

ISSN 1991-346X

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

4 (308)

ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2016 ж.

ИЮЛЬ – АВГУСТ 2016 г.

JULY – AUGUST 2016

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

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчечков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

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, 2016

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

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

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, 2016

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 3, Number 307 (2016), 27 – 33

UDK 550.388.2

NEW METHOD FOR DETECTING THE DYNAMICS OF IONIZATION FLASHES IN IONOSPHERE BY A HARD- AND SOFTWARE COMPLEX OF DOPPLER MEASUREMENTS ON INCLINED TRANSMISSION PATH**N.M. Salikhov**

"Institute of Ionosphere" JSC "National Center for Space Research and Technology", Almaty
un5g@rambler.ru

Key words: ionosphere, Doppler shift, ionization flash, helio-geophysical events.

Abstract. A new way for the revealing of disturbances in the ionosphere is designed on the base of modified method of Doppler measurements. A modification of Doppler measurement method allows to carry out the short- and long-term observations of the dynamics of ionization flashes in ionosphere and track disturbances in ionosphere induced by the helio-geophysical events. A specialized program package for selection of ionosphere response to these events is included into designed hardware and software complex. The efficiency of suggested method was confirmed by registration of solar flare effects on ionosphere, by connection found between seismic events and ionosphere disturbances, and by observation of the dynamic of reflected Doppler radio-splashes on the eve of and during an earthquake.

УДК 550.388.2

НОВЫЙ МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ ДИНАМИКИ ВСПЫШЕК ИОНИЗАЦИИ В ИОНОСФЕРЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫМ КОМПЛЕКСОМ ДОПЛЕРОВСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА НАКЛОННОЙ РАДИОТРАССЕ**Н.М. Салихов**

ДТОО «Институт ионосферы» АО НЦКИТ, Алматы

Ключевые слова: ионосфера, доплеровский сдвиг, вспышки ионизации, гелио-геофизические события.

Аннотация. Разработан новый способ выявления возмущений в ионосфере на основе модифицированного метода доплеровских измерений. Модификация метода доплеровских измерений позволяет проводить кратковременные и длительные наблюдения за динамикой вспышек ионизации и отслеживать возмущенность в ионосфере при гелио-геофизических событиях. В аппаратно-программный комплекс доплеровских измерений включен пакет программ, созданный специально для выявления откликов ионосферы на гелио-геофизические события. Эффективность метода подтверждена регистрацией отклика ионосферы на солнечные вспышки, выявлением взаимосвязи между уровнем сейсмичности и возмущенностью ионосферы, а также наблюдениями за динамикой количества доплеровских всплесков радиосигнала, отраженного от ионосферы, накануне и во время землетрясения.

Введение. Одним из эффективных и общепризнанных методов изучения состояния ионосферы является метод регистрации доплеровского сдвига частоты (ДСЧ) коротковолновых радиосигналов с непрерывной квазимонохроматической несущей на слабонаклонных радиотрассах [1,2,3]. Доплеровский метод позволяет эффективно регистрировать в ионосфере волновые возмущения, восходно-заходные эффекты, отклики на воздействие рентгеновского и ультрафиолетового излучения от солнечных вспышек, землетрясения, промышленные и ядерные

взрывы с временными интервалами от единиц-десятков секунд до нескольких часов [4]. В ионосфере, есть процессы более быстрые, связанные со вспышками ионизации [5], которые регистрируются как кратковременные отклонения доплеровской частоты ионосферного сигнала от нескольких герц до десятков герц. Проблема одновременной регистрации кратковременных и длительных процессов в ионосфере является наиболее сложной и актуальной. Существующие в настоящее время доплеровские методы, которые реагируют на скорость изменения электронной концентрации [6], становятся неэффективными для регистрации медленных процессов в ионосфере. Мы предположили, что проводя длительные наблюдения за динамикой вспышек ионизации, можно отслеживать состояние (возмущенность) ионосферы. В связи с этим возникла идея подсчета количества вспышек ионизации во время проведения доплеровских измерений, которая была положена в основу нового метода для исследования откликов ионосферы на гелиогеофизические события.

