

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИЕМНОЙ СТАНЦИИ МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ГРОЗ НА КАМЧАТКЕ И ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ВСТУПЛЕНИИ ВО ВСЕМИРНУЮ СЕТЬ СТАНЦИЙ

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

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка,
Камчатский край, nina@ikir.kamchatka.ru*

Введение

Естественное электромагнитное излучение, регистрируемое на земной поверхности, формируется в основном источниками атмосферного и магнитосферного происхождения. Источниками естественных электромагнитных сигналов атмосферного происхождения в диапазоне очень низких частот (ОНЧ) являются грозы. Грозовая активность распределена по земному шару неравномерно и зависит от климатических зон. Наибольшая частота молниевых разрядов наблюдается на континентах в приэкваториальной зоне. Молния представляет собой мощный кратковременный электрический разряд [5]. Молниевый разряд представляет сложный процесс, и каждая из стадий разряда атмосферного электричества вызывает характерные возмущения электромагнитного поля Земли. Эти возмущения—импульсы обычно называются атмосфериками или атмосферными помехами и регистрируются в любой точке земного шара [1]. В среднем на Земле происходит ~100 разрядов в секунду. Известно три основных мировых грозовых очага: Африканский (Африка и Европа), Австралийский (Юго-Восточная Азия и Австралия) и Американский. Кроме основных, имеется множество небольших грозовых очагов, грозовых ячеек. Грозы наблюдаются в основном над сушей, реже над морем. Источниками атмосферного происхождения могут быть также снежные и песчаные бури, мощные циклоны и даже тектонические изменения в земной коре. В мире существует сеть станций для приема грозовых разрядов. На рис. 1 представлено распределение количества гроз на квадратный километр по данным мировой сети месторасположения гроз за 2004 г. [8]. На карте показано, что наибольшая грозовая активность в 2004 г. была зарегистрирована в районе юго-восточной Азии и Австралии, а также в районах Центральной Америки и Африки.

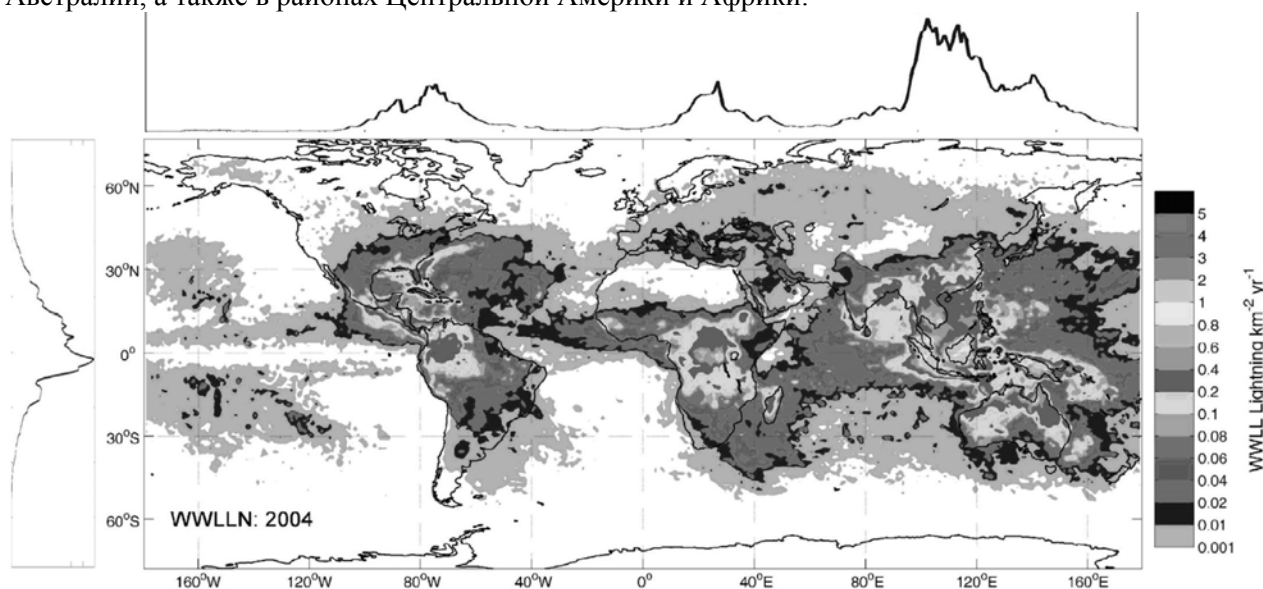


Рис. 1. Грозовая активность за 2004 г. На карте показано годовое распределение грозовой активности на квадратный километр. Верхняя и левая панель представляет изменение активности по долготе и широте, соответственно.

