

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА  
СЕРИЯСЫ**



**СЕРИЯ**

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ**



**PHYSICO-MATHEMATICAL  
SERIES**

**5 (315)**

**ҚЫРКУЙЕК – ҚАЗАН 2017 Ж.  
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2017 Г.  
SEPTEMBER – OCTOBER 2017**

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

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА  
АЛМАТЫ, НАН РК  
ALMATY, NAS RK

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, 2017

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, 2017

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

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

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 5, Number 315 (2017), 35 – 43

**G.I. Gordienko, A.F. Yakovets, Yu.G. Litvinov**

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

**COMPARISON OF THE METHODS FOR ESTIMATING THE HEIGHT  
OF THE MAXIMUM OF THE  $F$  REGION OF THE IONOSPHERE**

**Abstract.** The diurnal distribution of hourly values of height of  $F2$  layer maximum ( $hmF2$ ) calculated by three different methods was analyzed: the Titherage's method, giving the most accurate altitude values, and two other methods using empirically selected expressions connecting  $hmF2$  with ionogram parameters (critical frequencies  $foF2$ ,  $foE$  and virtual altitudes

$h'(f)$ ). It is shown that an approximate method for determining the height of the electron concentration maximum in the ionosphere, based on the calculation of the maximum usable frequency, makes it possible to display all the morphological features of the diurnal variation for winter and equinoctial conditions. In the summer season, there is a wide variation in the heights of the maximum of the layer, caused by the complexity of the ionograms caused by the appearance of sporadic layers. It is shown that the empirical formula connecting  $hmF2$  with the effective altitude at the frequency  $0.83foF2$  allows displaying all morphological features of the diurnal variation in the height of the electron concentration maximum in the ionosphere for all seasons.

**Key words:** ionosphere, vertical sounding, altitudes of the  $F$  region maximum.

УДК 550.383

**Г.И. Гордиенко, А.Ф. Яковец, Ю.Г. Литвинов**

ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», Алматы

**СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ВЫСОТЫ МАКСИМУМА  
 $F$ -ОБЛАСТИ ИОНОСФЕРЫ**

**Аннотация.** Проведен анализ суточного распределения часовых значений высоты  $h_mF2$ , рассчитанных тремя разными методами: методом Титериджа, дающим наиболее точные значения высот, и двумя другими методами, использующими эмпирически подобранные выражения, связывающие  $hmF2$  с параметрами ионограмм (критическими частотами  $foF2$ ,  $foE$  и действующими высотами  $h'(f)$ ). Показано, что приближенный метод определения высоты максимума электронной концентрации в ионосфере, основанный на расчете максимально применимой частоты, позволяет отображать все морфологические особенности суточного хода для зимних и равноденственных условий. В летний сезон наблюдается большой разброс значений высот максимума слоя, вызванный усложненностью ионограмм, обусловленным появлением спорадических слоёв. Показано, что эмпирическая формула, связывающая  $hmF2$  с действующей высотой на частоте  $0.83 foF2$ , позволяет отображать все морфологические особенности суточного хода высоты максимума электронной концентрации в ионосфере для всех сезонов.

**Ключевые слова:** ионосфера, вертикальное зондирование, высота максимума  $F$ -области.

**Введение.** Наряду с критической частотой ( $foF2$ ), одним из основных параметров ионосферы является высота максимума электронной концентрации слоя  $F2$  ( $hmF2$ ). Важность этих параметров определяется их использованием в многочисленных приложениях. За счет отражения радиоволн от  $F2$ -слоя в первую очередь осуществляется коротковолновая радиосвязь на больших расстояниях.

При этом высота максимума электронной концентрации слоя  $F2$  является одним из наиболее важных параметров, необходимых для выбора радиочастот связи. Регулярное изменение солнечной радиации с солнечным зенитным углом вызывает временные и пространственные изменения  $hmF2$ . В зависимости от солнечной активности, времени суток и сезона  $hmF2$  может изменяться от 250 до 450 км на средних широтах. Кроме того, существует сильная зависимость  $hmF2$  от динамических сил, таких как электрические поля и термосферные ветры, вызывающих вертикальный дрейф ионосферной плазмы. Из-за регулярных и нерегулярных вариаций плотности нижней части плазмы, тесно связанных с изменениями  $foF2$  и  $hmF2$ , передача наземного сигнала может быть прервана или даже потеряна. Кроме того, данные о величинах  $hmF2$  и  $foF2$  важны при осуществлении трансионосферной связи Земля-Космос. Например, точность позиционирования с помощью GNSS (глобальной навигационной спутниковой системы) может быть улучшено путем учета таких эффектов распространения сигналов через ионосферу, как ошибки, вызванные изгибом траектории луча, на основе использования данных о значениях  $foF2$  и  $hmF2$  [1, 2]. Кроме того, поскольку пик  $F2$ -слоя является ключевой точкой привязки для построения профилей электронной концентрации, электронная концентрация в максимуме слоя ( $NmF2$ ), связанная с критической частотой согласно формуле  $NmF2 = 1.24 \cdot 10^4 \cdot foF2^2$ , эл/см<sup>3</sup> и соответствующая  $hmF2$  являются наиболее важными параметрами в эмпирическом ионосферном моделировании. Точность высоты пика имеет решающее значение и в некоторых других приложениях, таких как определения скорости [3] и амплитуды осцилляций термосферного ветра [4]. Существуют три метода расчета  $hmF2$  из ионограмм вертикального зондирования. Сравнению точности этих методов и посвящена данная работа.

**Описание методов расчета  $hmF2$  и анализ результатов наблюдений.** Наблюдения ионосферы проводятся в Институте ионосферы (Алматы, 76°55' E, 43°15' N) на цифровом ионозонде "ПАРУС", сопряженном с компьютером, предназначенным для сбора, хранения и обработки ионограмм в цифровом виде. Информация, необходимая для расчетов разнообразных параметров ионосферы, считывается с ионограмм полуавтоматическим методом с участием опытного оператора. В работе [5] показано, что подобный метод обладает большей, по сравнению с автоматическим методом, точностью считывания ионосферных параметров с ионограмм и большим статистическим выходом ионограмм, пригодных к обработке. С ионограмм считываются значения действующих высот отражения  $h'(f)$  радиосигнала на ряде фиксированных рабочих частот зондирования и значение критической частоты  $foF2$ , представляющих основу для получения высотных распределений электронной концентрации ( $N(h)$ -профилей) методом POLAN [6]. Считается, что  $N(h)$ -профили дают наиболее точные значения  $hmF2$ .

При расчете  $hmF2$  вторым методом используется параметр  $M(3000)F2$ , представляющий отношение максимально применимой радиочастоты (МПЧ(3000)) при односкачковом распространении на трассе протяженностью 3000 км к критической частоте  $F2$ -слоя ( $M(3000)F2 = \text{МПЧ}(3000)/foF2$ ) [7, 8]. Высота рассчитывается по формуле

$$h_mF2 = 1490/[M(3000)F2 + c_1(foF2/foE - c_2) + c_3] - 176 \quad (1)$$

где  $foE$  – критическая частота  $E$ -слоя, а  $c_1$ ,  $c_2$  и  $c_3$  представляют коэффициенты, зависящие от широты местоположения ионозонда и уровня солнечной активности. Способ расчета параметра  $M(3000)F2$  из ионограмм был предложен в работе [9].