Метод исследования. Ранее для регистрации ионосферных возмущений в Институте ионосферы был создан аппаратно-программный комплекс (АПК) доплеровских измерений, в основу которого заложен принцип работы петли фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и реализована возможность измерения ДСЧ большого по амплитуде луча в условиях многолучевости [7,8]. Измерение ДСЧ в условиях многолучевости явилось важным преимуществом перед другими методами доплеровских измерений, позволяющим обеспечить круглосуточный режим с высоким уровнем автоматизации измерений. Дальнейшая модификация связана с внесением в функциональную схему АПК доплеровских измерений дополнительных блоков, позволяющих выделять кратковременные всплески ионизации в ионосфере. На рисунке 1 представлена функциональная схема АПК с дополнительными блоками (дополнительные блоки представлены цветными прямоугольниками).

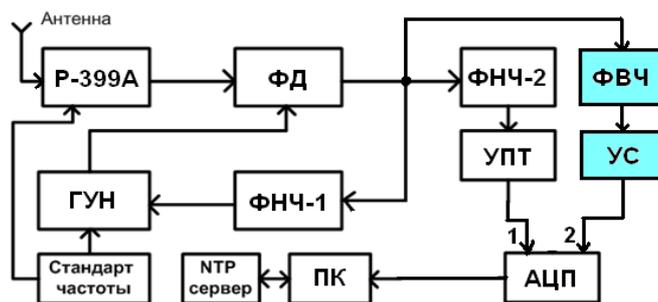


Рисунок 1 - Функциональная схема приемной установки с дополнительными блоками для измерения доплеровского сдвига частоты радиосигнала, отраженного от ионосферы, и кратковременных вспышек ионизации в ионосфере

В состав оборудования аппаратно-программного комплекса доплеровских измерений входят следующие функциональные элементы:

Р-399А - радиоприемное устройство.

ГУН – генератор, управляемый напряжением. В качестве генератора, управляемого напряжением, используется синтезатор частот Ч6-31.

Стандарт частоты - рубидиевый стандарт частоты.

ФД - фазовый детектор.

ФНЧ-1 - аналоговый пропорционально-интегрирующий фильтр нижних частот.

ФНЧ-2 - аналоговый фильтр нижних частот.

УПТ - усилитель постоянного тока с регулируемым коэффициентом усиления.

АЦП - двенадцатиразрядный восьмиканальный аналого-цифровой преобразователь фирмы L-Card типа E-154.

ПК - персональный компьютер.

NTP-сервер - сервер атомного стандарта частоты и времени.

ФВЧ - аналоговый фильтр высоких частот.

УС - усилитель с регулируемым коэффициентом усиления.

Сигнал от радиопередатчика со стабильностью не хуже $10^{-9}f$, отразившись от ионосферы, принимается антенной и поступает на радиоприемное устройство Р-399А и далее на фазовый детектор (ФД). На другой вход ФД подается сигнал от генератора управляемого напряжением (ГУН). Сигнал с выхода ФД в виде напряжения постоянного тока воздействует на ГУН и подстраивает его под частоту принимаемого сигнала, причем изменение напряжения с выхода ФД пропорционально доплеровскому сдвигу частоты. Сигнал, пройдя ФНЧ-2 и усилитель постоянного тока (УПТ), оцифровывается одним из каналов аналого-цифрового преобразователя (АЦП), далее данные сохраняются в файле в памяти персонального компьютера (ПК). Синхронизация бортового времени компьютера осуществляется по сети Интернет от NTP-сервера атомного стандарта частоты и времени. Для регистрации кратковременных доплеровских выбросов в функциональную схему комплекса были введены фильтр высоких частот (ФВЧ) и усилитель (УС).

Из сигнала с выхода ФД отфильтровывается высокочастотная составляющая фильтром ФВЧ и далее после усиления этот сигнал оцифровывается с частотой 25 Гц вторым каналом АЦП, затем сохраняется в файле на диске ПК. Подсчет и построение графика вариаций доплеровских выбросов от времени производятся с помощью специально написанной для этих целей компьютерной программой.

Результаты исследования и их обсуждение. В этом разделе приводятся результаты исследований, выполненные с применением нового метода регистрации вспышек ионизации, на основе АПК доплеровских измерений на наклонной радиотрассе.

На рисунке 2 представлены записи кратковременных выбросов, зарегистрированных АПК доплеровских измерений за 300 секунд интервал времени 30 мая 2014 г.

