



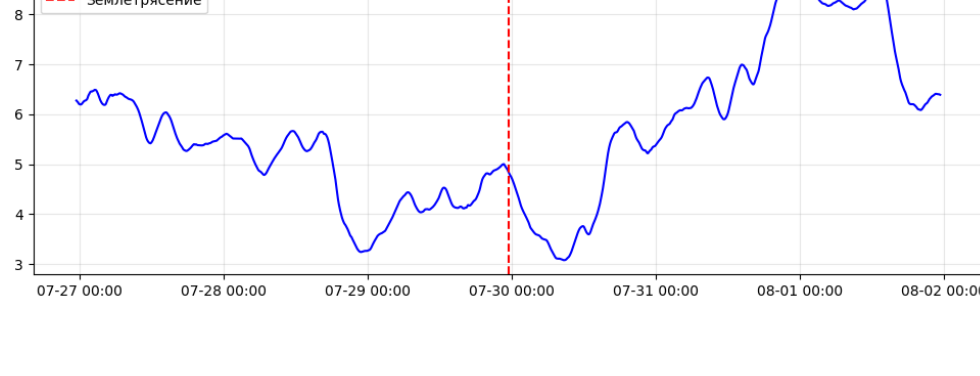
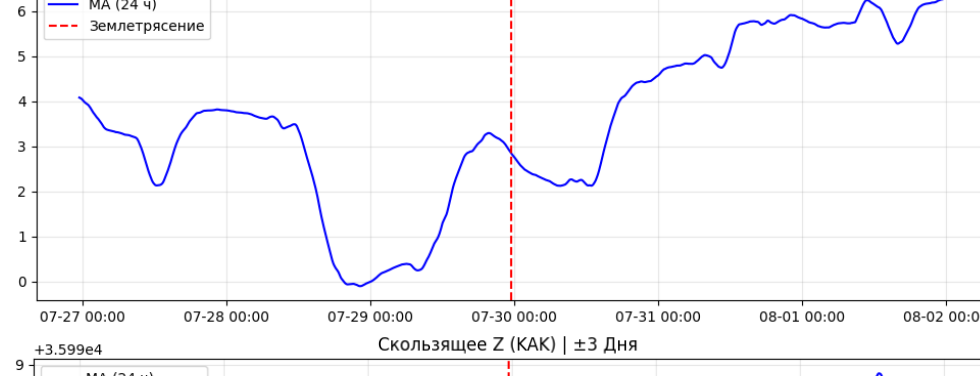
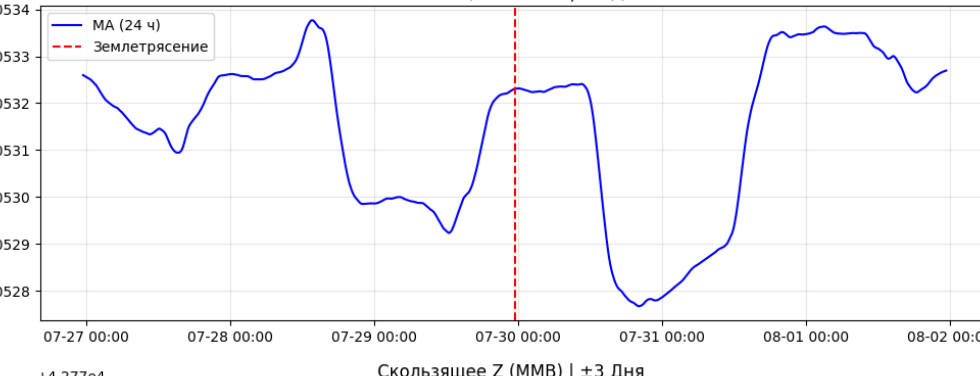
