**Анализ возмущенности электромагнитного крайне низкочастотного фона в зимний период по данным многолетних измерений в Томске**

***Проваренко Иван Евгеньевич***

Студент

*Национальный исследовательский Томский государственный университет,* радиофизический факультет, Томск, Россия

E–mail: *Posthumanevents@gmail.com*

Глобальное распределение электромагнитной энергии в окружающей среде для диапазона крайне низких частот (3–30 Гц) определяется явлением, называемым шумановскими резонансами (ШР) [3]. Этот механизм впервые был теоретически предсказан В.О. Шуманом в 1952 году, в силу чего и получил свое название. На кафедре космической физики и экологии РФФ ТГУ исследования компонент ЭМ–фона и влияния на них гелиогеофизических факторов проводятся с конца прошлого века [3]. По современным представлениям шумановские резонансы – явление интерференции волн, длина которых соизмерима с геометрическими размерами Земли, вызванное излучением от импульсных источников глобальной грозовой активности [5, 6].

Было установлено [4], что в ряде случаев появляются характерные сигналы повышенного уровня с широкой полосой спектра (перекрывающей несколько первых мод ШР), не связанные с техногенными источниками. Такие сигналы имеют длительность от нескольких минут до десятков часов. В зимнем сезоне такие возмущения не могут быть вызваны локальной грозовой активностью (носящей сезонный – причем, летний характер) [5]. При этом было отмечено, что появление таких сигналов, как правило, связано с присутствием в пункте регистрации облачности [1], которая, как известно, тесно связана с атмосферными электрическими явлениями, например, внутриоблачными электрическими разрядами [5]. Результаты, полученные ранее в двух зимних сезонах (2022-2023 гг. и 2023-2024 гг. – продолжительность каждого сезона с октября по март включительно), подтвердили качественную повторяемость наблюдаемого явления. Исследование возмущенности ЭМ КНЧ–фона может оказаться полезным для объяснения эффекта метеочувствительности [2], наблюдаемого в человеческой популяции.

Целью данной работы является статистический анализ возмущенности ЭМ КНЧ–фона, вызванной слабыми внутри облачными электрическими разрядами в отсутствии местной грозовой активности в зимние сезоны для периода наблюдений с 2018 по 2024 год включительно.

На кафедре космической физики и экологии ТГУ создан и эксплуатируется измерительно-вычислительный комплекс [3], который регистрирует вертикальную электрическую компоненту (*Ez*) КНЧ ЭМ–фона с 1997 года. В результате работы комплекса данные измерений уровня ЭМ–фона в полосе частот до 40 Гц сохраняются в памяти ПК в двух формах: 1) Результаты цифровой регистрации временных реализаций вертикальной электрической компоненты ЭМ–фона *Ez*; 2) Спектрограммы в графическом формате (JPEG).

Особенность реализованного в данном исследовании подхода заключается в работе с графическими файлами – спектрограммами, которые представляют собой изображения уровня КНЧ ЭМ–фона в виде цветового рельефа, в зависимости от частоты и времени суток. Цвет на спектрограмме соответствует уровню сигнала. Росту уровня сигнала соответствует последовательность цветов от темно-синего цвета к голубому, зеленому, розовому и далее к белому, включая промежуточные оттенки цвета (ресурс в сети ИНТЕРНЕТ – sosrff.tsu.ru). При таком подходе [4] единичным элементом анализа является пиксель изображения, который соответствует объему данных размером – 3мин\*0.1 Гц. Тождественность уровня сигнала и цвета изображения позволяет использовать пороговые методы выделения сигналов на спектрограммах, исключая этап спектральной обработки исходных временных реализаций компоненты *Ez*.

Полученные параметры возмущённости сохраняются в специализированной базе данных. В проводимой работе для каждых суток вычислялось суммарная возмущённость (максимально возможное значение возмущённости для суток составляет 192000) [4], при этом каждые сутки рассматривались единичным элементом для дальнейшего статистического оценивания. Для каждых суток полученная величина возмущённости ранжировалась. Вводились пороговые уровни: ниже 200 – возмущённость считалась слабой, выше 10000 – значительной. При этом слабая возмущённость включает дни вообще без возмущений, а значительная включает в себя в качестве подкласса сильную (более 50000). Для каждого сезона вычислялась частота появления возмущённости ЭМ КНЧ–фона (в процентах) с учётом её величины см. Таблицу 1.

Таблица 1. Частота появления возмущенности ЭМ КНЧ–фона, %

|  |  |
| --- | --- |
| Уровень возмущённости | Зимний сезон |
| 2018/19 | 2019/20 | 2020/21 | 2021/22 | 2022/23 | 2023/24 |
| Без возмущений | 7.69 | 3.83 | 13.19 | 19.23 | 30.77 | 18.03 |
| Незначительная | 9.89 | 9.29 | 25.27 | 30.22 | 39.56 | 28.96 |
| Значительная | 44.51 | 34.97 | 25.27 | 21.43 | 12.64 | 27.32 |
| Сильная | 7.69 | 3.83 | 1.65 | 1.10 | 0.00 | 2.73 |

За рассматриваемый период значительная возмущённость монотонно уменьшалась с ~44% в сезоне 2018/19 до ~13% в 2022/23 и далее выросла до ~27%. Напротив незначительная возмущённость увеличивалась с ~10% в сезоне 2018/19 до ~40% в сезоне 2022/23, затем немного снизилась до ~29%. Поведение сильной возмущённости (табл. 1) качественно повторяет временной ход значительной. Аналогично для дней без возмущений качественно повторяется тенденция, описанная для незначительной возмущённости. Для умеренной возмущённости (интервал значений от 200 до 10000) изменения от года к году колеблются около значения ~50±6% без явной тенденции.

Таким образом, статистический анализ возмущенности ЭМ КНЧ–фона в многолетнем цикле наблюдений показал изменение значительной возмущённости от ~40% до ~13%, при этом установлено, что эти изменения происходят монотонно. Напротив незначительная возмущённость в это время меняется зеркально от ~9% до ~40%.

**Литература**

1. Беспалов Д. П. [и др.] Атлас облаков / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Гл. геофиз. Обсерватория им. А.И. Воейкова. Санкт-Петербург : Д’АРТ. 2011. 248 с.
2. Иванова Е. Г., Потемина Т. Е. Предикторы метеочувствительности у пациентов с артериальной гипертонией в условиях Крайнего Севера // Вестник новых медицинских технологий. 2023. Т. 30, № 4. С. 6-11.
3. Колесник А. Г., Колесник С. А., Колмаков А. А., Шинкевич Б. М. Шумановские резонансы // Изв. вузов. Физика. 2003, №2. С. 69–73.
4. Белоногов С. А. [и др.]. Местная облачность как причина возмущенности электромагнитного крайне низкочастотного фона в зимний период по данным измерений в Томске // Распространение радиоволн. I Всероссийская молодежной научной школы-конференции, посвященной памяти Д. С. Лукина, Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет. 2024. С. 35-38.
5. Betz H. D., Schumann U., Laroche P. Lightning: Principles, Instruments and Applications. Springer Science. 2009. 641 p.
6. Gvozdarev A. Y. [et al.] Joint research of extremely low frequency electromagnetic background at Baygazan (Russian Altay) and Kolarovo (Tomsk region) // Proceedings of SPIE. Vol. 10466. – Irkutsk: SPIE. 2017. P. 104665M.