

**РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ВАРИАЦИЯМИ ЕСТЕСТВЕННОГО  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ В ЮЖНОЙ ЯКУТИИ**

**OBSERVATION RESULTS OF THE EARTH NATURAL ELECTROMAGNETIC  
FIELD VARIATIONS IN SOUTH YAKUTIA**

*С.В. Трофименко<sup>1</sup>, Н.Н. Гриб<sup>1</sup>, В.М. Никитин<sup>1</sup>, В.А. Муллаяров<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Технический институт (филиал) Якутского государственного университета,*  
<sup>2</sup>*Институт космофизических исследований и аэронавтики СО РАН*

We present the basic results of 20 years observations of the natural electromagnetic field of the Earth (EME-NEFE). The variations have been analyzed in connection with the seismicity of South Yakutia.

Место наблюдения. Район исследований охватывает западную часть южной окраины Алданского щита Сибирской платформы и сопряженную с ним северную окраину позднеархейско-раннепротерозойской Становой складчатой системы, разделенных Становым (или Южно-Алданским) швом (разломом) (рисунок 1).

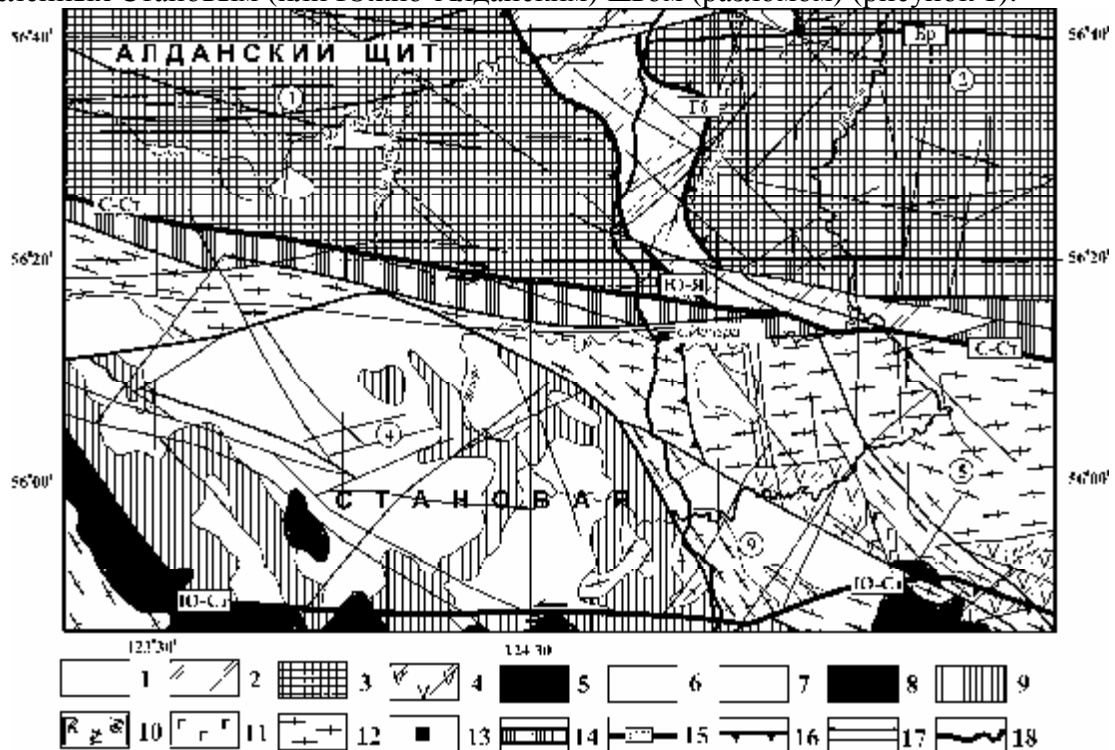


Рис.1. Структурно - тектоническая карта территории Южной Якутии

1–кайнозойские впадины; 2-3 – **Сибирская платформа**: 2-Чульманский предгорный прогиб, 3- кристаллические комплексы Алданского щита. Блоки (цифры в кружках): 1-Зверевский, 2-Сутамский; 4-12 – **Становая складчатая система**: 4-мезозойские терригенно-вулканогенные впадины; 5-мезозойские граниты; 6-9 – Раннепротерозойские образования – 6-гранитоиды, 7-диориты и тоналиты, 8-габброиды, 9- Тукурингрский метаморфический комплекс; 10-12 – Позднеархейские образования: 10-расслоенные габброиды и анортозиты, 11-однородные габброиды, 12-Становой метаморфический комплекс. Блоки (цифры в кружках): 3-Нижне-Ларбинский, 4-Верхнее-Гиллойский; 5-Верхне-Тимптонский, 13 – Станции наблюдения ЭМИ; 14-краевой шов Сибирской платформы; 15-системы главных разрывных нарушений (буквы в квадратах, черными стрелками показаны направления смещения по плоскостям разломов): **ЮЯ**-Южно-Якутский, **Гр**-Горбыляхский, **Бр**-Беркаитский, **С-Ст**-Северо-Становой, **Ю-Ст**-Южно-Становой; 16- надвиги; 17-прочие разломы; 18-Амуро-Якутская автотрасса.

В пределах района широко распространены продукты мезозойской тектономагматической активизации, образующие несколько протяженных поясов, параллельных друг другу и Становому шву, которые накладываются на гетерогенный раннедокембрийский фундамент. Они представлены поясом гранодиоритовых батолитов Станового хребта, Южно-Алданской системой впадин, выполненными мощными (до 5 км)

