрации.

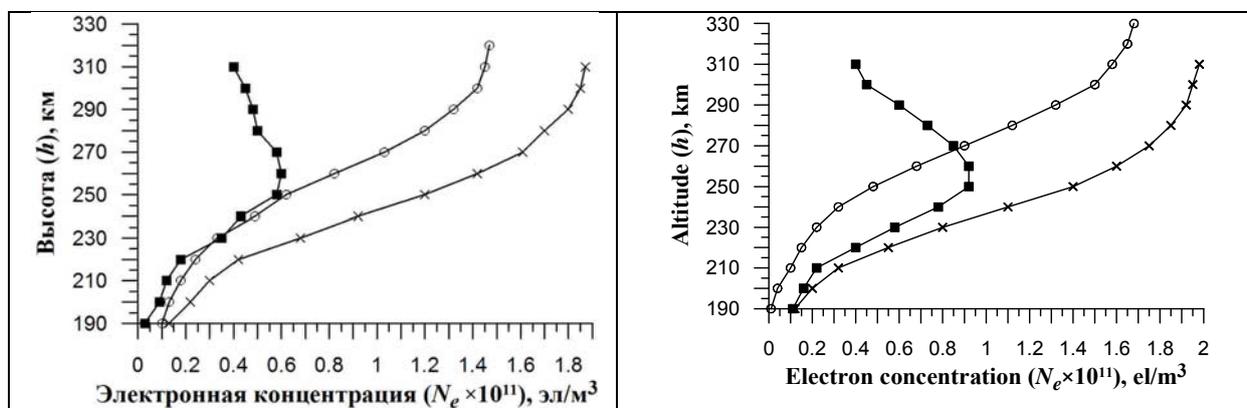


Рисунок 2 – Высотные профили размаха увеличений электронной концентрации (■) и  $N(h)$ -профили для начала (○) и конца (×) увеличений, имевших место 26-27 февраля 2006 г. а – первое увеличение ( $t_{\text{нач}} \sim 20:40$ ,  $t_{\text{кон}} \sim 22:25$ ); б – второе увеличение ( $t_{\text{нач}} \sim 23:10$ ,  $t_{\text{кон}} \sim 02:00$ ).

Для исследования высотных профилей амплитуд КМПВ за период 2000– 2007 гг. были выбраны сеансы наблюдений, во время которых были зарегистрированы возмущения с относительной амплитудой ( $\delta_h$ ), превышающей 25%, на высоте, соответствующей  $A_m$ . Здесь  $\delta_h = A(h)/N(h)$ , где  $A(h)$  – абсолютная амплитуда волны на высоте  $h$  и  $N(h)$  – величина невозмущенной электронной концентрации на данной высоте. Выбор сеансов наблюдений, в течение которых были зарегистрированы КМ ПИВ с большими абсолютными и относительными значениями амплитуд, обеспечивал высокую точность построения высотных профилей амплитуд даже вблизи высот основания слоя, которые характеризуются малыми значениями  $A(h)$  и  $N(h)$ . Всего таких сеансов оказалось 63. На рисунке 3 (левая панель) представлен пример вариаций электронной концентрации  $N_h(t)$  для ночи 30 – 31 августа 2004 г. на серии высот с расстоянием между

соседними высотами 10 км. Нижняя кривая соответствует высоте основания слоя ( $h = 190$  км). Верхняя (жирная) кривая соответствует вариациям  $N_m F(t)$  в максимуме слоя  $h_m F$ . На рисунке представлены сглаженные вариации плотности с отфильтрованными высокочастотными флуктуациями.