При расчете  $hmF2$  третьим методом [10] используется кажущаяся высота  $h'(f)$  отражения сигнала на частоте равной  $0.83foF2$ :

$$hmF2 = h'(0.83foF2) \quad (2)$$

Заметим, что  $h'(0.83foF2)$  непосредственно считывается с ионограмм, поэтому это самый простой метод, не требующий довольно сложного программного обеспечения для инверсии ионограмм в высотный профиль электронной концентрации в первом методе или расчета  $M(3000)F2$ ,  $c_1$ ,  $c_2$  и  $c_3$  во втором методе.

Для выполнения данного исследования, используя данные ВЗ ионозонда Института ионосферы в качестве базовых данных, методом Титериджа [6] были получены массивы часовых

значений  $hmF2$  для января, июля, марта и сентября месяцев 2008-2010 гг, представляющих соответственно зимний, летний и равноденственные сезоны для условий аномально низкого уровня солнечной активности. Поскольку считается, что точность расчета высот максимума слоя  $F2$  максимальна, если они получены из  $N(h)$  - профилей, то они служили в качестве реперных значений для оценки точности двух других методов расчета высот. Нами был проведен сравнительный анализ данных  $hmF2$ , полученных из  $N(h)$  - профилей, с данными  $hmF2_{(1)}$  и  $hmF2_{(2)}$ , рассчитанными по алгоритмам (1) и (2), и проведена оценка степени их соответствия.

Использование алгоритма (1). Примеры суточного распределения часовых значений высоты  $hmF2$ , рассчитанных методом Титериджа [6] и обозначенных на рисунках как  $hmF2_{obs}$ , их медианных значений  $hmF2_{med}$  для рассматриваемых сезонов 2008-2010 гг. приведены на рис. 1-3. Поскольку алгоритм (1) выведен эмпирически и предполагает некоторое сглаживание результатов расчёта, то значения  $hmF2_{(1)}$  в этом случае были рассчитаны с учётом медианных значений входящих в (1) параметров  $foE$ ,  $foF2$  и  $M3000F2$ .

Рисунки 1-3 демонстрируют, что рассчитанные по эмпирической зависимости (1) значения  $hmF2$  отражают все морфологические особенности суточного хода максимума электронной концентрации в ионосфере для рассматриваемых условий, обнаруживая значительное расхождение с медианами в дневное время летнего сезона, когда наблюдается большой разброс значений  $hmF2_{obs}$ , обычно вследствие усложнённости ионограмм, вызванной наличием спорадических слоёв. Рисунок 4 представляет корреляционные зависимости  $hmF2_{med}$  и  $hmF2_{(1)}$ , которые показывают, что за исключением летнего сезона их соответствие выполняется не менее чем в 90% случаев, что соответствует коэффициенту корреляции  $r \approx 0.95$ . Попытка использования медианных значений рассматриваемых параметров, рассчитанных для каждого сезона по всему массиву данных, за 2008-2010 гг., привела к незначительному улучшению результатов,  $R^2 \approx 0.93$  ( $r \approx 0.96$ ), рис. 5.

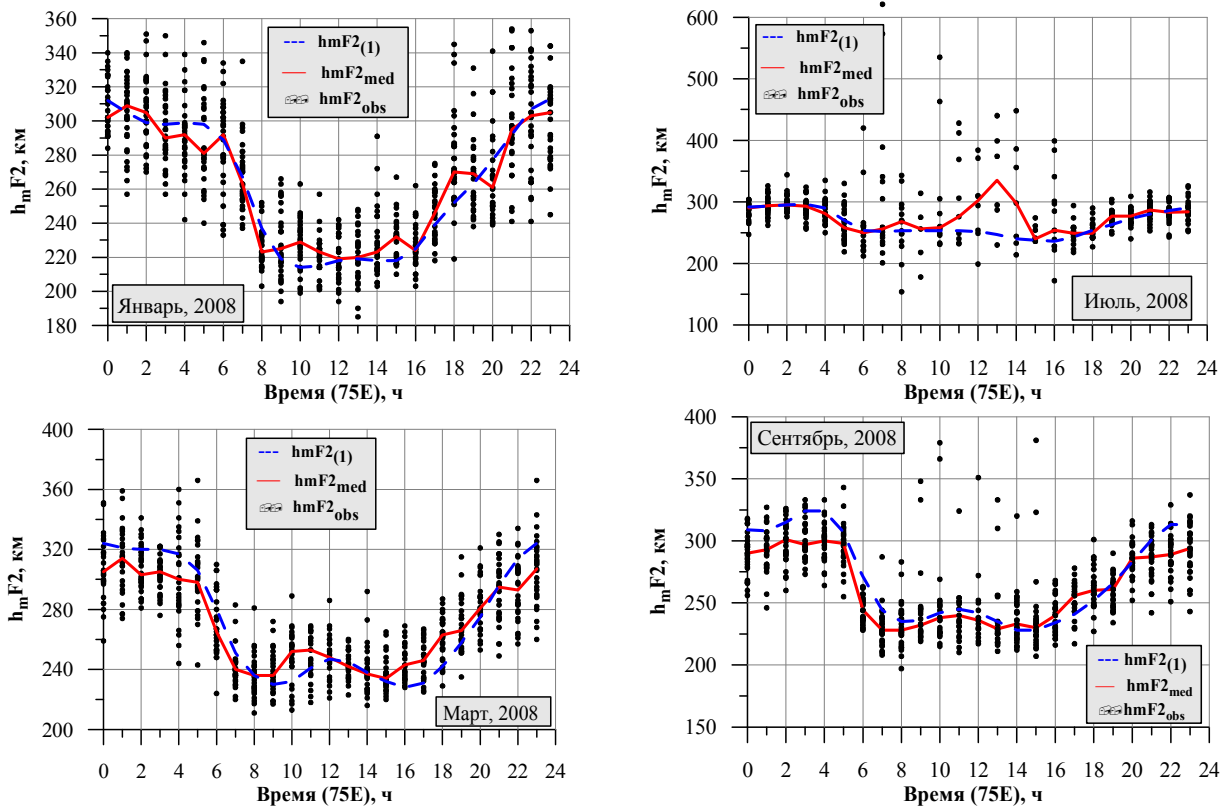


Рисунок 1 - Примеры суточного распределения часовых значений высоты  $hmF2_{obs}$  (символ  $\bullet$ ) для зимних, летних и равноденственных сезонов 2008 г.;  $hmF2_{med}$  – медианные значения  $hmF2_{obs}$ ;  $hmF2_{(1)}$  – значения  $hmF2$ , рассчитанные по алгоритму (1)