угленосными толщами юры и неокома, субщелочными и щелочными вулканическими и интрузивными образованиями триасово-раннемелового возраста, широко распространенными на южной окраине Алданского щита. Эти зоны в совокупности соответствуют активной континентальной окраине мезозойского возраста [4].

Измерения, анализ. Первые инструментальные наблюдения вариаций электромагнитных эмиссий (ЭМИ) в Южной Якутии были проведены в 1987-1991 г.г. в связи с задачей изучения предвестников землетрясений и поиска наиболее информативных из них.

Произошедшее землетрясение 29.04.89г. с энергией  $E=10^{16.5}$  Дж позволило установить взаимосвязь между аномальными суточными вариациями ЭМИ и землетрясениями [2,3] (Рис.2).

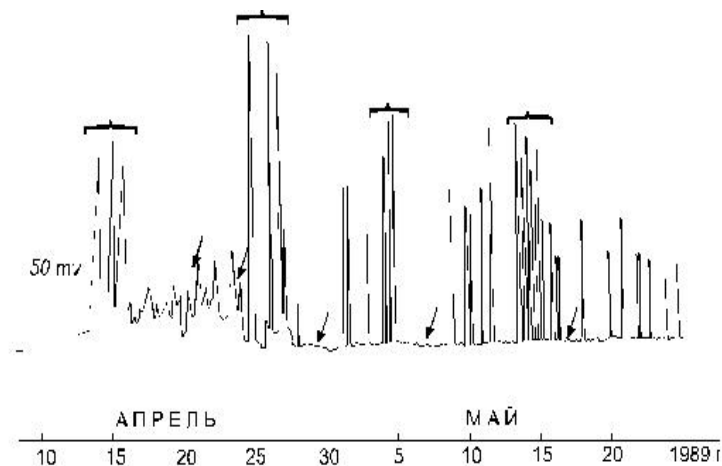


Рис.2. Изменение напряженности ЭМИ в период сильных землетрясений апреле – мае 1989 г. Стрелками отмечены моменты главного события 20 апреля 1989 г. и его сильных афтершоков 25 и 28 апреля, а также 7 и 17 мая. Фигурные скобки указывают на возмущения ЭМИ, зафиксированные перед этими событиями.

На основании данных измерений был сделан предварительный вывод о том, что увеличение амплитуды сигналов электромагнитной природы их группирование в течение нескольких суток выступает в роли краткосрочного предвестника времени землетрясения с погрешностью определения события  $\pm 2$  суток без указания на характер самого землетрясения: магнитуды, энергетического класса, интенсивности и места события [2].

Недостатком интерпретации материалов 1989 г. [2,3] было отсутствие детализации аномальных проявлений в суточных вариациях. При рассмотрении рисунка 2 видно, что первая серия аномалий произошла общей группой, затем основное событие. Первый афтершок (вторая стрелка на рис.2) не отмечен аномалиями ЭМИ. Третий афтершок сопровождается аномалиями (вторая серия), однако детальное рассмотрение показывает, что внутри серии имеется период затишья (нормальный фон). После афтершока выделенная третья серия не охватывает двухсуточные аномальные проявления (рис.2). Аналогичная картина проявляется и перед четвертым афтершоком: выделенная серия (четвёртая скобка рис.2) предваряется серией аномалий суточного хода без сейсмического события. Все эти рассуждения были оставлены за рамками интерпретационных схем [2,3], т.к. к основному положению возражений не было: аномалии ЭМИ для Южной Якутии, в условиях современной активной геолого-тектонической структуры, являются необходимым признаком возможного повышения сейсмической активности. Вероятность наступления события оценивалась  $\frac{3}{4}$ , или 75%.

