

## К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ МЕСТА И ВРЕМЕНИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЮЖНОЙ ЯКУТИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Трофименко С.В.<sup>1</sup>, Гриб Н.Н.<sup>1</sup>, Имаев В.С.<sup>2</sup>, Никитин В.М.<sup>1</sup>, Муллаяров В.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Технический институт (филиал) ЯГУ, Нерюнгри, [urovsky@yandex.ru](mailto:urovsky@yandex.ru)

<sup>2</sup>Институт земной коры СО РАН, Иркутск

<sup>3</sup>Институт космических исследований и ионосферы (ИКФИА) СО РАН

### Введение

Рассматриваются вопросы геофизического мониторинга Олекмо-Становой сейсмической зоны (ОСЗ) методом регистрации естественного импульсного электромагнитного поля земли ЭМИ - ЕИЭПЗ. Анализ сейсмической активности в 1989 г. показал, что область активизации имеет протяженность более 3000 км. Делается предположение, что вариации ЭМИ - ЕИЭПЗ могут быть обусловлены источниками за пределами ОСЗ.

Вопросы прогнозирования места и времени землетрясений имеют самостоятельное значение и решаются независимо различными геофизическими методами.

Для Южной Якутии в пределах Алданского щита на современном этапе наиболее надежные прогнозные пространственные построения осуществляются на основе долгосрочных сейсмологических исследований, тектонических и геоморфологических признаков. Прогнозирование времени предстоящего события осуществляется проведением геофизического мониторинга.

### К вопросу о прогнозе места землетрясения

На рисунке 1 приведена схема сейсмогенных блоков, ограниченных разломами, входящими в систему Станового краевого шва. На концах отдельных активных линейментов левосдвиговой кинематики образуются блоки с различными формами рельефа (горст, грабен), способных накапливать значительные тектонические напряжения.

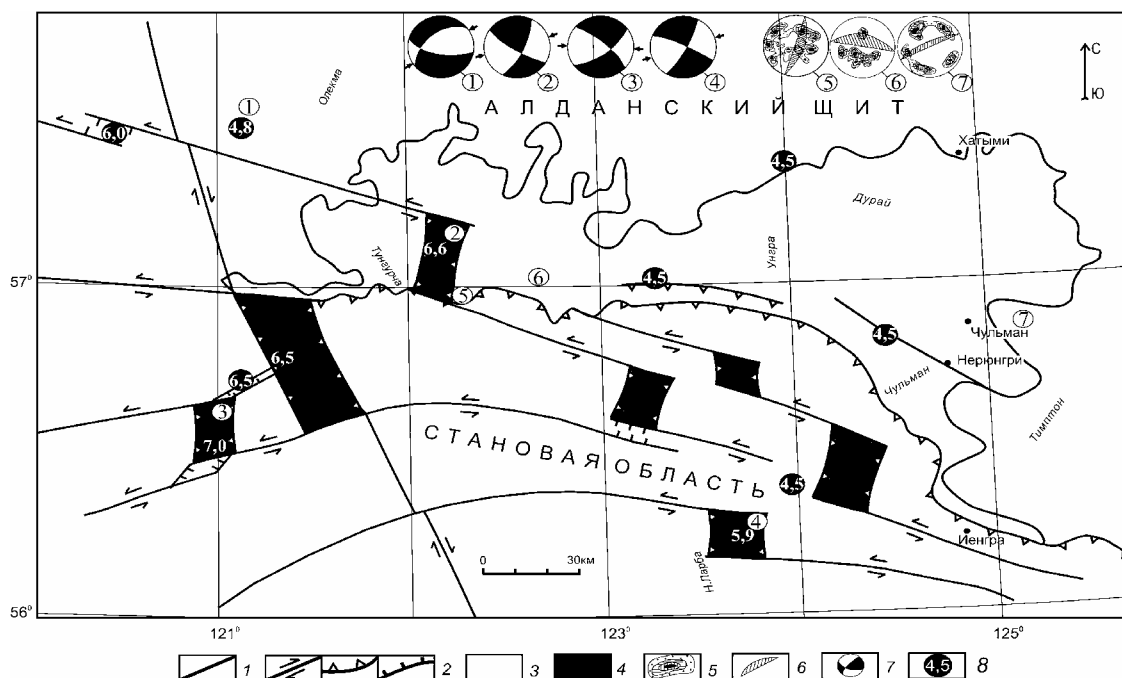


Рис. 1. Схема сейсмогенерирующих блоков западной части Южной Якутии:

1 - разломы; 2 - тип разломов: сдвиги, надвиги, сбросы; 3 - мезокайнозойские впадины; 4 - блоки сжатия; 5 - изолинии плотности трещин; 6 - простираение главной плоскости сместителя; 7 - фокальные механизмы землетрясений (стрелками показано положение векторов сжатия); 8 - максимальная магнитуда землетрясений.

