

ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ СЕТЬ ЛОКАЛИЗАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

Капач С.С., Лешневский Ю.Ф., Журавлев П.В., Пермяков М.С.

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева, г. Владивосток
kapach_ss@poi.dvo.ru*

В Тихоокеанском океанологическом институте ДВО РАН с целью исследований природных (молнии) и техногенных электрических разрядов над акваториями Дальневосточных морей и прилегающих районов северо-западной части Тихого океана создается сеть приемников радиопульсов для регистрации, определения координат и времени разрядов.

Основой сети является отечественный аппаратно-программный комплекс грозопеленгационной системы (АПК ГПС) «Алвес 3.2.9.22» с десятью разнесенными в пространстве приемниками радиосигналов в области очень низких частот (ОНЧ, 1-100 кГц) «Алвес 7.04». Большую часть приемников предполагается разместить на экспедиционных станциях и стационарах институтов ДВО РАН, некоторые приемники планируется использовать во временных мобильных конфигурациях сети с размещением их на экспедиционных судах или в прибрежных экспедициях. Автономные приемники объединены в сеть (далее сеть Алвес-ДВ) линиями интернет-связи с центральным сервером сети в здании ТОИ ДВО РАН. В настоящее время комплекс с 5 станциями приема (Рис.1,а) функционирует в тестовом режиме с ноября 2022 г.

В работе приводятся предварительные результаты всестороннего сравнения данных о молниевых разрядах комплекса Алвес-ДВ с данными глобальной сети World Wide Lightning Location Network (WWLLN, <http://wwlln.net/>) и сети Научно-исследовательского центра (НИЦ) «Планета» Росгидромета на основе комплексов Viasala Advanced Total Lightning (Финляндия, США).

Приемники сети Алвес-ДВ размещены в 5 пунктах Приморского края: г. Владивосток, здание ТОИ ДВО РАН; МЭС «мыс Шульца» и «бухта Алексева», о. Попова; с. Хороль; пос. Валентин, Лазовский район. Алвес-ДВ работает непрерывно в автоматическом режиме, обеспечивает определение местоположения и характеристики электромагнитных импульсов (ЭМИ) разрядов молний над материковыми территориями и окраинными морями Дальнего Востока, над прилегающими акваториями Тихого океана. Сеть осуществляет мониторинг молниевых разрядов в режиме реального времени и регистрирует молнии двух типов: «облако-облако» и «облако-земля». В расчетах координат и времени разряда

используются данные 4-х станций. Радиус области обнаружения грозových разрядов превышает 1000 км, а точность определения координат молний превышает 2 км (внутри сети) [1]. В состав аппаратно-программного комплекса сети кроме приемников входят два сервера со специальным программным обеспечением по сбору данных, регистрации, расчету и архивированию географических координат молниевых разрядов. Программное обеспечение Алвес-ДВ позволяет визуализировать карты распределений грозových разрядов в заданных интервалах времени.

При тестировании данные сети Алвес-ДВ сравниваются с данными глобальной сети WWLLN, включающей ~80 станций радиоприемников ОНЧ диапазона (3-30 кГц) по всему миру [2], одна из которых «Владивосток» функционирует в ТОИ ДВО РАН с 2014 г. Оценки для средних (медианных) погрешностей определения координат молний в WWLLN составляют 4.3 км (3 км). Авторам доступны архивы данных сети WWLLN. На их основе создан банк данных с 2005 г., позволивший проанализировать характеристики грозовой активности на Дальнем Востоке России [3,4], над Южно-Китайским и Японским морями [5,6] и над Тихим океаном в тайфунах [7,8]. Данные банка использованы в настоящей работе.

Качественное сравнение данных сети Алвес-ДВ проведено с изображениями распределений молниевых разрядов, выставляемых на сайте НИЦ «Планета» (<https://www.dvrspod.ru/LIGHTNING.php>). Эта сеть с шестнадцатью приемниками, размещенными в Хабаровском и Приморском краях, в Амурской и Сахалинской областях, функционирует с 2022 г. Приемники регистрируют низкочастотные (НЧ, 1-350 кГц) и очень высокочастотные (ОВЧ, 110-118 МГц) составляющие ЭМИ разрядов молний «облако-облако» и «облако-земля».