Возобновление работ по регистрации ЭМИ в 2005 г. позволило подтвердить основные положения и рекомендации, полученные в 1989 г. За двухлетний период наблюдений аппаратурой МГР-1 [7] произошло 2 землетрясения 10.11.05 и 3-13.03.07 с энергией более  $10^{15}$  Дж. В обоих случаях имели место аномальные суточные вариации ЭМИ (рис.3-6).

Иллюстрированные данные на графиках не нормированы и представляют собой первичные данные, сглаженные по пятичасовым интервалам 30-ти суточных серий наблюдений в г. Нерюнгри (рис.3-5) и усредненные с полчасовым окном 7-ми дневные

серии (рис. 6). Влияние атмосфериков на уровень ЭМИ в данной работе не анализируется, хотя по графикам абсолютных интенсивностей (рис.3-5) прослеживается практически линейная зависимость их влияния (спад) на общий суточный ход ЭМИ (осень-зима).

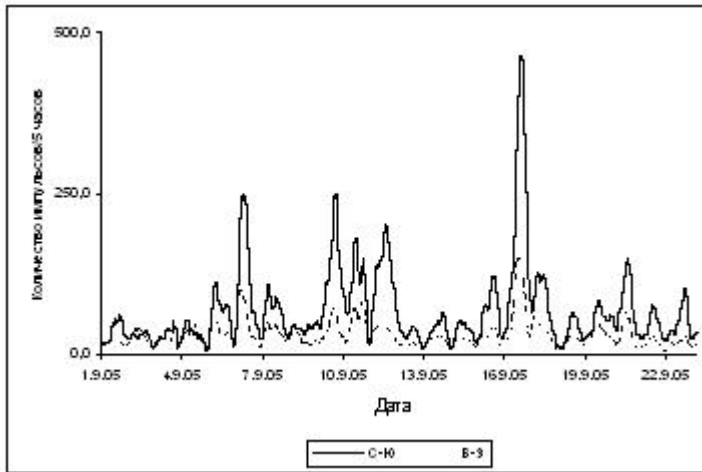


Рис.3. Временная и координатная развертки аномалий ЭМИ в сентябре 2005 г.

Геофизический пункт г. Нерюнгри.  
Трехканальная аппаратура МГР-1[4].

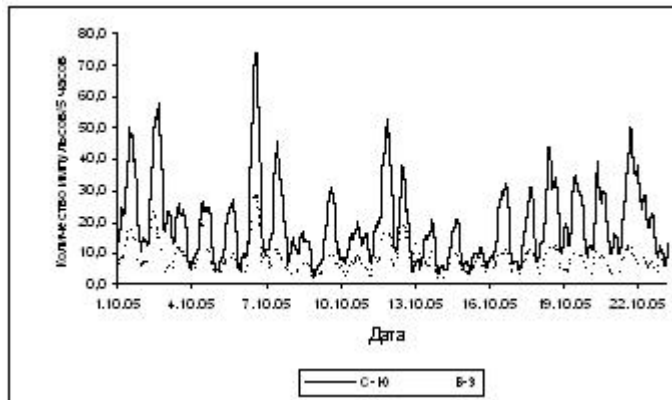


Рис.4. Временная и координатная развертки аномалий ЭМИ в октябре 2005 г.

Геофизический пункт г. Нерюнгри.  
Трехканальная аппаратура МГР-1[4].