Разрядка их происходит, как правило, в виде сильных и катастрофических землетрясений с  $M \geq 6.0$ , а фокальный механизм данных событий соответствует тектоническому типу деформации локализованного блока. Представляет интерес Олекминский блок на правом берегу р. Олекмы, который был сформирован как горстовая структура. Его в северо-восточном направлении пересекает Имангра-Чебаркасская зона растяжения (грабен), относящаяся к системе Имангрского левого сдвига. По-видимому, наложение структур с различным типом тектонических деформаций проявилось здесь в виде трех катастрофических землетрясений с  $M = 6.5-7.0$ . В тех блоках, где уже произошла разрядка напряжений (рис. 1), проставлена магнитуда состоявшегося события. Остальные блоки можно считать, как потенциально опасные. Данное исследование выполнено с использованием карт масштаба 1:1 млн., с увеличением масштаба возможна более дробная дифференциация блоков.

По сейсмологическим признакам, как можно видеть на рис. 2, эпицентр будущего Южно – Якутского землетрясения ( $57.17^\circ$  с.ш.,  $122.31^\circ$  в.д.) находится в области сейсмического затишья (кольцевая структура). Однако аналогичные области располагаются северо-западнее ( $57.3^\circ$ ,  $121.6^\circ$ ) и восточнее: ( $56.1^\circ$ ,  $124.6^\circ$ ), ( $56.2^\circ$ ,  $124.7^\circ$ ) на расстоянии более 200 км друг от друга. Следовательно, по области сейсмического затишья долгосрочный прогноз эпицентра катастрофы возможен, но необходимо указывать все области, так как это напрямую связано со степенью сейсмических рисков для населения, проживающего на сейсмоактивной территории. В случае ОСЗ разброс бальности, например, для г. Нерюнгри составит более 2.

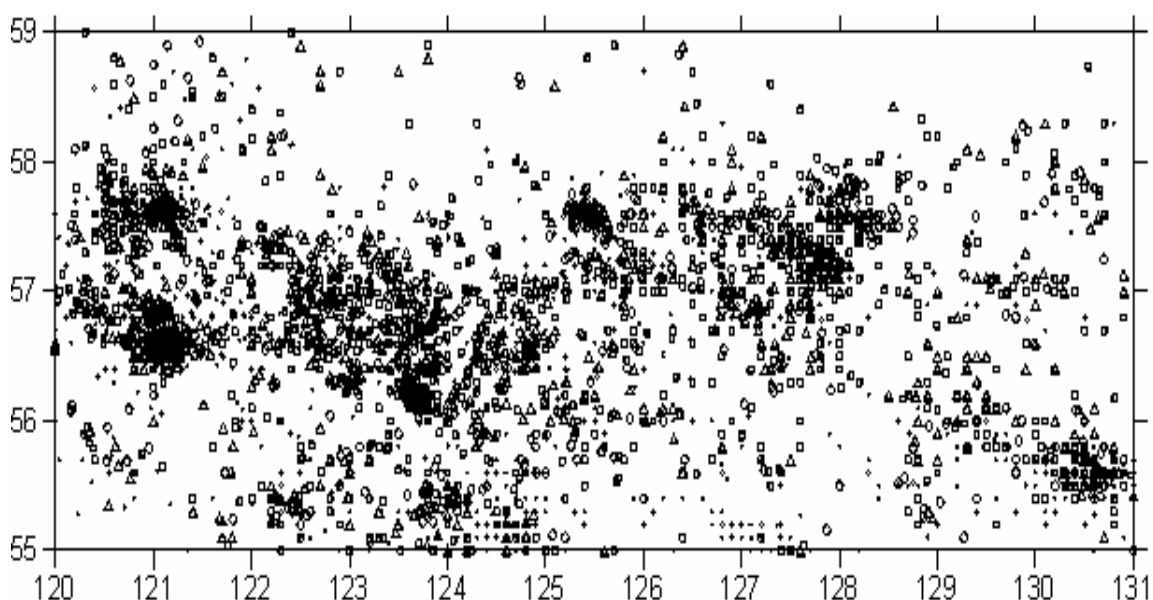


Рис. 2. Распределение эпицентров землетрясений ОСЗ без данных за 1989 г.

