

рассчитываемые по предложенному алгоритму, качественно верно отражают состояние геомагнитного поля.

### **Заключение**

Описан алгоритм и приведены примеры расчетов спокойной Sq-вариации и индексов геомагнитной активности по данным геофизической обсерватории «Борок» для различных периодов времени. Показано, что величины рассчитываемых индексов адекватно характеризуют возмущения геомагнитного поля и согласуются со значениями Кр-индексов глобальной геомагнитной активности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 08-07-00194).

### **Литература**

1. Bartels J., Heck N.H., Johnston H.F., The three-hour-range index measuring geomagnetic activity, J. Geophys. Res., V. 44, P. 411–454, 1939.
2. Menvielle M., Papitashvili N., Hakkinen L., Sucksdorff C., Computer production of K indices: review and comparison of methods, Geophys. J. Int., V. 123, P. 866–886, 1995.
3. Нечаев С.А., Руководство для стационарных геомагнитных наблюдений, Институт географии СО РАН, 140 стр., 2006.
4. Анисимов С. В., Дмитриев Э. М., Сычев А.Н. Информатизация наблюдений геофизических полей на обсерватории «Борок», Геофизические исследования, Т. 7, С.107–129, 2007.
5. Anisimov S.V., Chulliat A., Dmitriev E.M., Information-measuring complex and database of mid-latitude Borok Geophysical Observatory, Russian Journal of Earth Sciences, V. 10, doi: 10.2205/2007ES000227, 2008.
6. Анисимов С.В., Дмитриев Э.М., Геоинформационные технологии геомагнитных наблюдений на Геофизической обсерватории «Борок», Российский журнал наук о Земле, Т. 11, doi: 10.2205/2009ES000401, 2009.

## **ПЕЛЕНГАЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ГРОЗ НАД КАМЧАТКОЙ DIRECTION FINDING OBSERVATIONS DURING THUNDERSTORM PASSING OVER KAMCHATKA**

Г.И.Дружин, Н.В.Чернева, А.Н. Мельников

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, drug@ikir.ru

*The azimuth distributions of thunderstorm discharges, which were registered by VLF direction finder during the passage of thunderstorms in the summer 2007 and 2009 via point Paratunka (Kamchatka), are considered. It is shown, that the azimuth distribution of thunderstorms coincides enough with the distribution calculated on the basis of world network, WWLLN, but the quantity of discharges, accepted by VLF direction finder, exceeds approximately on the order the discharges registered by stations WWLLN.*

В Институте космических исследований и распространения радиоволн (ИКИР) ДВО РАН на обсерваторском пункте «Паратунка», Камчатского края, осуществляется непрерывная регистрация электромагнитных излучений с применением ОНЧ-пеленгатора. Регистрация проводится в диапазоне частот от 3 до 60 кГц. Пеленгатор разработан и изготовлен в ИКИР ДВО РАН. Сигналы от грозовых источников принимаются антенной системой пеленгатора, состоящей из двух взаимно-перпендикулярных рамочных и одной штыревой антенн. Рамочные антенны, предназначенные для приема магнитной составляющей электромагнитного поля, расположены вертикально, плоскостью в направлении север-юг и восток-запад. Каждая рамочная антенна состоит из деревянного каркаса длиной 8 м и высотой 4 м, на котором закреплен 100-витковый кабель, заключенный в металлический экран. Штыревая антенна служит для приема электрической составляющей электромагнитного поля и состоит из мачты высотой 30 м, на вершине которой на изоляторе установлен штырь высотой 1 м с емкостной насадкой. Наведенные на антеннах напряжения поступают на предварительные усилители, находящиеся непосредственно у основания антенны, затем по кабельной линии связи подаются на блок аналоговой и цифровой обработки сигнала. После усиления, частотной фильтрации и преобразования в цифровую форму сигналы записываются на компьютер. Запись отдельных реализаций производится при превышении определенного порогового напряжения сигнала. В результате обработки создаются 2 суточных файла, в один из которых записываются реализации сигнала (текущие значения напряжений электрической и магнитной компонент поля), в другой только определенные параметры реализации (дата, время, средние значения компонент поля,

длина реализации, азимутальные углы). В дальнейшем файлы обрабатываются с помощью специально разработанного программного обеспечения.