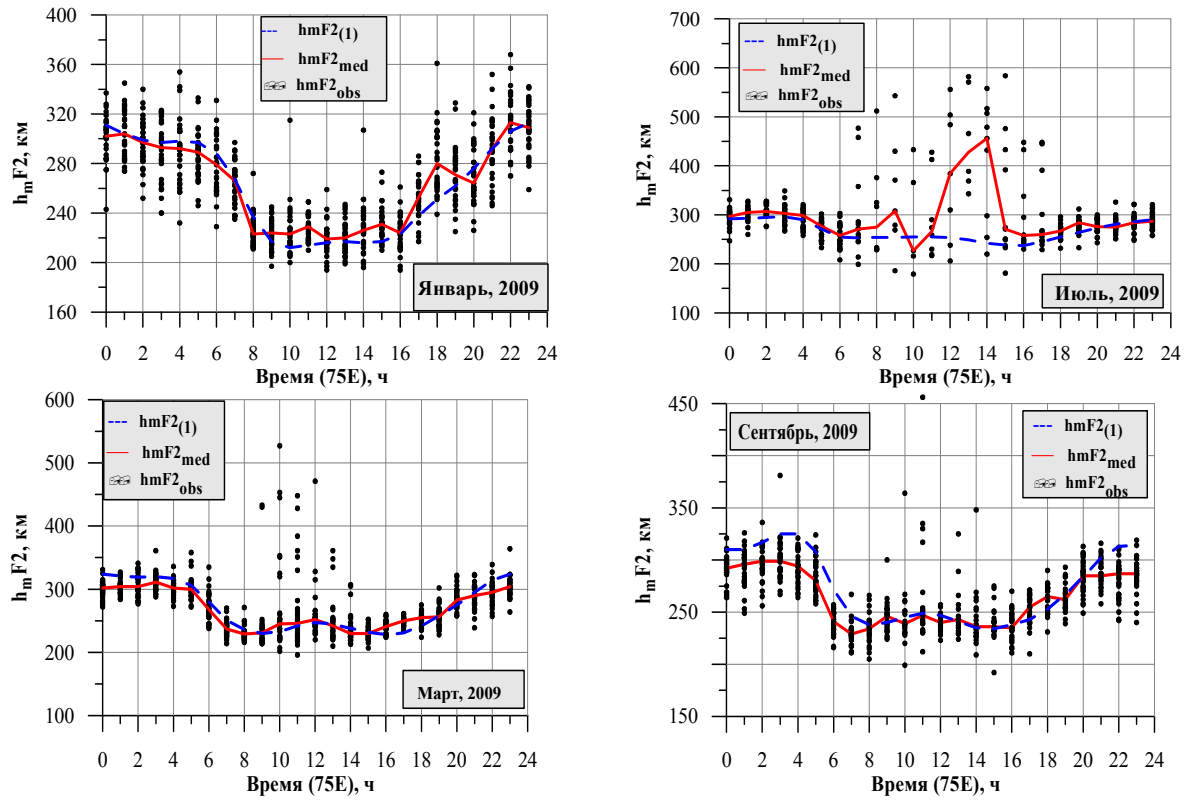


Рисунок 2 - Примеры суточного распределения часовых значений высоты  $h_m F_{2,obs}$  (символ ●) для зимних, летних и равноденственных сезонов 2009 г.;  $h_m F_{2,med}$  – медианные значения  $h_m F_{2,obs}$ ;  $h_m F_{2(1)}$  – значения  $h_m F_2$ , рассчитанные по алгоритму (1)

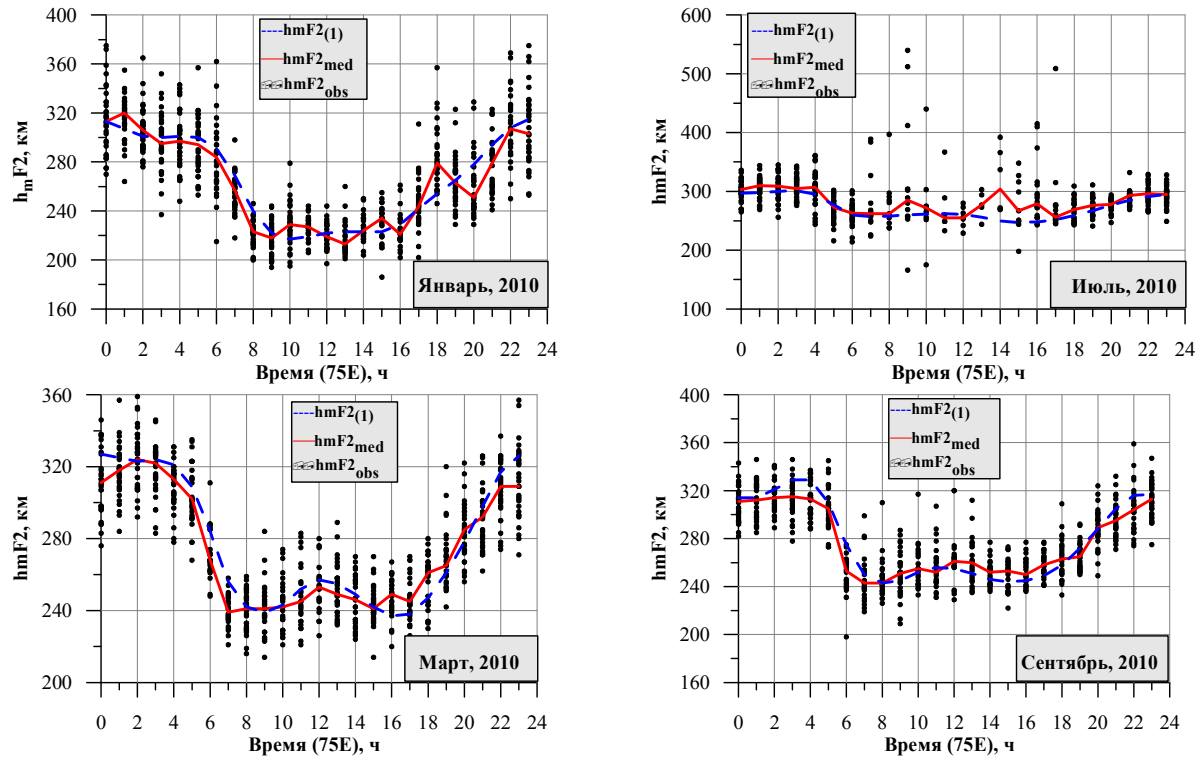


Рисунок 3 - Примеры суточного распределения часовых значений высоты  $h_m F_{2,obs}$  для зимних, летних и равноденственных сезонов 2010 г.;  $h_m F_{2,med}$  – медианные значения  $h_m F_{2,obs}$ ;  $h_m F_{2(1)}$  – значения  $h_m F_2$ , рассчитанные по алгоритму (1).



