

стояниях 90мм, 150мм, 200мм были установлены зависимости энергии декомпозиций для второго и третьего уровней вейвлет разложения.

1. Башков, О.В., Муравьев, В.И., Лончаков, С.З., Фролов, А.В. Исследование дефектов-концентраторов напряжений по параметрам акустической эмиссии в процессе развития повреждений // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2015. – Т. 58, № 12. – С. 912-918.

2. Воробьев, В.И., Грибунин, В.Г. Теория и практика вейвлет-преобразования.– С.Пб.: Изд-во Военного университета связи, 1999. – 206 с.

3. Khon, H., Bashkov, O.V., Zolotareva, S.V., Solovev, D.B. Modeling the propagation of elastic ultrasonic waves in isotropic and anisotropic materials when excited by various sources // Materials Science Forum. – 2018. – V. 945. – P. 926-931.

4. Nielsen. Acoustic Emission Source based on Pencil Lead Breaking // The Danish Welding Institute Publication: Copenhagen, Danmark. – 1980. – P. 15-18.

5. Hamstad, M.A. Acoustic Emission Signals Generated By Monopole (Pencil-Lead Break Versus Dipole Sources: Finite Element Modelling And Experiments // J. Acoustic Emission, – 2007. – V. 25. – P. 92-392.

6. Sause, G.R Markus. Investigation of Pencil-lead Breaks As Acoustic Emission Sources // J. Acoustic Emission. – 2011. – V. 29. – P. 184-196.

УДК 621.371/.372

О ВЛИЯНИИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ФАЗУ ОНЧ СИГНАЛА. ТРАССА ЯПОНИЯ – ХАБАРОВСК

В.И. Нестеров

Тихоокеанский государственный университет (г. Хабаровск)

vinestor@mail.ru

ABOUT THE INFLUENCE OF SOLAR ACTIVITY ON THE VLF SIGNAL PHASE. ROAD JAPAN - KHABAROVSK

V.I. Nesterov

Pacific State University (Khabarovsk)

vinestor@mail.ru

DOI: 10.2250/PFARE.2019.198-201

Нижняя ионосфера (*D*-область на высотах 60-90 км) представляет наибольший интерес из всех слоев верхней атмосферы, поскольку в ней наблюдается большое число различных физических явлений. Проблема измерений электронной концентрации $N(h)$ в данной области связана с большими техническими трудностями [1]. Этим объясняется существующими до сих пор противоречиями как на абсолютные величины концентрации электронов, так и на характер их вариаций в зависимости от солнечной активности. В этой же работе указано на противоречивость о знаке эффекта солнечной активности в нижней области *D*. В работе [2] указано, что амплитуда сигналов радиостанций на частоте 14.9 кГц определяется уровнем солнечной активности.

Одним из индикаторов солнечной активности является изменение числа солнечных пятен. На рис. 1 представлено изменение числа солнечных пятен за 1976-1990 гг., которые соответствуют

21-му циклу солнечной активности (начало в июне 1976 г. – конец сентябрь 1986 г.) и до максимума (июль 1989 г.) 22-го цикла (усредненные на месячном интервале). По оси абсцисс отложено число дней, начиная с 1 января 1976 года. Данные взяты из [3].