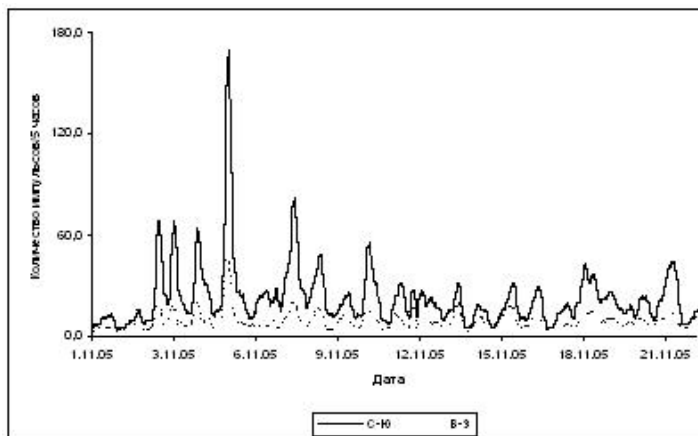
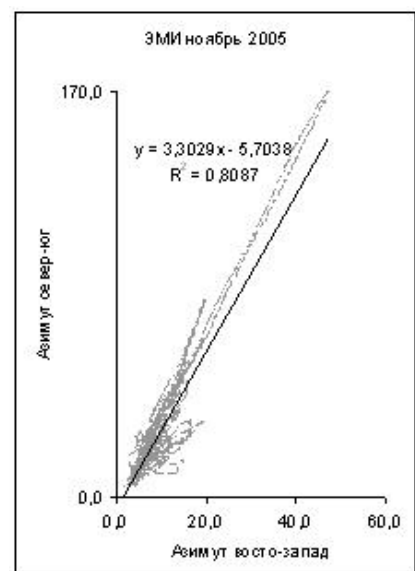
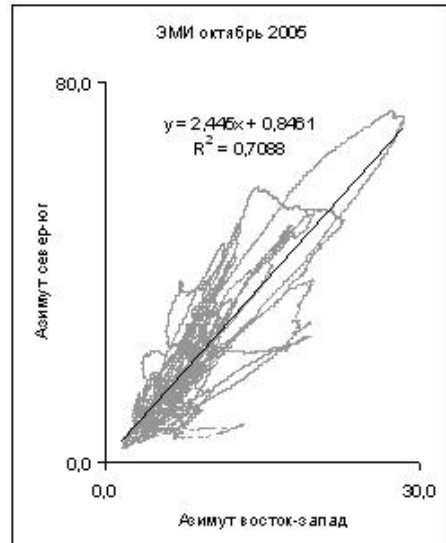
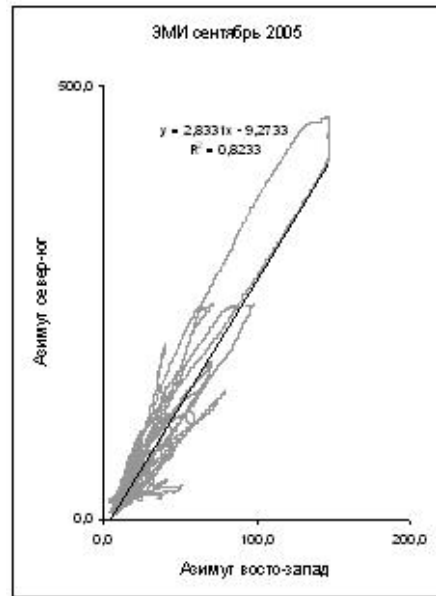


Рис.5. Временная и координатная развертки аномалий ЭМИ в ноябре 2005 г.

Геофизический пункт г. Нерюнгри.  
Трехканальная аппаратура МГР-1[4].