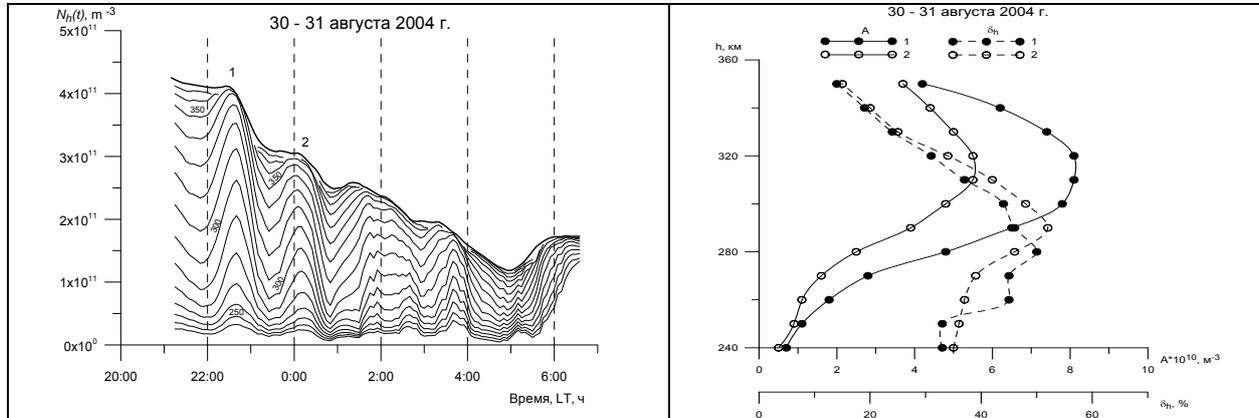


Рисунок 3 – Вариации электронной концентрации  $N_h(t)$  для ночи 30 – 31 августа 2004 г. на серии высот с расстоянием между соседними высотами 10 км (левая панель) и соответствующие высотные профили абсолютных (непрерывные линии) и относительных (штриховые линии) амплитуд возмущений 1 (точки) и 2 (кружки) для КМ ПИВ. Репродукция рис. 1 и 2 из статьи [10]

Для удаления из первичных данных  $N_h(t)$  высокочастотных составляющих как ионосферного происхождения, так и вызванных шумом, возникающим в процессе обработки данных, осуществлялась низкочастотная фильтрация рядов с применением скользящего окна длительностью  $T = 30$  мин. Вариации электронной концентрации, представленные на рисунке, демонстрируют особенность, характерную для большинства сеансов, в которых наблюдались КМ ПИВ. Особенность заключается в том, что КМ ПИВ в вариациях  $N_m F(t)$  проявляются значительно слабее, чем в вариациях  $N_h(t)$  на фиксированных высотах, расположенных ниже высоты максимума слоя. Причины такой высотной зависимости реакции ионосферы на прохождение АГВ рассмотрены в работе [12]. На рисунке 3 (правая панель) представлены высотные профили абсолютных и относительных амплитуд возмущений 1, 2, рассчитанные из вариаций  $N_h(t)$ . Высотные профили амплитуд возмущений строились для каждой периодической волны, зафиксированной в течение сеанса измерений. На рисунке 3 (левая панель) отчетливо видны по две волны, которые обозначены цифрами 1 и 2. В этом сеансе наблюдений высоты, соответствующие максимальной абсолютной амплитуде, как для волны 1, так и для волны 2, составляли 310 – 320 км, при этом средняя высота максимума слоя составляла 370 км. Видно, что профили для волн 1, 2 различаются как для относительных, так и абсолютных амплитуд. Общим свойством для волн, представленных на рис. 3 и для всех остальных проанализированных сеансов, является то, что высоты, соответствующие максимальным значениям абсолютных амплитуд, превышают высоты, соответствующие максимальным значениям относительных амплитуд. При этом интервал изменения высот максимума профилей для всего массива анализируемых сеансов весьма широк.

Для количественного анализа параметров ночных увеличений нами были отобраны за период 2001–2012 гг. 20 ночей, характеризующихся низкой магнитной активностью ( $Dst > -50$  нТл) и выраженными проявлениями ночных увеличений  $N_e$ . Рисунок 4 (левая панель) представляет диаграмму рассеяния между высотой  $h_{Am}$ , соответствующей максимальному размаху увеличений, и высотой максимума  $h_m F$  слоя. Интервал высот, на которых наблюдались максимальные размахи для всего массива анализируемых сеансов, оказался весьма широк. Рассчитанная методом наименьших квадратов линия регрессии изображена сплошной линией. Выражение для этой линии и значение коэффициента корреляции  $r=0.9$  представлены в верхней части рисунка.