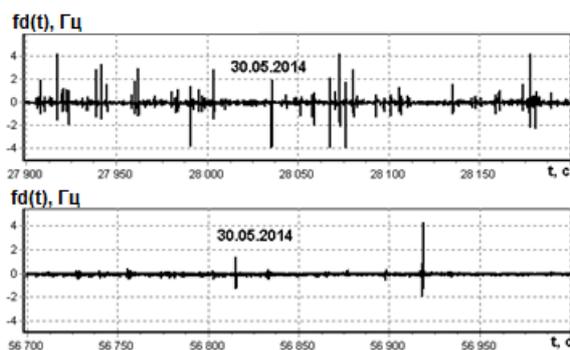


Рисунок 2 - Пример записи доплеровских выбросов в разное время суток 30 мая 2014г.
По оси X - время в секундах от начала суток по времени GMT

На верхнем графике видно, что в интервале 300 секунд зарегистрировано около 20 всплесков. На нижнем графике за такой же период времени зарегистрировано только два всплеска. Установлено, что частота появления этих всплесков (назовем их доплеровскими выбросами) меняется с течением времени. На рисунке 3 представлены результаты одновременного наблюдения текущего спектра ионосферного сигнала (рис.3а) и кратковременных доплеровских выбросов (рис.3б) радиосигнала (11885 кГц) вещательной радиостанции из г.Урумчи (КНР). Наблюдение за ионосферными всплесками провели с помощью спектроанализатора, подключенного на выход радиоприемного устройства и доплеровского комплекса.

В верхнем окне (рис.3а) представлен спектр принимаемого ионосферного сигнала в конкретный момент времени, в нижнем окне - динамика спектра, где хорошо видны два кратковременных уширения полосы спектрального пика до 20 Гц и более. В то же самое время доплеровским комплексом зарегистрированы кратковременные выбросы частоты длительностью от 0,3 до 0,6-0,8 секунд (рис.3б).

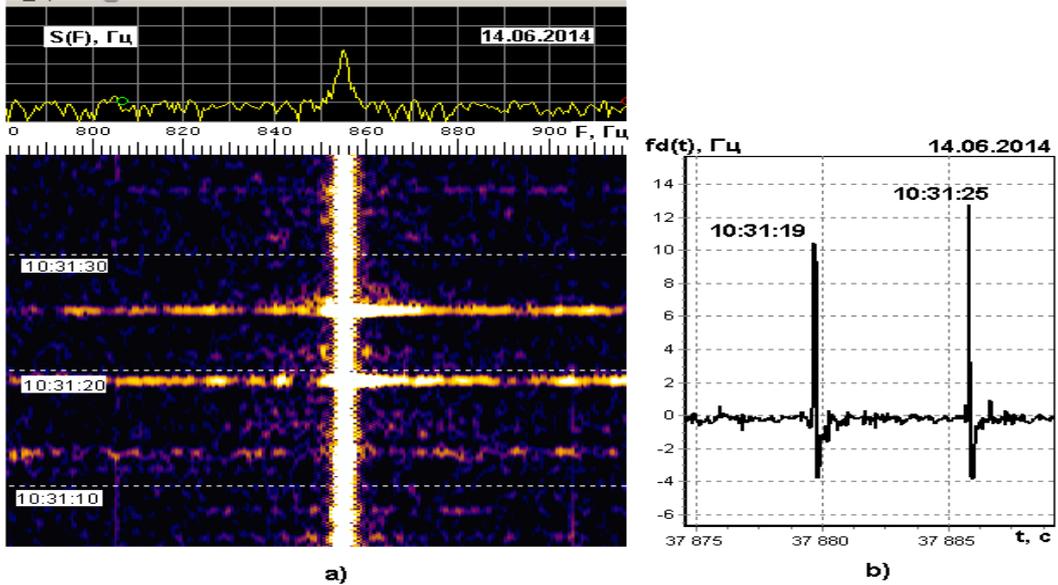


Рисунок 3 - Пример кратковременных выбросов доплеровских частот, зарегистрированных 14 июля 2014 года спектроанализатором (а) и аппаратно-программным комплексом доплеровских частот (б). По оси X - время в секундах от начала суток по времени GMT.