Данные, полученные с помощью ОНЧ-пеленгатора, позволили нам: исследовать грозовую активность, возникающую в периоды перемещения циклонов, проходящих через Камчатку [1]; при зарождении и перемещении циклонов и тайфунов в Тихом Океане [2]; провести сравнение данных пеленгации с данными по перемещению циклонов, в зависимости от времени года [3]. Но в этих работах не рассматривались грозы, которые наблюдались визуально и проходили через пункт их регистрации. Цель данной работы — рассмотреть такие грозы и определить основные их характеристики.

Грозы на Камчатке визуально наблюдаются очень редко, несколько раз в году [4], но наши пеленгационные наблюдения показывают, что ежедневно здесь регистрируется очень большое количество (тысячи) грозных разрядов [3]. Это связано с различными причинами, в том числе и с тем, что аппаратура принимает сигналы от гроз, находящихся на расстоянии до нескольких тысяч км [5], а визуально грозы можно наблюдать только с расстояний до 10–20 км.

Над полуостровом Камчатка в августе 2007 г. проходил мощный грозовой фронт. В пункте «Паратунка» гроза наблюдалась визуально 27 августа и сопровождалась многочисленными молниями и громом. На рис. 1а приведены результаты наблюдений, полученные с применением ОНЧ-пеленгатора, с 24 по 29 августа 2007 г. Азимут прихода сигналов отсчитывался от северного направления по часовой стрелке. На распределение грозных разрядов наложена азимутальная зависимость направления ветра по данным, полученным из Гидрометцентра (УГМС Камчатского края). В нижней части рис. 1а приведено распределение количества принятых атмосфериков.

Из рис. 1а видно, что максимальное количество грозных разрядов наблюдалась 26 августа в 7 ч по всемирному времени (UT), т.е. в 20 ч по местному камчатскому времени (LT) и совпало с резким изменением направления ветра при переходе его с северного направления на юго-восточный. На следующий день грозовая активность уменьшилась, локальные максимумы в количестве грозных разрядов наблюдались вечером в 15 ч LT 27 августа и утром в 8 ч LT 28 августа. В последующие дни интенсивность грозных разрядов значительно ослабла. Отметим, что утром 28 августа в 8 ч LT произошло резкое изменение направления ветра с северного направления на юго-западное, которое также сопровождалось увеличением количества грозных разрядов.

Данные по распределению гроз, полученные в п. «Паратунка», мы сравнили с данными мировой сети станций для определения месторасположения гроз World Wide Lightning Location Network (WWLLN), которая позволяет с точностью до единиц километров определять координаты гроз, а также считать количество грозных разрядов по всей Земле [6]. Размещение станций мировой сети показано на сайте <http://webflash.ess.washington.edu/>.

