

3. Sobolev S.L. Local non-equilibrium diffusion model for solute trapping during rapid solidification // Acta Materialia. – 2012. - V. 60. - Issues 6–7. – P. 2711–2718.
4. Sobolev S. L. Nonlocal diffusion models: Application to rapid solidification of binary Mixtures // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2014. –V. 71 – P. 295–302.
5. Tashlykova-Bushkevich I. I., Shepelevich V. G. Dope depth distribution in rapidly solidified Al–Ge and Al–Me (Me=Fe, Cu, Sb) alloys // J. of Alloys and Compounds. – 2000. – V. 299. – P. 205–207
6. Afonkina E.A., Vershinin G.A., Gering G.I. The influence of space-time nonlocality on the formation of concentration profiles in metals under the high-power ion beams irradiation // Fizika i himija obrabotki materialov. – 2004. - № 2. – P. 5 – 11.
7. Afon'kina E.A., Vershinin G.A., Gering G. I., Shumilin V.A. Lokal'no neravnovesnyj massoperenos v binarnykh sistemah pri vozdeystvii koncentrirovannymi potokami jenerгии // Poverhnost'. Rentgenovskie, sinhrotronnye i nejtronnye issledovaniya. – 2006. – № 4. – S. 35-40.
8. Sidorova E. A., Vershinin G. A., Gering G. I., and Shumilin V. A. Features of Local Nonequilibrium Recrystallization of Binary Alloys under the Effect of Intense Pulsed Beams of Charged Particles // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2008. –V. 2. – No. 2. – PP. 305–309.
9. Rubshtein A. P., Trakhtenberg I.Sh., and Remnev . Strengthening of Steel 3 by Exposing its Surface Covered with Boron Nitride Emulsion to High-Power Ion Beam // Proceedings of 9<sup>th</sup> Intern. Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows (Tomsk, Russia, on September 21-26, 2008). Tomsk: Publishing house of the IAO SB RAS. 2008. 734 pp.
10. Lotkov A. I., Meisner L. L., Arysheva G.V., Artyomov N. D. Laws of Change of Topographical Parameters and Adhesive Properties of an TiNi Alloy with Mo Coatings, Modified by an Electronic Beam // 10<sup>th</sup> International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows (Tomsk, Russia, on September 19-24, 2008). Proceedings. Tomsk: Publishing House of the IOA SB RAS. 2010. 783 pp.

#### Дружин Г.И.

Кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения РАН  
*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №13-02-01159*

#### СУТОЧНЫЕ ПЕРИОДЫ В ОНЧ ИЗЛУЧЕНИИ И СВЯЗЬ ИХ С РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

##### Аннотация

*На Камчатке проведена регистрация шумовых электромагнитных излучений на частотах 0,7, 1,2 и 5,3 кГц за 1997 – 2006 гг., которая показала, что в спектрах ОНЧ шумов имеются максимумы, совпадающие с суточными периодами вращения Земли относительно Солнца (1440 мин) и относительно звезд (1436 мин). Выполнены пеленгационные наблюдения за 2002-2006 гг. в полосе частот 3 – 60 кГц, которые также показали, что эти максимумы имеются в спектрах сигналов от гроз. Показано, что в принимаемых сигналах ОНЧ излучений проявляется влияние на область D ионосферы галактических рентгеновских источников.*

**Ключевые слова:** ОНЧ излучение, рентгеновские источники, периоды Земли.

#### Druzhin G.I.

PhD in Physics and Mathematics,  
Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation FEB RAS  
**DAILY PERIODS IN VLF RADIATION AND THEIR CONNECTION WITH X-RAY**

##### Abstract

*Registration of noise electromagnetic radiation at frequencies at 0.7, 1.2, and 5.3 kHz for 1997 - 2006 has been carried out in Kamchatka. It showed that in the spectra of the VLF noise peaks are coincident with daily periods of Earth's rotation relative to the Sun (1440 m) and relative to the stars (1436 m). Direction-finding observations for 2002-2006 in the frequency band 3 – 60 kHz were performed, which showed that these peaks are present in the spectra of the signals from thunderstorms. It is shown that the impact of the received signals of VLF emissions apparent effect on the region of the ionosphere D galactic X-ray sources.*

