

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 / 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:

Джумадильдаев 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 / 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

© 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), 50 – 54

A.F. Yakovets¹, G.I. Gordienko¹, B.T. Zhumabayev¹, Yu.G. Litvinov¹, N. Abdrakhmanov²

¹«Institute of Ionosphere» JSC «National Center of Space Research and Technology», Almaty;

²Korkyt ata's Kysylorda State University, Kysylorda
artyak40@mail.ru

FINE STRUCTURE OF NIGHTTIME ENHANCEMENTS OF THE ELECTRON CONCENTRATION IN THE $F2$ LAYER MAXIMUM

Abstract. The analysis of the fine structure of the night enhancements of the electron density at the maximum $F2$ - layer is carried out. In a specific example of behavior of the $F2$ -layer parameters, we consider the mechanism of the enhancements formation, which consists of several steps. These steps are consistent increase of the velocity of the meridional directed to the equator thermospheric wind, lifting $F2$ -layer. This step greatly reduces the rate of recombination, so beginning an enhancement in the electron density in the layer. Increasing the electron concentration leads to a decrease in the electron temperature in the $F2$ -layer and the further enhancement of the plasma flow speed directed down. Increased downward plasma speed provides additional flow in the $F2$ -layer, resulting in electron enhancement, and so forth. This self-sustaining avalanche process produces peak N_mF2 . The process stops when the thermospheric wind begins to decrease with a corresponding reduction in the height of the $F2$ - layer. The layer goes back to the heights with the high rate of recombination, and N_mF2 begins to decrease.

Key words: ionosphere, vertical sounding, nighttime enhancements in the electron concentration of the $F2$ -layer maximum

УДК 550.383

А.Ф. Яковец¹, Г.И. Гордиенко¹, Б.Т. Жумабаев¹, Ю.Г. Литвинов¹, Н. Абдрахманов²

¹ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», Алматы;

²Кызылординский государственный университет им. Коркыт ата, Кызылорда.

ТОНКАЯ СТРУКТУРА НОЧНЫХ УВЕЛИЧЕНИЙ В МАКСИМУМЕ $F2$ -СЛОЯ

Аннотация. Проведен анализ тонкой структуры ночных увеличений электронной концентрации в максимуме $F2$ - слоя. На конкретном примере поведения параметров $F2$ -слоя, рассмотрен механизм образования увеличений, состоящий из ряда этапов. Эти этапы представляют последовательное увеличение скорости меридионального направленного к экватору термосферного ветра, поднимающего $F2$ -слой, что сильно уменьшает скорость рекомбинации, поэтому начинается увеличение электронной концентрации в слое. Увеличение электронной концентрации приводит к уменьшению электронной температуры в $F2$ -слое и дальнейшему усилению скорости плазменного потока вниз. Увеличение направленной вниз скорости плазмы обеспечивает дополнительное поступление плазмы в $F2$ -слой, приводя к увеличению электронной плотности и так далее. Этот самоподдерживающийся лавинообразный процесс формирует пик в $NmF2$. Процесс останавливается, когда термосферный ветер начинает уменьшаться с соответствующим понижением высоты слоя h_mF . Слой возвращается назад на высоты, где высока рекомбинация, N_mF2 начинает уменьшаться и описываемый процесс обращается.

Ключевые слова: ионосфера, вертикальное зондирование, ночные увеличения электронной концентрации.

Введение. Если не брать в расчет процессы переноса ионосферной плазмы, электронная концентрация среднеширотного $F2$ - слоя ионосферы, когда ночью выключен солнечный источник

фотоионизации, должна плавно уменьшаться благодаря рекомбинации электронов с отрицательными ионами. Однако ночью часто происходит увеличение электронной концентрации. Экспериментальные и теоретические исследования ночных увеличений электронной концентрации в максимуме $F2$ -слоя ионосферы (N_mF2) проводятся продолжительное время. В работах [1-5] рассматриваются механизмы формирования ночных увеличений, включающие направленный вверх дрейф плазмы, обусловленный направленным к экватору меридиональным нейтральным ветром, и усиление направленного вниз потока плазмы из протоносферы из-за дополнительного нагрева плазмы протоносферы. В работе [3] дан физический механизм явления, включающий последовательность этапов, рассмотрение которых позволяет экспериментально проследить тонкую структуру увеличений, отражающуюся во временном поведении параметров $F2$ -слоя. Поэтому целью настоящей работы явился анализ поведения параметров $F2$ -слоя в периоды ночных увеличений электронной концентрации по данным вертикального зондирования ионосферы на ст. Алматы ($76^{\circ}55'E$, $43^{\circ}15'N$).

