

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 / 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 / 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), 19 – 25

**STUDYING PARAMETERS OF WAVES GENERATED
BY DAWN AND DUSK SOLAR TERMINATORS****B. T. Zhumabayev, A. F. Yakovets, G. I. Gordienko, Yu. G. Litvinov**

Institute of the Ionosphere, National Center for Space Research and Technology, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: beibit.zhu@mail.ru

Key words: vertical sounding of ionosphere, travelling ionospheric disturbances, solar terminator.

Abstract. On the basis of the vertical sounding of the ionosphere over Almaty a comparison of parameters of waves excited by the passage of the dawn and dusk solar terminators is carried out. Observations were carried out in a period of low solar and magnetic activities. Wave periods of the dawn and dusk terminators are distributed in the same intervals of 40 - 85 min. If for the dawn terminator, beginning the wave generation corresponded to the height of the sun above the horizon distributed in a narrow range of 11° - 15° , then for the dusk terminator its heights exhibit considerable variation in the band of from 0° to -14° below the horizon. Their relative maximum amplitudes are also significantly different. The maximum of the wave amplitude of the dusk terminator being in the range 10 - 40% is substantially higher than the amplitude of the dawn terminator waves (4 - 16%). This proves that the dawn terminator more effectively generates waves in the neutral atmosphere than the dusk terminator. At the same time the height corresponding to the maximum amplitudes are at the same intervals as for dawn and dusk terminators (190 - 230 km).

УДК 550.383

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЛН,
ГЕНЕРИРУЕМЫХ УТРЕННИМ И ВЕЧЕРНИМ ТЕРМИНАТОРАМИ****Б. Т. Жумабаев, А. Ф. Яковец, Г. И. Гордиенко, Ю. Г. Литвинов**

ДТОО «Институт ионосферы» Акционерного общества

«Национальный центр космических исследований и технологий», Алматы, Казахстан

Ключевые слова: вертикальное зондирование ионосферы, перемещающиеся ионосферные возмущения, солнечный terminator.

Аннотация. На основе результатов вертикального зондирования ионосферы над Алматы проведено сравнение параметров волн, возбуждаемых утренним и вечерним прохождением солнечного terminatorа. Наблюдения были проведены в период низкой солнечной и магнитной активностей. Периоды волн утреннего и вечернего terminatorа распределены в одинаковых интервалах 40 – 85 мин. Если для утреннего terminatorа высота Солнца над горизонтом распределена в узком интервале значений 11° – 15° , то для вечернего terminatorа отрицательные высоты обнаруживают значительный разброс от 0° до -14° ниже линии горизонта. Относительные максимальные амплитуды волн также значительно отличаются. Максимальные амплитуды вечерних волн, лежащие в интервале 10 – 40%, заметно превосходят амплитуды утренних terminatorных волн (4 – 16%). В то же время высоты, соответствующие максимальным амплитудам лежат в одинаковых интервалах, как для утреннего, так и для вечернего terminatorов (190 – 230 км).

Введение. Прохождение через термосферу атмосферных гравитационных волн (АГВ), приводит к появлению перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ), представляющих квазипериодические вариации различных параметров ионосферного F-слоя. Считают, что АГВ