В центре ОСЗ ( $56.6^\circ$ ,  $124.1^\circ$ ) имеется асейсмичная структура северо-восточного простирания, которая также может стать сейсмогенерирующей областью, а это, в свою очередь, многократно увеличивает степень сейсмического риска для промышленно развитого района Южной Якутии.

### К вопросу о прогнозировании времени землетрясения

При исследованиях временных изменений геофизических полей вследствие сеймотектонических процессов возникает две задачи: поиск закономерностей «поле - землетрясение» и определение предельного радиуса (сферы) влияния экзогенных процессов на формирование геофизических предвестников землетрясений.

Проблемы, связанные с решением первой задачи для Южной Якутии, достаточно полно представлены в [1]. Сложности интерпретации, которые при этом возникают можно изложить следующим образом:

- каждому значимому сейсмическому событию предшествует аномальное изменение суточных вариаций ЭМИ (например, рис. 3А);

- присутствуют аномалии, не сопровождающиеся последующим землетрясением (рис. 3А);
- не каждому событию предшествуют аномалии ЭМИ (рис. 3Б);
- перед землетрясением в течение 1-3-х суток выделяется период стационарного распределения амплитуд сигналов ЭМИ;
- групп аномальных сигналов ЭМИ больше чем землетрясений и, следовательно, при наличии явных предвестников землетрясений, нет возможности детерминированного прогноза событий;
- аномалии ЭМИ для Южной Якутии, в условиях современной активной геолого-тектонической структуры, являются необходимым признаком возможного повышения сейсмической активности. Вероятность наступления события оценивается как  $\frac{3}{4}$ , или 75%.
- В модели блоковой среды [2] можно предположить, что аномалии ЭМИ должны проявляться дважды: в период консолидации блоков на начальной стадии формирования очага землетрясения и в период разрушения консолидационной зоны (после события, т.к. измерения проводятся не в очаге, а на его периферии).