Проверка работоспособности нового метода регистрации всплесков ионизации АПК доплеровских измерений на наклонной радиотрассе была осуществлена также во время солнечных рентгеновских вспышек. На рисунке 4 приведены данные измерений доплеровских частот во время рентгеновской вспышки на Солнце класса C8.7, произошедшей 10 мая 2014г. Рентгеновская вспышка по данным спутника GOES-15 представлена на графике 1. В это время в ионосфере зарегистрирован отклик на рентгеновскую вспышку как значимое увеличение количества выбросов доплеровской частоты (график 2). Вариации доплеровского сдвига частоты сигнала, отраженного от ионосферы, представлены на графике 3, где желтым цветом выделен сигнал после фильтрации скользящим средним.

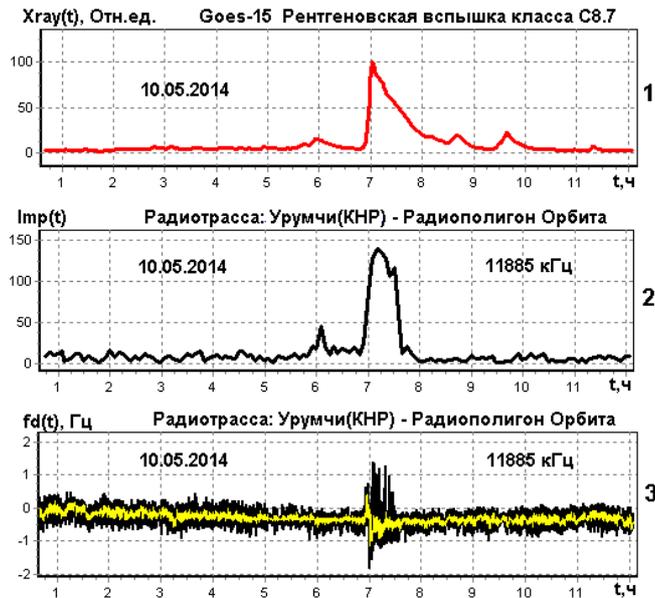


Рисунок 4 - Отклик в ионосфере на солнечную рентгеновскую вспышку класса C8.7 по измерениям доплеровского сдвига частоты на Радиополígоне Орбита 10 мая 2014г. Обозначения: 1 - всплеск рентгеновских лучей по данным спутника Goes-15, 2 - скорость изменения во времени количества импульсов (выбросов доплеровской частоты) за 5-ти минутный интервал, 3 - вариации доплеровского сдвига частоты сигнала, отраженного от ионосферы. По оси X - время в часах от начала суток по времени GMT

Таким образом, метод регистрации всплесков ионизации АПК доплеровских измерений надежно зарегистрировал отклик в ионосфере на рентгеновскую вспышку, как в вариациях доплеровских частот, так и в изменении количества доплеровских выбросов.

Опираясь на указанную методику, мы предприняли попытку выявить взаимосвязь между уровнем сейсмичности (в зоне, контролируемой сейсмической сетью наблюдений Института геофизических исследований НЯЦ РК) и вариациями доплеровских выбросов ионосферных сигналов. Отметим, что подготовка крупных землетрясений происходит в течение длительного времени месяцев-лет. Используемый нами ранее доплеровский метод измерений [7], в основе которого используется принцип работы ФАПЧ, позволяет регистрировать ионосферные возмущения с периодом от единиц-десятков секунд до нескольких часов. Однако к измерениям более длинных периодов он мало пригоден, так как, чем медленнее скорость изменения электронной концентрации в области отражения радиоволны в ионосфере, тем меньше доплеровский сдвиг. Предложенный метод подсчета количества всплесков ионизации в ионосфере существенно дополнил и расширил возможности доплеровских измерений именно в области долговременных эффектов в ионосфере с периодами порядка месяца и более. На рисунке 5а представлены данные доплеровских измерений за март 2014 года на пункте «Радиополигон Орбита» и данные количества землетрясений на сейсмоактивной территории, контролируемой сейсмической сетью наблюдений ИГИ НЯЦ РК за этот же период. Ограниченность анализа по времени одним месяцем объясняется тем, что в 2014 году непрерывные данные по доплеровским измерениям были получены только в марте месяце. Для доплеровских измерений использовали передатчик вещательной радиостанции из п. Красная речка (Киргизия), работающий на частоте 4820 кГц. Суточные данные количества землетрясений на сейсмоактивной территории взяты на сайте kndc.kz. На рисунке 5а видно, что суточные изменения количества землетрясений хорошо отслеживаются в изменении количества ионосферных доплеровских выбросов с задержкой в 2-3 дня. Для удобства сравнительного анализа данные приведены в относительных единицах.