**Keywords:** VLF radiation, X-rays, the Earth's period.

#### Введение

Излучения, приходящие к Земле от Солнца, имеют периодичность 24 ч. Этот период обнаруживается в различных измеряемых на Земле параметрах, в том числе и в вариациях естественных электромагнитных полей [1]. Известно, что рентгеновское излучение Солнца [2, 3, 4] является основным фактором, приводящим к ионизации области D ионосферы, и влияет на условия распространения радиоволн в диапазоне очень низких частот (ОНЧ). В спектрах принимаемых на Земле ОНЧ излучений можно выделить суточное вращение Солнца (~ 27 дней), вращение Луны (29,5 дней), а также недельный цикл, связанный с деятельностью человека [5]. Однако мало сведений о характеристиках ОНЧ излучений, выполненных на больших временных интервалах (больше года), где бы рассматривались суточные периоды.

Целью работы является изучение на больших временных интервалах шумовых и импульсных характеристик ОНЧ сигналов в диапазоне периодов, близких к суточному вращению Земли, и определение их возможной связи с рентгеновскими источниками излучения.

Для достижения поставленной цели мы выполнили спектральный анализ огибающей естественных ОНЧ излучений по данным регистрации на Камчатке шумовых и импульсных сигналов в диапазоне периодов, близких к суточному вращению Земли.

### Спектральные характеристики

Запись шумовых сигналов проводилась с помощью многоканального ОНЧ регистратора, находящегося на Камчатке, в экспедиционном пункте «Карымшина» ( $\varphi=52^{\circ}49' N$ ,  $\lambda=158^{\circ}07' E$ ), на фиксированных частотах в узких частотных полосах (5% - 10% от центральной частоты). ОНЧ регистратор имел стовитковую вертикально расположенную рамочную антенну размером 7,5x15 м, ориентированную в направлении восток – запад, предварительный усилитель, кабельную линию, связывающую антенну и предварительный усилитель с устройством фильтрации сигнала, выходное устройство.

Спектральный анализ был выполнен за временной промежуток  $T=10$  лет и построены периодограммы, близкие к суточному периоду на трех регистрируемых частотах (рис. 1).