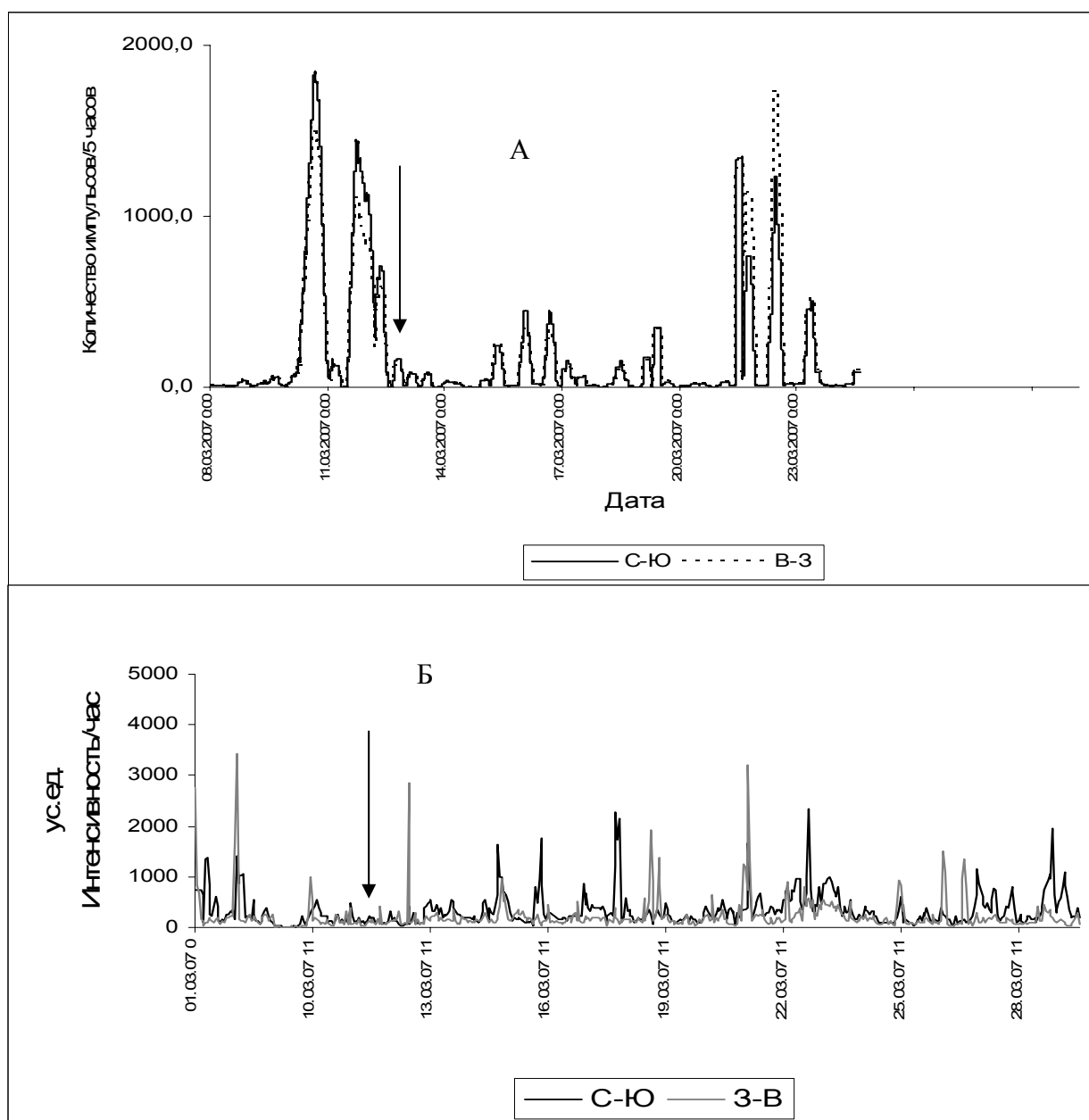


Рис. 3. Вариации ЭМИ – ЕИЭПЗ в пунктах наблюдений с. Иенгра «А» и г. Нерюнгри «Б» в период действия афтершоков землетрясения с энергией в очаге  $E = 10^{14.6}$  Дж 12.03.2007 г. Стрелкой отмечено сейсмическое событие.

Рис. 3 иллюстрирует всевозможные состояния системы «поле - землетрясение». Так в период землетрясения 03.03.2007 г. в обоих пунктах были зарегистрированы аномалии, десятикратно превышающие нормальный суточный ход. Землетрясению 12.03.2007 предшествовали аномалии только в п. Иенгра. После аномалий 22-24.03 сейсмического события в Олекмо-Становой сейсмической зоне не произошло. Все эти закономерности уже отмечались ранее, в период землетрясения 1989 г. [1].

Если присутствуют аномалии, не сопровождающиеся землетрясением в данной области, то закономерен вопрос: могут ли данные аномалии сформироваться по действием геодинамической обстановки на более обширных областях. В работе [3] показано, что в период активизации сейсмической активности в Олекмо-Становой сейсмической зоне в апреле-мае 1989 г. аналогичные изменения происходили как в сейсмическом поясе Черского так и на Камчатке (рис. 4, 5). Повышение сейсмической активности в апреле-мае 1989 г. в сейсмическом поясе Черского (СПЧ), что иллюстрирует рис. 5А, по характеру проявления распределения энергии землетрясений в период афтершоков землетрясения, произошедшего 23.04.1989 г., с  $K = 14$ , и афтершоков 25.04. и 27.04, идентично закономерностям ОСЗ. В этот период был отмечен рой землетрясений с аналогичным распределением энергии на Камчатке, однако, без сильного землетрясения (рис. 5Б). Нарушение стационарного распределения эпицентров землетрясений происходило 21.04, 02.05, и более длительное – 22.05.1989 г. Таким образом, в апреле мае 1989 г. мог существовать единый источник, как повышенной сейсмической активности, так и неперiodических изменений в геофизических полях. Протяженность зоны активизации составила более 3 000 км.