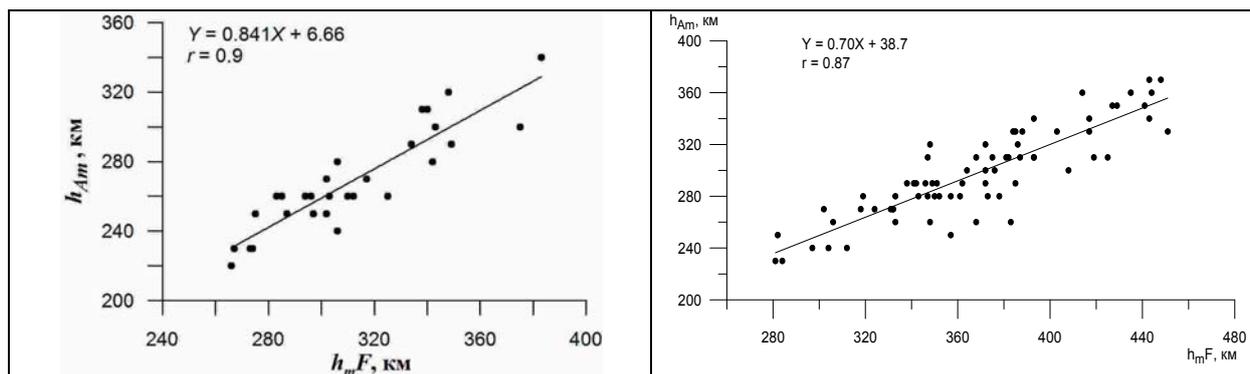


Рисунок 4 – Диаграмма рассеяния между высотами  $h_{Am}$  и  $h_mF$ , полученная по всему массиву анализируемых данных (20 ночей) для ночных увеличений (левая панель) и КМПИБ (правая панель).

Из рисунка следует, что разница между  $h_{Am}$  и  $h_mF$  линейно возрастает с ростом  $h_mF$ . Если для  $h_mF = 280$  км разница равна  $\sim 38$  км, то для  $h_mF = 380$  км разница равна  $\sim 54$  км. Подобное поведение высоты, соответствующей максимальному размаху, получено также для возмущений плазмы, образованных КМ ПИБ (правая панель). Видно, что  $h_{Am}$  всегда находится ниже  $h_mF$ , между  $h_{Am}$  и  $h_mF$  существует хорошая корреляционная связь, среднее расстояние между высотами изменяется от  $\sim 45$  км для  $h_mF = 280$  км до  $\sim 80$  км для  $h_mF = 380$  км при низкой магнитной активности. Такое поведение высотного профиля амплитуд КМ ПИБ было интерпретировано в работе [10] на основе пространственно-временной картины их распространения, представляющей периодические осцилляции термосферного меридионального ветра, которые приводят к периодическим колебаниям высоты  $F2$ -слоя. Поэтому высотный профиль амплитуд возмущений в основном определяется формой  $N(h)$ -профиля слоя.

**Выводы.** Проведено сравнение высотных зависимостей (профилей) размаха ночных увеличений электронной концентрации  $F2$ -слоя и амплитуд крупномасштабных перемещающихся ионосферных возмущений. Найдены количественные соотношения между параметрами вариаций размаха увеличений  $N_mF2$  в максимуме слоя и на высоте, характеризующейся максимальной скоростью нарастания концентрации. Показано, что высотные профили размаха увеличения  $N_mF2$  и амплитуд КМПИБ обладают одинаковыми свойствами: высота максимума профилей лежит ниже высоты максимума слоя, при этом расстояние между высотами максимумов растет с увеличением  $h_mF$ .

*Работа выполнена по РБП-008 «Развитие космических технологий мониторинга и прогнозирования природных ресурсов, техногенных изменений окружающей среды, создание космической техники и наземной космической инфраструктуры, исследования объектов дальнего и ближнего космоса» в рамках темы «Создание системы диагностики и прогноза космической погоды для анализа и прогнозирования условий функционирования космических аппаратов, систем навигации и связи (2018-2020гг.)», регистрационный номер (РН) 0118РК00800.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hunsucker R.D. Atmospheric gravity waves generated in the high latitude ionosphere: A review // Rev. Geophys. V. 20. N 2. P. 293–315. 1982.
- [2] Vadas S.L., Liu H. Generation of large scale gravity waves and neutral winds in the thermosphere from the dissipation of convectively generated gravity waves // J. Geophys. Res. V. 114. N A10310, doi:10.1029/2009JA014108. 2009.
- [3] Hocke K., Schlegel K. A review of atmospheric gravity waves and traveling ionospheric disturbances: 1982–1995 // Ann. Geophysicae. V. 14. N 9. P. 917–940. 1996.
- [4] Farello A.F., Herrais M., Mikhailov A.V. Global morphology of nighttime  $NmF2$  enhancements // Ann. Geophysicae. V. 20. N 11. P. 1795–1806. 2002.