Описание аппаратуры и анализ результатов наблюдений. Ночные наблюдения ионосферы проводятся в Институте ионосферы (ст. Алматы) на цифровом ионозонде, сопряженном с компьютером, 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 составляла 10-14 часов, 10-15 ночей каждый месяц. Учащенное зондирование ионосферы дает возможность четко фиксировать увеличения N_mF2 с малой длительностью и амплитудой. Вертикальное зондирование ионосферы проводилось на цифровом ионозонде “Парус”. Ионозод обеспечивает точность считывания действующих высот отражения радиосигнала ($h'(f)$) ~ 2.5 км и рабочих частот зондирования (f_o) ~ 0.05 МГц. Информация, необходимая для расчетов разнообразных параметров $F2$ -слоя, считывалась с ионограмм полуавтоматическим методом с участием опытного оператора. В работе [6] показано, что подобный способ обработки ионограмм обладает большей, по сравнению с автоматическим методом, точностью считывания ионосферных параметров и большим статистическим выходом ионограмм, пригодных к обработке. С ионограмм считывались значения действующих высот отражения ($h'(f)$) радиосигнала на ряде рабочих частот и значения критических частот ($f_{o,x}F2$). Дальнейшая обработка данных представляла расчет высотного распределения электронной плотности ($N(h)$ -профиля) методом POLAN [7] и получение из последовательности профилей временных вариаций ряда параметров $F2$ -слоя (электронной плотности на фиксированных высотах ($N_h(t)$), плотности в максимуме слоя (N_mF2), истинных высот максимума (h_mF) и основания ($h_{bot}F$) слоя и его полутолщины ($\Delta h = h_mF - h_{bot}F$). За высоту основания $F2$ -слоя выбиралась высота, которой соответствовало значение электронной плотности $0.3 \times N_mF2$. Коэффициент 0.3 был подобран эмпирически из соображения наибольшего приближения этой высоты к высоте, на которой на экспериментальном $N(h)$ -профиле проявлялся значительный высотный градиент электронной плотности.

На рисунке 1 представлен пример поведения параметров $F2$ -слоя, которое представляет последовательность увеличений: первого ($t \sim 20.40 - 22.25$), второго ($t \sim 23.10 - 02.00$) и третьего ($t \sim 03.15 - 04.15$). Жирной линией на рисунке показано поведение критической частоты (f_oF2) $F2$ -слоя для обыкновенной компоненты отраженного сигнала. Критическая частота слоя (в МГц) связана с электронной концентрацией в максимуме слоя (N_mF2), выражаемой количеством электронов в кубическом сантиметре, соотношением $N_mF2 = 1.24 \cdot 10^4 (f_oF2)^2$. Падение критической частоты в начале сеанса измерения обусловлено выключением ионизирующего излучения Солнца после его захода и химическими потерями, связанными с рекомбинацией плазмы. Быстрое увеличение электронной концентрации после 06.00 обусловлено восходом Солнца. Рассмотрим поведение всех параметров слоя для первого по порядку увеличения ионизации с пиком N_mF2 в $t \sim 22.25$, принимая во внимание последовательность этапов, рассмотренных в работе [3], в которой используется разработанный авторами самосогласованный метод получения термосферных параметров из данных радара некогерентного рассеяния. Основная идея метода представляет подгонку теоретического $N(h)$ -профиля к наблюдаемому профилю и таким образом получение самосогласованного набора главных аэрономических параметров: нейтрального состава,

температуры нейтралов ($T_n(h)$), вертикального дрейфа плазмы (W), и наблюдаемые высотные профили электронной и ионной температур ($T_e(h)$, $T_i(h)$). Не смотря на разнообразие возможностей реализации увеличений $N_m F2$, авторы установили главный механизм образования пика.