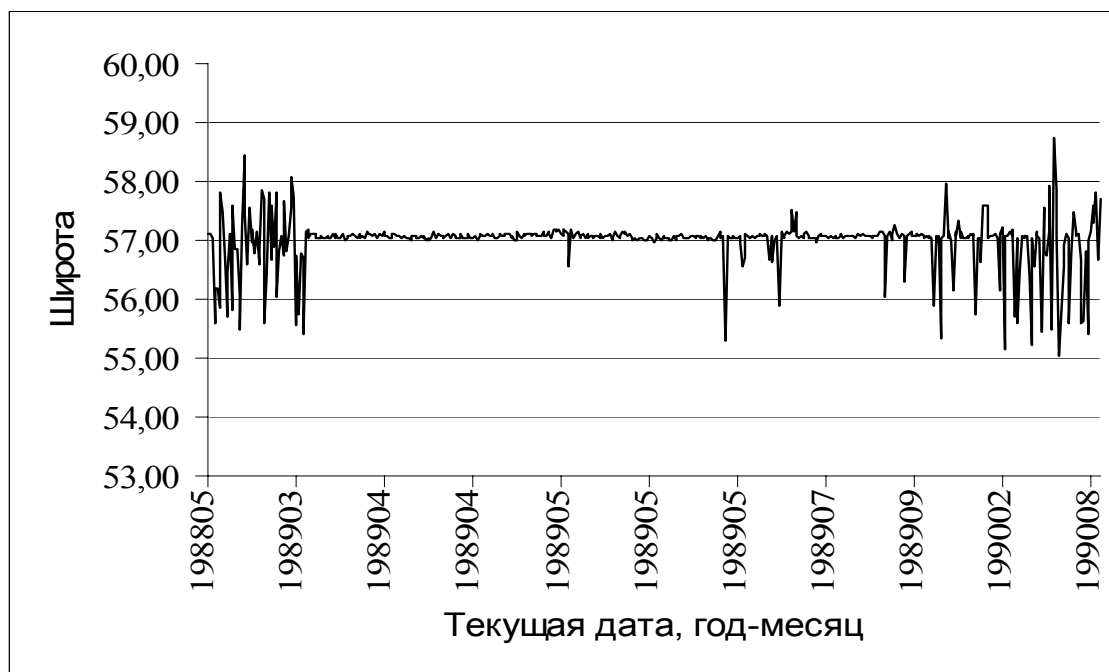


Рис. 4. Изменение широты эпицентров землетрясений Олекмо-Становой зоны (ОСЗ) в период Южно-Якутского землетрясения 1989 г.

На рис. 6 представлены графики изменения интенсивности ЭМИ в июле 2007 г. Расстояние до пункта регистрации 1 000 км. Если за нормальный фон принять амплитуду суточных вариаций с 13 по 16 июля (точки 300-550 рис. 6), то аномальные изменения в начале и в конце месяца составят 300-400%. Могло ли в действительности землетрясение на таком значительном расстоянии вызвать данные изменения ЭМИ однозначно ответить не представляется возможным. Необходимо проведение синхронного глобального эксперимента по регистрации ЭМИ по профилю, охватывающему весь Байкало-Становой сейсмический пояс с единой системой регистрации.

### Выводы

Многолетними геофизическими измерениями установлена связь между произошедшими землетрясениями и неперiodическими изменениями геофизических полей на территории Южной Якутии.