[5] Bailey G.J., Sellek R., Balan N. The effect of interhemispheric coupling on nighttime enhancement in ionospheric total electron content winter at solar minimum // *Ann. Geophysicae*. V. 9. N 9. P. 738–747. 1991.

[6] Mikhailov A.V., Leschinskaya T.Yu., Förster M. Morphology of  $NmF2$  nighttime increases in the Eurasian sector // *Ann. Geophysicae*. V. 18. N 6. P. 618–628. 2000a.

[7] Mikhailov A.V., Förster M., Leschinskaya T.Yu. On the mechanism of the postmidnight winter  $NmF2$  enhancements: dependence on solar activity // *Ann. Geophysicae*. V. 18. N 11. P. 1422–1434. 2000b.

[8] Pavlov A.V., Pavlova N.M. Mechanism of the postmidnight winter nighttime enhancement in the  $NmF2$  over Millstone Hill during 14–17 January 1986 // *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.* V. 67. N 4. P. 381–395. 2005.

[9] Yakovets A.F., Vodyannikov V.V., Gordienko G.I., and Yu.G. Litvinov. Some Features of Nighttime Enhancements in the Electron Concentration in the F2-Layer Maximum of the Midlatitude Ionosphere // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2014. V. 54. No.6, pp. 791–801.

[10] Yakovets A.F., Vodyannikov V.V., Gordienko G.I., and Yu.G. Litvinov. Height Profiles of the Amplitudes of Large Scale Traveling Ionospheric Disturbances. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2013, Vol. 53, No. 5, pp. 655–662.

[11] Titheridge J.E. Ionogram analysis with the generalized program POLAN. Boulder. CO USA: National Data Center. 189 p. 1985.

[12] Yakovets A.F., Vodyannikov V.V., Gordienko G.I., Ashkaliev Ya. F., Litvinov Yu. G., and S. B. Akasov. Response of the Nighttime Midlatitude Ionosphere to the Passage of an Atmospheric Gravity Wave. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2008, Vol. 48, No. 4, pp. 511–517.

УДК 550.383

**А.Ф. Яковец, Г.И. Гордиенко, Б.Т. Жумабаев, Ю.Г. Литвинов**

Ионосфера институты, Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы,  
Қазақстан Республикасы, Алматы, Каменское плато

### **ИОНОСФЕРАНЫҢ F2-ҚАБАТЫНЫҢ ҰЙЫТҚУЛАРЫНЫҢ ЕКІ ТҮРІНІҢ АМПЛИТУДАСЫНЫҢ БИІКТІК ПРОФИЛЬДЕРІН САЛЫСТЫРУ**

**Аннотация.** Ионосфераны тігінен зондтау деректері бойынша Алматыда 2000-2012 жылдар аралығында F2-қабатының электрондардың концентрациясында түнгі уақытта артуының биік серпілу профильдері алынды, және оларды кең ауқымды қозғалмалы ионосфералық бұзылулар (КА ҚИБ) амплитудасының биіктік профильдерімен салыстыру жүргізілді. Биіктігі  $h_{Am}$  арасындағы шашырау диаграммалары, серпілудің максималды ауқымына сәйкес келетін, және  $h_mF$ -қабатының максималды биіктігі есептелген. Ұқсас диаграммалар (КА ҚИБ) амплитудалары үшін есептелген. Көрсетілгендей,  $h_{Am}$  әрқашан  $h_mF$ -ден төмен орналасады,  $h_{Am}$  және  $h_mF$  арасында жақсы корреляциялық қатынас бар, ал  $h_{Am}$  мен  $h_mF$  арасындағы айырмашылық  $h_mF$  артуымен сызықты түрде артады. Егер  $h_mF = 280$  км үшін айырмашылық  $\sim 38$  км болса, ал  $h_mF = 380$  км үшін айырмашылық  $\sim 54$  км. Биіктіктің мұндай мінез-құлқы максималды серпілуге сәйкес келеді сондай-ақ, (КА ҚИБ) құрылған плазманың бұзылуы, сонымен қатар биіктік арасындағы орташа қашықтық  $h_mF = 280$  км-ден  $\sim 80$  км-ге дейін  $h_mF = 380$  км үшін 45 км-ден ауытқуы үшін алынған.