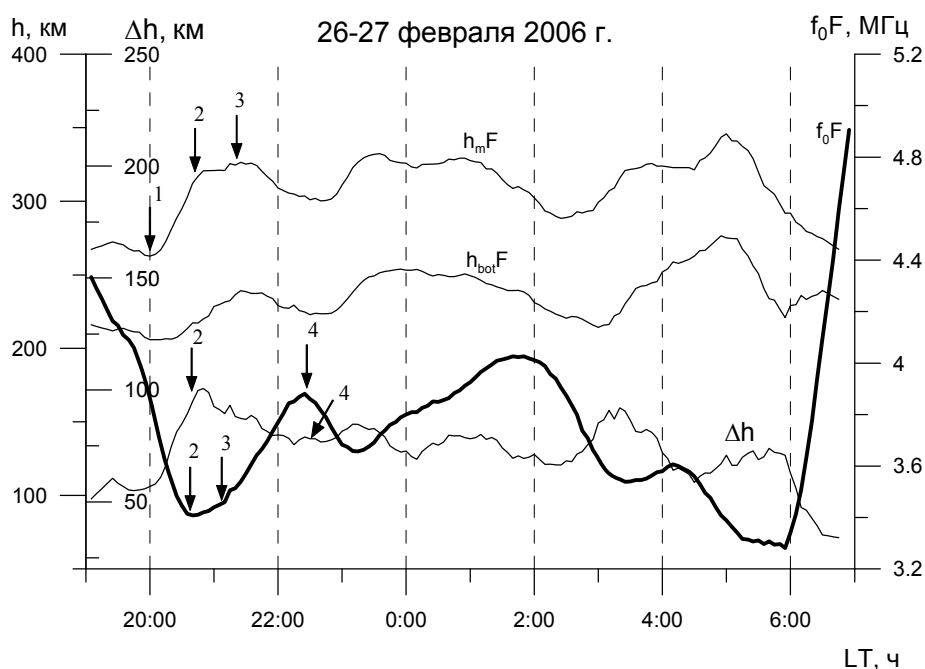


Рисунок 1 – Поведение параметров $F2$ -слоя при формировании ночных увеличений электронной концентрации

Ночью всегда существует направленный вниз из плазмасферы поток ионов O^+ в $F2$ - слой благодаря рекомбинации плазмы. Вертикальная скорость плазмы определяется высотными градиентами электронной плотности, ионной и электронной температур, а также гравитационным членом и скоростью дрейфа, определяемой термосферным ветром. Начальная стадия процесса представляет увеличение скорости меридионального направленного к экватору термосферного ветра, поднимающего $F2$ -слой и, таким образом, приводящим к увеличению $h_m F2$. На рисунке 1 это начало соответствует времени $t \sim 20.00$ (1). На рисунке стрелки, сопровождаемые цифрами, обозначают моменты начала последовательных стадий формирования ночных увеличений. Подъем $F2$ -слоя сильно уменьшает скорость рекомбинации, и соответствующий коэффициент плазменных потерь становится малым. При этом даже умеренный плазмасферный поток оказывается достаточным, чтобы начать увеличение электронной концентрации в $F2$ -слое ($t \sim 20.40$ (2)), сначала медленное до $t \sim 21.10$ (3), а затем все более быстрое.

Увеличение электронной концентрации приводит к уменьшению электронной температуры в $F2$ -слое. Механизм, ответственный за обратную связь электронной концентрации и температуры, представлен в работе [8]. Электронная температура уменьшается с ростом электронной концентрации, из-за увеличения удельной теплоемкости электронного газа и усиления передачи энергии относительно холодным ионам. Электронная температура определяет шкалу высот ионосферной плазмы (H_p). С увеличением температуры шкала высот возрастает, а уменьшение температуры приводит к уменьшению шкалы высот. В работе [9] показано, что хотя H_p напрямую не связана с $N(h)$ -профилем, однако полученные регрессионные зависимости говорят о сильной корреляционной связи между этими величинами. Поэтому вариации полутолщины (Δh) слоя, можно использовать для качественного описания поведения электронной температуры.