Видно также, что интенсивность грозовых разрядов в районе Камчатки невысокая. Это может быть обусловлено тем, что пункт наблюдения за грозами на Камчатке не входит в мировую сеть месторасположения гроз, а ближайшие пункты наблюдения расположены на расстояниях в несколько тысяч километров. Кроме этого, в России, за исключением Москвы, также нет входящих в мировую сеть пунктов наблюдений.

Поэтому с целью восполнения этого пробела мы решили установить на Камчатке пункт наблюдений за грозами, состоящий из приемника ОНЧ излучений, GPS приемника, аналого-цифрового преобразователя и компьютера. Для нас важно также научиться определять источники зарегистрированных ОНЧ излучений. Первым этапом в анализе временных изменений электромагнитного излучения в ОНЧ-диапазоне в атмосфере, обусловленных местными причинами, производится, как правило, установлением корреляционных связей между ОНЧ-излучением и метеорологическими элементами [4]. На втором этапе исследования аномалий электромагнитной природы осуществляется сравнение суточного хода ОНЧ-излучения, полученного в данном месте, с суточными изменениями ОНЧ-излучения, полученного на других пунктах регистрации. Это позволяет изучать по данным измерения электрических характеристик во многих пунктах нашей планеты закономерности глобального масштаба. Наконец, третьим этапом атмосферно-электрических исследований является анализ полученного материала в соответствии с поставленной задачей. Такой задачей является нахождение аномальных явлений в ОНЧ-сигнале на стадиях подготовки землетрясений для их использования при краткосрочном прогнозировании. Опыт такого прогноза представлен автором работ [2, 3], в которых показано, что в большинстве случаев, за несколько суток до землетрясения, появляется излучение с повышенной амплитудой, которое нельзя объяснить суточным или сезонным ходом излучения от известных источников.

Всемирная сеть месторасположения гроз

Всемирная сеть месторасположения гроз (World Wide Lightning Location Network - WWLLN) включает в себя 26 рабочих приемных станций гроз по всему миру [7]. Каждая из этих станций посылает на центральный обрабатывающий компьютер, расположенный в Америке (рис. 2), точное, до нескольких микросекунд, время прибытия импульса грозового разряда - атмосферика на станцию. С помощью этой информации со всех станций с точностью до нескольких сотен метров определяется за десять минут месторасположение станции и количество грозовых разрядов по всей Земле с точностью до нескольких километров.