генерируются в основном в полярных областях во время геомагнитных бурь и суббурь и затем распространяются на средние и низкие широты [1–3]. Однако еще в 1970 г. Chimonas and Hines [4] предсказали, что солнечное затмение должно генерировать гравитационные волны за счет перемещения охлаждения атмосферы в области лунной тени, движущейся со сверхзвуковой скоростью. Они показали, что гравитационные волны должны формироваться в виде головной волны, наподобие волны, создаваемой быстро двигающимся судном на водной поверхности. По аналогии с затмением, Веер [5] выдвинул идею, что солнечный терминатор может служить генератором гравитационных волн. Будучи регулярным и глобальным явлением, движущийся терминатор отличается от других источников генерации волн, как стабильный, повторяющийся и прогнозируемый источник. Дневная термосфера представляет выступ плотности и давления, двигающийся на запад с фазовой скоростью Солнца (около 450 м/сек на экваторе). Следует отметить, что число Маха превышает 1 на высотах ниже 120 км, где могут генерироваться акустические и гравитационные волны. Скорость звука на высотах F-области ионосферы составляет ~ 500 м/с в минимуме солнечной активности и ~ 700 м/сек в максимуме, и поэтому терминатор движется со скоростью меньшей скорости звука. Однако, Сомсиков [6–12] предложил теоретическую основу генерации гравитационных волн терминатором, двигающимся со субзвуковой скоростью. При этом длина генерируемой волны составляет ~ 1000 км, а ее период превышает ~ 30 мин. Опубликовано несколько экспериментальных работ [13–17], подтверждающих существование терминаторных волн в F-области ионосферы, однако приведенный в них анализ опирается на ограниченный объем экспериментальных данных. В работе [13] рассматриваются данные одного дня наблюдения, а в работе [14] рассматриваются данные вертикального зондирования ионосферы, полученные за несколько дней. Поэтому целью настоящего исследования является наблюдения и обработка данных наблюдений, проведенных непрерывно в течение промежутка времени, достаточного для получения статистических оценок параметров волн.

Методы исследования. Для получения различных параметров терминаторных волн был использован метод вертикального зондирования ионосферы, применяемый нами для получения ионосферных волн, разнообразной природы [18, 19]. Анализировались данные, полученные в марте 2010 г., в течение которого было проведено 18 сеансов измерений, каждый из которых захватывал вечернее переходное (день-ночь) время, ночные часы и утреннее переходное время. Выбор года и сезона наблюдений был обусловлен двумя обстоятельствами. Во-первых, согласно теоретическим оценкам [16] максимальное проявление терминатора следовало ожидать в равноденственные сезоны и, во-вторых, чтобы исключить интерференцию волновой активности в ионосфере от других источников, связанных с процессами, происходящими в магнитосфере Земли, наиболее предпочтительными являются периоды низкой солнечной и магнитной активности. Мы провели наблюдения в период низкой солнечной активности (среднее значение потока радиоизлучения Солнца на волне 10.7 см в марте составило $F_{10.7} = 85.0$) и при низкой магнитной активности (в марте для дат наблюдения индекс активности $A_p \leq 10$).

Анализ результатов. На рисунке 1 представлены сглаженные вариации электронного содержания ионосферы $N(t)$ с применением скользящего окна с длиной $T = 30$ мин на серии высот с расстоянием между соседними высотами 10 км для трех сеансов наблюдений. Нижняя кривая соответствует высоте $h=150$ км. Верхняя (жирная) кривая соответствует вариациям $N(t)$ в максимуме области F ($h_m F$). Представленные на рисунке примеры вариаций $N(t)$ содержат особенности, характерные для большинства измерений этого цикла. Поведение $N(t)$ в максимуме области F , представленное на панелях, отражает типичный суточный ход электронной плотности – уменьшение плотности в вечерние переходные часы при заходе Солнца и увеличение в утренние часы во время восхода Солнца. Среднее значение электронной плотности в максимуме области F менялось незначительно от ночи к ночи, и оно составляло $N_e \approx 2 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-3}$. Поскольку измерения проводились в период равноденствия, то терминатор на анализируемых высотах располагался вблизи 18 час в вечернее и 06 час в утреннее время. Незначительные амплитуды вариаций $N(t)$ в ночное время свидетельствовали об отсутствии в это время сторонних механизмов генерации волн, которые могли бы накладываться на терминаторные волны, проявляющиеся на графиках в вечернее и утреннее время. На рисунке 1 показаны три варианта комбинаций вечерних и утренних терминаторных волн, наблюдаемых нами во время цикла наблюдений. На верхней панели

