

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ



Национальный исследовательский
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Т Р У Д Ы
ПЯТНАДЦАТОЙ
ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНЧЕСКИХ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ
ИНКУБАТОРОВ

Томск, 17–19 мая 2018 г.



ТОМСК
«Издательство НТЛ»
2018

Влияние местных гроз на вариации КНЧ электромагнитного фона

И.Ю. Цюпа, А.А. Колмаков

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Электромагнитный фон (ЭМ) крайне низких частот (КНЧ) 3–30 Гц формируется вследствие интерференции ЭМ-волн от различных техногенных и природных источников [1–4]. Вклад техногенных источников максимален в черте крупных городов и значительно снижается за ее пределами. Наиболее мощным естественным источником КНЧ-излучений является планетарная грозовая активность [1, 2].

Грозовая активность (ГА) в Сибирском регионе носит сезонный характер и имеет нерегулярный вид [5]. В отличие от глобальной ГА время и место возникновения местной ГА тесно связано с наличием в регионе развитой облачности и прохождением циклонических фронтов. Повышение уровня ГА в Западной Сибири наблюдается в период с апреля по сентябрь. Пик ГА, как правило, приходится на июль–август. Количество дней с грозами на территории Западной Сибири за сезон по данным многолетних наблюдений составляет ~20–30 [5].

Целью проводимых исследований является оценка влияний местных гроз на вариации КНЧ электромагнитного фона.

1. Грозовая активность в Западной Сибири

Исследования параметров ЭМ-фона КНЧ-диапазона проводятся на полигоне Томского государственного университета «Коларово» (56,34 с.ш., 84,95 в.д.), расположенного в 17 км южнее Томска, с января 2013 г. При помощи индукционных датчиков LEMI-30 осуществляется цифровая регистрация трех ортогональных компонент магнитной индукции электромагнитного поля: B_x , B_y и B_z (частота дискретизации АЦП равна 128 Гц) [3]. Параметры грозовых разрядов получены в период с 1 по 30 сентября 2017 г. Исследование ГА проводится посредством одно-пунктового грозопеленгатора LD-350 (Boltek Corporation, Канада).

Для этого интервала времени был проведен совместный анализ количественных и вероятностных характеристик ГА, который позволяет обнаруживать вклад ГР различных типов [2] для возмущенных и невозмущенных условий. Суточная динамика ГА в сентябре 2017 г. пред-

ставлена на рис. 1, *a*. На распределении для количества ГР по суткам присутствуют периоды с повышенным уровнем ГА (4–8, 11–12, 16–20 сентября). Максимум грозовой активности наблюдался в районе полуночи с 17 на 18 сентября при прохождении через Томск мощного грозового фронта. Количество зарегистрированных ГР в эти дни составило ~4333. В такие периоды возрастает частота появления ГР типа «CG–» («облако – земля» с отрицательным знаком) (рис. 1, *б*) Суммарное количество разрядов этого типа в сентябре по данным наблюдений составило 14807.

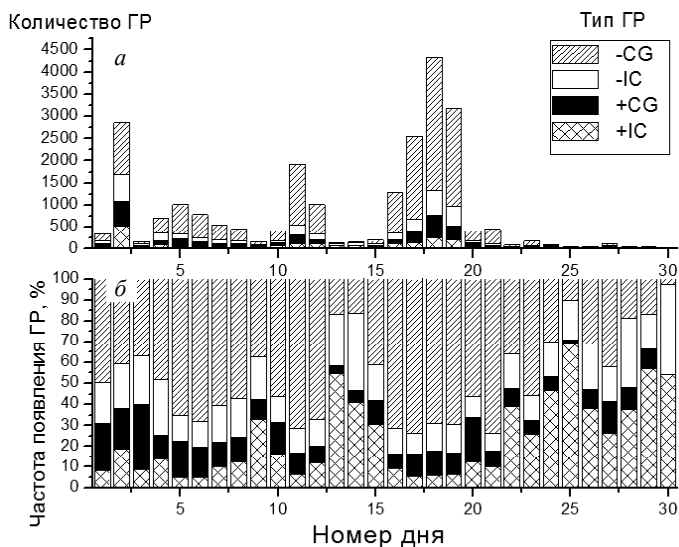


Рис. 1. Динамика грозовой активности в Томске за сентябрь 2017 г.:
a – количество ГР; *б* – частота появления грозовых разрядов