Уменьшение электронной температуры приводит к уменьшению приведенной высоты (полутолщины (Δh)), и быстрому и дальнейшему усилению скорости потока вниз. Увеличение направленной вниз скорости плазмы обеспечивает дополнительное поступление плазмы в $F2$ -слой, приводя к увеличению электронной плотности и так далее. Этот самоподдерживающийся лавинообразный процесс формирует пик в $N_m F2$ в $t \sim 22.25$ (4). Процесс останавливается, когда

термосферный ветер начинает уменьшаться с соответствующим понижением высоты слоя h_mF . Слой возвращается назад на высоты, где высока рекомбинация, N_mF2 начинает уменьшаться и описываемый процесс обращается. Максимальный поток строго соответствует времени пика в вариациях N_mF2 , так как он пропорционален произведению скорости на N_e , а они максимальны около этого времени. Согласно этому механизму, всегда должна быть задержка пика в вариациях N_mF2 (4) относительно пика в h_mF2 (3). Пик в N_mF2 должен формироваться на участке понижения h_mF2 .

Второе и третье увеличения электронной концентрации с пиком N_mF2 в $t \sim 01.50$ и $t \sim 04.20$ имеют те же особенности, что и первое увеличение. Кроме того, эти особенности сохраняются и во время формирования увеличений в другие даты, приходящиеся на разные сезоны и года с разным уровнем солнечной активности.

Выводы. Выполнен анализ поведения параметров $F2$ -слоя в периоды ночных увеличений электронной концентрации по данным вертикального зондирования ионосферы. На конкретном примере поведения параметров $F2$ -слоя, рассмотрена тонкая структура увеличений электронной концентрации на основе механизма их образования, описанного в литературе и представляющего последовательность ряда этапов. Эти этапы представляют последовательное увеличение скорости меридионального направленного к экватору термосферного ветра, поднимающего $F2$ -слой и, таким образом, приводящим к увеличению высоты слоя. Подъем $F2$ -слоя сильно уменьшает скорость рекомбинации, поэтому начинается увеличение электронной концентрации в слое. Увеличение электронной концентрации приводит к уменьшению электронной температуры в $F2$ -слое. Уменьшение электронной температуры приводит к уменьшению приведенной высоты (полутолщины (Δh)), и быстрому и дальнейшему усилению скорости потока вниз. Увеличение направленной вниз скорости плазмы обеспечивает дополнительное поступление плазмы в $F2$ -слой, приводя к увеличению электронной плотности и так далее. Этот самоподдерживающийся лавинообразный процесс формирует пик в N_mF2 . Процесс останавливается, когда термосферный ветер начинает уменьшаться с соответствующим понижением высоты слоя h_mF . Слой возвращается назад на высоты, где высока скорость рекомбинации, N_mF2 начинает уменьшаться и описываемый процесс обращается. Максимальный поток строго соответствует времени пика в вариациях N_mF2 , так как он пропорционален произведению скорости на N_e , а они максимальны около этого времени. Согласно этому механизму, всегда должна быть задержка пика в вариациях N_mF2 относительно пика в h_mF2 .

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) 0115PK01275.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bailey G.J., Sellek R., Balan N. The effect of interhemispheric coupling on nighttime enhancement in ionospheric total electron content during winter at solar minimum. *Ann. Geophys.* 1991, V. 9, № 11, P. 738-747.
- [2] Mikhailov A.V., Leschinskaya T.Yu., Förster M. Morphology of NmF2 nighttime increases in the Eurasian sector. *Ann. Geophysicae.* 2000, V. 18, № 6, P. 618-628.
- [3] Mikhailov A.V., Forster M., Leschinskaya T.Y. On the mechanism of the post-midnight winter NmF2 enhancements: dependence on solar activity. *Ann. Geophys.* 2000, V. 18, № 11, P. 1422-1434.
- [4] Pavlov A.V., Pavlova N.M. Mechanism of the post-midnight winter night-time enhancement in the NmF2 over Millstone Hill during 14-17 January 1986. *J. Atm. Solar-Terr. Phys.* 2005, V. 67, № 4, P. 381-395.
- [5] Pavlov A.V., Pavlova N.M. Causes of the mid-latitude NmF2 winter anomaly at solar maximum. *J. Atm. Solar-Terr. Phys.* 2005, V. 67, № 10, P. 862-877.
- [6] Stankov S., 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/ARTIST4 performance // *Ann. Geophysics.* V. 55. № 2. P. 283–291. doi:10.4401/ag4976. 2012.
- [7] Titheridge J.E. Ionogram analysis with the generalized program Polan. Boulder. CO USA: National Data Center. 189 p. 1985.

