

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 (302)**

**ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2015 ж.**

**ИЮЛЬ – АВГУСТ 2015 г.**

**JULY – AUGUST 2015**

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

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

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

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

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

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 4, Number 302 (2015), 49 – 53

**TRANSIONOSPHERIC PROPAGATION OF RADIOWAVES****I. D. Kozin, I. N. Fedulina**

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: IDKozin@yandex.ru

**Key words:** cut-off frequency of the ionosphere, low-frequency electromagnetic oscillations, artificial Earth satellite, earthquake.

**Abstract.** New models of transionospheric radiowave propagation are considered. From a set of theoretical investigations it is known that radiowaves with frequencies below ionospheric cut-off frequencies generated at underlying layers, are reflected downward and do not transit upward. Experiments published in scientific literature have shown that during periods prior to earthquakes electromagnetic oscillations with frequencies 0,1-20 kHz are generated near the ground. In the experimental measurements conducted on satellite-based instruments it was detected that these oscillations penetrates the ionosphere. We offer descriptions of possible mechanisms explaining a penetration through the ionosphere of radiowaves with frequencies below ionospheric plasma frequency.

УДК 621.029

**ТРАНСИОНОСФЕРНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН****И. Д. Козин, И. Н. Федулina**

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** критическая частота ионосферы, низкочастотные электромагнитные колебания, искусственный спутник земли, землетрясение.

**Аннотация.** Рассматриваются новые модели трансионосферного распространения радиоволн. Из множества теоретических разработок известно, что радиоволны с частотами ниже критических частот ионосферы, генерируемые в нижележащих областях, отражаются вниз и не проходят выше. Эксперименты показали, что в периоды подготовки землетрясений у поверхности генерируются электромагнитные колебания с

частотами 0,1-20 кГц. В экспериментальных измерениях, проводимых на Искусственных Спутниках Земли – ИСЗ, обнаружено, что эти колебания проникают сквозь ионосферу. Предложены описания возможных механизмов, объясняющих проникновение через ионосферу радиоволн, частота которых ниже плазменной частоты ионосферы.

**Введение.** Наука развивается очень быстро и не каждому по силам угнаться за всевозрастающим потоком информации. Ведь читать надо всё, а на это не хватает времени. Ещё труднее задача в выборе истины. Наши поколения настолько привыкли верить слову, сказанному или написанному, что при встрече различных мнений наступает растерянность – кому верить. Понятно, что верить нужно себе, своим знаниям, способностям анализировать ситуации. Авторы не стали придерживаться только общепризнанных и своих собственных представлений, но дали право присутствовать альтернативным понятиям и гипотезам.

Целью работы является представление физических механизмов, способствующих проникновению низкочастотных электромагнитных волн сквозь ионосферу. Цель достигается разработкой физических моделей трансionoсферного распространения низкочастотных электромагнитных волн.

Обилие авторитетных теоретических и экспериментальных исследований и устоявшихся мнений о природе и физике распространения электромагнитных волн в ионосфере, например, [1-4] не способствуют развитию каких-либо новых направлений в этой области. Но есть подтверждения тому, что существуют явления и эффекты в трансionoсферном распространении радиоволн, реалии которых не могут объяснить существующие теории электромагнетизма.

Из нескольких неопубликованных источников известна информация о том, что радиоволны с частотами ниже плазменной частоты ионосферы проникают сквозь эту среду и регистрируются на Искусственных Спутниках Земли. Конкретно нам известны сообщения о том, что по личным просьбам повествующих космонавты СССР брали обычные карманные радиоприёмники на борт ИСЗ и, находясь на орбитах выше 600-700 км, прослушивали радиостанции длинноволнового диапазона.

Однако имеются достоверные и публикуемые факты, подтверждающие указанную выше информацию о прохождении низкочастотных электромагнитных волн через ионосферу. Основная суть публикаций на эту тему состоит в следующем. При подготовке землетрясений в его эпицентре генерируются низкочастотные электромагнитные колебания. Частота этих колебаний лежит в диапазоне 0,1 – 20 кГц [5, 6]. Обнаружение и многократная регистрация этих колебаний проводилась на низкоорбитальных ИСЗ [6-10]. Отмечается особенность распространения таких волн, заключающаяся в том, что они перемещаются от ожидаемого очага землетрясений в космос по силовым линиям напряжённости магнитного поля Земли, то есть вдоль линий равной напряжённости магнитного поля Земли.

Второй особенностью районов повышенной сейсмической активности является понижение электронной концентрации ионосферы над их эпицентрами. Полагаем, что оба вида указанных особенностей ионосферы и распространения низкочастотных радиоволн взаимосвязаны, и мы попытаемся это подтвердить.