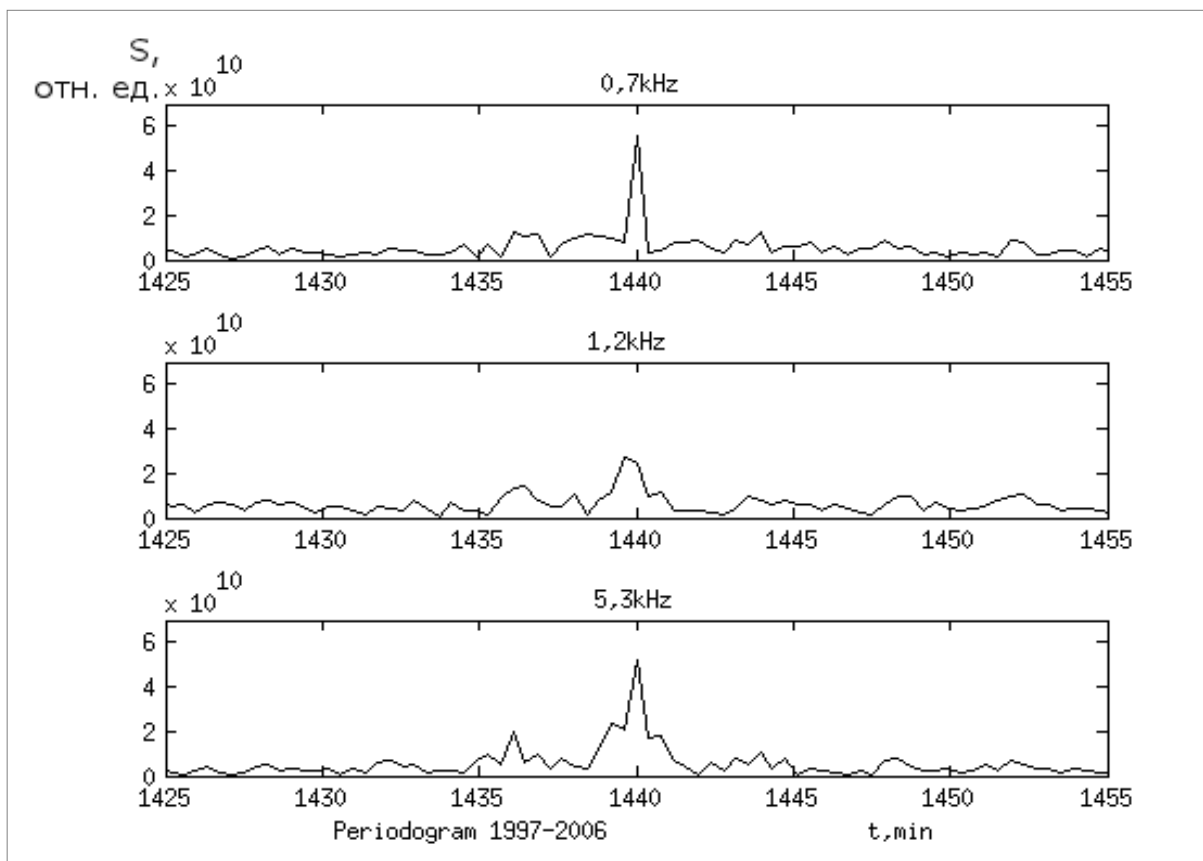


Рис. 1 – Периодограммы шумовой составляющей ОНЧ излучений за 1997 - 2006 гг.

Из рисунка видно, что имеются максимумы 1436 мин (23ч 56 мин) и 1440 мин (24 ч), которые совпадают с суточным вращением Земли относительно звезд – 1436 мин и относительно Солнца. При этом разрешающая способность по периоду составляет 0.4 мин.

Грозовые разряды принимались ОНЧ пеленгатором, работающим в диапазоне частот от 3 кГц до 60 кГц и имеющим антенную систему, состоящую из штыревой антенны и двух перпендикулярно расположенных по сторонам света стовитковых вертикальных рамочных антенн. ОНЧ пеленгатор расположен на Камчатке, в с. Паратунка ( $\varphi=52^{\circ}58' N$ ,  $\lambda=158^{\circ}15' E$ ).

Подсчитывалось почасовое количество импульсных сигналов (атмосфериков) при превышении порогового уровня 1 В/м за 2002 – 2006 гг., с азимутальных направлений:  $0^{\circ} - 90^{\circ}$ ;  $90^{\circ} - 180^{\circ}$ ;  $180^{\circ} - 270^{\circ}$ ;  $270^{\circ} - 360^{\circ}$  и был выполнен спектральный анализ (рис.2).

Из рис. 2, как и из рис.1, видно, что имеются максимумы амплитуд на периодах 1436 и 1440 мин, наибольшие значения которых наблюдались с юго-западного направления  $180^{\circ} - 270^{\circ}$ , наименьшие – с северо-восточного  $0^{\circ} - 90^{\circ}$  и северо-западного  $270^{\circ} - 360^{\circ}$  направлений. Разрешающая способность при этом составляла 0.8 мин.

Из рис. 1 и рис. 2 также видно, что уверенно выделяется составляющая с периодом 1436 мин, которая совпадает с периодом вращения Земли относительно звезд.

