

Построение адекватных математических моделей аномалий электромагнитных излучений на суточных и недельных реализациях

Program Построение адекватных математических моделей аномалий электромагнитных излучений на суточных и недельных реализациях

Ключевые слова: электромагнитное излучение – electromagnetic radiation; сейсмичность – seismicity; периодичность – periodicity; Южная Якутия – South Yakutia.

Важной задачей при построении прогнозов аномалий ЭМИ является построение адекватных математических моделей сигнала источника. В данной работе приведены результаты выделения периодических компонент и суммарного сигнала ЭМИ.

An important task in the construction of weather anomalies of electromagnetic radiation is the construction of adequate mathematical models of the signal source. In this paper we present the results highlight the periodic components and the total signal of electromagnetic radiation.

Многолетние наблюдения за вариациями электромагнитных излучений (ЭМИ) в рамках физической природы источников аномалий показывают, что перед сильными землетрясениями амплитуды вариаций суточных аномалий за 3-5 дней до сейсмического события значительно превышают фоновые значения (в 3-5 раз) [1 - 3]. В то же время аналогичные аномалии регистрируются и без сейсмических событий. Автором [4] было предположено, что аномалии ЭМИ проявляются в период консолидации блоков земной коры на начальной стадии формирования землетрясения и в период потери устойчивости консолидированных систем блоков [5]. Однако, радиус учета формирующегося очага землетрясения в единой динамической системе может намного превышать саму зону консолидации [6].

Второй важный момент – появление аномалий ЭМИ ионосферного происхождения, а также удаленных грозных источников. Это ставит задачу по выделению импульсных источников ЭМИ различной природы и выделение из них циклических компонент. В конечном итоге, это

ИВАНОВА / IVANOVA N.

Надежда Александровна

(n.ivanova-veremeenko@rambler.ru)
аспирант, старший преподаватель Технического института (филиал) Северо-Восточного федерального университета,
г. Нерюнгри

позволит строить более корректные модели взаимосвязи аномалий ЭМИ с землетрясениями. В свою очередь, данная задача предполагает построение адекватных математических моделей аномалий электромагнитного излучения.

В данной работе рассматривается два типа периодических компонент аддитивной модели временного ряда, составленных из аномальных уровней ЭМИ. То есть, рассматривается временной ряд на суточных и недельных реализациях:

$$Y_t = U_t + V_{\dot{n}\dot{o}\dot{o}} + V_{\dot{i}\dot{a}\dot{a}} \quad (1)$$

Для построения $V_{\dot{n}\dot{o}\dot{o}}$ и $V_{\dot{i}\dot{a}\dot{a}}$ использовался метод статистических накоплений частот появления аномалий: для суточных – на каждый час мирового времени от 0 до 23 часов, для недельных – на каждый день недели с привязкой аномалий также к мировому времени (понедельник(1) – воскресенье(7)).

Исходный файл содержит данные о дате события в формате ДД.ММ.ГГ, времени события в формате ЧЧ.ММ, значения напряженности электромагнитного поля в двух проекциях: «Север-Юг» и «Восток-Запад». Регистрирующая аппаратура фиксирует амплитуду напряженности в виде пропорционального количества импульсов.

Для подсчета статистики на суточных реализациях на каждый час производится округление до целых часов. При расчете статистики на недельных реализациях фактор перехода данных от локального времени (LT) к мировому (UT) не учитывался. Здесь возможны незначительные изменения в статистике в конце и в начале недели.

То есть, фактически происходит не округление, а отбрасывание 10 часов в сутках

$$LT = UT + 10$$

Возможность использования трендовой модели для анализа и прогнозирования может быть определена только после установления ее адекватности, т.е. соответствия модели исследуемому процессу. Трендовая модель считается адекватной, если она правильно отражает систематические компоненты временного ряда.

Для оценки модели на адекватность необходимо проверить следующие свойства: случайность колебаний уровней остаточной последовательности; соответствие распределения случайной компоненты нормальному закону распределения. На практике случайность колебаний уровней остаточной последовательности означает проверку двух гипотез на правильность вида тренда: критерий серий и критерий пиков. Выбор критерия случайной последовательности и выбор критерия для остаточной последовательности рассматривается как случайный стационарный процесс.