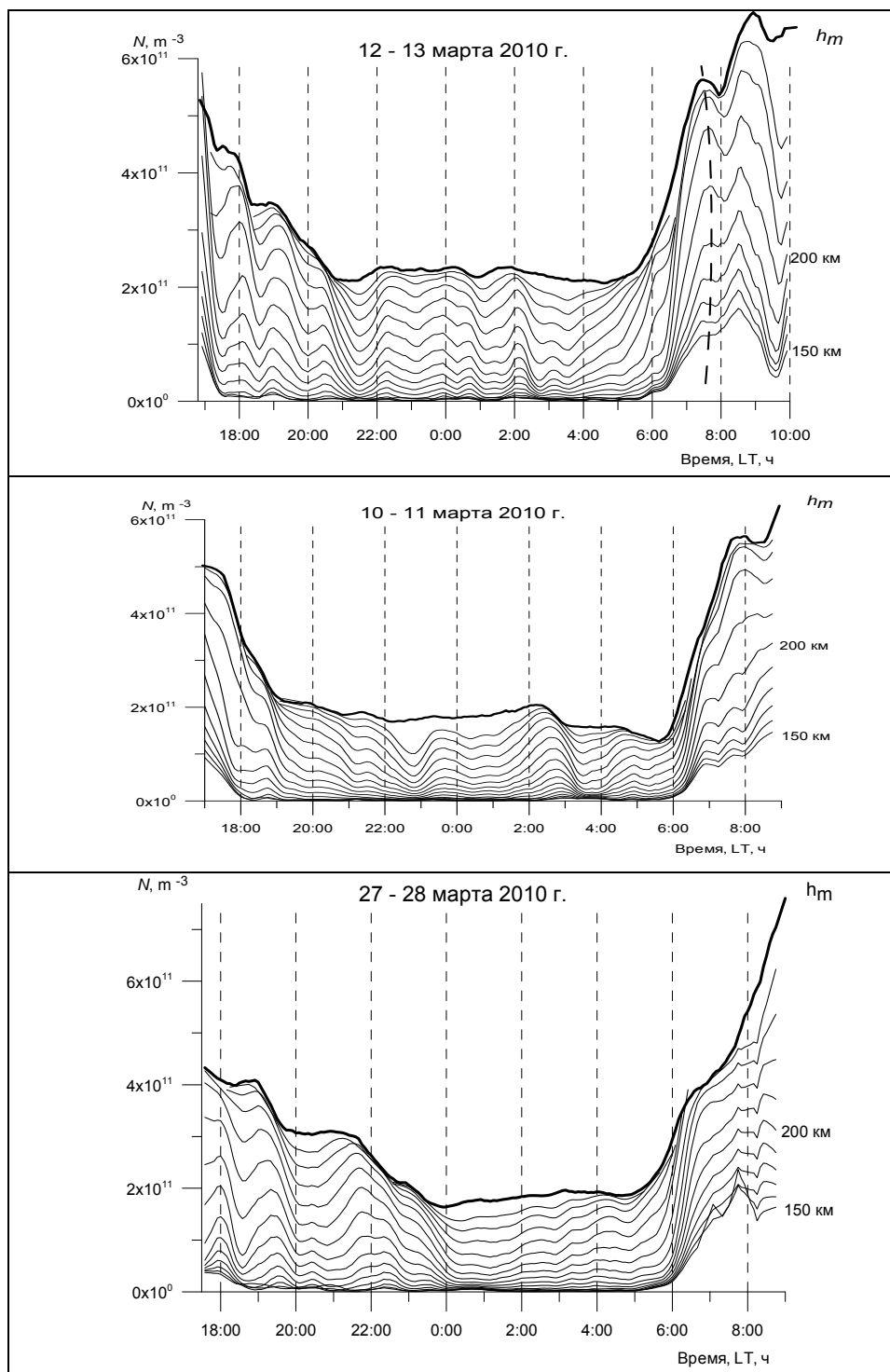


Рисунок 1 – Сглаженные вариации электронного содержания ионосферы на серии высот

представлен наиболее часто встречающийся вариант, когда волны были сгенерированы, после прохождения как вечернего, так и утреннего терминаторов (11 сеансов). На средней панели представлен вариант, когда волны были сгенерированы, после прохождения только утреннего терминатора (4 сеанса).

И на нижней панели представлен вариант, когда волны были сгенерированы, после прохождения только вечернего терминатора (3 сеанса). Высотная зависимость амплитуды волны, которую можно обнаружить на рисунках, имеет особенность, которая сохраняется в большинстве сеансов

наблюдения. Амплитуда волны, минимальная у основания рассматриваемой области ионосферы, растет с увеличением высоты, достигая максимума на некоторой высоте вблизи $h \sim 200$ км, а затем снова уменьшается при приближении к высоте максимума области. В таблице 1 представлены даты наблюдения и ряд параметров наблюдаемой терминаторной волны. Здесь приняты следующие обозначения.