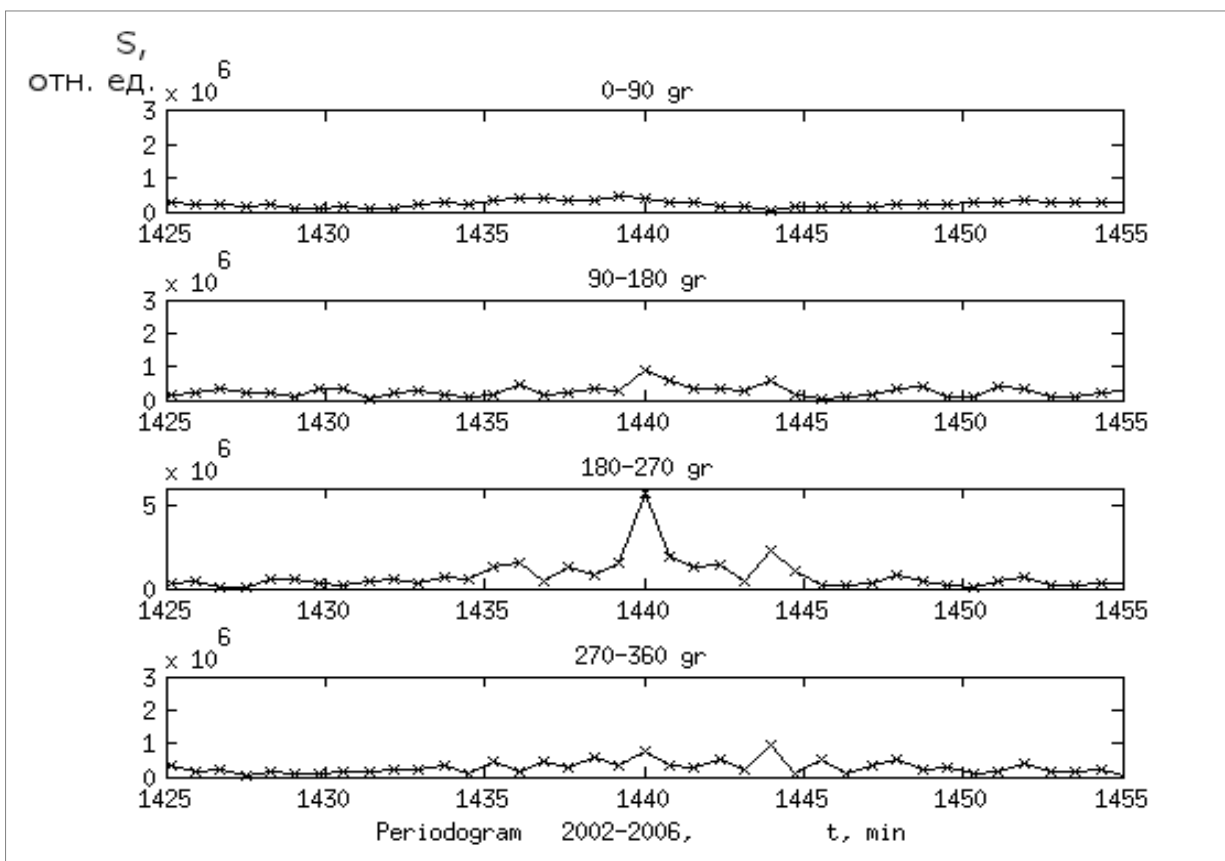


Рис. 2 – Периодограммы за 2002-2006 гг., полученные с помощью ОНЧ пеленгатора

### Источники рентгеновского излучения

Рассмотрим, смогут ли рентгеновские источники галактического происхождения повлиять на процесс ионизации ионосферы, чтобы его можно было зарегистрировать. Влияние рентгеновского излучения Солнца на область D ионосферы и на условия прохождения ОНЧ излучений приведено в ряде работ, например в [3, 6], а влиянием галактических рентгеновских источников занимались мало.

По оценкам С.Л. Мандельштама [7], у границы земной атмосферы поток рентгеновского излучения от Солнца составляет  $10^{-4}$  эрг/(см<sup>2</sup>с), в диапазоне 1 – 10 ангстрем. В то же время от самого сильного галактического источника, в созвездии Скорпиона, и Sco X-1, поток –  $5 \cdot 10^{-7}$  эрг/(см<sup>2</sup>с). Всего насчитывается порядка сотни дискретных рентгеновских источников. Слабое излучение наблюдается и из рентгеновского хребта Галактики, из протяженной области с шириной полосы 1 – 2 град. вдоль галактической плоскости [2].