**Түйін сөздер:** ионосфера, тік зондтау, F2-қабатындағы биіктік профильдері

#### **Сведения об авторах:**

Яковец Артур Федорович - канд. физ.-мат. наук, СНС, Алматы, Каменское плато, Институт ионосферы, ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», [artyak40@mail.ru](mailto:artyak40@mail.ru);

Гордиенко Галина Ивановна - канд. физ.-мат. наук, СНС, Алматы, Каменское плато, Институт ионосферы, ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», [ggordienko@mail.ru](mailto:ggordienko@mail.ru);

Жумабаев Бейбит Тенелович - канд. физ.-мат. наук, СНС, Алматы, Каменское плато, Институт ионосферы, ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», [beibit.zhu@mail.ru](mailto:beibit.zhu@mail.ru);

Литвинов Юрий Георгиевич - канд. физ.-мат. наук, Алматы, Каменское плато, Институт ионосферы, ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», [yurii-litvinov@mail.ru](mailto:yurii-litvinov@mail.ru).

МАЗМҰНЫ

*Медеубаев Н.Қ., Меңліхожаева С., Сейтмұратов А.Ж., Рамазанов М.И., Жарменова Б.К., Шамилов Т.* Қалыңдығы айнымалы болатын сырықтық жүйенің айналма тербелісінің жуық теңдеуінің қолдану аумағы (ағылшын тілінде)..... 5

*Минасянц Г., Минасянц Т., Томозов В.* 2014 жылдың 28 ақпанындағы күн жарқылындағы гамма-сәулеленудің дамуының ерекшеліктері (ағылшын тілінде)..... 15

*Қожахмет Б.Қ., Куликов Г.Г., Нурбакова Г.С.* <sup>208</sup>Pb негізінде нейтрон шағылдырғышын қолдану арқылы БН-600 шапшаң реактордың нейтрондық – физикалық сипаттамаларын жақсарту (ағылшын тілінде)..... 22

*Минасянц Г., Минасянц Т., Томозов В.* Массаның короналды шығарылуларында FIP-әсердің көрінуінің ерекшеліктері (ағылшын тілінде)..... 36

*Тереценко В. М.* Спектрофотометрлік стандарттар 8<sup>m</sup>-10<sup>m</sup>. 1. Аппаратура, әдістеме және алғашқы нәтижелер (ағылшын тілінде)..... 42

*Исахов А., Абылкасымова А., Сақытбекова М.* Параллельді есептеу техникасының сәулелену кедергілерінің айналасында желдің ағынын үлгілеу үшін қолдану (ағылшын тілінде)..... 48

*Асқарұлы Қ., Манабаев Н.К.* CVD әдісі арқылы галли нитридтен NWs – алудың технологиялық барысы (ағылшын тілінде)..... 58

*Сейтмұратов А.Ж., Сейлова З.Т., Тілеубай С.Ш., Смаханова А.Қ., Серікбол М.С., Қанибайқызы Қ.* Цилиндірлік қабықшалардың шеттік тербеліс есебі үшін И.Г.Филипповтың математикалық шешу әдісін қолдану (ағылшын тілінде)..... 66

*Ахметов Дж.Ш., Сейтова С.М., Тойбазаров Д.Б., Кадырбаева Г.Т., Даулеткулова А.У., Исаева Г. Б.* Техникалық құрылғылардың жауапкершілікті және аталған мүмкіндіктерді тиімділікті арқылы..... 72

\* \* \*

*Тереценко В. М.* Спектрофотометрлік стандарттар 8<sup>m</sup>-10<sup>m</sup>. 1. Аппаратура, әдістеме және алғашқы нәтижелер (орыс тілінде)..... 85

*Яковец А. Ф., Гордиенко Г.И., Жумабаев Б.Т., Литвинов Ю.Г.* Ионосфераның F2-қабатының ұйытқуларының екі түрінің амплитудасының биіктік профилдерін салыстыру (орыс тілінде)..... 92