Проверка соответствия распределения случайной компоненты нормальному закону распределения осуществляется с использованием показателя асимметрии и эксцесса, где выборочные показатели асимметрии и эксцесса определяются:

$$\tilde{\gamma}_1 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^3}{\sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2\right)^3}}, \tilde{\gamma}_2 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^4}{\sqrt{\left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2\right)^2}} - 3, \sigma_{\tilde{\gamma}_1} = \sqrt{\frac{6(n-2)}{(n+1)(n+3)}},$$

$$\sigma_{\tilde{\gamma}_2} = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}}.$$

Если одновременно выполняются следующие неравенства:

$$\begin{cases} |\tilde{\gamma}_1| \leq 1.5\sigma_{\tilde{\gamma}_1} \\ \left| \tilde{\gamma}_2 + \frac{6}{n+1} \right| \leq 1.5\sigma_{\tilde{\gamma}_2} \end{cases}$$

то гипотеза о нормальном характере распределения остаточной последовательности принимается. Если выполняется хотя бы одно из неравенств $|\tilde{\gamma}_1| > 2\sigma_{\tilde{\gamma}_1}$ или $\left| \tilde{\gamma}_2 + \frac{6}{n+1} \right| > 2\sigma_{\tilde{\gamma}_2}$, то гипотеза отвергается и трендовая модель признается неадекватной. Другие случаи требуют дополнительной проверки.

Для апробации предложенной технологии и методики были использованы экспериментальные данные по регистрации данных ЭМИ в двух пунктах Южно-Якутского региона «Нерюнгри-Иенгра». Результаты построений представлены на рисунках 1-4.

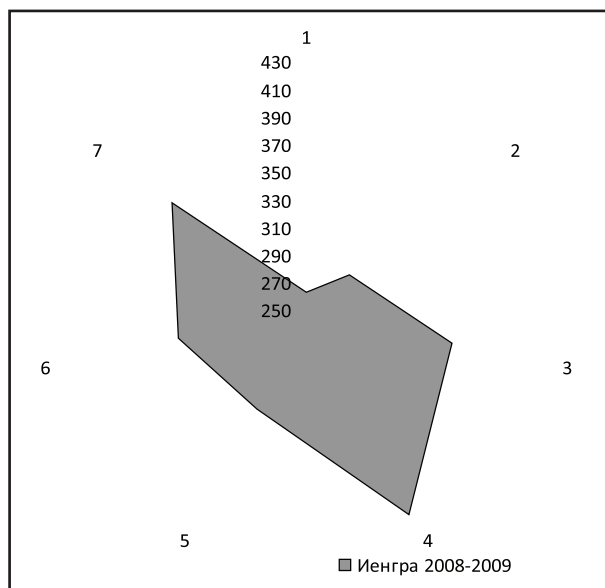


Рис.1. Распределение аномалий ЭМИ в пункте регистрации Иенгра за 2008-2009 год по дням недели

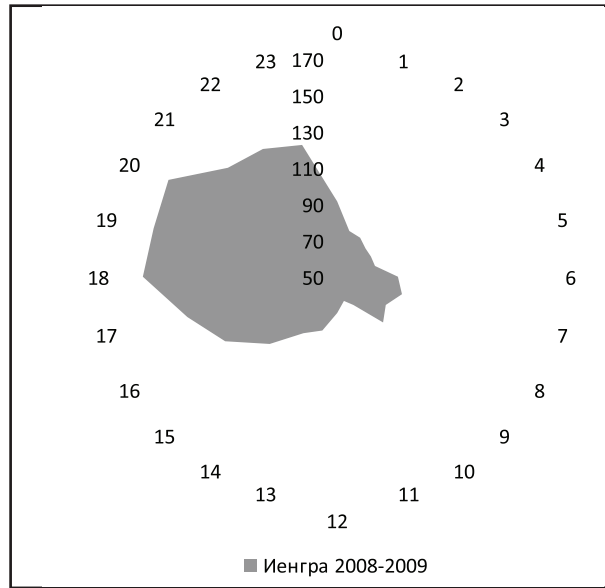


Рис. 2. Распределение аномалий ЭМИ в пункте регистрации Иенгра за 2008-2009 год по часам в течение суток