Кроме этого, у границы земной атмосферы на рентгеновский диапазон приходится всего  $\sim 10^{-10}$  от полного потока ( $1,5 \cdot 10^6$  эрг/(см<sup>2</sup>с)) электромагнитного излучения Солнца, а от галактики –  $10^{-3}$  –  $10^{-4}$  светимости относительно оптического диапазона [7].

Из оценок следует, что рентгеновское излучение галактики, несмотря на то, что оно слабее солнечного, может влиять на уровень ионизации области D ионосферы и привести к появлению максимума в амплитуде на периоде 1436 мин (рис. 1 и рис. 2).

### Источники электромагнитного излучения

Рассмотрим другую причину, которая может привести к появлению максимума на периоде 1436 мин. Из рис. 1 и рис.2 видно, что имеется дополнительный максимум на периоде 1444 мин, отстоящий от основного также на 4 мин.

Рассмотрим этот случай более детально. Известно, что при нелинейном взаимодействии двух частот могут возникнуть комбинационные частоты. Так, если одна частота суточная и равна 1/1440 1/мин ( $f_1 = 1157.4 \cdot 10^{-8}$  Гц), а другая – годовая 1/(1440\*365) 1/мин ( $f_2 = 3.17 \cdot 10^{-8}$  Гц), могут возникнуть частоты  $f_3 = (f_1 - f_2) = 1154.23 \cdot 10^{-8}$  Гц и  $f_4 = (f_1 + f_2) = 1160.57 \cdot 10^{-8}$  Гц, что соответствует периодам 1436 и 1444 мин. Амплитуды на этих периодах должны быть одинаковы. В нашем же случае при приеме шумового ОНЧ- сигнала эти амплитуды разные и амплитуда на периоде 1436 мин выше амплитуды на периоде 1444 мин (рис.1).

Известно, что основными источниками естественного электромагнитного излучения являются грозовые разряды. На Северо-Востоке России ОНЧ регистратор принимает шумовые ОНЧ излучения в основном от мировых очагов гроз [8], хотя некоторый вклад дают и местные грозы. Поэтому на амплитуду шумового поля значительно влияют условия распространения сигналов, которые зависят от уровня ионизации области D ионосферы. ОНЧ пеленгатор принимает излучения от гроз с более близких расстояний [9] (местные грозы). Здесь на амплитуду поля большее влияние оказывает не условия распространения, а интенсивность грозовых источников. И если на рис. 1 амплитуды на периодах 1436 и 1444 разные, то в отличие от этого, на рис. 2 с азимутальных направлений  $90^\circ - 180^\circ$ ;  $180^\circ - 270^\circ$ ;  $270^\circ - 360^\circ$  амплитуды сравнимы. Это может свидетельствовать о том, что в этом случае значительный вклад в амплитуду этих составляющих вносит годовой период. С азимутального же направления  $0^\circ - 90^\circ$  амплитуда

небольшая, поскольку гроз в северо-восточном направлении мало. С этого направления, возможно, излучения приходят с более далеких расстояний и влияние условий распространения на амплитуду сказываются больше. Здесь амплитуды на периодах 1436 и 1444 разные и амплитуда на периоде 1436 мин больше.

Все это свидетельствует о том, что галактическое рентгеновское излучение воздействует на параметры области D ионосферы, и это воздействие проявляется в параметрах принимаемых ОНЧ сигналов.