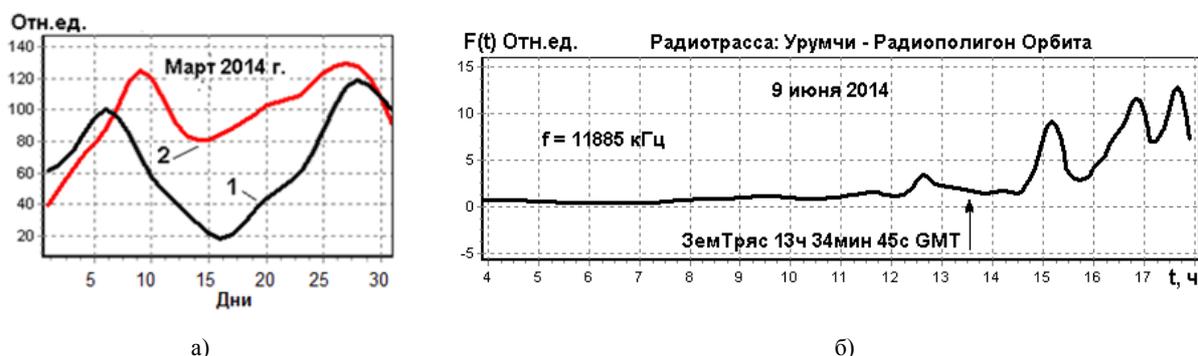


Рисунок 5 - Взаимосвязь между уровнем сейсмичности и количеством доплеровских всплесков радиосигнала, отраженного от ионосферы.

а) - сейсмичность территории, по данным kndc.kz (1), количество доплеровских всплесков радиосигнала (2). По оси X- время в днях от начала месяца; б) - вариации количества выбросов доплеровских частот по 5-ти минутным интервалам во время землетрясения 9 июня 2014г. Вертикальной стрелкой обозначено время землетрясения. По оси X - время в часах от начала суток по времени GMT.

На рисунке 5б представлены вариации доплеровских всплесков во время землетрясения, произошедшего 9 июня 2014 года в 13 часов 34 минуты по Гринвичу в приграничном районе Казахстана и Китая, в 335 км к северо-востоку от г. Алматы. Координаты эпицентра землетрясения: 44.86 градуса северной широты, 80.44 градуса восточной долготы, энергетический класс $K=11.1$, магнитуда $m_b=4.8$, глубина $h=3$ км (kndc.kz). Землетрясение произошло в 138 км от проекции на землю точки отражения радиоволны радиотрассы Урумчи (КНР) — Радиополигон Орбита на частоте 11885 кГц.

На рисунке видно, что примерно за 1 час 40 минут до землетрясения произошло увеличение количества выбросов доплеровских частот с последующим нарастающим трендом и значительным ростом вслед за основным сейсмическим толчком. Необходимо отметить, что доплеровский

эффект от землетрясения мог быть скрыт ростом ионосферных возмущений, связанных с заходом Солнца. Поэтому, не умаляя значимости повышения количества выбросов до землетрясения - как возможного предвестника землетрясения, считаем преждевременным обсуждать особенности отсроченного эффекта, зарегистрированного после сейсмического события. Появление возмущений в ионосфере до и во время землетрясений связывают с возникновением сейсмогенной ионосферной перемещающейся неоднородности, характеризующейся положительным отклонением электронной концентрации [9,10]. Выявление таких сейсмогенных ионосферных перемещающихся неоднородностей авторы рассматривают как предвестники землетрясений.

Методика регистрации динамики ионосферных вспышек при доплеровских измерениях может быть рекомендована для мониторинга возмущенности ионосферы при различных гелио-геофизических событиях и для поиска ионосферных аномалий перед готовящимися землетрясениями.

Выводы.

1. Разработан новый способ выявления возмущений в ионосфере на основе модифицированного метода доплеровских измерений.

2. Модификация метода доплеровских измерений позволяет проводить кратковременные и длительные наблюдения за динамикой вспышек ионизации и отслеживать возмущенность в ионосфере при гелио-геофизических событиях:

- зарегистрирован отклик ионосферы на солнечные вспышки;
- выявлена взаимосвязь между уровнем сейсмичности и возмущенностью ионосферы на протяжении марта 2014 г.;
- зарегистрировано повышение количества доплеровских всплесков радиосигнала, отраженного от ионосферы, накануне землетрясения 09.06.2014г., магнитудой $m_b=4.8$.