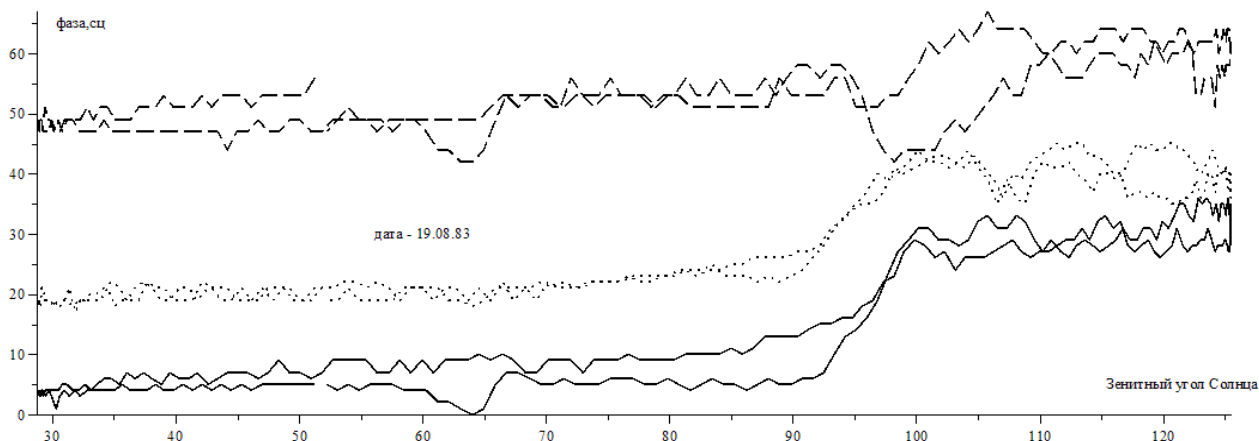


Рис. 1. Изменение числа солнечных пятен со временем.

В работах [4-6] отмечается о существовании в ионосфере слоя *C*, который создается галактическими космическими лучами (ГКЛ), модулируемыми солнечной активностью. Механизм модуляции объясняется ослаблением космических лучей солнечным ветром. В максимуме солнечной активности, когда средний поток солнечного ветра максимален, ГКЛ наиболее ослаблены. Поэтому концентрация электронов в «хвосте» слоя *C* наименьшая, а далее ОНЧ поле достигает максимума [4].

Аналізу подвергались результаты приема фазы ОНЧ сигнала на трассе Япония – Хабаровск (длина – 1600 км, азимут – 14.9°) (изменение фазы для послевосходного всплеска также усреднены на месячном интервале). Азимут трассы показывает, что распространение сигнала радиоволн происходит с юга на север и происходит смена освещенности передающего и приемного пункта в различное время года.

На рис .2 представлено изменение фазы принимаемого сигнала от зенитного угла Солнца в средней точке трассы для 19 августа 1983 г. Как видно из рис .2, послевосходный всплеск фазы наблюдается в окрестностях солнечного угла Солнца 88°.

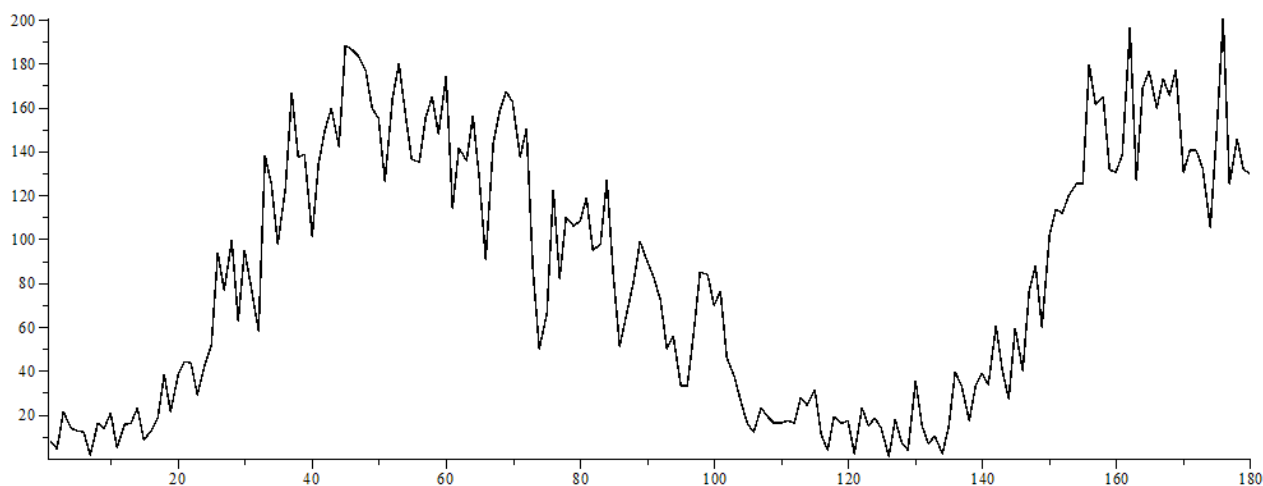


Рис. 2. Изменение фазы принимаемого сигнала от зенитного угла Солнца в средней точке трассы. Трасса Япония – Хабаровск. Сплошная линия – частота 10.2 кГц, точки – 11.05 кГц, штриховая – 13.6 кГц.