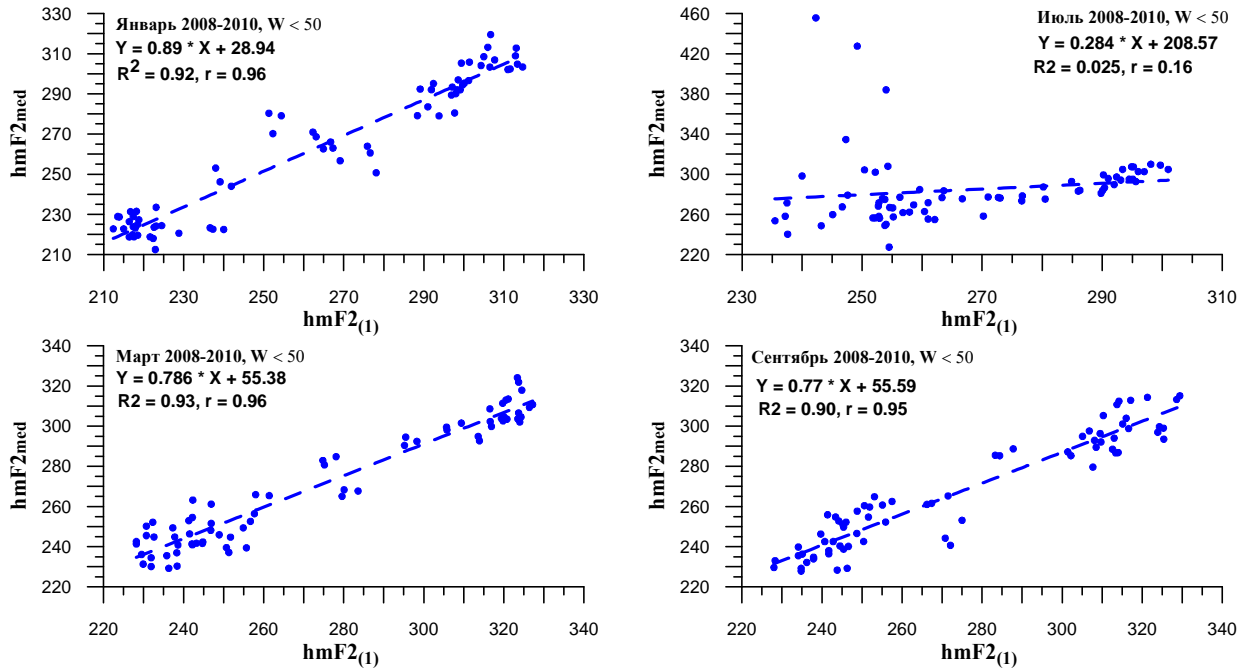


Рисунок 4 - Корреляционные зависимости медианных значений  $hmF2_{med}$ ,  $hmF2_{(1)}$  рассчитанных по всему массиву данных для зимних, летних и равноденственных условий

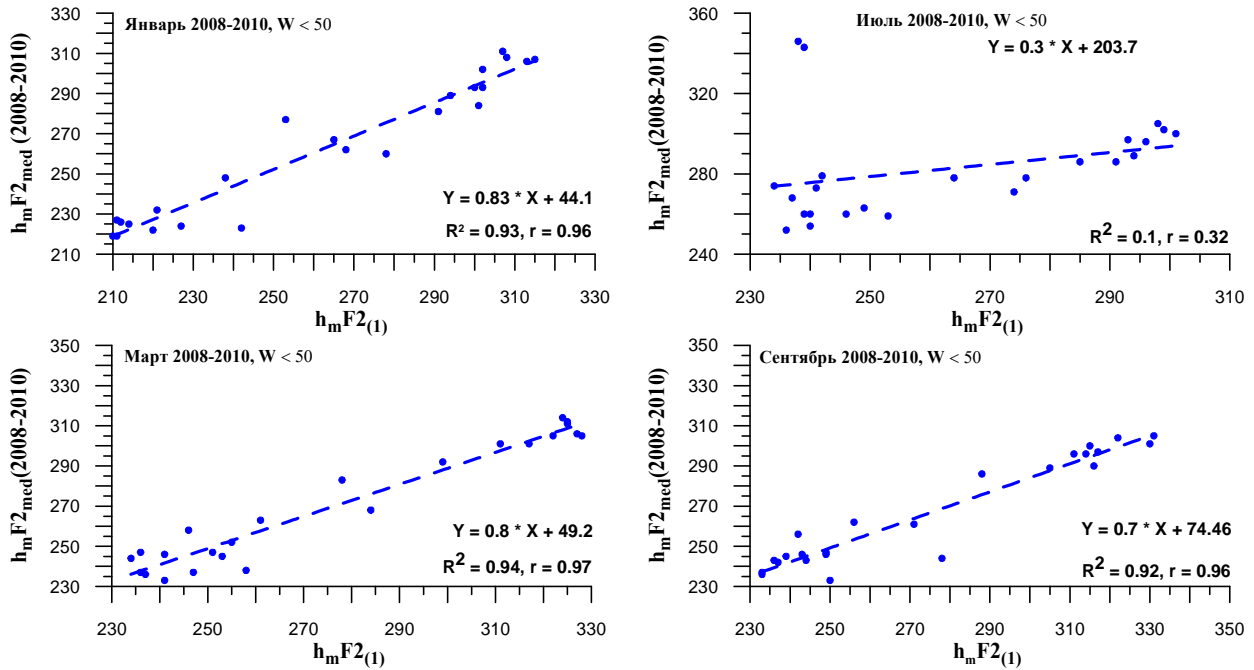


Рисунок 5 - Корреляционные зависимости медианных значений  $hm_mF2_{med}$  и рассчитанных  $hmF2_{(1)}$  по алгоритму (1) для зимних, летних и равноденственных условий 2008-2010 гг.

Статистика ошибок расчёта  $hmF2_{(1)}$  относительно  $hmF2_{med}$  приведена на рис. 6, где видно, что в большинстве случаев ошибки распределены в пределах  $\pm 20$ км.

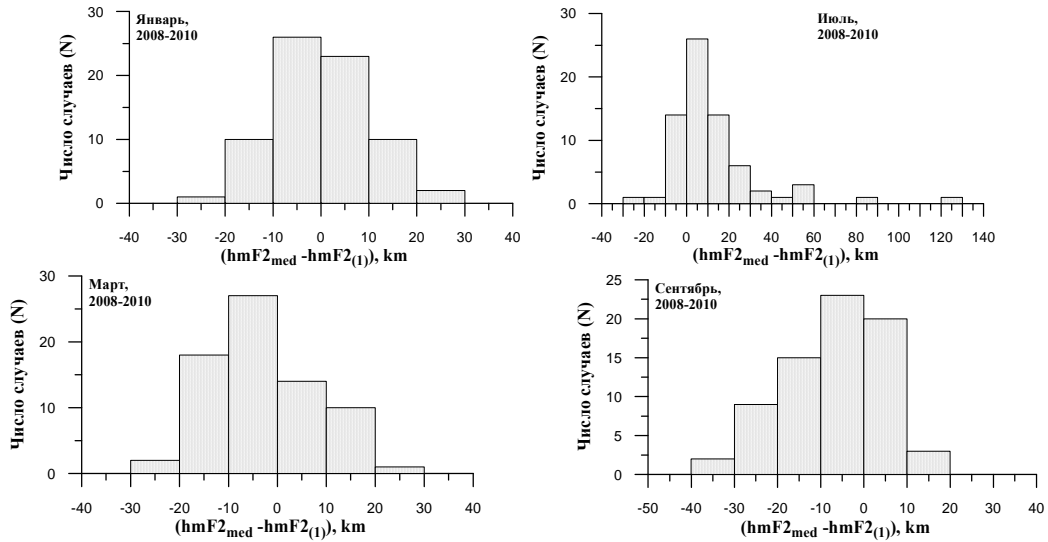


Рисунок 6 - Статистика ошибок определения значений  $hmF2(1)$ , относительно  $hmF2_{med}$ , рассчитанных методом Титериджа [6]