На рисунке 2 показаны гистограммы распределений параметров терминаторных волн, построенные по данным, приведенным в таблице. Для удобства сравнения параметров утреннего и вечернего терминаторов гистограммы помещены рядом. Периоды осцилляций утреннего и вечернего терминатора распределены в одинаковых интервалах 40 – 85 мин. Если для утреннего терминатора высота Солнца над горизонтом распределена в узком интервале значений $11 - 15^{\circ}$, то для вечернего терминатора отрицательные высоты обнаруживают значительный разброс – от 0 до -14° . Относительные максимальные амплитуды также значительно отличаются. Максимальные амплитуды вечерних вариаций, лежащие в интервале 10 – 40%, заметно превосходят амплитуды утренних терминаторных волн (4 – 16%). В то же время высоты, соответствующие максимальным амплитудам лежат в одинаковых интервалах, как для утреннего, так и вечернего терминаторов (190 – 230 км).

Заметим, что большая часть высот для вечернего терминатора лежит в очень узком интервале 215 – 220 км.

Значения параметров наблюдаемой терминаторной волны

Дата	Заход Солнца						Восход Солнца					
	T, ч	φ, LT	χ, град	$A_m, 10^{11} \text{ м}^{-3}$	$A_m, \%$	$h_{A_m}, \text{ км}$	T, ч	φ, LT	χ, град	$A_m, 10^{11} \text{ м}^{-3}$	$A_m, \%$	$h_{A_m}, \text{ км}$
09-10.03	N	N	n	n	n	N	1.3	7:30	12.8	0.3	8.0	210
10-11.03	N	N	n	n	n	N	0.85	7:00	7.9	0.15	6.5	200
12-13.03	1.2	18:00	-1.8	0.7	26	220	1.0	7:30	13.8	0.35	7.8	220
13-14.03	0.8	18:20	-5.3	0.2	12	220	0.8	7:30	13.6	0.27	10.8	220
14-15.03	1.2	18:40	-8.7	0.25	20	200	0.92	7:25	13.5	0.45	14.0	210
16-17.03	1.3	18:50	-10	0.55	46	220	0.76	7:15	12.5	0.17	4.8	200
17-18.03	1.0	18:00	-0.1	0.25	20	210	1.17	7:25	14.5	1.15	30.0	215
18-19.03	1.4	19:00	-11	0.4	25	220	N	n	n	n	N	n
19-20.03	0.9	18:45	-8.5	0.3	14	220	N	n	n	n	N	n
20-21.03	1.1	18:05	-1.0	0.35	35	210	0.93	7:00	11.1	0.25	7.2	215
21-22.03	1.7	18:45	-8.0	0.5	31	220	1.08	7:15	14.1	0.35	8.3	210
22-23.03	1.2	19:15	-13	0.8	36	230	0.75	7:15	14.4	0.25	8.4	195
23-24.03	N	N	n	n	n	N	1.15	7:10	13.5	0.45	11.8	210
24-25.03	1.2	18:40	-6.5	0.35	27	220	0.83	7:00	12.4	0.50	14.3	205
25-26.03	N	N	n	n	n	N	1.4	7:10	14.2	0.32	11.6	200
26-27.03	1.0	18:50	-7.8	0.35	20	220	1.33	6:55	12.2	0.75	34.8	220
27-28.03	1.3	18:10	-1.3	0.55	36	220	N	n	n	n	N	n
29-30.03	0.9	18:50	-7.2	0.5	28	230	0.95	6:50	12.2	0.40	12.5	200

n – дни когда не было осцилляций.