Измерения фазы проводились с интервалом 5 мин. Для вычисления функции между отчетами (связанными с более точным получением зенитного угла Солнца), была применена сплайн-

интерполяция. Одним из распространенных интерполяционных сплайнов является кубический, который был применен в данной работе при расчетах.

Полученные данные анализировались с 1976 г. по 1988 г. Для каждого усредненного отклонения фазы проводились вычисления зенитного угла Солнца в средней точке трассы, угла трасса – терминатор и брались из сборника Solar-Geophysical Data данные о количестве солнечных пятен, которые затем усреднялись (см. рис. 1). Знак минус при угле трасса – терминатор означает, что освещенность трассы начинается с приемной точки.

Для этой трассы уравнения регрессии описываются квадратичной функцией, параметры которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Уравнения регрессии фазы послевосходного всплеска относительно угла трасса-терминатор

Частота, кГц	Уравнение регрессии	Стандартное отклонение
10.2	$-0.0018 \gamma^2 - 0.0232\gamma + 7.1737$	1.86 сц
11.05	$-0.0006 \gamma^2 - 0.0656\gamma + 8.7621$	1.74 сц
13.6	$0.0002 \gamma^2 - 0.0438\gamma + 5.9976$	1.64 сц

Как видно из табл. 1, коэффициенты при квадратичных членах достаточно малы, что показывает о том, что аппроксимирующие кривые можно представить и в линейном виде (стандартные отклонения чуть выше – 1.89, 1.75 и 1.64, соответственно).

Величины свободных членов, которые определяют максимальное отклонение величины фазы послевосходного всплеска, принимают наибольшее значение на частоте 11.05 кГц.

На рис. 3 приведены усредненные значения отклонения фазы послевосходного всплеска в зависимости от угла трасса-терминатор и аппроксимирующие кривые для соответствующих частот.

Наибольшее отклонение фазы наблюдается у частоты 11.05 кГц и наименьшее – у частоты 13.6 кГц.

В табл. 2 приведены коэффициенты корреляции между рассматриваемыми параметрами.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции для трассы Япония – Хабаровск

	10.2 кГц	11.05 кГц	13.6 кГц
$\Delta\phi - \chi$	0.41744	0.54322	0.41973
$\Delta\phi - \gamma$	0.57992	0.63217	0.35535
$\Delta\phi - W$	-0.30653	-0.15696	-0.00869

Условные обозначения: $\Delta\phi$ – отклонение фазы послевосходного всплеска (усредненное значение); χ – зенитный угол Солнца в средней точке трассы; γ – угол трасса-терминатор; W – число солнечных пятен.

Как видно из табл. 2, наибольший коэффициент корреляции наблюдается между зависимостью отклонения фазы послевосходного всплеска и угла трасса-терминатор (за исключением частоты 13.6 кГц) причем по значениям этих коэффициентов можно говорить о какой-то зависимости между этими параметрами.

По значениям коэффициента корреляции между отклонением фазы и средним значением числа Вольфа (солнечных пятен), наоборот, нельзя установить какую-либо функциональную зависимость.

Это можно говорить о том, что нет зависимости отклонения фазы послевосходного всплеска от солнечной активности. Для уточнения этого положения, по нашему мнению, необходимо провести более детальный анализ, т.е. расчеты не по усредненным значениям исследуемых параметров, а по непосредственно принимаемым величинам этих же параметров на каждый день.