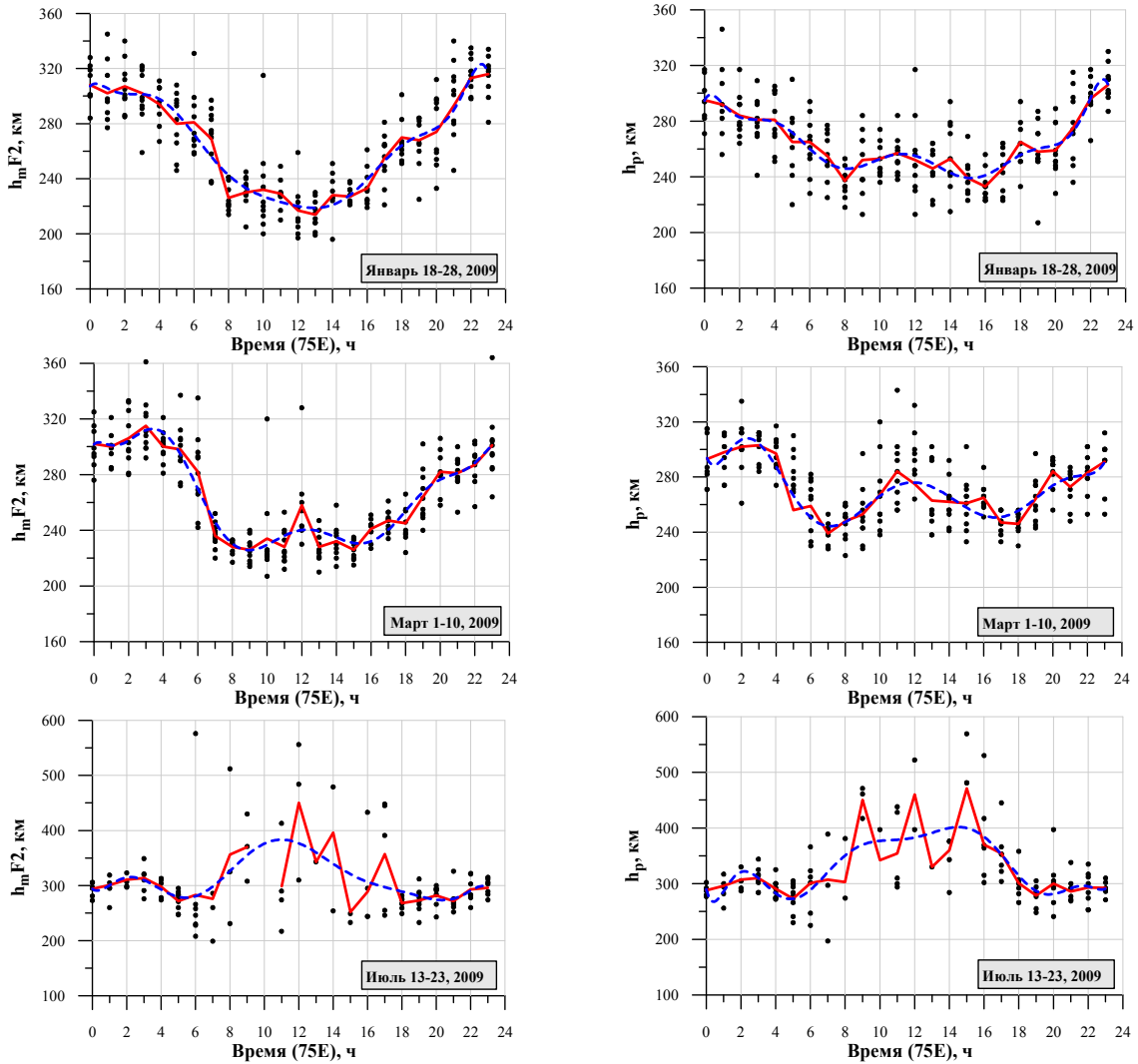


Рисунок 7а - Примеры суточного распределения полученных значений  $hmF2$  и  $h_p$  для различных сезонов. Символ • соответствует часовым значениям, сплошная линия — средним значениям, штриховая линия - представление полиномом 10-й степени.

Таким образом, получено, что алгоритм (1) определения положения максимума электронной концентрации в ионосфере позволяет с коэффициентом корреляции, равным порядка 0.96, отображать все морфологические особенности фонового суточного хода для зимних и равноденственных условий. Исключение составляет летний сезон, когда наблюдается большой разброс значений  $hmF2_{obs}$ , обычно по причине усложнённости ионограмм из-за наличия спорадических слоёв.

Использование алгоритма (2). Степень применимости алгоритма (2) для оценки положения максимума электронной концентрации в ионосфере была исследована также на примерах зимнего, летнего и равноденственного сезонов при условии низкой солнечной активности. Были выполнены расчёты часовых значений  $h_p$  для января, марта и июля месяцев 2009 г. за десять дней каждого месяца при условии отсутствия возмущающих факторов, влияющих на качество ионограмм. Результаты сопоставления суточного распределения полученных значений  $hmF2$  и  $hmF2_{(2)}$  (на рисунках  $hmF2_{(2)}$  обозначены символом  $h_p$ ) приведены на рис. 7 и 8. Рисунок 7а представляет примеры по всем рассматриваемым массивам данных, 7б – их корреляционную связь, рис. 8 – примеры сопоставления для конкретных дней зимнего сезона.

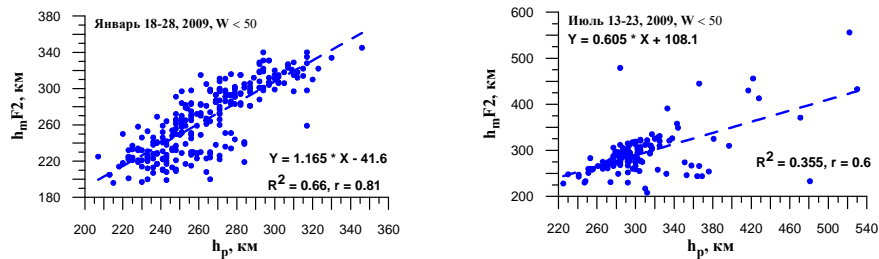


Рисунок 7б - Примеры корреляционной связи между  $hmF2$  и  $h_p$ , рассчитанных для конкретных условий (18-28 января 2009 г.) зимнего сезона низкой солнечной активности.