- [8] R. W. Schunk, A.F. Nagy. Ionospheres: Physics, Plasma Physics, and Chemistry. Cambridge University Press, 2004. P. 554.
[9] Liu, L., H. Le, W. Wan, M. P. Sulzer, J. Lei, and M.-L. Zhang (2007), An analysis of the scale heights in the lower topside ionosphere based on the Arecibo incoherent scatter radar measurements, J. Geophys. Res., 112, A06307, doi:10.1029/2007JA012250.

REFERENCES

- [1] Bailey G.J., Sellek R., Balan N. The effect of interhemispheric coupling on nighttime enhancement in ionospheric total electron content during winter at solar minimum. Ann. Geophys. **1991**, V. 9, № 11, P. 738-747.
[2] Mikhailov A.V., Leschinskaya T.Yu., Förster M. Morphology of NmF2 nighttime increases in the Eurasian sector. Ann. Geophysicae. **2000**, V. 18, № 6, P. 618-628.
[3] Mikhailov A.V., Förster M., Leschinskaya T.Y. On the mechanism of the post-midnight winter NmF2 enhancements: dependence on solar activity. Ann. Geophys. **2000**, V. 18, № 11, P. 1422-1434.
[4] Pavlov A.V., Pavlova N.M. Mechanism of the post-midnight winter night-time enhancement in the NmF2 over Millstone Hill during 14-17 January 1986. J. Atm. Solar-Terr. Phys. **2005**, V. 67, № 4, P. 381-395.
[5] Pavlov A.V., Pavlova N.M. Causes of the mid-latitude NmF2 winter anomaly at solar maximum. J. Atm. Solar-Terr. Phys. **2005**, V. 67, № 10, P. 862-877.
[6] Stankov S., 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/ARTIST4 performance // Ann. Geophysics. V. 55. № 2. P. 283–291. doi:10.4401/ag4976. **2012**.
[7] Titheridge J.E. Ionogram analysis with the generalized program Polan. Boulder. CO USA: National Data Center. 189 p. **1985**.
[8] R. W. Schunk, A.F. Nagy. Ionospheres: Physics, Plasma Physics, and Chemistry. Cambridge University Press, **2004**. P. 554.
[9] Liu, L., H. Le, W. Wan, M. P. Sulzer, J. Lei, and M.-L. Zhang (2007), An analysis of the scale heights in the lower topside ionosphere based on the Arecibo incoherent scatter radar measurements, J. Geophys. Res., 112, A06307, doi:10.1029/2007JA012250.

УДК 550.383

А.Ф. Яковец¹, Г.И. Гордиенко¹, Б.Т. Жумабаев¹, Ю.Г. Литвинов¹, Н. Абдрахманов²

¹ЕЖШС «Ионосфера институты» «ҰҒЗТО» АҚ, Алматы;

²Қорқыт ата атындағы Қызылорда мемлекеттік университеті

МАКСИМУМ F2-ҚАБАТЫНЫҢ ТҮНГІ КӨБЕЙУЛЕРІНІҢ ЖҰҚА ҚҰРЫЛЫМЫ

Аннотация. Түнде F2-қабатының максималды деңгейінде электрондардың концентрациясының ұсақ құрылымының көбейуіне талдау жасалынды. F2 - қабатының параметрлерінің мінез-құлқына нақты мысал келтіріліп, бірнеше кезеңнен тұратын көбеюдің қалыптасу механизмі қарастырылды. Бұл кезеңдер экваторға бағытталған меридианға арналған термосфералық желдің жылдамдығын біртіндеп арттырады, және де рекомбинация жылдамдығын айтарлықтай төмендететін F2-қабатын көтереді, сондықтан қабаттағы электрондардың концентрациясын жоғарлауы басталады. Электрондардың концентрациясының өсуі F2-қабатындағы электрондардың температурасын төмендетуге және плазмалық ағынның жылдамдығының төмендеуіне әкеледі. Төмендетілген бағытталған плазма жылдамдығының жоғарылауы плазманың F2 - қабатына қосымша жеткізілуін қамтамасыз етеді, яғни электрондық тығыздығының артуына әкеледі және т.с.с. Бұл өзін-өзі қамтамасыз ететін көшкін сияқты үрдіс NmF2- шыңын құрайды. Термосфералық желдің hmF қабатының биіктігіне тиісті төмендей бастаған кезде үрдіс тоқтатылады. Қабат рекомбинациясы жоғары болатын биіктіктерге қайта оралады, NmF2 азая бастайды және сипатталған процесс қалпына келтіріледі.