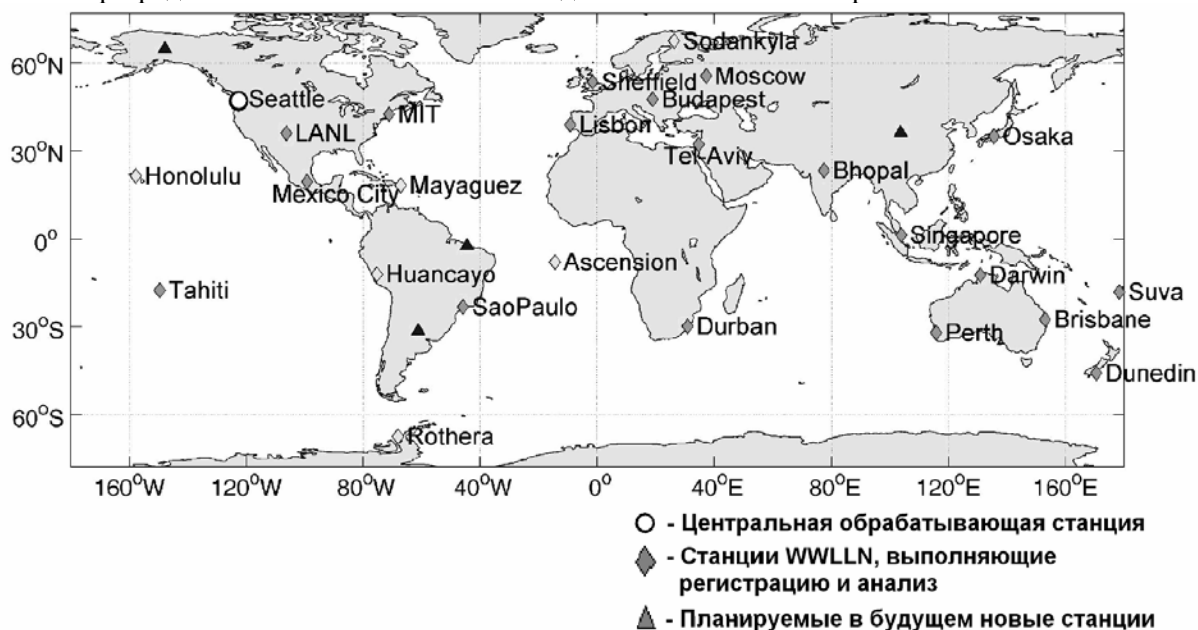


Рис. 2. Размещение 26 рабочих станций, участвующих во всемирной сети месторасположения гроз (WWLLN) на апрель 2006 г.

Приемник для определения гроз можно собрать по схеме, предложенной WWLLN, а проводить регистрацию гроз можно на расстоянии до 10 тыс. км. Для определения месторасположения по времени прибытия атмосферика требуется, по крайней мере, пять приемных станций, окружающих грозу. Максимум спектральной плотности при излучении от грозы приходится на частоты ~ 10 кГц (длина волны 30 км). На таких частотах сигналы от гроз распространяются по волноводу Земля-ионосфера. Приемные станции могут находиться на расстоянии в сотни километров, оптимальное же расстояние между ними составляет ~ 3000 км.

Мировые данные используются для исследования и других явлений. Заинтересованные лица или институты, занимающиеся предсказанием погоды (например, циклонов, цунами) нуждаются в грозовых данных в «реальном времени», за которые они платят в зависимости от того, какие данные их интересуют, за выборку по времени, широте и долготе. Это - единственный источник финансирования WWLLN, который покрывает прямые затраты.

Не существует каких-либо политических запретов для того, чтобы стать членом объединения WWLLN. Оно не финансируется напрямую правительством. Ученые, которые поддерживают работу центрального обрабатывающего компьютера, являются волонтерами из разных стран. Во многом WWLLN похожа на WWW (Мировая сеть), и использует сеть Интернет для получения данных с сайтов. Это, действительно, международная организация. Не существует членской платы и членского соглашения. Если станция прекращает передавать данные, то WWLLN прекращает обеспечивать ее обработанными данными.

Если оптимальное расстояние между станциями составляет 3000 км, то количество станций, необходимых для покрытия всей Земли, составляет 50. Это в два раза больше, чем существует на настоящий момент. Существующие станции расположены не идеально, а образуют «дыры», в которых гроза не окружена минимальным количеством работающих станций WWLLN (5 станций), и поэтому нельзя определить точное месторасположение грозы.

Все операторы приемных станций WWLLN, которые объединяют свои данные для определения мирового расположения гроз (в основном университеты и исследовательские институты) получают информацию о расположении грозовых разрядов со всего мира ежемесячно на компактных дисках в обмен за предоставление своих данных. Таким образом, в данный момент времени полную информацию со всех 26 приемных станций имеют одновременно перечисленные в таблице научные организации [6]:

Местоположение	Широта (северная)	Долгота (восточная)	Ведущая организация
Dunedin	-45.8639	170.514	University of Otago
Darwin	-12.3718	130.868	Northern Territory University
Perth	-32.0663	115.836	Murdoch University
Osaka	34.8232	135.523	Osaka University
Singapore	1.2971	103.779	National University of Singapore
Brisbane	-27.5534	153.052	Griffith University
Suva	-18.1489	178.4459	University of the South Pacific
LANL	35.8721	-106.328	Los Alamos National Laboratory
Budapest	47.4748	19.062	Eotvos University
Seattle	47.654	-122.309	University of Washington
MIT	42.3604	-71.0894	Massachusetts Institute of Technology
Durban	-29.8711	30.9764	University of KwaZulu-Natal
Bhopal	23.2146	77.4363	Barkatullah University
Sao Paulo	-23.2075	-45.8595	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Tahiti	-17.5767	-149.609	Universite de la Polynesie Francais
Mexico City	19.3261	-99.1764	Universidad Nacional Autonoma de Mexico
Tel Aviv	32.1130	34.8062	Tel Aviv University
Lisbon	38.7758	-9.1257	Portugal Meteorological Institute
Sheffield	53.3811	-1.4779	University of Sheffield
Moscow	55.4765	37.3143	Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radiowave Propagation
Huancayo	-12.053	-75.2863	Instituto Geofisico del Peru
Mayaguez	18.2096	-67.1395	University of Puerto Rico
Honolulu	21.2991	-157.816	University of Hawaii at Manoa
Sodankyla	67.4209	26.39	University of Oulu
Rothera	-67.5691	-68.1245	British Antarctic Survey
Ascension	-7.95005	-14.3781	British Antarctic Survey