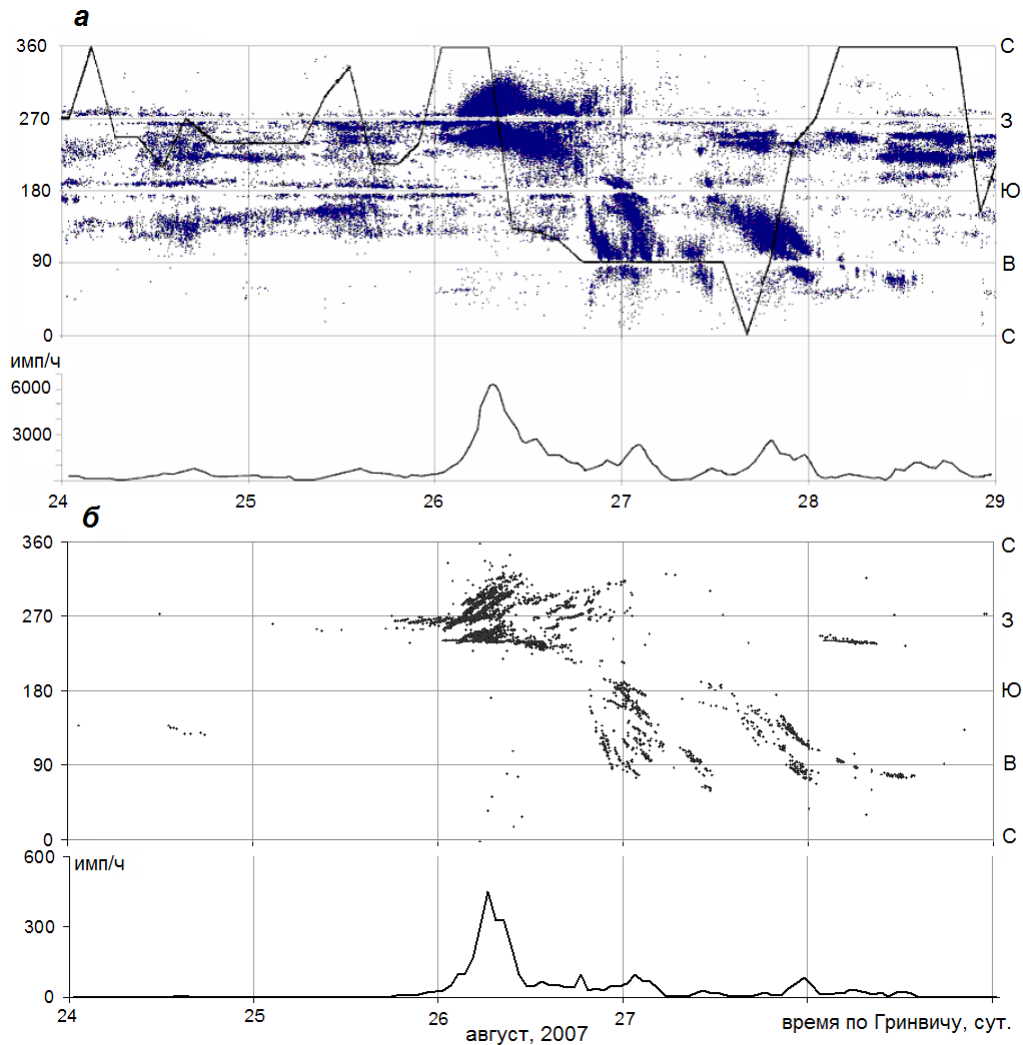


Рис. 1. Азимутальное распределение грозových разрядов в п. «Паратунка», построенное: *а* - по данным пеленгационных наблюдений в п. «Паратунка»; *б* - по мировой сети станций WWLLN. Точками обозначены грозových разряды, сплошной линией на азимутальном распределении – направление ветра. Внизу, под азимутальным распределением приведена зависимость количества принятых атмосфериков (имп./ч) от времени суток.

На рис. 1б приведено азимутальное распределение грозových разрядов, полученное на основе данных международной сети. При этом для расчета азимутов атмосфериков от п. «Паратунка» были выбраны данные по грозovým разрядам, находящиеся в диапазоне  $45^{\circ}$ – $60^{\circ}$  северной широты и  $140^{\circ}$ – $170^{\circ}$  восточной долготы. В результате мы видим, что азимутальное распределение гроз, полученное с применением ОНЧ пеленгатора, достаточно хорошо совпадает с азимутальным распределением, вычисленным на основе данных мировой сети станций WWLLN. Характер зависимости количества грозových разрядов от времени также совпадает. Но количество разрядов, принятых пеленгатором, примерно на порядок превышает количество разрядов, зарегистрированных станциями WWLLN. Это, скорее всего, обусловлено тем, что станции WWLLN находятся на большом расстоянии от пункта наблюдения «Паратунка» и принимают не все разряды, находящиеся вблизи полуострова Камчатка.