Данные Алвес-ДВ и WWLLN включают в себя время (GPS) и (UTC) отдельного разряда с точностью до микросекунды (мкс). В данных обеих сетей приводятся оценки погрешностей определения времени разряда dt в микросекундах для Алвес-ДВ: в диапазоне 0,004–59,6 мкс, а для WWLLN до 30 мкс. Это позволяет дать для каждого разряда оценку погрешности координат dr , как $dr = dt \cdot c$, где c – скорость радиоволн в волноводе «Земля-ионосфера».

Для сравнения сетей Алвес-ДВ и WWLLN использованы данные за май 2023 г для территории, ограниченной координатами 35–52° с.ш., 127–140° в.д. Всего было зарегистрировано 55177 и 21386 молний соответственно. Производился поиск разрядов, представляющих одну и ту же молнию, зарегистрированную обеими системами. Для этого рассчитывались парные расстояния между точками разрядов в обеих системах и отбирались те пары, которые зарегистрированы с разницей во времени не более 2 мс (характерная длительность ЭМИ молнии) и с расстоянием между точками, не превышающим значение $r = 2(dr_a + dr_w)$, где $dr_a = dt_a \cdot c$, $dr_w = dt_w \cdot c$, dt_a и dt_w погрешность оценки времени в

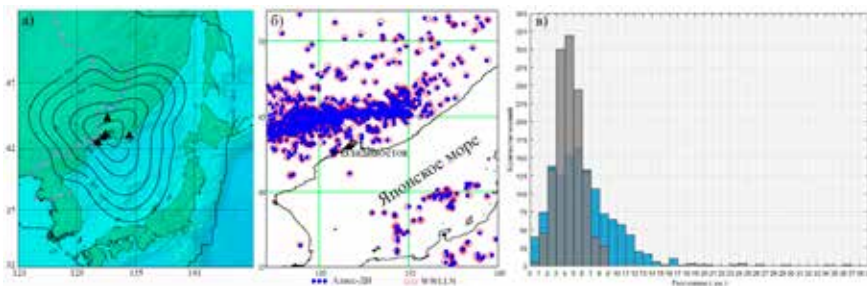


Рис. 1. Конфигурация сети Алвес-ДВ с изолиниями точности координат рассчитанными методом Монте-Карло (а), распределение совпавших точек разрядов Алвес-ДВ (синий) и WWLLN (красный) за май 2023 г. (б) и гистограммы расстояний между этими точками (синий цвет) и погрешностей WWLLN (серый цвет) в км (в).

Алвес-ДВ и в WWLLN соответственно. Таким образом, было найдено 1244 пар точек разрядов, по которым рассчитаны некоторые статистические характеристики погрешности координат молний сети Алвес-ДВ относительно сети WWLLN.

На (Рис. 1б) представлены распределения точек разрядов в парах. Значительное количество молний отмечается на суше и малая часть над акваторией Японского моря. На (Рис. 1в) приведена гистограмма расстояний между точками разрядов в двух сетях. Минимальное расстояние между точками разрядов, зафиксированными двумя системами составляет 156 метров, а максимум 36,643 км. Среднее расстояние составило 6,203 км, а медианное значение 5,573 км. Приведенные оценки характерны для АПК ГПС Алвес и для WWLLN. Также представлена гистограмма погрешностей WWLLN в километрах, ее среднее значение составило 4,512 км, а медиана 4,440 км. Вид гистограмм показывает, что распределения погрешностей близки к логнормальным.

Максимальное суточное число молний в рассматриваемый период было зафиксировано 16 мая, поэтому за указанную дату были проанализировано распределение грозовой активности для трех систем (Рис. 2). Всего за сутки, по данным Алвес-ДВ (WWLLN) было зарегистрировано 7935 (9243) разряда из них выделены 693 пар точек разрядов, а по данным НИЦ «Планета» примерно 25000. На рисунке видно общее сходство распределения грозовой активности в указанный период.