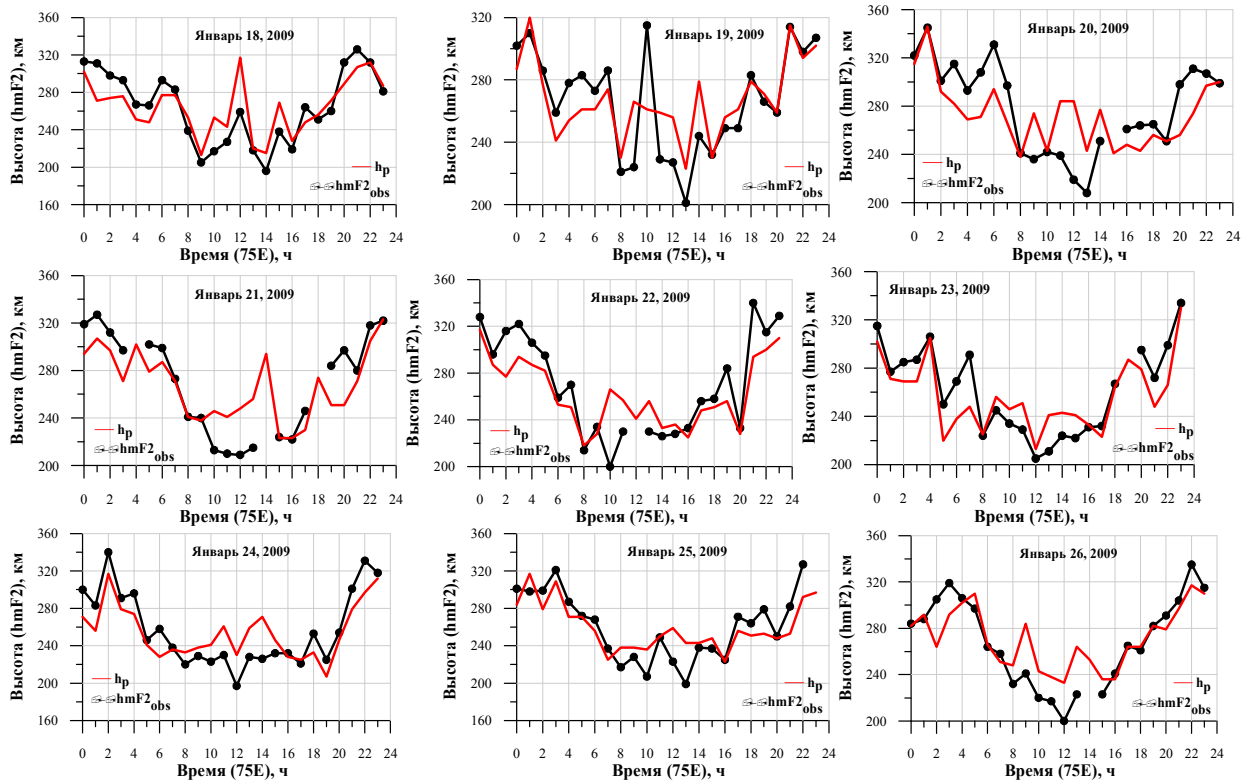


Рисунок 8 - Примеры сопоставления суточных распределений  $hmF2$  и  $h_p$  для конкретных дней зимнего сезона

В результате можно сделать выводы, что алгоритм (2) позволяет отображать все морфологические особенности суточного хода высоты максимума электронной концентрации в ионосфере для всех сезонов, при этом коэффициент корреляции значений  $hmF2$  и  $h_p$  в зависимости от сезона составляет порядка  $r = 0.6 \div 0.8$ .

#### Выводы.

Проведен анализ суточного распределения часовых значений высоты  $hmF2$ , рассчитанных тремя разными методами: методом Титериджа, дающим наиболее точные значения высот, и двумя другими методами, использующими эмпирически подобранные выражения, связывающие  $hmF2$  с параметрами ионограмм (критическими частотами  $foF2$ ,  $foE$  и действующими высотами  $h'(f)$ ). Показано, что формула (1) определения высоты максимума электронной концентрации в ионосфере позволяет с коэффициентом корреляции, равным порядка 0.96, отображать все морфологические особенности фонового суточного хода для зимних и равноденственных условий. Исключение составляет летний сезон, когда наблюдается большой разброс значений  $hmF2_{obs}$ , вызванном усложнённой ионограмм, обусловленным появлением спорадических слоёв. Показано, что формула (2) позволяет отображать все морфологические особенности суточного хода высоты максимума электронной концентрации в ионосфере для всех сезонов, при этом коэффициент корреляции значений  $hmF2$  и  $h_p$  в зависимости от сезона составляет порядка  $r = 0.6 \div 0.8$ .

Работа выполнена по РБП-076 “Развитие методов мониторинга и исследований космического пространства на базе современных информационных технологий” в рамках темы “Изучить структуру и динамику потока космических лучей, геомагнитного поля, ионосферы и атмосферы с целью диагностики и прогноза состояния ближнего космоса”, Регистрационный номер (РН) 0115РК01275.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hoque, M. M. and Jakowski, N.: Estimate of higher order ionospheric errors in GNSS positioning, Radio Sci., 43, RS5008, doi:10.1029/2007RS003817, 2008.
- [2] Hoque, M. M. and Jakowski, N.: Ionospheric bending correction for GNSS radio occultation signals, Radio Sci., 46, RS0D06, doi:10.1029/2010RS004583, 2011a.
- [3] Zhang, S.-R., Oliver, W. L., Holt, J. M., and Fukao, S.: Ionospheric data assimilation: comparison of extracted parameters using full density profiles and key parameters, J. Geophys. Res., 108, 1131, doi:10.1029/2002JA009521, 2003.
- [4] Яковец А.Ф., Водяников В. В., Гордиенко Г.И., Литвинов Ю. Г. Осцилляции термосферного ветра при прохождении крупномасштабных перемещающихся ионосферных возмущений// Геомагнетизм и аэрономия. Т. 54. № 4. С. 520-527. 2014.
- [5] Stankov S.M., Jodogne J.(C.), Kutiev I., Stegen K., Warnant R. Evaluation of automatic ionogram scaling for use in real time ionospheric density profile specification: Dourbes DGS256/ARTIST-4 performance // Ann. Geophys. V. 55. № 2. P. 283–291. doi:10.4401/ag4976. 2012.
- [6] Titheridge J.E. Ionogram analysis with the generalized program Polan // National Geophys. Data Center. –Boulder. CO USA, 1985. – 189 p.
- [7] Bilitza, D., Sheikh, N.M., and Eyfrig, R., A global model for the height of the F2-peak using M3000 values from the CCIR numerical map, Telecommun. J., 1979, vol. 46, no. 9, pp. 549–553.
- [8] Dudeney, J.R., The accuracy of simple methods for determining the height of the maximum electron concentration of the F2-layer from scaled ionospheric characteristics, J. Atmos. Terr. Phys., 1983, vol. 45, nos. 8–9, pp. 629–640.
- [9] Piggott, W. R. and Rawer, K.: U.R.S.I. Handbook of Ionogram Interpretation and Reduction, second ed., World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics, Report UAG-23A, 1978.
- [10] Wright, J. W., Knecht R. W., and Davies K. Manual on Ionospheric Vertical Soundings for the International Geophysical Year (in Russian), edited by N. V. Mednikova and B. S. Shapiro. – Moscow: Nauka, 1957. – P.224.

#### REFERENCES

- [1] Hoque, M. M. and Jakowski, N.: Estimate of higher order ionospheric errors in GNSS positioning, Radio Sci., 43, RS5008, doi:10.1029/2007RS003817, 2008.
- [2] Hoque, M. M. and Jakowski, N.: Ionospheric bending correction for GNSS radio occultation signals, Radio Sci., 46, RS0D06, doi:10.1029/2010RS004583, 2011a.
- [3] Zhang, S.-R., Oliver, W. L., Holt, J. M., and Fukao, S.: Ionospheric data assimilation: comparison of extracted parameters using full density profiles and key parameters, J. Geophys. Res., 108, 1131, doi:10.1029/2002JA009521, 2003.