#### Заключение

Таким образом, регистрация шумовых электромагнитных излучений на частотах 0.7, 1.2 и 5.3 кГц за 1997 – 2006 гг. показала, что в спектрах ОНЧ шумов имеются максимумы, которые совпадают с суточными периодами вращения Земли относительно Солнца (1440 мин) и относительно звезд (1436 мин). Пеленгационные наблюдения, выполненные за 2002-2006 гг. в полосе частот 3 – 60 кГц, также показали, что эти максимумы имеются и в спектрах импульсных сигналов от гроз. Показано, что в принимаемых сигналах ОНЧ излучений проявляется влияние на область D ионосферы галактических рентгеновских источников.

#### Литература

1. Дружин Г.И., Мельников А.Н., Чернева Н.В. Проявление суточных периодов Земли в ОНЧ-излучениях // Доклады Академии Наук, 2014, Т. 457, № 1, С. 92-94.
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki>
3. Мурзаева Н.Н. // Связь ОНЧ излучения верхней атмосферы с другими геофизическими явлениями. Якутск: изд. ЯФ СО АН СССР. 1977. С. 21-24.
4. Муллаяров В.А., Каримов Р.Р., Козлов В.И., Мурзаева Н.Н. Связь грозовой деятельности с солнечной активностью по наблюдениям фонового ОНЧ-излучения // Метеорология и гидрология. 1998. № 8. С.48-56
5. Козлов В.И., Муллаяров В.А. Грозовая активность в Якутии. Якутск: изд. ЯФ СО РАН. 2004. 104 с.
6. Митра А. Воздействие солнечных вспышек на ионосферу Земли. М.: Мир. 370 с. 1977.
7. <http://w-rabbit.narod.ru/raznoe/rentgen.htm>
8. Дружин Г.И., Шапаев В.И. Роль мировой грозовой активности в формировании амплитуды регулярного шумового фона // Геомагнетизм и аэрномия. 1988. Т. 28. № 1. С.81-86.
9. Дружин Г.И., Чернева Н.В., Мельников А.Н. Грозовая активность по наблюдениям ОНЧ-излучения на Камчатке // Геомагнетизм и аэрномия. 2010. Т. 49. № 8. С. 1305-1307.

#### References

1. Druzhin G.I., Mel`nikov A. N., Cherneva N.V. Manifestation of daily periods of Earth VLF radiation // Doklady Earth Sciences, 2014, T. 457, N 1, P. 92-94.
2. <http://ru.wikipedia.org/wiki>
3. Murzaeva N.N. // Connection VLF radiation of the upper atmosphere with other geophysical phenomena. Yakutsk: YB SB AS USSR. 1977. P. 21-24.
4. Mullayarov V.A., Karimov P.P., Kozlov V.I., Murzaeva N.N. The relationship of lightning activity with solar activity from observations of the background VLF radiation // Meteorology and Hydrology. 1998. N 8. P. 48-56.
5. Kozlov V.I., Mullayarov V.A. Thunderstorm activity in Yakutia. Yakutsk: YB SB RAS. 2004. 104 p.
6. Mitra A. Effects of solar flares on Earth's ionosphere. M.: World. 370 p. 1977.
7. <http://w-rabbit.narod.ru/raznoe/rentgen.htm>
8. Druzhin, G. I., and V. I. Shapayev, The role of global thunderstorm activity in the formation of the amplitude of the regular noise background // Geomagnetism and Aeronomy. 1988. T. 28. P. 81-86.
9. Druzhin G.I., Cherneva N.V., Melnikov A.N. Thunderstorm activity according to VLF observations at Kamchatka // Geomagnetism and Aeronomy. 2010. T. 49. № 8. P. 1305-1307.

**В контакте**

Получить актуальную информацию, задать вопросы и узнать свежие новости о Международном научно-исследовательском журнале Вы сможете на официальной странице ВКонтакте

<http://vk.com/public43173774>

#### Опубликовать статью ВАК / Научный журнал

О компании:

Почта: [editors@research-journal.org](mailto:editors@research-journal.org)

МНИЖ предоставляет возможность опубликовать свои научные достижения аспирантам, преподавателям вузов, студентам, лицам, имеющим ученую степень, общественным деятелям, деятелям культуры и образования, политикам, экономистам России, стран СНГ и дальнего зарубежья.