T, ч – период осцилляций электронного содержания на фиксированных высотах, φ – фаза осцилляций (местное время, на которое приходится первый максимум осцилляций), χ, град – высота Солнца над горизонтом, соответствующая первому максимуму волны (положительный знак соответствует положению Солнца выше горизонта, отрицательный - ниже горизонта), $A_m, 10^{11} \text{ м}^{-3}$ – максимальная абсолютная амплитуда осцилляций, $A_m, \%$ – максимальная относительная амплитуда, $h_{A_m}, \text{ км}$ – высота соответствующая максимальной амплитуде.

Значения высоты Солнца для географических координат Алматы, конкретной даты и времени суток мы получали, используя свободный доступ на сайт <http://www.usno.navy.mil/USNO/astronomical-applications/data-services/altaz-world>, на котором проводится расчет высоты и азимута Солнца в интерактивном режиме.

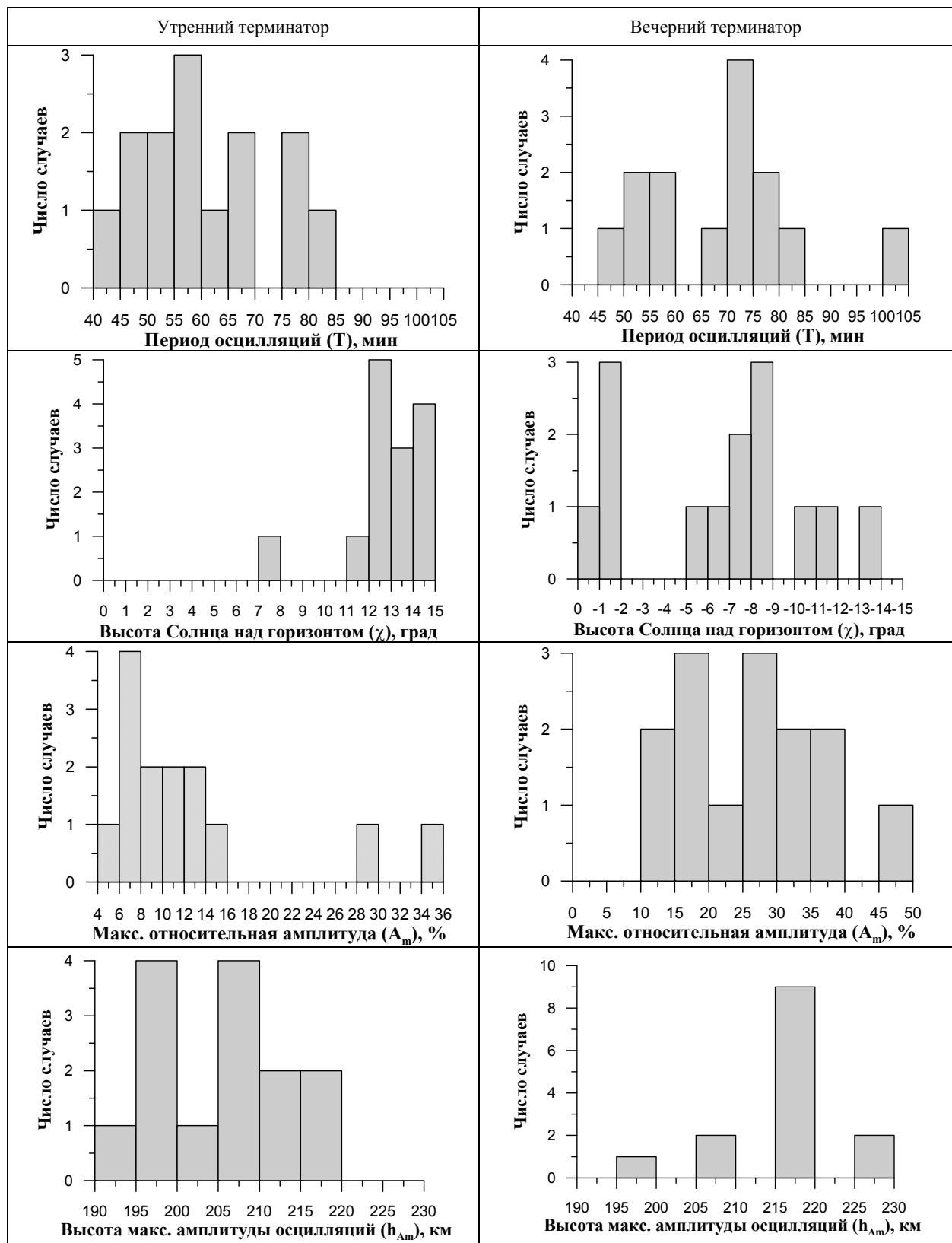


Рисунок 2 – Гистограммы распределений периодов, высоты Солнца над горизонтом, максимальной относительной амплитуды и высоты, соответствующей максимальной амплитуде