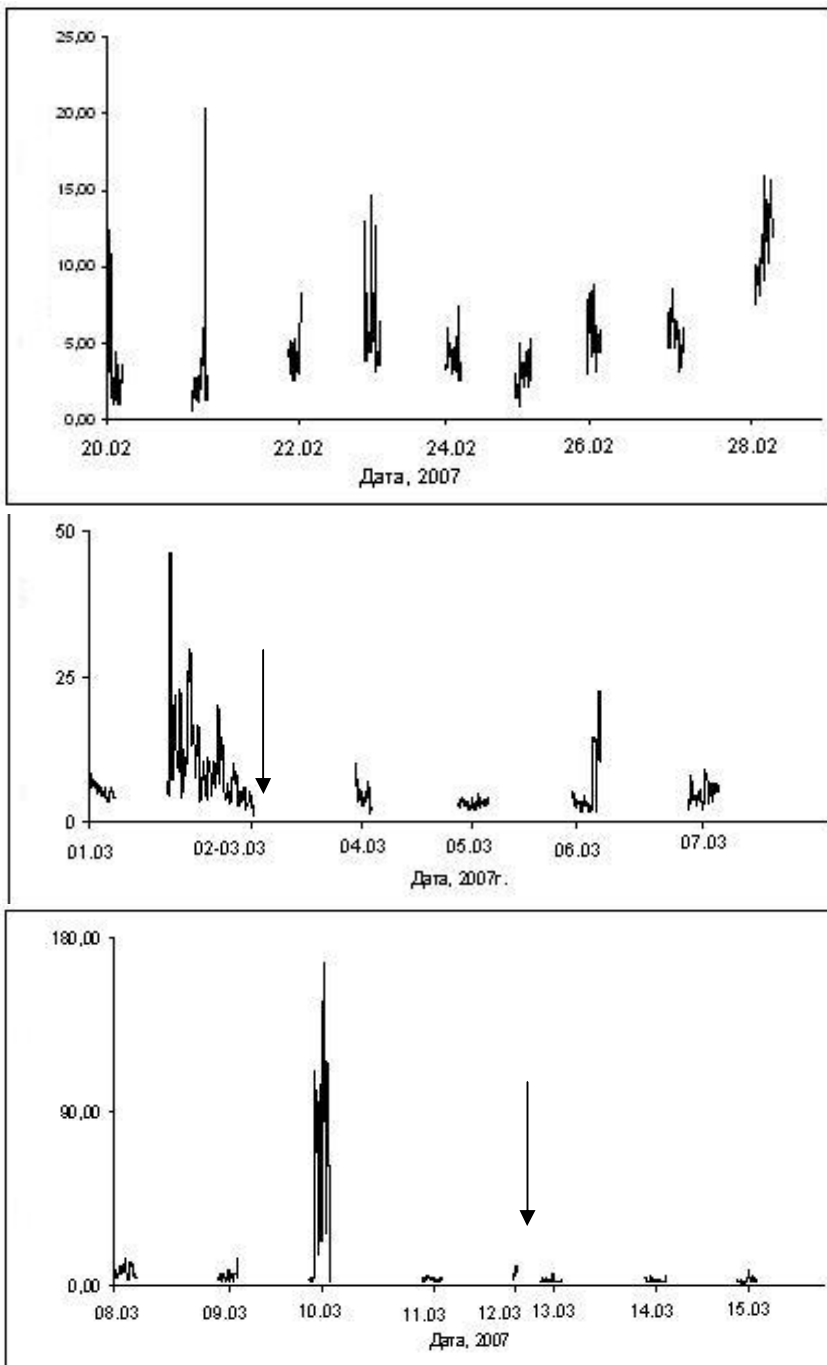


Рис.6. Вариации ЭМИ – ЕИЭПЗ в пункте наблюдений с. Иенгра (см. рис.1) с 20.02.2007 г. по 15.03.2007 г. в период землетрясения с энергией в очаге  $E = 10^{14.6}$  Дж.

Представлены аномалии ЭМИ, осредненные по 30-ти минутным интервалам, с 0<sup>h</sup>30<sup>m</sup> по 06<sup>h</sup> LT местного времени, за период минимального уровня промышленных помех.

Здесь и на рисунках 3-5 стрелками отмечены основные сейсмические события.

Вертикальный масштаб – количество импульсов за 30 минут.

Чувствительность каналов и порог срабатывания за время измерений не изменялись.

Правая часть рисунков 3-5 - сопоставление вариаций компонент магнитных составляющих ЭМИ СЮ и ВЗ ориентаций.

Что наблюдается?

- Трехкратное превышение амплитуды сигнала в течение 5-ти суток в сентябре 2007 г. относительно среднеарифметического уровня сигнала с отдельным всплеском 17.09 (рис.3). В заключительной стационарной фазе землетрясение отсутствует.
- Незначительные среднестатистические флуктуации амплитуд в октябре (рис. 4).
- Снижение (сезонное) нормального уровня ЭМИ до 15 импульсов в максимуме вариаций и от 5 до 10 кратного превышения уровня с 03.03 по 10.03. с последующим сейсмическим сопровождением с энергией  $E = 10^{15}$  Дж на спаде интенсивности ЭМИ.
- На фоне квазиволнового процесса (рис.6) в феврале 2007 г. выделяются аномальные амплитуды с выходом в нормальное поле к 01.03. без сейсмического события.
- Резкое возрастание амплитуды и, практически, экспоненциальный спад с последующим землетрясением с энергией  $E = 10^{15}$  Дж (рис. 6).