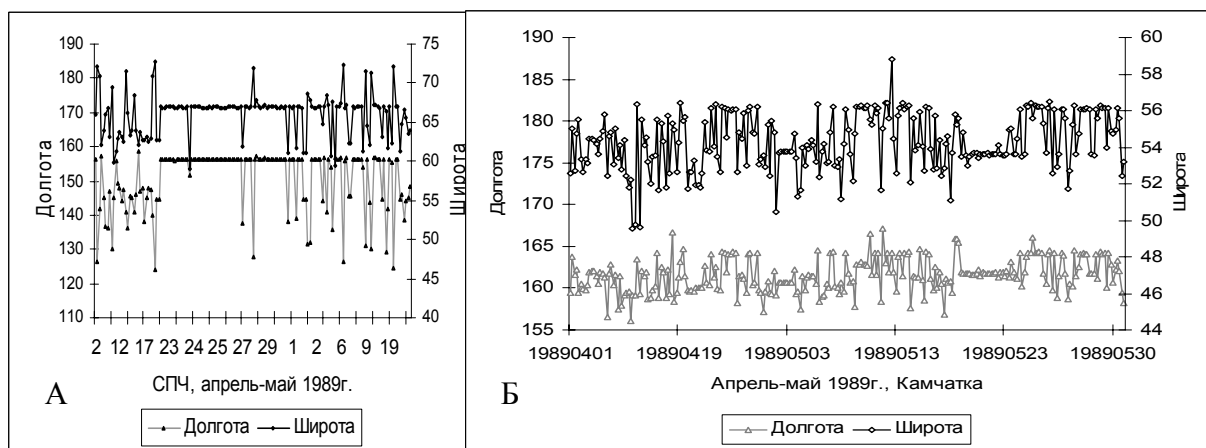


Рис. 5. Изменение широты и долготы эпицентров землетрясений сейсмического пояса Черского (СПЧ) (А), и эпицентров землетрясений (Камчатка) (Б) в период Южно-Якутского землетрясения 1989 г.

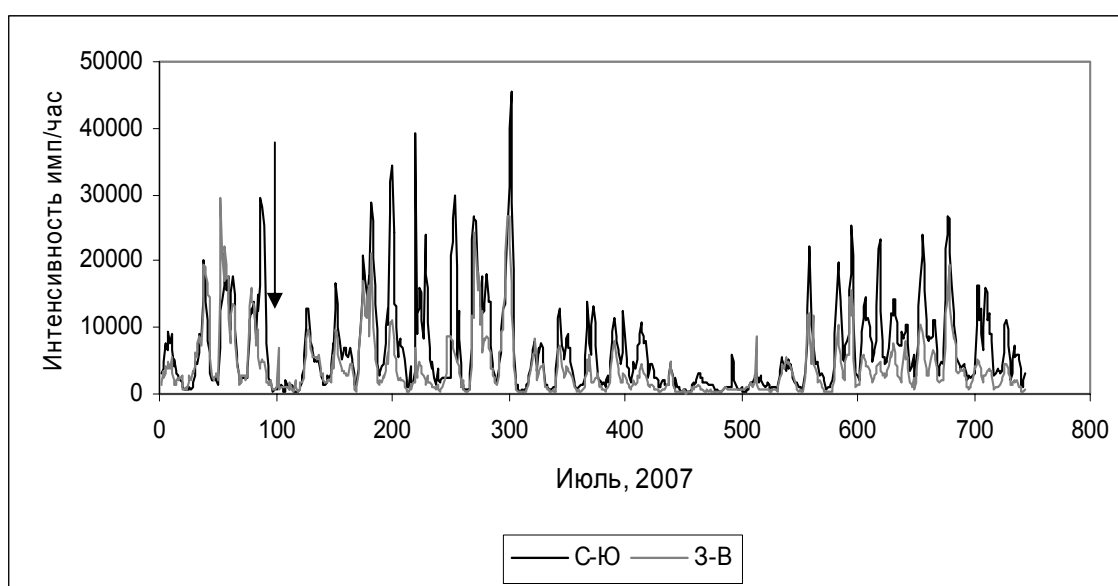


Рис. 6. Вариации ЭМИ – ЕИЭПЗ в пункте наблюдений Нерюнгри с 01.07.2007 по 30.07.2007 г. Стрелкой отмечено сейсмическое событие с  $K = 14.1$  ( $55.48^\circ$ ,  $110.47^\circ$ ) 04.07.2007 г.

Детальный анализ результатов геофизического мониторинга за 2005-2007 гг. с привлечением материалов за 1989 г. позволил проинтерпретировать аномалии ЭМИ с позиции сейсмического процесса в блоковой среде.

Источником аномальных изменений ЭМИ выступает тектонический процесс, который охватывает территорию, превосходящую область Алданского щита или Олекмо-Становую сейсмическую зону.

Выделенные области формирующихся очагов землетрясений по тектоническим и сейсмологическим признакам также могут быть источниками ЭМИ, но для подтверждения этих положений необходимо проведение площадного геофизического мониторинга.

### Список литературы

1. Козьмин Б.М., Голенецкий С.И., Трофименко С.В. Южно-Якутское землетрясение 20 апреля 1989 года. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1992. 43 с.
2. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. Сейсмический процесс в блоковой среде. М.: Наука, 1991. 96 с.
3. Трофименко С.В. Проявление землетрясений и их фор- и афтершоков на фоне стационарного сейсмического процесса // Матер. совещ. Проблемы современной сейсмологии и геодинамики Центральной и Восточной Азии. Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2007. В 2-х томах. Т.2. С. 171-175.