Обсуждение и выводы. Сравним значения полученных нами параметров с результатами измерений, известных в литературе. В работе [14] авторы нашли, что осцилляции с доминирующим периодом в диапазоне 60-74 мин существуют систематически, начинаясь на восходе и продолжаясь в течение нескольких часов. Измеренная максимальная амплитуда располагалась между высотами 180-200 км. Авторы утверждали, что процессы нагревания, связанные с быстрым увеличением солнечной радиации на восходе, могут действовать как источник турбулентности в F области и эта турбулентность проявляет себя, как AGW осцилляции электронной плотности. Видно, что значения периодов и высот максимальных амплитуд близки к значениям, полученным нами. В работе [20], в которой анализировались данные о плотности термосферы из измерений акселерометра на борту спутника CHAMP на высотах 440 ± 40 км в течение 2001 г. и 340 ± 10 км в течение 2006 г., было найдено, что вблизи вечернего терминатора волновые структуры оказались более выраженными. Это доказывает, что вечерний терминатор более эффективно генерирует волны в нейтральной атмосфере, чем утренний терминатор. Как граница неоднородного нагрева атмосферы, вечерний терминатор порождает больший горизонтальный градиент температуры и давления, чем утренний терминатор. Согласно теории [7, 14] резкая граница более эффективно генерирует волны. Поэтому вечерний терминатор работает более эффективно при возбуждении атмосферных волн. Наши данные, показывающие заметные превышения максимальных амплитуд вечерних терминаторных волн над утренними волнами, подтверждают эти выводы.