В данной работе в рамках тестирования исследовательской сети локализации атмосферных электрических разрядов ТОИ ДВО РАН проведено сравнение трех систем локализации молний ГПС по данным за май 2023 г. Сетью Алвес-ДВ за месяц зарегистрировано примерно в 2,5 раза больше разрядов чем WWLLN. При этом процент найденных пар точек разрядов, представляющих одну и ту же молнию в обеих системах, от общего количества молний составил 2,3% (Алвес-ДВ) и 5,8% (WWLLN). В

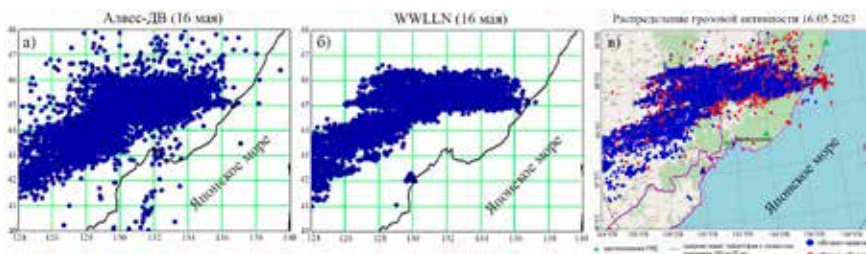


Рис. 2. Распределение молниевых разрядов Алвес-ДВ (а), WWLLN (б) и НИЦ «Планета» («облако-облако» красным цветом, «облако-земля» – синим) (в).

случае интенсивной грозовой активности (16 мая) происходит увеличение процента до 8,7% и 7,5% соответственно. Получены оценки погрешности координат молний сети Алвес-ДВ относительно сети WWLLN, среднее (медианное) значение которых 4,512 км (4,440 км).

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы «Технология дистанционного зондирования Земли и наземных измерительных систем в комплексных исследованиях динамических явлений в океане и атмосфере» (0211-2021-0007) (рег. номер 121021500054–3).

Литература

1. Снегуров А.В. Аппаратно-программный комплекс грозопеленгационной системы «Алвес 3.2.9.22». Руководство по эксплуатации. Санкт-Петербург. 2022. 9 с.
2. Lay E.H., Rodger C.J., Holzworth R.H., and Dowden R.L. Introduction to the World Wide Lightning Location Network (WWLLN) // J. Geophys. Res. 2005. Vol. 7. P. 1-3.
3. Пермяков М.С., Поталова Е.Ю., Клещева Т.И. Грозовая активность на Дальнем Востоке на основе современных данных // Физика геосфер: Двенадцатый Всероссийский симпозиум, 06-10 сентября 2021 г., Владивосток, Россия: мат. докл. / Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева. – Владивосток: ТОИ ДВО РАН. 2021. С. 86-89.
4. Пермяков М.С., Клещева Т.И., Поталова Е.Ю., Капач С.С., Журавлев П.В. Локальные особенности грозовой активности на юге Дальнего Востока России // Метеорология и гидрология. 2022. № 8. С. 101-111.
5. Пермяков М.С., Журавлев П.В., Капач С.С., Лешневский З.Ю. Грозовая активность // В книге: Российско-Вьетнамские океанологические исследования в Южно-Китайском море. Владивосток. 2020. С. 91-98.
6. Пермяков М.С., Капач С.С., Журавлев П.В. Грозовая активность над Японским морем // Физика геосфер: Двенадцатый Всероссийский симпозиум, 06-10 сентября 2021 г., Владивосток, Россия: мат. докл. / Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева. – Владивосток: ТОИ ДВО РАН. 2021. С. 83-85.
7. Пермяков М.С., Поталова Е.Ю., Шевцов Б.М., Чернева Н.В., Holzworth R.H. Грозовая активность и структура тропических циклонов // Оптика атмосферы и океана. 2015. Т. 28. № 7. С. 638-643.
8. Permyakov M., Kleshcheva T., Potalova E., Holzworth R.H. Characteristics of typhoon eye walls according to World Wide Lightning Location Network data // Monthly Weather Review. 2019. V. 147. № 11. P. 4027-4043.