В периоды с относительно низкой активностью (3, 9, 13–15 сентября) частота появления разрядов «CG–» заметно снижается вплоть до ~16% – 13 сентября. И при завершении сезона грозовой активности в Западно-Сибирском регионе – после 21 сентября – частота появления этого вида ГР снижается до минимальных значений. При этом по окончании сезона ГА наблюдается относительное увеличение частоты появления разрядов типа «облако – облако» («IC» как с отрицательным, так и положительным знаком), которое достигает ~97% (рис. 1).

2. ЭМ-фон КНЧ-диапазона

Интерференция ЭМ-волн КНЧ-диапазона, генерируемых глобальной грозовой активностью, в окружающей среде (в полости между проводящей поверхностью Земли и ионосферой) приводит к возникновению глобального явления, называемого шумановскими резонансами (ШР) [1–4]. Ионосфера испытывает разнообразные внешние воздействия, что приводит к ее модификации с различными пространственными и временными масштабами [6]. Регулярные (квазипериодические) изменения состояния нижней ионосферы неминуемо находят свой отклик в состоянии ЭМ-фона окружающей среды. Это относится и к резонансным характеристикам мод ШР. Для амплитуд первых трех мод ШР годовая периодика является доминирующей (рис. 2, а) [4]. На фоне регулярных вариаций амплитуд ШР наблюдаются возмущения [7], вызванные местными грозами. Распределение возмущений ЭМ-фона, соответствующее 2-й моде ШР, представлено на рис. 2, б. Такие возмущения тем сильнее, чем больше возникает грозových разрядов (ГР) и чем ближе они к месту наблюдения.

Для анализа возмущений ЭМ-фона было применено пороговое обнаружение [8]. В данной работе порог $\langle A_2 \rangle$ равен сумме скользящего среднего значения и среднеквадратического отклонения. Этой величине соответствует значение 0 пТл на рис. 2, б. Значения амплитуды второй моды ШР, превысившие порог в сентябре 2017, представлены в виде распределения (рис. 2, б). Величина возмущений δA на рис. 2, б соответствует разности $A_2 - \langle A_2 \rangle$, шаг по амплитуде равен 0,2 пТл.

Характер построенного экспериментального распределения близок к экспоненциальному закону. Преобладают слабые возмущения (до ~ 2 пТл), в области значений 8–38 пТл за рассмотренный период возмущений не наблюдалось.

Заключение

В работе получены оценки грозовой активности в Западно-Сибирском регионе на удалении до 800 км от Томска для сентября 2017 г. Отмечено, что при повышении уровня грозовой активности, обусловленной прохождением близких гроз, преобладают разряды типа «CG→» ~ 73 %. В дни с низкой грозовой активностью на фоне общего снижения количества ГР увеличивается частота появления разрядов типа «IC+» и «IC→» («облако – облако»), которая достигает ~ 97 %.