Работа выполнена по программе 101 «Грантовое финансирование научных исследований» в рамках темы «Исследовать воздействие нестационарных явлений на среднеширотные атмосферу и ионосферу» (Грант 0040/ГФЗ, Регистрационный номер (РН) 0113РК00289).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Yeh K.C., Liu C.H. Acoustic-gravity waves in the upper atmosphere. *Rev. Geophys. Space Phys.* Vol. 12. 1974. P. 193–216.
- [2] Hunsucker R.D. Atmospheric gravity waves generated in the high-latitude ionosphere: A review. *Rev. Geophys.* Vol. 20. 1982. P. 293–315.
- [3] Hocke K., Schlegel K. A review of atmospheric gravity waves and travelling ionospheric disturbances: 1982–1995. *Annal. Geophysicae.* Vol. 14. 1996. P. 917–940.
- [4] Chimonas G., Hines C.O. Atmospheric gravity waves induced by a solar eclipse. *Journal of Geophysical Research.* Vol. 75. 1970. P. 875–882.
- [5] Beer T. Supersonic generation of atmospheric waves. *Nature.* Vol. 242. 1973. doi:10.1038/242034a0.
- [6] Somsikov V.M. On mechanism for formation of atmospheric irregularities in the solar terminator region. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics.* Vol. 57. 1995. P. 75–83.
- [7] Somsikov V.M. Solar terminator and dynamical phenomena in the atmosphere (survey). *Geomagnetism and Aeronomy.* Vol. 51. 2011. P. 723–735.
- [8] Somsikov V.M. Spherical model of solar terminator. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics.* Vol. 49. 1984. P. 433–438.
- [9] Somsikov V.M. Atmospheric waves caused by the solar terminator: a review. *Geomagnetism and Aeronomy.* Vol. 31. 1991. 1–12.
- [10] Somsikov V.M. On the atmospheric turbulence generation by the solar terminator. *Geomagnism and Aeronomy.* Vol. 32. 1992. P. 55–60.
- [11] Somsikov V.M., Ganguly B. On the formation of atmospheric inhomogeneities in the solar terminator region. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics.* Vol. 57. 1995. P. 1513–1523.
- [12] Somsikov V.M., Troitskii B.V. Generation of disturbances in the atmosphere at the passage time of Solar Terminator through it. *Geomagnetism and Aeronomy.* Vol. 15. 1975. P. 856–860.
- [13] Galushko V.G., Paznukov V.V., Yampolski Y.M. and Foster J.C. Incoherent scatter radar observations of AGW/TID events generated by the moving solar terminator. *Annal. Geophysicae.* Vol. 16. 1998. P. 821–827.
- [14] Boska J., Sauli P., Altadill D., Sole J. Diurnal variation of gravity wave activity at midlatitudes in the ionospheric F region. *Stud. Geophys. Geod.* Vol. 47. 2003. P. 569–576.
- [15] Afraimovich E.L. First GPS-TEC evidence for the wave structure excited by the solar terminator. *Earth Planets Space.* Vol. 60. 2008. P. 895–900.
- [16] Chernysheva S.N., Sheftel' V.M., Shcharenskaya E.G. Wavelike disturbances of electron density in the ionosphere near the morning terminator. *Geomagnetism and Aeronome.* Vol. 25. 1985. P. 143–146.
- [17] Forbes J.M., Bruinsma S.L., Miyoshi Y., Fujiwara H. A solar terminator wave in thermosphere neutral densities measured by the CHAMP satellite. *Geophys. Res. Lett.* Vol. 35. L14802. 2008. doi:10.1029/2008GL034075.
- [18] Yakovets A.F., Vodyannikov V.V., Gordienko G.I., Litvinov Yu.G. Height Profiles of the Amplitudes of Large Scale Traveling Ionospheric Disturbances. *Geomagnetism and Aeronomy.* Vol. 53. 2013. P. 655–662.
- [19] Yakovets A.F., Vodyannikov V.V., Gordienko G.I., Litvinov Yu.G. Thermospheric Wind Oscillations during the Propagation of Large-Scale Traveling Ionospheric Disturbances. *Geomagnetism and Aeronomy.* Vol. 54. 2014. P. 480–487.
- [20] Liu H., Luhr H., Watanabe Sh. A solar terminator wave in thermospheric wind and density simultaneously observed by CHAMP. *Geoph. Res. Letters.* Vol. 36. L10109. 2009. doi: 10.1029/2009GL038165.