[4] Yakovets A. F., Vodyannikov V. V., Gordienko G. I., and Litvinov Yu. G.. Thermospheric Wind Oscillations during the Propagation of Large-Scale Traveling Ionospheric Disturbances. *Geomagnetism and Aeronomy*, 2014, Vol. 54, No. 4, pp. 480–487.

[5] Stankov S.M., Jodogne J.(C., Kutiev I., Stegen K., Warnant R. Evaluation of automatic ionogram scaling for use in real time ionospheric density profile specification: Dourbes DGS256/ARTIST-4 performance // *Ann. Geophys.* V. 55. № 2. P. 283–291. doi:10.4401/ag4976. 2012.

[6] Titheridge J.E. Ionogram analysis with the generalized program Polan // *National Geophys. Data Center.* –Boulder. CO USA, 1985. – 189 p.

[7] Bilitza, D., Sheikh, N.M., and Eyfrig, R., A global model for the height of the F2-peak using M3000 values from the CCIR numerical map, *Telecommun. J.*, 1979, vol. 46, no. 9, pp. 549–553.

[8] Dudeney, J.R., The accuracy of simple methods for determining the height of the maximum electron concentration of the F2-layer from scaled ionospheric characteristics, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 1983, vol. 45, nos. 8–9, pp. 629–640.

[9] Piggott, W. R. and Rawer, K.: U.R.S.I. Handbook of Ionogram Interpretation and Reduction, second ed., World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics, Report UAG-23A, 1978.

[10] Wright, J. W., Knecht R. W., and Davies K. Manual on Ionospheric Vertical Soundings for the International Geophysical Year (in Russian), edited by N. V. Mednikova and B. S. Shapiro. – Moscow: Nauka, 1957. – P.224.

**Сведения об авторах:**

Гордиенко Галина Ивановна, канд. ф.-мат. наук, СЧС, Каменское плато, Институт ионосферы, ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», Алматы, ggordienko@mail.ru;

Яковец Артур Федорович, канд. ф.-мат. наук, СЧС, Каменское плато, Институт ионосферы, ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», Алматы, artyak40@mail.ru;

Литвинов Юрий Георгиевич, канд. ф.-мат. наук, Каменское плато, Институт ионосферы, ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», Алматы, yurii-litvinov@mail.ru.

МАЗМУНЫ

Кульжумиева А.А., Сартабанов Ж.А. Сызықты біртекті $D_e$ -жүйелерді жордандық канондық түрге келтіру.....	5
Сайдуллаева Н.С., Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Каликулова А.О., Пазылова Д.Т. Matlab бағдарламалар пакетін қолданып «Сыртқы күш әсер еткенде мәжбүрлі тербелістерді есептеу және визуализациялау» компьютерлік зертханалық жұмысты орындауды ұйымдастыру.....	13
Сайдуллаева Н.С., Тагаев Н.С., Пазылова Д.Т., Каликулова А.О. Влияние однократной перегрузки на развитие усталостной трещины.....	22
Жантаев Ж.Ш., Виляев А.В., Серикбаева Э.Б. Солтүстік Тянь-Шаньнің сейсмикалық тәртіп ерекшелігін бағалауда геотермиялық үлгілеуді қолдану.....	26
Гордиенко Г.И., Яковец А.Ф., Литвинов Ю.Г. Ионосфералақы F-аймақтың биіктігін бағалау әдістерін салыстыру.....	35
Яковец А.Ф., Гордиенко Г.И., Крюков С.В., Жумабаев Б.Т., Литвинов Ю.Г. Электрондық концентрацияның ионосфераның F2-қабатының максималындағы күнделікті өзгеруі.....	44
Яковец А.Ф., Гордиенко Г.И., Жумабаев Б.Т., Литвинов Ю.Г., Абдрахманов Н. Максимум F2-қабатының түнгі көбеюлерінің жұқа құрылымы.....	50
Васильев И.В., Жұмбаев Б.Т. Жердің электрлік өрісінің қалыптасуына гравитациялық күшінің әсері.....	55
Козин И.Д., Федулina И.Н. Радиофизика есептерін шешудегі вакуум – орта.....	60
Козин И.Д., Федулina И.Н. Радиотолқынның қабылдағыш антеннаға әсері.....	66
Жантаев Ж.Ш., Стихарный А.П., Виляев А.В. Жердің қазіргі заманғы қозғалысының GPS бақылауындағы уақыттық қатарларының кедергісін сүзу алгоритмі.....	71
Батрышев Д.Ф., Ерланұлы Е., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т. Бір қабырғалы көміртекті нанотүтікшелердің құрылымдық және электрондық қасиеттерін BECKE 3-PARAMETER LEE-YANG-PARR (B3LYP) гибрид функционалы негізінде зерттеу.....	75
Серебрянский А. В., Усольцева Л. А., Комаров А. А., Рева И.В. Атмосфералық экстинкцияның лездік мәндері және ауысуы коэффициенттері.....	84
Бақтыбаев Қ., Бақтыбаев М.К., Наукенов Д.Д., Далелханкызы А. Өзара әрекеттесуші бозондар моделінің микроскоптық негіздемесі және ядролық теориядағы жалпыланған квазиспиндік формализм.....	91
Бапаев К.Б., Слэмжанова С.С. Айырымдық-динамикалық жүйелердің орнықтылығы.....	101
Иманбаева А.Б., Шалданбаев А.Ш., Копжасарова А.А. Коэффициенттері тұрақты кәдімгі дифференциалдық теңдеулер системасының сингуляр әсерленген Коши есебін спектралдік әдіспен шешу.....	112
Копжасарова А.А., Шалданбаев А.Ш., Иманбаева А.Б. Ұқсастық әдісі бойынша, сингуляр әсерленген Кошидің есебін шешу.....	127
Косов В.Н., Жакебаев Д.Б., Федоренко О.В. Изотермиялық диффузия кезіндегі тік каналдардағы үшкомпонентті газдар қоспаларында пайда болатын конвективтік қозғалыстардың сандық талдауы.....	134
Мырзақұл Ш.Р., Белисарова Ф.Б., Мырзақұл Т.Р., Мырзакулов К.Р. Старобинский моделінің негізіндегі F-эссенция динамикасы .....	143
Мамырбаев О.Ж., Мухсина Қ.Ж. Мәтін үндесітілігін анықтауға арналған қолданыстағы жүйелерді талдау.....	149
Омашова Г.Ш., Спабекова Р., Қабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Абдрахманова Х.К., Аширбаев Х.А. Физикалық құбылыстарды компьютерлік моделдеуде MATLAB жүйесін қолдану.....	156