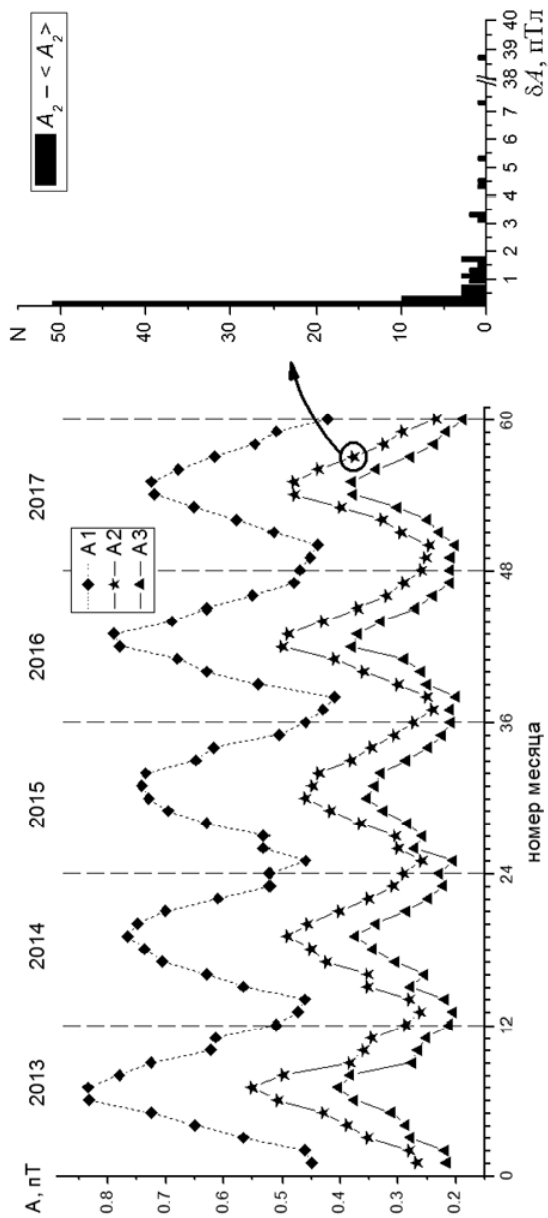


Рис. 2. Регулярные вариации амплитуд первых трех мод ШР (а);
распределение возмущений амплитуды второй моды ШР в сентябре 2017 г. (б)

Для моментов появления ГР выделены возмущения ЭМ-фона крайне низких частот. Характер экспериментального распределения возмущений близок к экспоненциальному виду. За рассмотренный период максимальное значение возмущений достигало ~ 39 пТл. Наиболее вероятное (медианное) значение возмущений $\delta A = 1,6$ пТл.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесник А.Г., Колесник С.А., Побаченко С.В. Электромагнитная экология. Томск: ТМЛ-Пресс, 2009. 336 с.
2. Betz H.D., Schumann U, Laroche P. Lightning: Principles, Instruments and Applications // Springer Science and Business Media B.V. 2009. P. 66.
3. Kolesnik S.A., Kolmakov A.A., Nedosekov D.A. Resonances in the Earth-ionosphere cavity according to the data of magnetic observations in Tomsk // Proc. SPIE 9292. 20th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 92924V (November 25, 2014). Doi: 10.1117/12.2075501.
4. Колесник С.А., Колмаков А.А., Недосеков Д.А., Шошин Е.Л. Вариации спектральных характеристик шумановских резонансов по данным многолетних магнитных измерений в Томске // Изв. вузов. Физика. 2016. Т. 59. № 12/2. С. 181–184.
5. Константинова Д.А., Горбатенко В.П. Результаты регистрации молний над юго-восточной территорией Западной Сибири // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т. 4. № 1. С. 96–99.
6. Цюпа И.Ю. Анализ трендов амплитуд первых трех мод шумановских резонансов в Томске за период 2013–2016 гг. // Актуальные проблемы радиофизики: Труды Международной молодежной научной школы. Томск. 25–26 сентября 2017 г. / под ред. О.А. Доценко. Томск: Изд-во НТЛ, 2017. С. 118–121.
7. Колмаков А.А., Цюпа И.Ю. Вариации уровня электромагнитного фона крайне низкочастотного диапазона в Томске во время прохождения близких гроз // Материалы конференции, тезисы докладов. Екатеринбург; Томск: АСФ России, 2018.
8. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.: Радио и связь, 1989. 653 с.

Цюпа Игорь Юрьевич, магистрант; tsyupaigor@mail.ru,

Колмаков Александр Анатольевич, к.ф.-м.н., доцент; kolmakov@mail.tsu.ru