Возможная интерпретация. При различных методах физического эксперимента 1989 г. (аналоговая запись уровня напряженности ЭМИ на КСП-4 при помощи селективного вольтметра и круговой антенны) и 2005-2007 г.г. (цифровая регистрация количества импульсов ЭМИ-ЕИЭПЗ) выделяются общие закономерности:

- каждому значимому сейсмическому событию предшествует аномальное изменение суточных вариаций ЭМИ;
- присутствуют аномалии, не сопровождающиеся последующим землетрясением;
- перед землетрясением в течение 1-3-х суток выделяется период стационарного распределения амплитуд сигналов ЭМИ.

Фактически это означает, что групп аномальных сигналов ЭМИ больше, чем землетрясений, и, следовательно, при наличии явных предвестников землетрясений, невозможность детерминированного прогноза событий. Однако, если рассматривать сейсмический процесс в блоковой среде [5], то можно предположить, что аномалии ЭМИ должны проявляться дважды: в период консолидации блоков на начальной стадии формирования очага землетрясения и в период разрушения консолидационной зоны. Учитывая данные о наблюдениях наклонов в период Южно-Якутского землетрясения (рис.7), можно заключить, что процесс накопления энергии упругих деформаций и процесс разгрузки среды не симметричны относительно главного события. Следовательно, первые предвестники будут регистрироваться задолго до землетрясения (время предвестника пропорционально скорости накопления упругих деформаций), а повторные аномалии могут проявиться уже после события, т.к. измерения проводятся не в очаге, а на его периферии. Например, график аномальных наклонов (рис.7) показывает, что в момент Южно-Якутского землетрясения, деформационный процесс в пункте регистрации (около 70 км от очага) продолжался в виде накопления упругих деформаций (положительный наклон) и только после некоторого времени начался нестационарный процесс снятия напряжений.

Для Олекмо-Становой зоны получена оценка периода релаксационных процессов на основе анализа значимых сейсмических событий [6]. Аналитически зависимость может быть представлена в виде:

$T = 10^{\frac{K-K_0}{1.5}},$	(1)
-------------------------------	-----

где величина  $T$  в сутках,  $K_0 = 12.63$ .

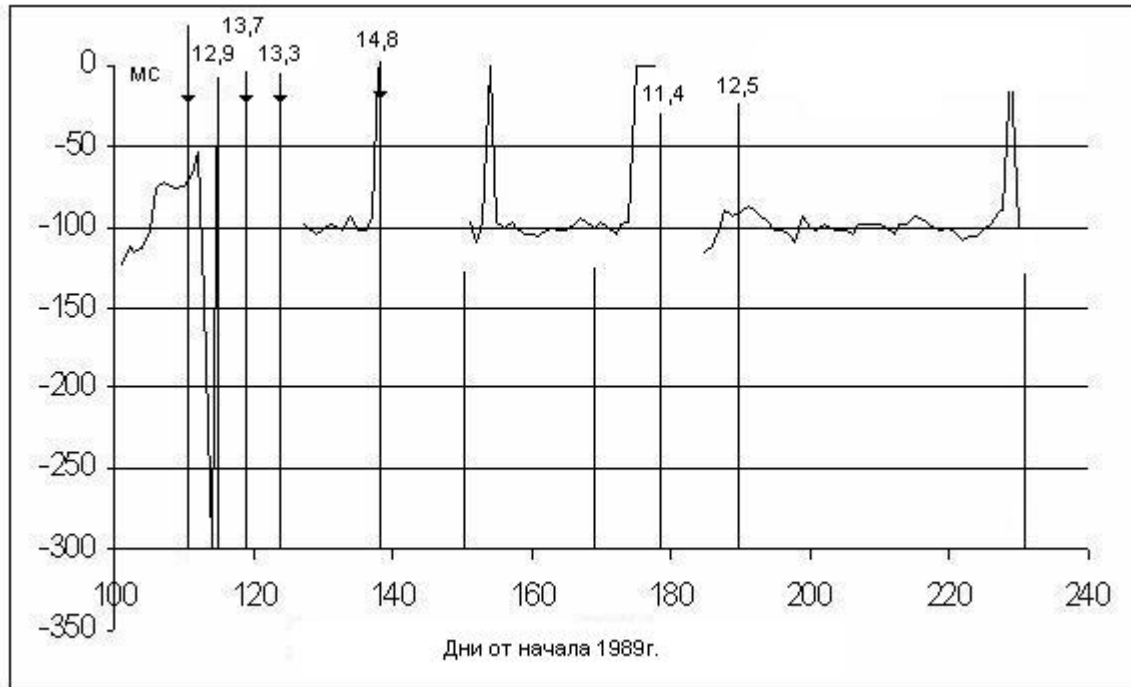
Для землетрясений с энергетическими классами  $K=12.9, 13.3, 13.7$  и  $14.8$  периоды релаксационных процессов, рассчитанные по формуле (1), будут равны соответственно 1.5, 2.8, 5.2, 28 суток, что дает возможность оценить временной интервал (максимально возможный) проявления предвестников. Для землетрясения 10.11.2005 время действия предвестников 21 день.