Кілт сөздер: ионосфера, тік зондтау, түндік электрондардың концентрациясының артуы.

Сведения об авторах:

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

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

Жумабаев Бейбит Тенелович, канд. ф.-мат. наук, СНС, Каменское плато, Институт ионосферы, ДТОО «Институт ионосферы» АО «НЦКИТ», Алматы, beibit.zhu@mail.ru;

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

Абдрахманов Нуртаза, канд. ф.-мат. наук, Кызылординский государственный университет им. Корқыт ата, Кызылорда

МАЗМУНЫ

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

СОДЕРЖАНИЕ

Кульжумиева А.А., Сартабанов Ж.А. Приведение линейных однородных D_e -систем к жордановому каноническому виду.....	5
Сайдуллаева Н.С., Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Каликулова А.О., Пазылова Д.Т. Организация выполнения компьютерной лабораторной работы «Расчет и визуализация вынужденных колебаний при наличии внешней силы» с применением пакета программ Matlab.....	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. Применение геотермического моделирования в оценке особенностей сейсмического режима Северного Тянь-Шаня.....	26
Гордиенко Г.И., Яковец А.Ф., Литвинов Ю.Г. Сравнение методов оценки высоты максимума F-области ионосферы.....	35
Яковец А.Ф., Гордиенко Г.И., Крюков С.В., Жумабаев Б.Т., Литвинов Ю.Г. День ото дня вариации электронной концентрации в максимуме F2-слоя ионосферы.....	44
Яковец А.Ф., Гордиенко Г.И., Жумабаев Б.Т., Литвинов Ю.Г., Абдрахманов Н. Тонкая структура ночных увеличений в максимуме F2-слоя.....	50
Васильев И.В., Жумабаев Б.Т. Влияние гравитации на формирование электрического поля земли.....	55
Козин И.Д., Федулина И.Н. Вакуум – среда в решении задач радиофизики.....	60
Козин И.Д., Федулина И.Н. Воздействие радиоволны на приёмную антенну.....	66
Жантаев Ж.Ш., Стихарный А.П., Виляев А.В. Алгоритм фильтрации помех временных рядов GPS мониторинга современных движений земной поверхности	71
Батрышев Д.Г., Ерланулы Е., Рамазанов Т.С., Габдуллин М.Т. Исследование структурных и электронных свойств одностенных углеродных нанотрубок на основе гибридного функционала bescke 3-PARAMETER LEE-YANG-PARR (B3LYP).....	75
Серебрянский А. В., Усольцева Л. А., Комаров А. А., Рева И. В. Коэффициенты перехода и мгновенные значения атмосферной экстинкции.....	84
Бактыбаев К., Бактыбаев М.К., Наукенов Д.Д., Далелханкызы А. Микроскопическое обоснование модели взаимодействующих бозонов и обобщенный квазиспиновый формализм в теории ядра	91
Бапаев К.Б., Сламжанова С.С. Об устойчивости разностно – динамических систем.....	101
Иманбаева А.Б., Копжасарова А.А., Шалданбаев А.Ш. Асимптотическое разложение решения сингулярно возмущенной задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.....	112
Копжасарова А.А., Шалданбаев А.Ш., Иманбаева А.Б. Решение сингулярно возмущенной задачи Коши методом подобия.....	127
Косов В.Н., Жакебаев Д.Б., Федоренко О.В. Численный анализ конвективных движений, возникающих при изотермической диффузии в вертикальных каналах в трехкомпонентных газовых смесях.....	134
Мырзакул Ш.Р., Белисарова Ф.Б., Мырзакул Т.Р., Мырзакулов К.Р. Динамика F-эссенции в рамках модели старобинского	143
Мамырбаев О.Ж., Мухсина Қ.Ж. Анализ существующих систем для определения тональности текста.....	149
Омашова Г.Ш., Спабекова Р., Кабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Абдрахманова Х.К., Аширбаев Х.А. 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). 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.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 60x88¹/₈. 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