Из исследований на эту тему можно отметить монографию [11], в которой полагалось, что вдоль магнитных силовых линий могут распространяться электромагнитные волны очень низких и ультранизких частот. Источниками таких волн являются грозовые разряды и искусственные излучатели, роль которых играют наземные передатчики связи ОНЧ диапазона. Исследовать характер распространения таких волн представлялось важной практической задачей, так как волны этих диапазонов могут распространяться на большие расстояния, даже многократно огибать земную поверхность, а также проникать достаточно глубоко под поверхность морей, что позволяет организовать на этих частотах связь с подводными лодками. Для исследования свойств этих волн в ИЗМИРАН была разработана специальная аппаратура для установки её на спутниках. Один из первых и удачных пусков был произведен 7 августа 1970 года, когда с космодрома Капустин Яр был запущен спутник «Интеркосмос-3», на котором впервые были установлены приёмники ОНЧ-излучений для регистрации сигналов как естественного, так и искусственного происхождения. Спутник вышел на орбиту с перигеем 206 км и апогеем 1315 км, наклоном 48,4° и начальным периодом обращения 99,8 мин. Спутник работал вплоть до конца 1970 года. В течение всего

времени работы спутника бортовая аппаратура работала нормально, и за четырёхмесячный период был получен большой объём научной информации. По данным экспериментов, проведенных на ИСЗ «Интеркосмос-3», удалось определить интенсивность и спектральные свойства ОНЧ-излучений в ионосферной плазме.

Эта информация могла бы стать предметом изучения и обоснования обнаруженного факта трансionoсферного распространения длинных радиоволн, но такого не произошло.

Авторы в данной статье делают попытку такого обоснования.

Что представляет собой ионосфера. Иногда её называют частью атмосферы, в которой атомы находятся в ионизированном состоянии и имеются свободные электроны. Ближе к истине такое определение. Ионосфера – это область атмосферы, расположенная на высотах 50-1000 км, в которой *часть* атомов и молекул находится в ионизированном состоянии. Какова же эта часть? В максимуме электронной концентрации даже в дневное время суток отношение концентраций заряженных и нейтральных компонент не превышает величины  $10^{-4}$  [12].

Условием отражения вертикально падающей на ионосферу радиоволны в простейшем случае является, согласно [1], равенство частоты радиоволны  $\omega$  плазменной частоте  $\omega_0$ , то есть  $\omega = \omega_0$ , где в системе CGSE

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{4\pi e^2 \cdot N_e}{m}} = \sqrt{3,18 \cdot 10^9 \cdot N_e}.$$

$e$ ,  $m$  – заряд и масса электрона;  $N_e$  – электронная концентрация в ионосфере,  $\text{см}^{-3}$ .

Что же способствует проникновению низкочастотных радиоволн сквозь ионосферу?

Первым механизмом, ответственным за прохождение энергии радиоволны через ионосферу, можно принять возможную зависимость величины отражённой и проходящей сквозь ионосферу энергии от мощности падающей волны.

Абсолютность условия отражения радиоволны  $\omega = \omega_0$  вызывает некоторые сомнения. В любой ситуации движения электромагнитной волны в точке скачка показателя преломления энергия падающей радиоволны разделяется на части, ответственные за поглощение, отражение и преломление (с прохождением части энергии). Условие  $\omega = \omega_0$  говорит о полном отражении всей энергии радиоволны вне зависимости от её величины. Теория не даёт ответа на этот вопрос. Скорее всего, есть предел отражаемой энергии, ведь электроны в точке отражения лишь переизлучают падающую энергию. По аналогии, магнитное поле радиационных поясов может удерживать лишь определённую часть захваченных зарядов.

Вторым механизмом (может быть главным), способствующим прохождению энергии радиоволны выше уровня, где  $\omega = \omega_0$ , может быть следующий.