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Кульжумиева А.А., Сартабанов Ж.А.</i> Приведение линейных однородных $D_e$ -систем к жордановому каноническому виду.....	5
<i>Сайдуллаева Н.С., Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Каликулова А.О., Пазылова Д.Т.</i> Организация выполнения компьютерной лабораторной работы «Расчет и визуализация вынужденных колебаний при наличии внешней силы» с применением пакета программ Matlab.....	13
<i>Сайдуллаева Н.С., Тагаев Н.С., Пазылова Д.Т., Каликулова А.О.</i> Влияние однократной перегрузки на развитие усталостной трещины.....	22
<i>Жантаев Ж.Ш., Виляев А.В., Серикбаева Э.Б.</i> Применение геотермического моделирования в оценке особенностей сейсмического режима Северного Тянь-Шаня.....	26
<i>Гордиенко Г.И., Яковец А.Ф., Литвинов Ю.Г.</i> Сравнение методов оценки высоты максимума $F$ -области ионосферы.....	35
<i>Яковец А.Ф., Гордиенко Г.И., Крюков С.В., Жумабаев Б.Т., Литвинов Ю.Г.</i> День ото дня вариации электронной концентрации в максимуме $F2$ -слоя ионосферы.....	44
<i>Яковец А.Ф., Гордиенко Г.И., Жумабаев Б.Т., Литвинов Ю.Г., Абдрахманов Н.</i> Тонкая структура ночных увеличений в максимуме $F2$ -слоя.....	50
<i>Васильев И.В., Жумабаев Б.Т.</i> Влияние гравитации на формирование электрического поля земли.....	55
<i>Козин И.Д., Федулина И.Н.</i> Вакуум – среда в решении задач радиофизики.....	60
<i>Козин И.Д., Федулина И.Н.</i> Воздействие радиоволны на приёмную антенну.....	66
<i>Жантаев Ж.Ш., Стихарный А.П., Виляев А.В.</i> Алгоритм фильтрации помех временных рядов GPS мониторинга современных движений земной поверхности .....	71
<i>Батрышев Д.Г., Ерланулы Е., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т.</i> Исследование структурных и электронных свойств одностенных углеродных нанотрубок на основе гибридного функционала bescke 3-PARAMETER LEE-YANG-PARR (V3LYP).....	75
<i>Серебрянский А. В., Усольцева Л. А., Комаров А. А., Рева И. В.</i> Коэффициенты перехода и мгновенные значения атмосферной экстинкции.....	84
<i>Бактыбаев К., Бактыбаев М.К., Наукенов Д.Д., Далелханкызы А.</i> Микроскопическое обоснование модели взаимодействующих бозонов и обобщенный квазиспиновый формализм в теории ядра .....	91
<i>Бапаев К.Б., Сламжанова С.С.</i> Об устойчивости разностно – динамических систем.....	101
<i>Иманбаева А.Б., Копжасарова А.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Асимптотическое разложение решения сингулярно возмущенной задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.....	112
<i>Копжасарова А.А., Шалданбаев А.Ш., Иманбаева А.Б.</i> Решение сингулярно возмущенной задачи Коши методом подобия.....	127
<i>Косов В.Н., Жакебаев Д.Б., Федоренко О.В.</i> Численный анализ конвективных движений, возникающих при изотермической диффузии в вертикальных каналах в трехкомпонентных газовых смесях.....	134
<i>Мырзакул Ш.Р., Белисарова Ф.Б., Мырзакул Т.Р., Мырзакулов К.Р.</i> Динамика $F$ -эссенции в рамках модели старобинского .....	143
<i>Мамырбаев О.Ж., Мухсина Қ.Ж.</i> Анализ существующих систем для определения тональности текста.....	149
<i>Омашова Г.Ш., Спабекова Р., Кабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Абдрахманова Х.К., Аширбаев Х.А.</i> Использование системы MATLAB при компьютерном моделировании физических процессов.....	156

CONTENTS

<i>Kulzhumiyeva A.A., Sartabanov Zh.A.</i> Reduction of linear homogeneous $D_e$ -systems to the jordan canonical form.....	5
<i>Saidullayeva N.S., Kabyzbekov K.A., Ashirbaev Kh.A., Kalikulova A.O., Pazylova D.T.</i> Organization of computer lab work "Calculation and visualization of forced oscillations in the presence of an external force" with the use of the software package Matlab.....	13
<i>Saidullayeva N.S., Tagaev N.S., Pazylova D.T., Kalikulova A.O.</i> Effect of single overload on the development of a fatigue crack.....	22
<i>Zhantaev Zh.Sh., Vilyayev A.V., Serikbaeva E.B.</i> The application of geothermal modeling in the assessment of the features of the seismic regime of the Northern Tien Shan.....	26
<i>Gordienko G.I., Yakovets A.F., Litvinov Yu.G.</i> Comparison of the methods for estimating the hight of the maximum of th $F$ region of the ionosphere.....	35
<i>Yakovets A.F., Gordienko G.I., Kryukov S.V., Zhumabayev B.T., Litvinov Yu.G.</i> Day-to-day variability of electron concentration n the ionospheric $F2$ layer maximum.....	44
<i>Yakovets A.F., Gordienko G.I., Zhumabayev B.T., Litvinov Yu.G., Abdrakhmanov N.</i> Fine structure of nighttime enhancements of the electron concentration in the $F2$ layer maximum .....	50
<i>Vassilyev I.V., Zhumabayev B.T.</i> Influence of gravitation on formation of the electric field of the earth.....	55
<i>Kozin I.D., Fedulina I.N.</i> Vacuum - environment in the decision of radio physics problems.....	60
<i>Kozin I.D., Fedulina I.N.</i> Radio-wave action on the receiving antenna.....	66
<i>Zhantaev Zh.Sh., Stikharny A.P., Vilyayev A.V.</i> The algorithm for filtering the errors of time series GPS monitoring of factual movements of the earth's surface.....	71
<i>Batryshev D.G., Yerlanuly Ye., Ramazanov T.S., Gabdullin M.T.</i> Investigation of structural and electronic properties of single-walled carbon nanotubes on the basis of a hybrid functional becke 3-parameter LEE-YANG-PARR (B3LYP).....	75
<i>Serebryanskiy A., Usoltseva L., Komarov A., Reva I.</i> The trasformation coefficients and instantaneous values of atmospheric extinction.....	84
<i>Baktybaev K., Baktybaev M.K., Naukenov D.D., Dalelkhankyzy A.</i> Microscopic justification of the model of interacting bosons and a generalizedquasispin formalism in the theory of the nuclei.....	91
<i>Bapayev K.B., Slamzhanova S.S.</i> On stability of difference-dynamical systems .....	101
<i>Imanbayeva A.B., Shaldanbayev A.Sh., Kopzhasarova A.A.</i> Asymptotic decomposition the decision is singular the indignant task of Cauchy for the system of the ordinary differential equations with constant coefficients.....	112
<i>Kopzhasarova A.A., Shaldanbayev A.Sh., Imanbayeva A.B.</i> The decision is singular the indignant task of Cauchy by a similarity method.....	127
<i>Kossov V.N., Zhakebaev D.B., Fedorenko O.V.</i> Numerical analysis of convective motions occurring under isothermal Diffusion in the vertical channels in ternary gaseous mixtures.....	134
<i>Myrzakul S.R., Belisarova F.B., Myrzakul T.R., Myrzakulov K.R.</i> Dynamics of F-essence in frame of the starobinsky model.....	143
<i>Mamyrbayev O.Zh., Muhsina K.Zh.</i> Analysis of existing systems for determination of tonnity of text.....	149
<i>Omashova G. Sh., Spabekova R., Kabyzbekov K. A., Saidahmetov P. A., Abdrakhmanova H. K., Ashirbaev H. A.</i> The use of the system MATLAB in the compyter simulation of physical processes.....	156



---

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

Подписано в печать 25.09.2017.  
Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
11 п.л. Тираж 300. Заказ 5.

---

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