Из-за ограниченного финансирования WWLLN обеспечивает оборудованием, включая компьютер и антенны, только те станции, которые являются важными для WWLLN. Если же WWLLN больше не требуются данные с этой станции, либо оператор не в состоянии обеспечить сбор и передачу данных в центр, то оборудование возвращается. Однако многие из станций, которые являются важным для WWLLN, имеют свои ограничения в плане установки импортного оборудования на территории своих стран, что делает заем оборудования неосуществимым или даже невозможным. В этом случае есть единственный выход, чтобы операторы станции оборудовали собственные приемники гроз. Этот вариант оказался единственно возможным для нашего института.

Аппаратура и методика исследований

Как уже отмечалось, WWLLN работает в реальном времени. Время прибытия каждого атмосферика сразу передается по Интернету в центральный обрабатывающий компьютер. Поскольку мировое расположение гроз (WWLLN) зависит от точного времени прибытия атмосферика на станцию и точного расположения станции, необходимо передавать два сигнала GPS. Один сигнал сообщает компьютеру мировое точное время (UT: год, месяц, день, час, секунду) и расположение станции по широте и долготе в градусах и минутах. Другой сигнал передает импульсы синхронизации с частотой 1 имп/с. Пакет данных, содержащий эту информацию, и сама запись атмосферика должны поступать на центральный обрабатывающий компьютер за секунды. Суммарный объем информации составляет примерно 2 Гб в месяц. Это требует постоянного подключения и постоянного IP адреса для Интернета. Данные обрабатываются и выставляются на сайт <http://webflash.ess.washington.edu/>. В качестве примера на рис. 3 показано распределение грозовой активности по Земному шару 16 октября 2007 г. за 40-минутный период времени. Прохождение терминатора (границы день-ночь) белой чертой отделяет ночное полушарие, выделенное черным цветом, от дневного полушария, закрашенного в серый цвет.