3. Методика регистрации динамики ионосферных вспышек при доплеровских измерениях может быть рекомендована для мониторинга возмущенности ионосферы при различных гелио-геофизических событиях и для поиска ионосферных аномалий перед готовящимися землетрясениями.

Работа выполнена в рамках проекта: «Изучить структуру и динамику потока космических лучей, геомагнитного поля, ионосферы и атмосферы с целью диагностики и прогноза состояния ближнего космоса», ДТОО «Институт ионосферы» АО НЦКИТ АГКИ МИР Республика Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Watts J.M., Davis K. Rapid frequency analysis of fading radio signals. *Journal of Geophysical Research*, **1960**, V.65, pp.2295-2299.
- [2] Davis K., Watts J.M. and Zacharisen. A study of F2 layer effects as observed with a doppler technique. *Journal of Geophysical Research*, **1962**, V.67, №2, pp. 601-609.
- [3] Намазов С.А., Новиков В.Д., Хмельницкий И.А. Доплеровское смещение частоты при ионосферном распространении дециметровых волн. Препринт №2 (87), *ИЗМИРАН СССР*, **1974**, 28 с.
- [4] Краснов В.М., Салихов Н.М., Жумабаев Б.Т. История и перспективы доплеровского метода исследования ионосферы в Казахстане. *Геодинамика и солнечно-земные связи*, Алматы, **2013**, с. 214 – 222.
- [5] Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. М.: Изд-во «Мир», **1973**, 501 с.
- [6] Альперт Я.Л. Распространение электромагнитных волн в ионосфере. Изд-2, переработанное и дополненное. М.: Изд-во «Наука», **1972**, 564 с.
- [7] Салихов Н.М., Сомников В.М. Аппаратно- программный комплекс для регистрации доплеровского сдвига частоты ионосферных радиосигналов над очагами землетрясений. *Известия НАН РК серия физико-математическая*, **2014**, №4, с. 116-121.
- [8] Салихов Н.М. Отклик ионосферы на акустические источники возмущений естественного и искусственного происхождения. *Канд. дисс.* Алма-Ата, **1984**, 165 с.
- [9] Калинин Ю. К., Сергеевко Н. П. Макромасштабные движущиеся неоднородности, возникающие в ионосфере за несколько часов до сильных землетрясений. *Доклады РАН*, **2002**, Т.387, №1, с.105.
- [10] Kalinin Y. K., Sergeenko N. P., Sergeenko N.P., Shubin V.N. The large-scale isolated disturbances dynamics in the main peak of electronic concentration of ionosphere. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, **2003**, v.65, Issue 11-13, pp.1175-1177.

REFERENCES

- [1] Watts J.M., Davis K. Rapid frequency analysis of fading radio signals. *Journal of Geophysical Research*, 1960, V.65, pp.2295-2299 (in Eng.).
- [2] Davis K., Watts J.M. and Zacharisen. A study of F2 layer effects as observed with a doppler technique. *Journal of Geophysical Research*, 1962, V.67, №2, pp. 601-609 (in Eng.).
- [3] Namazov S.A., Novikov V.D., Hmel'nickij I.A. Dopplerovskoe smeshhenie chastoty pri ionosfernom rasprostraneniі dekametrovyyh voln. Preprint №2 (87), IZMIRAN SSSR, 1974, 28 s (in Russ.).
- [4] Krasnov V.M., Salikhov N.M., Zhumabaev B.T. Istoriya i perspektivy doplerovskogo metoda issledovaniya ionosfery v Kazahstane. *Geodinamika i solnechno-zemnyye svyazi*, Almaty, 2013, s. 214-222 (in Russ.).
- [5] Djevis K. Radiovolny v ionosfere. M.: Izd-vo «Mir», 1973, 501 s (in Russ.).
- [6] Alpert Ja.L. Rasprostranenie jelektromagnitnyh voln v ionosfere. Izd-2, pererabotannoe i dopolnennoe. M.: Izd-vo «Nauka», 1972, 564 s (in Russ.).
- [7] Salikhov N.M., Somsikov V.M. Apparatno- programmnyj kompleks dlja registracii doplerovskogo sdviga chastoty ionosfernyh radiosignalov nad ochagami zemletrjasenij. *Izvestija NAN RK serija fiziko-matematicheskaja*, 2014, №4, s. 116-121 (in Russ.).
- [8] Salikhov N.M. Otklik ionosfery na akusticheskie istochniki vozmushhenij estestvennogo i iskusstvennogo proishozhdenija. *Kand. diss. Alma-Ata*, 1984, 165 s (in Russ.).
- [9] Kalinin Ju. K., Sergeenko N. P. Makromasshtabnye dvizhushhiesja neodnorodnosti, vznikajushhie v ionosfere za neskol'ko chasov do sil'nyh zemletrjasenij. *Doklady RAN*, 2002, T.387, №1, s.105 (in Russ.).
- [10] Kalinin Y. K., Sergeenko N. P., Sergeenko N.P., Shubin V.N. The large-scale isolated disturbances dynamics in the main peak of electronic concentration of ionosphere. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 2003, v.65, Issue 11-13, pp.1175-1177 (in Eng.).