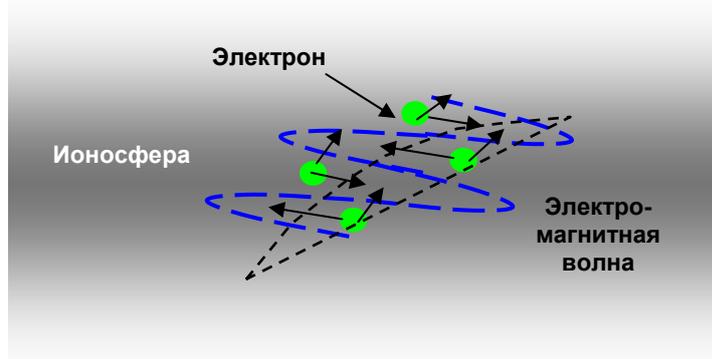
Суть этого механизма заключается в механическом воздействии электромагнитных волн на свободные электроны ионосферы (законы А.-М. Ампера и Лоренца), приводящие к их принудительному смещению. Если в магнитном поле скорость заряженной частицы направлена под некоторым углом к направлению магнитной силовой линии (питч-угол), где находится частица, то вектор ее скорости можно разложить на две составляющие: по касательной к магнитной силовой линии и перпендикулярно к ней. Если в пространстве существуют одновременно и магнитное и электрическое поля, то сила, действующая на заряд, по закону Лоренца равна

$$\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v}, \vec{B}].$$

Здесь  $q$  - величина заряда;  $v$  - скорость его движения;  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  - величины электрической и магнитной напряжённости поля. При этом электроны, с одной стороны, закручиваются вокруг магнитной силовой линии и, с другой стороны, приходят в движение вдоль вектора магнитного поля Земли [13], как показано на рисунке.

Таким образом, ионосферные электроны модулированы в своём движении закономерностями изменений радиоволны. В свою очередь движущиеся в магнитном поле под воздействием электромагнитной волны электроны сами генерируют новое поле, сохраняющее прежнюю частоту и модуляцию.

Аналогичную реакцию электронов вызовут акустические волны. Важно присутствие силы, приводящей к движению электронов.



Движение электрона в магнитном поле под действием радиоволны

Как видим, рассмотренный механизм проникновения энергии низкочастотных волн через ионосферу физически обоснован. Он объясняет не только проникновение волн, но и деградацию концентрации электронов в ионосфере. Оба эти эффекта наблюдаются в районах подготавливаемых землетрясений [6,7].

Работа выполнена по программе 101 «Грантовое финансирование научных исследований» в рамках темы «Исследование воздействия космической погоды на распространение радиоволн» (Грант 0038/ГФ1, Регистрационный номер (РН) 0112РК02388).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М.: Наука. – 1967. - 683 с.
- [2] Брюнелли Б.Е., Намгаладзе А.А. Физика ионосферы. М.: Наука. - 1988. - 528 с.
- [3] Альперт Я.Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера. М.: Наука. – 1972. - 564 с.
- [4] Дэвис К. Радиоволны в ионосфере. М.: Мир. - 1973. – 504 с.
- [5] Кузнецов В.Д., Ружин Ю.Я. Изучение ионосферных явлений, предшествующих землетрясениям и другим природным и техногенным катастрофам (проект Вулкан) // Распространение радиоволн: сб. докл. XXI Всероссийская научная конференция 25-27 мая 2005 г., Йошкар-Ола. – 2005. – Том 1. – С. 27-39.
- [6] Cicerone R.D., Ebel J.E., Britton J. A systematic compilation of earthquake precursors // *Tectonophysics*. – 2009. – Vol. 476. – P. 371–396.
- [7] Маркина В.И., Наливайко А.В., Гершензон Н.И. и др. Наблюдения на спутнике «Интеркосмос-19» ОНЧ-излучений, связанных с сейсмической активностью // *Геомагнетизм и аэрономия*. – 1983. - Том 23. - С. 842.
- [8] Молчанов О.А. Прохождение электромагнитных полей от сейсмических источников в верхнюю ионосферу Земли // *Геомагнетизм и аэрономия*. – 1991. - Том 31. – С. 111-119.
- [9] Larkina V.I., Migulin V.V., Mogilevsky M.M. et al. Earthquake Effects in the Ionosphere according to the Intercosmos 19 and Aureol 3 Satellite Data // *Results of the ARCAD 3 Project and of the Recent Programmes in Magnetospheric Physics. Proceeding of International Conf., Toulouse, May 1984 / Ed. by CNES, CEPADUES-EDITIOS*. - 1985. - P. 685-699.
- [10] Parrot M. Satellite Study of ELF-VLE Emissions Recorder by a Low Altitude Satellite during Seismic Events // *J. Geophys. Res.* - 1994. - Vol. 99. - № A12. - P. 23339-23347.
- [11] Будько Н., Зайцев А., Карпачев А., Козлов А., Филиппов Б. Космическая среда вокруг нас / под ред. д. ф.-м. н. А.Н. Зайцева. М.: ТРОВАНТ, ИЗМИРАН. – 2005. - 321 с.
- [12] Козин И.Д., Федупина И.Н. Космическая погода и ее влияние на распространение радиоволн: Учебное пособие. Алматы: АУЭС. – 2012. - 79 с.
- [13] Гальпер А.М., Дмитриенко В.В., Никитин Н.В. и др. Взаимосвязь потоков высокоэнергичных заряженных частиц в радиационном поясе с сейсмичностью Земли // *Космич. исследования*. – 1989. - Том 27. - № 5. - С. 789-792.