В работе [1] показано, что даже при трансформации всей энергии землетрясения с  $E=10^{24}$  эрг в электромагнитную энергию напряженность ЭМИ будет меньше фоновой составляющей. Следовательно, регистрируемые аномалии являются следствием приповерхностного взаимодействия блоков земной коры при их относительном перемещении вблизи пункта наблюдения и определяются физическими свойствами горных пород, вещественным составом, характером движения по разлому. Размер области, формирующей аномалии ЭМИ, дополнительно зависит от затухания электромагнитной волны, распространяющейся над проводящей средой (разломом).

Таким образом, аномалии ЭМИ, выделенные в 1989 г. (см. рис.2), могут быть разложены по составляющим: афтершоку 28 мая соответствует две группы аномалий с 27 апреля по 3 мая; афтершоку 7 мая – две группы аномалий с 4 по 11 мая; афтершоку 17 мая – с 12 по 25 мая. Последний цикл аномалий с 20 по 25 мая (рис.2) не выделен в отдельную группу, т.к. после этих аномалий не произошло землетрясения, а исторически в 1992-1993 г. г. график представлялся именно в данном виде [2, 3]. Характер изменения суточных аномалий ЭМИ в 2005 и 2007 годах аналогичен вариациям 1989 г. Однако здесь появилась

дополнительная информация: перед землетрясением (рис.5) соотношения фаз максимумов вариаций компонент ВЗ и СЮ направления становится более регулярными. В период, охватывающий релаксационные процессы, коэффициент корреляции возрос на 10% по отношению к предыдущему периоду. Если в сентябре (рис.4) наблюдалось запаздывание фаз максимумов одной компоненты относительно другой (петли на рис. 4), то в марте наблюдается линейная зависимость амплитуд двух компонент. Является ли это дополнительным свидетельством сеймотектонического происхождения аномалий ЭМИ покажут последующие наблюдения.

Рис.7. Остаточные наклоны в период Южно-Якутского землетрясения в апреле 1989 г. и его



афтершоков

Стрелками отмечены афтершоки, перед которыми наблюдались аномалии ЭМИ. Цифры – энергетический класс землетрясений.

#### Список литературы

1. Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Похотелов О.А. Сейсмоэлектромагнитные явления. – М.: Наука, 1988. – 174с.
2. Козьмин Б.М., Голенецкий С.И., Трофименко С.В. Южно – Якутское землетрясение 20 апреля 1989 года. Южно – Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1992. – 43с.
3. Козьмин Б.М., Голенецкий С.И., Трофименко С. В. Афтершоки Южно – Якутского землетрясения 20 апреля 1989г.- Южно – Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1993. – 66с.
4. Парфенов Л.М., Натальин Б.А., Попеко Л.И. Тектоника восточной части Монголо-Охотской складчатой системы и природа сопряженных с ней зон мезозойской тектономагматической активизации Алдано-Становой области // Тихоокеанская геол. 1983. № 2. С. 26-33.
5. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. Сейсмический процесс в блоковой среде. – М.: Наука, 1991. – 96с.
6. Трофименко С. В. Проявление землетрясений на фоне стационарного сейсмического процесса Олекмо-Становой зоны (ОСЗ)// Горный информационно-аналитический бюллетень.-М.: Изд-во МГГУ. Отдельный выпуск 3. Якутия. 2007. 1. С. 208-212.
7. Шталин С.Г., Малышков С.Ю., Малышков Ю.П., Гордеев В.Ф., Масальский О.К. Автоматизированная станция оперативного прогноза землетрясений (опыт четырехлетней эксплуатации в Прибайкалье) //Физические основы прогнозирования разрушения горных пород. С.324-330