КӨЛБЕУ РАДИОЖОЛЫНДА ИОНОСФЕРА ОШАҚТАРЫН АППАРАТТЫҚ-БАҒДАРЛАМАЛЫҚ КЕШЕНИНІҢ ДОПЛЕРЛІК ӨЛШЕУ ИОНДАЛУЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫН АНЫҚТАУДЫҢ ЖАҢА ӘДІСІ**Н.М. Салихов**

«Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы» АҚ, Алматы

Түйін сөздер: ионосфера, доплерлік ауысу, ионизациялық жаркыл, гелио-геофизикалық оқиға.

Аннотация. Ионосферада модификациялық әдіспен доплерлік өлшеу арқылы наразылықты анықтаудың жаңа түрі құрылды. Доплерлік өлшеу әдісі гелио-геофизикалық шараларда ионосфера иондалуының соққылары мен трек тәртіпсіздіктің динамикасын қысқа мерзімді және ұзақ мерзімді бақылау өзгертуге мүмкіндік береді. Аппараттық-бағдарламалық кешенде доплерлік өлшеудің арнайы гелио-геофизикалық ортада ионосфералық жауапты анықтау үшін жаңа бағдарламалық қамтамасыз ету пакеті енгізілген. Әдістің тиімділігі күннің жарқылының ионосферада тіркелуі, сейсмикалық литосфера мен ионосфералық наразылықтың қарым-қатынасы және де жер сілкінісің жақындауынды және жер сілкінісі уақытында ионосферада шағылған радиосигналдардың доплерлік жаркылдың динамикалық санын бақылауда расталған

Поступила 17.06.2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Процессы в околоземном космическом пространстве

<i>Яковец А.Ф., Гордиенко Г.И., Жумабаев Б.Т., Литвинов Ю.Г., Абдрахманов Н.</i> Статистика ночных увеличений электронной концентрации в максимуме F2-слоя.....	5
<i>Сомсиков В.М.</i> О природе бифуркации динамических систем.....	11
<i>Жантаев Ж.Ш., Грищенко В.Ф., Мукушев А.</i> Схемотехническое моделирование защиты электронной аппаратуры от электростатического разряда.....	15
<i>Антонова В.П., Крюков С.В., Луценко В.Ю., Чубенко А.П.</i> Эффекты землетрясений в интенсивности нейтронов тепловых энергий на высокогорной станции Северного Тянь-Шаня.....	20
<i>Салихов Н.М.</i> Новый метод регистрации динамики вспышек ионизации в ионосфере аппаратно-программным комплексом доплеровских измерений на наклонной радиотрассе.....	27