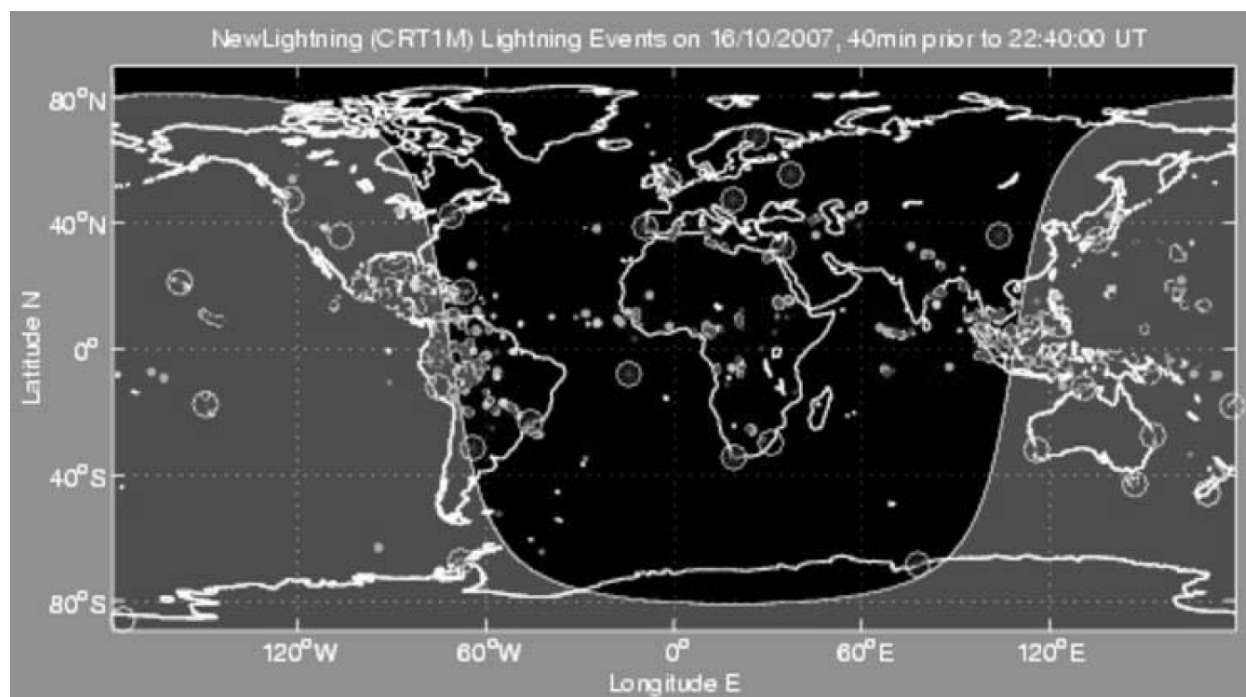


Рис.3. Грозовая активность на земле 16 октября 2007 г. за 40-минутный период времени. Грозовые молнии изображены на этом рисунке в виде точек (молнии появившееся суммарно за последние 40 мин). Рабочие приемные станции гроз изображены в виде звездочек в белом овале.

Датчиками WWLLN для приема сигнала служат электрические ОНЧ антенны в виде штыря, которые можно устанавливать на крыше зданий. При этом они не должны перекрываться другими антеннами, передатчиками, зданиями или проводниками (даже деревьями), которые расположены выше. Идеальное место для расположения антенны представляет край или угол крыши высокого здания далеко от других антенн, металлических мачт или вышек для флага и

линий электропередач Установленная нами в с. Паратунка, на здании ИКИР ДВО РАН штыревая антенна показана на рис. 4. Можно считать, что условия приема сигнала в нашем случае удовлетворительные. Проводятся также работы по изготовлению приемно-регистрирующего тракта, включая GPS приемник.



Рис. 4. Месторасположение антенного комплекса в ИКИР ДВО РАН.

Заключение

Таким образом, на Камчатке, в с. Паратунка, в ИКИР ДВО РАН проводятся работы по изготовлению ОНЧ аппаратуры и подключению ее к всемирной сети для определения месторасположения грозовых разрядов. В ИКИР уже имеется аппаратный комплекс, включающий в себя одну штыревую (электрическую) и две рамочные (магнитные) антенны. Аппаратный комплекс способен определять интенсивность излучения и направление на грозовые разряды. Однако, несмотря на то, что мы проводим исследования грозовой активности на Камчатке на протяжении многих лет, мы до сих пор не подключены к WWLLN. Это подключение позволит нам более точно определять местоположение грозовых разрядов, а также детально исследовать процессы в нижней атмосфере и ближнем космосе, связанные с электромагнитным излучением.

Список литературы

1. Альперт Я.Л. Распространение электромагнитных волн и ионосфера. М.: Наука, 1972.
2. Дружин Г.И. Опыт прогноза камчатских землетрясений на основе наблюдений за электромагнитным ОНЧ излучением // Вулканология и сейсмология. 2002. № 6. С. 51–62.
3. Дружин Г. И. Электромагнитные предвестники землетрясений в ОНЧ излучении // Материалы конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: Наука – для Камчатки. С. 85-90.
4. Кузнецов В.В., Чернева Н.В., Дружин Г.И. О влиянии циклонов на атмосферное электрическое поле Камчатки // ДАН. 2007. Т. 412. № 4. С. 547–551.
5. Юман М.А. Молния. М.: Мир, 1972.
6. Rodger C. J., Werner S., Brundell J. B. et al. Detection efficiency of the VLF World-Wide Lightning Location Network (WWLLN): Initial case study // Ann. Geophys. 2006. V. 24. P. 3197-3214.
7. Rodger C. J., Brundell J. B., Dowden R. L., Thomson N. R. Location accuracy of long distance VLF lightning location network // Ann. Geophys. 2004. V.22. P. 747-758.
8. <http://webflash.ess.washington.edu/>