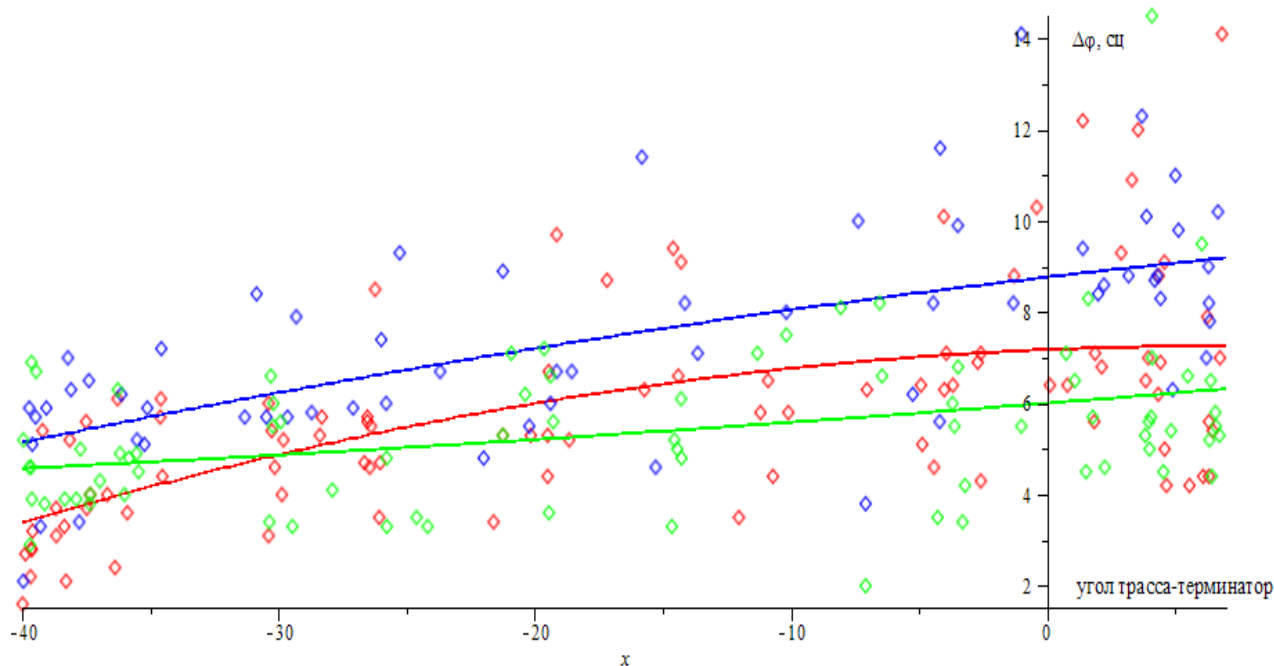


Рис. 3. Зависимость усредненной фазы послевосходного всплеска от угла трасса – терминатор.
Красным – частота 10,2 кГц, синим – 11.05 кГц, зеленым – 13.6 кГц.

1. Смирнова, Н.В. Эффекты солнечной активности в области *D* ионосферы / Н.В. Смирнова, А.Д. Данилов // Геомагнетизм и аэрономия. – 1988. – Т. 38, № 3. – С. 92-101.
2. Корсаков, А.А. Сезонная вариация амплитуды сигналов ОНЧ радиостанций Новосибирск и Хабаровск при регистрации в Якутске в течение 2009-2016 гг. / А.А. Корсаков, Е.А. Павлов, В.И. Козлов // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Амосова. – Якутск: Изд-во СВФУ. – 2018. – №4 (66). – С. 50-60.
3. Solar-Geophysical Data. Jan. 1976, № 377. PtI – Dec.1990. №556. PtI.
4. Краснушкин, П.Е. Влияние солнечного ветра на слой *C* земной ионосферы // Геомагнетизм и аэрономия. – 1966. – Т.6, №3. – С.602-604.
5. Байбулатов, Р.Б., Определение дневного профиля электронной концентрации слоев *C* и *D* ионосферы по измерениям наземных полей сверхдлинных радиоволн и профилю атмосферного давления / Р.Б.Байбулатов, П.Е. Краснушкин // Геомагнетизм и аэрономия. – 1966. – Т. 6, № 6. – С. 1051-1060.
6. Беленький, М.И., Определение параметров *C*-слоя нижней дневной ионосферы по данным о распространении СДВ и по детальной модели ионной химии / М.И. Беленький, А.Б. Орлов, Г.А. Петрова, А.Н. Уваров // XXI Всероссийская научная конференция «Распространение радиоволн» 25 – 27 мая 2005 г. – Йошкар-Ола. – 2005. – Т. 1. – С.407-411.