Наземно-космические методы исследования геодинамических процессов в земной коре

<i>Вилев А.В., Жантаев Ж.Ш., Стихарный А.П.</i> Динамика сезонных движений GPS станций на территории Северного Тянь-Шаня.....	34
<i>Хачикян Г.Я., Жумабаев Б.Т., Тойшиев Н.С., Калдыбаев А., Нуракунов С.</i> Вариации солнечной активности и пространственно-временное распределение сильных землетрясений ($M \geq 7.0$) на территории Евразии в 1973-2014 гг.....	40
<i>Бибосинов А.Ж., Шигаев Д.Т., Калдыбаев А.А., Нуракунов С.М., Бреусов Н.Г., Мамырбек Г.Б.</i> Исследование Шардаринского гидрокомплекса методом георадиолокации.....	46
<i>Бибосинов А.Ж., Нуракунов С.М., Калдыбаев А.А., Шигаев Д.Т.</i> Эффективность применения георадиолокационного метода при изучении инженерно-геологических условий на участках Алматинского метрополитена приповерхностного залегания.....	50
<i>Шигаев Д.Т., Мунсызбай Т.М.</i> Маломощная солнечная теплоэлектростанция с максимальным использованием энергии Солнца.....	56
<i>Жантаев Ж.Ш., Хачикян Г.Я., Кайраткызы Д., Андреев А.</i> Долговременные тренды в вариациях продолжительности земных суток и частоты возникновения на планете землетрясений.....	62
<i>Хачикян Г.Я., Жумабаев Б.Т., Сералиев А., Хасанов Э.</i> Пространственное распределение характеристик главного геомагнитного поля и эпицентров глубокофокусных ($h > 350$ км) землетрясений по данным 1973-2014 гг.....	67

<i>Исанова М.К., Коданова С.К., Рамазанов Т.С., Бастыкова Н.Х., Габдуллин М.Т., Молдабеков Ж.А.</i> Сечение рассеяния и тормозная способность в плотной плазме: влияние эффектов дифракции и динамического экранирования.....	73
<i>Кудайкулов А.А., Жозеранд К., Калтаев А.</i> Численное исследование процесса пальцеобразования при течении двух не смешивающихся жидкостей в канале.....	86
<i>Ахметов Б.С., Корченко А.А., Жумангалиева Н.К.</i> Модель решающих правил для обнаружения аномалий в информационных системах.....	91
<i>Бапаев К.Б., Сламжанова С.С., Исаева Г.Б.</i> О дискретных неравенствах.....	101
<i>Боос Э.Г., Альменова А.М., Жуков В.В., Садыков Т.Х., Степанов А., Таутаев Е.М.</i> Исследование взаимодействий частиц космического излучения методом радиоизлучения на высоте 3340 метров над уровнем моря.....	110
<i>Джакупов К.Б.</i> О моделировании динамики вязкой жидкости уравнениями ротора скорости и функции тока.....	117
<i>Джакупов К.Б.</i> Эффективное применение уравнений максвелла и закона ома в численном моделировании двухфазных процессов магнитной гидродинамики.....	124
<i>Исадыков А.Н., Иванов М.А., Сахиев С.К., Жаугашиева С.А., Нурбакова Г.С., Мукушев Б.А.</i> Вычисление ширины распада $\omega(782)$ мезона для реакции $\omega \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ в ковариантной модели кварков.....	135
<i>Калмурзаев Б.С.</i> О полурешетках роджерса двухэлементных семейств разностей в. п. множеств.....	141
<i>Кошеров Т.С., Жумабекова Г.Е.</i> Исследование структуры и фазового состава поверхности кремния при температурном и лазерном воздействии.....	147
<i>Кошеров Т.С., Көшикбай Б.Қ.</i> Особенности напряженного состояния пластин кремния в процессе термического отжига.....	156
<i>Курманбаев Д.М.</i> Солитонная деформация поверхности энепера третьего порядка.....	163
<i>Майлебаева Д., Тилегенова Д.</i> Метод параметризации при решении трансцендентных уравнений.....	168
<i>Мамаев Ш.М., Даниярбек Р.Н.</i> Ұзындығы шектелген стерженде пластикалық облыстың және кернеуді жеңілдету толқындының құрылуын торлық-характеристика әдісімен зерттеу.....	173
<i>Оңгарбаева А.Д.</i> Электрондық білім беру ресурстарын оқу процесінде болашақ мұғалімдерді оқытуда қолдану.....	184
<i>Сүйменбаев Б.Т., Алексеева Л.А., Сүйменбаева Ж.Б., Гусейнов С.Р.</i> Моделирование динамики космического аппарата в гравимагнитном поле земли в системе «MATLAB SIMULINK».....	188
<i>Туленбаев К.М., Шаймарданова Ж.Н., Габдуллин Б.</i> Структурные свойства (α, β) – коммутативных алгебр.....	208
<i>Сарсенгельдин М.М., Касабек С., Сагидолла Б.М.</i> Точное и приближенное решения двухфазовой обратной задачи Стефана.....	214