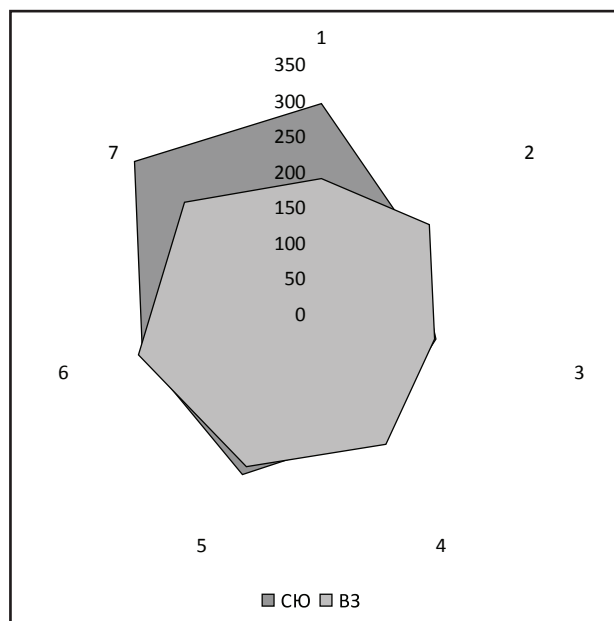


Рис. 3. Распределение аномалий ЭМИ в пункте регистрации Нерюнгри за 2006-2007 год по дням недели

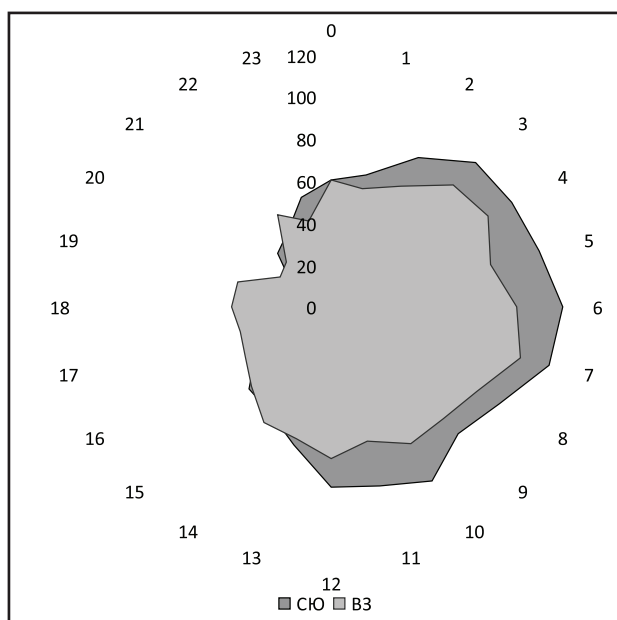


Рис. 4. Распределение аномалий ЭМИ в пункте регистрации Нерюнгри за 2006-2007 год по часам в течение суток

ВЫВОДЫ:

Для пункта Иенгра: на недельных реализациях характерно наличие двух максимумов – среда-четверг и суббота-воскресение. На суточных реализациях наблюдается глобальных максимум с 16.00 до 21.00 UT и локальный максимум с 6.00 до 9.00 UT. Для пункта Нерюнгри: на недельных реализациях характерно наличие двух максимумов четверг-пятница и суббота-воскресение. На суточных реализациях наблюдается глобальных максимум с 3.00 до 12.00 UT и локальный максимум с 21.00 до 23.00 UT.

Литература

1. Трофименко С.В. Геофизические поля и сейсмичность Южной Якутии // Горный информационно-аналитический бюллетень/Отдельный выпуск 3 Якутия 1, 2007. Издательство МГГУ. С. 188-195.
2. Трофименко С.В., Гриб Н.Н. Импульсные электромагнитные источники как отражение процессов современного разломообразования // Современная геодинамика Центральной Азии и опасные природные процессы: результаты исследований на количественной основе: материалы всероссийского совещания и молодежной школы по современной геодинамике. – в 2-х т. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2012. – Т. 2. – С. 192-196.
3. Трофименко С.В. Статистические пространственно – временные модели сейсмичности // Вестник ЯГУ, 2010, том 7, №2. – С. 48-55.
4. Трофименко С.В. Моделирование пространственно – временной цикличности сейсмического процесса на примере Олекмо – Становой зоны // Наука и образование. – №1, 2010 – С. 54-58.
5. Трофименко С.В., Гриб Н.Н., Никитин В.М. Вариации электромагнитного поля как отражение сеймотектонических процессов Олекма-Становой зоны // Известия Томского политехнического университета. Том 314, №1, 2009. «Науки о Земле» – С. 48-53.
6. Трофименко С.В. Суточные и годовые циклы сейсмической активности сейсмических поясов Северо-востока Азии в модели блокового строения земной коры // Вестник СВФУ, 2011, том 8, №1. – С. 55-63.
7. Трофименко С.В., Гриб Н.Н., Никитин В.М. Модели геофизических аномалий – предвестников вследствие сеймотектонических процессов // Тезисы докладов V международной конференции 2-7 августа 2010 г., «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений». – с. Паратунка, Камчатской обл.-Петропавловск-Камчатский.-Изд-во ИКИР ДВО РАН, 2010. – С.49.