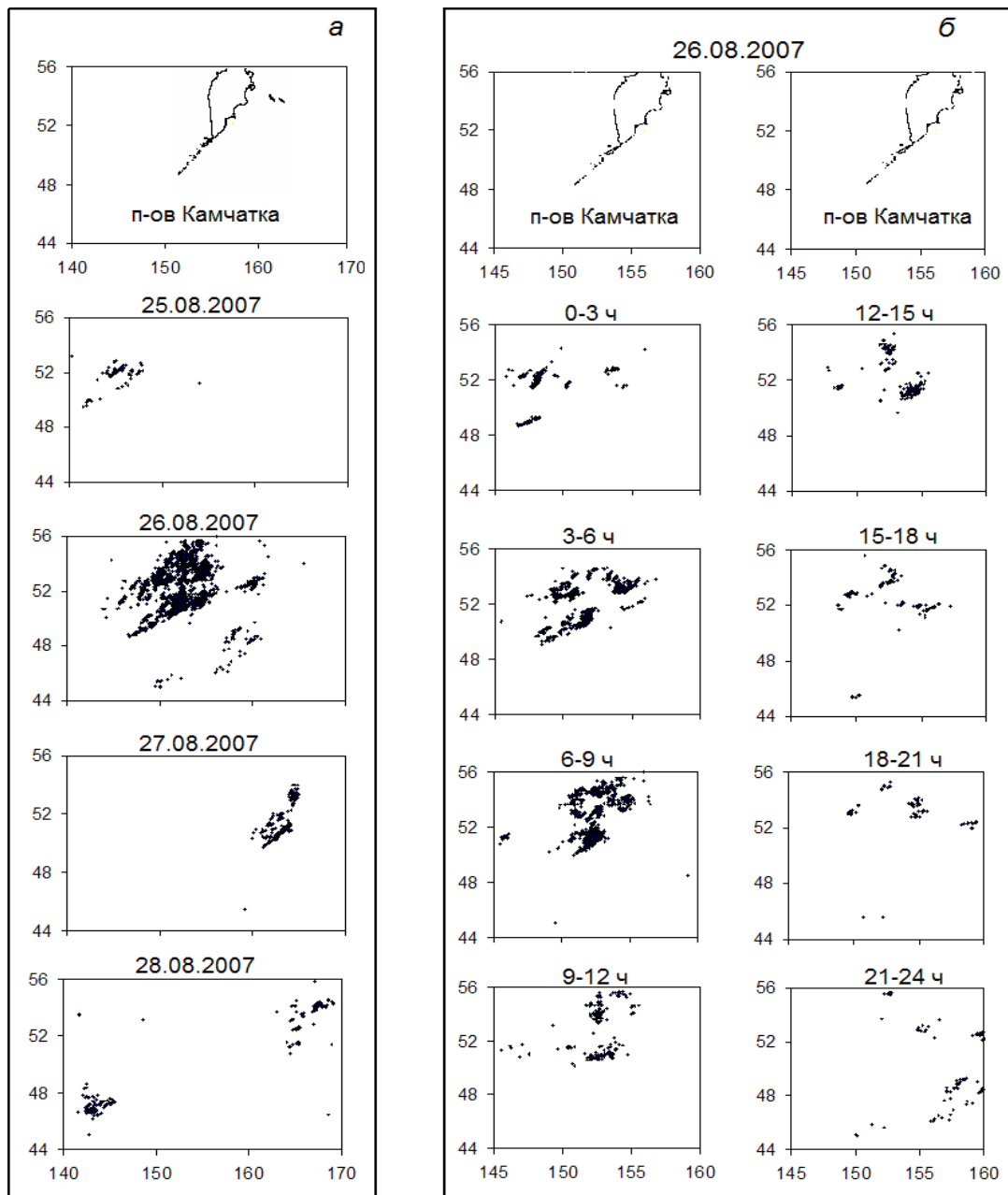


Рис. 2. Широтно-долготное распределение грозовой активности в районе Камчатского полуострова: *а* – суточное распределение количества грозовых разрядов с 25 по 28 августа; *б* – трехчасовое распределение 26 августа 2007 г. Время по Гринвичу.

Рассмотрим интенсивность грозовых разрядов в зависимости от месторасположения их источников. На рис. 2 в левой части показано суточные распределения количества грозовых разрядов в зависимости от широты и долготы 25, 26, 27 и 28 августа 2007 г., в правой части рисунка – трехчасовые распределения в период максимальной активности грозы 26 августа. Широтно-долготное распределение грозовой активности построено на основе данных сети станций WWLLN. В верхней части рис. 2 приводится месторасположение полуострова Камчатка и прилегающих к нему островов. На рис. 2 показано, что 25 августа наблюдалась небольшая интенсивность гроз вблизи острова Сахалин. Затем, 26 августа грозы были зарегистрированы в районе острова Сахалин, Курильских островов и полуострова Камчатка. 27 августа интенсивность гроз снизилась, и они переместились в район Командорских островов. Из рассмотрения трехчасовых широтно-долготных распределений 26 августа видно, что наибольшая интенсивность грозовых разрядов наблюдалась с 3-х до 6-ти часов всемирного времени, что соответствует 14–19 ч камчатского времени. Известно, что в этот временной промежуток на суше обычно наблюдается максимальная интенсивность гроз. Минимальная интенсивность зарегистрирована с 18 ч до 24 ч UT, по камчатскому времени утром (6 – 13 ч LT). В этот временной промежуток на суше обычно наблюдается минимальная интенсивность гроз.