#### REFERENCES

- [1] Ginzburg V.L. *Rasprostranenie jelektronnym voln v plazme*. M.: Nauka, 1967, 683 p. (in Russ.)
- [2] Brjunelli B.E., Namgaladze A.A. *Fizika ionosfery*. M.: Nauka, 1988, 528 p. (in Russ.)
- [3] Alpert Ja.L. *Rasprostranenie jelektronnym voln i ionosfera*. M.: Nauka, 1972, 564 p. (in Russ.)
- [4] Davies K. *Ionospheric Radio waves*. London: Blaisdell Publishing Company, 1969, 504 p. (in Eng.)
- [5] Kuznecov V.D., Ruzhin Ju.Ja. Propagation of radiowaves: *Proced. XXI Vserossijskaja nauchnaja konferencija 25-27 May 2005, Joshkar-Ola, 2005, 1, 27-39* (in Russ.)
- [6] Cicerone R.D., Ebel J.E., Britton J. A systematic compilation of earthquake precursors. *Tectonophysics*, 2009, 476, 371–396 (in Eng.)

- [7] Markina V.I., Nalivajko A.V., Gershenson N.I. et. al. *Geomagnetism and aeronomy*, 1983, 23, 842 (in Russ.)
- [8] Molchanov O.A. *Geomagnetism and aeronomy*, 1991, 31, 111-119 (in Russ.).
- [9] Larkina V.I., Migulin V.V., Mogilevsky M.M. et al. Earthquake Effects in the Ionosphere according to the Intercosmos 19 and Aureol 3 Satellite Data. *Results of the ARCAD 3 Project and of the Recent Programmes in Magnetospheric Physics. Proceeding of International Conf., Toulouse, May 1984*. Ed. by CNES, CEPADUES-EDITIOS, 1985, 685-699 (in Eng.).
- [10] Parrot M. Satellite Study of ELF-VLE Emissions Recorder by a Low Altitude Satellite during Seismic Events. *J. Geophys. Res.*, 1994, 99, A12, 23339-23347 (in Eng.).
- [11] Budko N., Zajcev A., Karpachev A., Kozlov A., Filippov B. *Kosmicheskaja sreda vokrug nas*. M.: TROVANT, IZMIRAN, 2005, 321 p. (in Russ.)
- [12] Kozin I.D., Fedulina I.N. *Kosmicheskaja pogoda i ee vlijanie na rasprostranenie radiovoln*. Almaty: AUPET, 2012, 79 p. (in Russ.)
- [13] Galper A.M., Dmitrienko V.V., Nikitin N.V. et. al. *Kosmicheskie issledovanija*, 1989, 27, 5, 789-792 (in Russ.).

## РАДИОТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТРАНСИОНОСФЕРАЛЫҚ ТАРАЛУЫ

И. Д. Козин, И. Н. Федулina

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** ионосфераның критикалық жиілігі, төменгіжиілікті электромагниттік тербелістер, жасанды жер серігі, жер сілкінуі.

**Аннотация.** Радиотолқындардың транссионсфералық таралуының жаңа содельдері қарастырылады. Төменгі жақта орналасқан жерлердегі туындайтын ионосфераның критикалық жиіліктерінен төмен жиіліктерінің радиотолқындары төмен қарай сәулеленетіні және жоғары өтпейтіні көптеген теориялық зерттеулерден белгілі. Тәжірибеде жер сілкінуінің болар уақытында жер бетінде 0,1-20 кГц жиілігімен электромагниттік тербелістері пайда болатыны көрсетілген. Жасанды Жер Серіктерінде – ЖЖС жүргізілген тәжірибелік өлшеулерде бұл тербелістердің ионосфера арқылы өтетінін анықтайды. Мұнда ионосфераның плазмалық жиіліктерінен төмен болатын радиотолқынның жиілігі ионосфера арқылы өтуін түсіндіретін кейбір механизмдердің сипаттамасы ұсынылады.

Поступила 07.07.2015 г.

---

**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 сайте:

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

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

Редактор *М. С. Ахметова*

Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 14.07.2015.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

17,25 п.л. Тираж 300. Заказ 4.