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Медеубаев Н.К., Менлихожаева С., Сейтмуратов А.Ж., Рамазанов М.И., Жарменова Б.К., Шамилов Т.</i> Область применимости приближённых уравнений стержневых систем переменной толщины (на английском языке).....	5
<i>Минасянц Г., Минасянц Т., Томозов В.</i> Особенности развития гамма-излучения в солнечной вспышке 25 февраля 2014 года (на английском языке).....	15
<i>Кожухмет Б.К., Куликов Г.Г., Нурбакова Г.С.</i> Улучшение нейтронно – физических характеристик быстрого реактора БН – 600 путем использования отражателя нейтронов на основе $^{208}\text{Pb}$ (на английском языке).....	22
<i>Минасянц Г., Минасянц Т., Томозов В.</i> Особенности проявления FIP-эффекта в корональных выбросах массы (на английском языке).....	36
<i>Тереценко В. М.</i> Спектрофотометрические стандарты $8^m-10^m$ . 1. Аппаратура, методика и первые результаты (на английском языке).....	42
<i>Исахов А., Абылкасымова А., Сахытбекова М.</i> Применение технологий параллельных вычислений для моделирования ветрового потока вокруг архитектурных препятствий с вертикальными силами плавучести (на английском языке).....	48
<i>Асқарулы Қ., Манабаев Н.К.</i> Технологические процессы получения NWs из нитрида галлия CVD методом (на английском языке).....	58
<i>Сейтмуратов А.Ж., Сейлова З.Т., Тилеубай С.Ш., Смаханова А.К., Серікбол М.С., Қанибайқызы Қ.</i> Применение математического метода И.Г.Филиппова при решении краевых задач колебания цилиндрических оболочек (на английском языке).....	66
<i>Ахметов Дж.Ш., Сейтова С.М., Тойбазаров Д.Б., Кадырбаева Г.Т., Даулеткулова А.У., Исаева Г. Б.</i> Проверка технических устройств надежности через решение вероятности неисправности и неисправности.....	72
* * *	
<i>Тереценко В. М.</i> Спектрофотометрические стандарты $8^m-10^m$ . 1. Аппаратура, методика и первые результаты (на русском языке).....	85
<i>Яковец А.Ф., Гордиенко Г.И., Жумабаев Б.Т., Литвинов Ю.Г.</i> Сравнение высотных профилей амплитуд двух типов возмущений F2- слоя ионосферы (на русском языке).....	92

CONTENTS

<i>Medeubaev N., Menlikozhaeva S., Seitmuratov A., Ramazanov M., Zharmenova B., Shamilov T.</i> Area of applicability of approximate equations of vibrations of rod systems of variable thickness (in English).....	5
<i>Minasyants G.S., Minasyants T.M., Tomozov V.M.</i> Features of the development of gamma-rays in a solar flare February 25 2014 (in English).....	15
<i>Kozhakhmet B.K., Kulikov G.G., Nurbakova G.S.</i> Improvement of neutron-physical characteristics of BN-600 fast reactor by using $^{208}\text{Pb}$ based neutron reflector (in English).....	22
<i>Minasyants G.S., Minasyants T.M., Tomozov V.M.</i> FIP effect manifestation features in coronal mass ejections (in English).....	36
<i>Tereschenko V. M.</i> Spectrophotometric standards $8^m$ - $10^m$ . 1. Equipment, methods and first results (in English).....	42
<i>Issakhov A., Abylkassymova A., Sakypbekova M.</i> Applications of parallel computing technologies for modeling of the wind flow around the architectural obstacles with the vertical buoyancy forces (in English).....	48
<i>Askaruly K., Manabayev N.K.</i> Technological processes for the production of nws from gallium nitride (GaN) BY CVD method (in English).....	58
<i>Seitmuratov A., Seylova Z., Tileubay S., Smakhanova A., Serikbol M., Kanibaikyzy K.</i> The USE of a mathematical method of i. g. filippova in the solution of boundary value problems of vibrations of cylindrical shells (in English).....	66
<i>Akhmetov J.W., Seitova S.M., Toibazarov D.B., Kadyrbayeva G.T., Dauletkulova A.U., Issayeva G. B.</i> Verification of reliability technical devices through resolving probability of failure and failure.....	72

\* \* \*

<i>Tereschenko V. M.</i> Spectrophotometric standards $8^m$ - $10^m$ . 1. Equipment, methods and first results (in Russian).....	85
<i>Yakovets A.F., Gordienko G.I., Zhumabayev B.T., Litvinov, Yu.G.</i> Comparison of altitude profiles of amplitude of two types of $F 2$ - layer ionospheric disturbances (in Russian).....	92

---

**Publication Ethics and Publication Malpractice  
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.physics-mathematics.kz>

**ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)**

Редакторы *М. С. Ахметова, Т. А. Апендиев, Д. С. Аленов*  
Верстка на компьютере *А. М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 08.06.2018.  
Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
6,3 п.л. Тираж 300. Заказ 4.

---

*Национальная академия наук РК*  
*050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19*