При регистрации грозовых разрядов с применением пеленгатора были сделаны записи временных форм атмосфериков и вычислены их частотные характеристики. Было получено, что на большом удалении от пункта наблюдения, 24 августа, на расстояниях  $\sim 1000$  км, временная форма сигнала гладкая (без резких выбросов), а максимальная амплитуда в спектре сигнала приходится на частоту  $\sim 8$  кГц. По мере приближения грозы к пункту наблюдения «Паратунка», 25 августа, форма сигнала становится менее гладкой, в частотном спектре появляются максимумы на частотах 10, 16 и 21 кГц. Когда же гроза проходила через пункт «Паратунка», 26 и 27 августа, сигналы приобрели форму коротких импульсов, а в частотном спектре максимальная амплитуда сместилась на более высокие частоты (18 - 24 кГц).

В 2009 г. в пункте «Паратунка» первая гроза наблюдалась визуально 20 мая и сопровождалась многочисленными молниями и громом. На юге Камчатки, по данным Гидрометцентра, в мае, июне и июле всего было зарегистрировано 12 дней с грозой (по 4 дня в каждом месяце), в августе — 1, в сентябре — 2 дня. Формы электромагнитных излучений от всех этих гроз были записаны ОНЧ пеленгатором. Пеленгационные наблюдения показали, что азимутальные распределения, формы сигналов и их спектры, наблюдавшиеся при подходе грозового фронта к пункту наблюдения в 2009 г., во многом схожи с наблюдавшимися ранее, в 2007 г. Отличие состоит лишь в том, что на юге Камчатки в летний и осенний период произошло 10 дней с грозой, а в 2009 — 15.

Таким образом, в летний период 2007 г. и 2009 г. над пунктом наблюдения «Паратунка», на Камчатке, визуально наблюдалась грозы, что является редким явлением для этого региона. По данным, полученным с применением ОНЧ-пеленгатора, разработанного в ИКИР ДВО РАН, было построено азимутальное распределение и почасовая зависимость количества грозовых разрядов за период прохождения гроз мимо пункта наблюдения. Проведено сопоставление пеленгационных с данными с данными Мировой сети станций по определению месторасположения грозовых разрядов. Было показано, что азимутальное распределение гроз, полученное с применением ОНЧ пеленгатора, достаточно хорошо совпадает с азимутальным распределением, вычисленным на основе данных мировой сети станций WWLLN, но количество разрядов, принимаемых ОНЧ-пеленгатором, примерно на порядок превышает количество разрядов, зарегистрированных станциями WWLLN.

Сравнение пеленгационных и метеорологических данных показало, что резкое изменение направления ветра сопровождалось резким увеличением количества грозовых разрядов. С применением ОНЧ-пеленгатора были построены временные формы атмосфериков и их частотные характеристики.

Исследования, связанные с определением местоположения грозовых очагов, можно будет в дальнейшем использовать при составлении синоптических прогнозов, для обеспечения безопасности жизнедеятельности судов и самолетов.

### Литература

1. Дружин Г.И., Чернева Н.В. Пеленгация грозовых источников, связанных с циклонами Камчатки // Распространение радиоволн: сборник докладов XXI Всероссийской научной конференции. Йошкар-Ола, 2005. Т. 1. С.421-424.
2. Михайлов Ю.М., Михайлова Г.А., Капустина О.В., Дружин Г. И., Чернева Н. В. Возможные атмосферные эффекты в нижней ионосфере по наблюдениям атмосферных радишумов на Камчатке во время тропических циклонов // Геомагнетизм и аэрномия. Т. 45. № 6. 2005. С. 824 - 839.
3. Druzhin G.I., Cherneva N.V., Melnikov A.N. Thunderstorm Activity according to VLF Observations at Kamchatka // ISSN 0016\_7932, Geomagnetism and Aeronomy, 2009, Vol. 49, No. 8 (Special Issue 2), pp. 1305–1307.
4. Кондратьев В.И. Климат Камчатки. М.: Гидрометеиздат. 1974. С. 11-30.
5. Дружин Г. И., Трахтенгерц В.Ю., Шапаев В.И. Долготный дрейф источников ОНЧ-излучения в области мировых очагов гроз // Геомагнетизм и аэрномия. Т. 30. № 2. 1990. С. 328-329.
6. Rodger C. J., Werner S., Brundell J. B, Lay E. H. et al. Detection efficiency of the VLF World-Wide Lightning Location Network (WWLLN): initial case study // Ann. Geophys. 2006. V. 24. P. 3197–3214.