REFERENCES

- [1] Yeh K.C., Liu C.H. Acoustic-gravity waves in the upper atmosphere. *Rev. Geophys. Space Phys.* Vol. 12. 1974. P. 193–216.
- [2] Hunsucker R.D. Atmospheric gravity waves generated in the high-latitude ionosphere: A review. *Rev. Geophys.* Vol. 20. 1982. P. 293–315.
- [3] Hocke K., Schlegel K. A review of atmospheric gravity waves and travelling ionospheric disturbances: 1982–1995. *Annal. Geophysicae.* Vol. 14. 1996. P. 917–940.
- [4] Chimonas G., Hines C.O. Atmospheric gravity waves induced by a solar eclipse. *Journal of Geophysical Research.* Vol. 75. 1970. P. 875–882.
- [5] Beer T. Supersonic generation of atmospheric waves. *Nature.* Vol. 242. 1973. doi:10.1038/242034a0.
- [6] Somsikov V.M. On mechanism for formation of atmospheric irregularities in the solar terminator region. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics.* Vol. 57. 1995. P. 75–83.
- [7] Somsikov V.M. Solar terminator and dynamical phenomena in the atmosphere (survey). *Geomagnetism and Aeronomy.* Vol. 51. 2011. P. 723–735.
- [8] Somsikov V.M. Spherical model of solar terminator. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics.* Vol. 49. 1984. P. 433–438.
- [9] Somsikov V.M. Atmospheric waves caused by the solar terminator: a review. *Geomagnetism and Aeronomy.* Vol. 31. 1991. P. 1–12.
- [10] Somsikov V.M. On the atmospheric turbulence generation by the solar terminator. *Geomagnetism and Aeronomy.* Vol. 32. 1992. P. 55–60.
- [11] Somsikov V.M., Ganguly B. On the formation of atmospheric inhomogeneities in the solar terminator region. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics.* Vol. 57. 1995. P. 1513–1523.
- [12] Somsikov V.M., Troitskii B.V. Generation of disturbances in the atmosphere at the passage time of Solar Terminator through it. *Geomagnetism and Aeronomy.* Vol. 15. 1975. P. 856–860.
- [13] Galushko V.G., Paznukov V.V., Yampolski Y.M. and Foster J.C. Incoherent scatter radar observations of AGW/TID events generated by the moving solar terminator. *Annal. Geophysicae.* Vol. 16. 1998. P. 821–827.
- [14] Boska J., Sauli P., Altadill D., Sole J., Diurnal variation of gravity wave activity at midlatitudes in the ionospheric F region. *Stud. Geophys. Geod.* Vol. 47. 2003. P. 569–576.
- [15] Afraimovich E.L. First GPS-TEC evidence for the wave structure excited by the solar terminator. *Earth Planets Space.* Vol. 60. 2008. P. 895–900.
- [16] Chernysheva S.N., Sheftel' V.M., Shcharenkaya E.G. Wavelike disturbances of electron density in the ionosphere near the morning terminator. *Geomagnetism and Aeronome.* Vol. 25. 1985. P. 143–146.
- [17] Forbes J.M., Bruinsma S.L., Miyoshi Y., Fujiwara H. A solar terminator wave in thermosphere neutral densities measured by the CHAMP satellite. *Geophys. Res. Lett.* Vol. 35. L14802. 2008. doi:10.1029/2008GL034075.
- [18] Yakovets A.F., Vodyannikov V.V., Gordienko G.I., Litvinov Yu.G. Height Profiles of the Amplitudes of Large Scale Traveling Ionospheric Disturbances. *Geomagnetism and Aeronomy.* Vol. 53. 2013. P. 655–662.
- [19] Yakovets A.F., Vodyannikov V.V., Gordienko G.I., Litvinov Yu.G. Thermospheric Wind Oscillations during the Propagation of Large-Scale Traveling Ionospheric Disturbances. *Geomagnetism and Aeronomy.* Vol. 54. 2014. P. 480–487.
- [20] Liu H., Luhr H., Watanabe Sh. A solar terminator wave in thermospheric wind and density simultaneously observed by CHAMP. *Geoph. Res. Letters.* Vol. 36. L10109. 2009. doi: 10.1029/2009GL038165.

КЕШКІ ТЕРМИНАТОРЛАРДАН ШЫҒАРЫЛАТЫН ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

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

ЕЖШС «Ионосфера институты» акционерлік қоғамы
«Ғарыштық зерттеулер мен технологиялар ұлттық орталығы», Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: ионосфераның тік барлануы, жылжымалы ионосфералық ұйтқулар, күн терминаторы.

Анотация. Алматы үстінде ионосфераның тік барлану нәтижелерінің негізін күн терминаторынан өтетін теңертеңгі және кешкі қоздырушы толқындардың параметрлерімен салыстырулар жүргізіледі. Бақылаулар төменгі күннің және магнитті белсенділіктер периодында өткізілді. Таңртеңгі және кешкі терминаторлардың толқындарының периодтары бірдей 40 – 85 мин интервал аралықтарында таралған. Егер таңртеңгі терминатор үшін Күннің горизонталь үстіндегі биіктігі 110 – 150 мәндерінің қысқа интервал аралығында таралған болса, онда кешкі терминатор үшін теріс мәнді биіктік горизонт сызығынан төмен 00–140 дейінгі айтарлықтай шашылуларда байқалып жатыр. Сонымен қатар толқындардың салыстырмалы амплитудаларында едәуір айырмашылықтар болып жатыр. 10 – 40% интервал аралығында жататын кешкі толқындардың максимал амплитудалары ертеңгі толқындардың терминаторлардың амплитудаларынан асып кететіні байқалады (4 – 16%). Биіктіктің сол уақыты үшін, сәйкесінше ертеңгі және кешкі терминаторлар үшін амплитудалары бірдей интервал аралықтарында жатады (190 – 230 км).

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). 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.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.