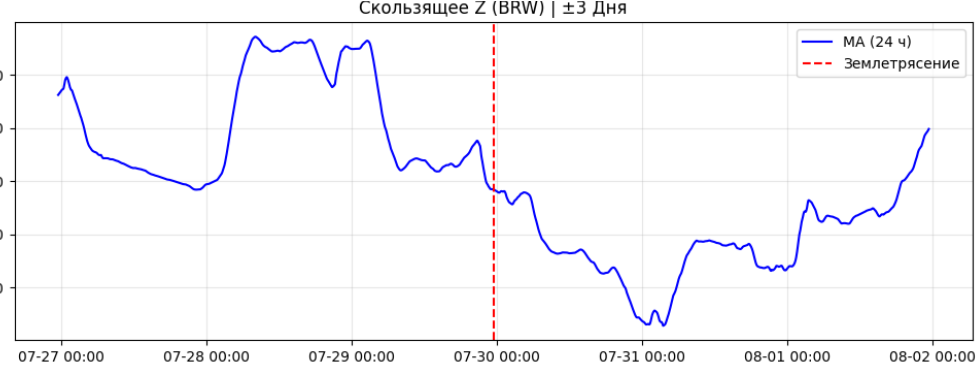
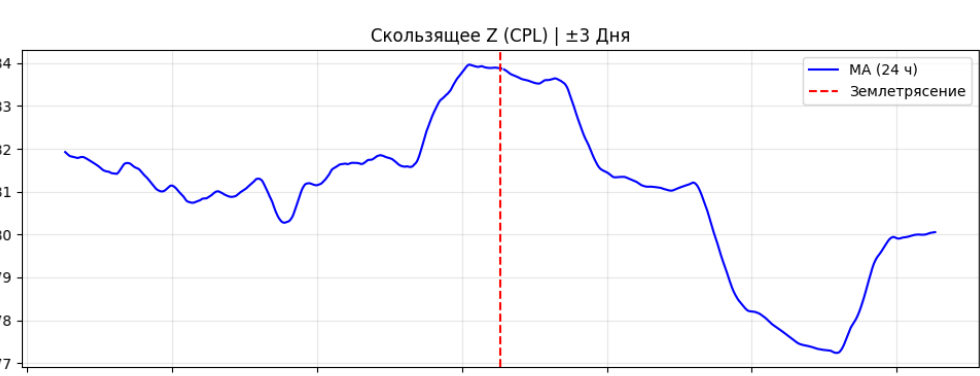
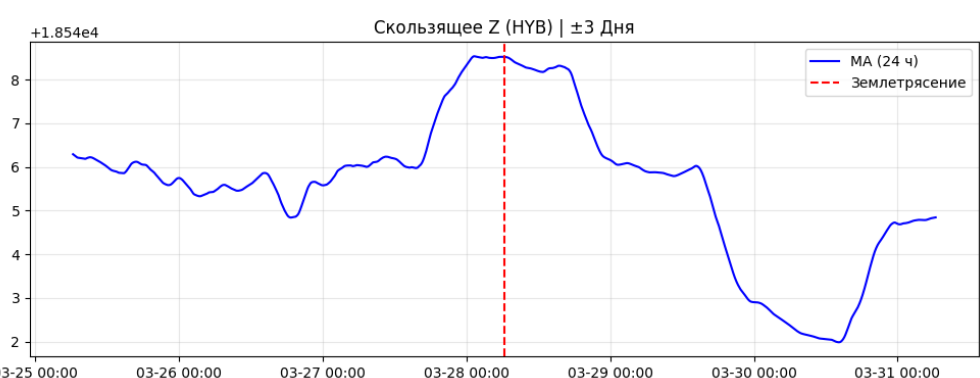
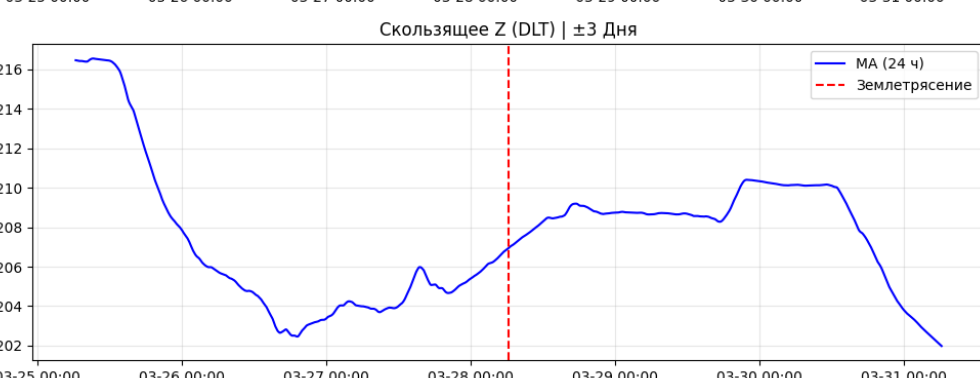
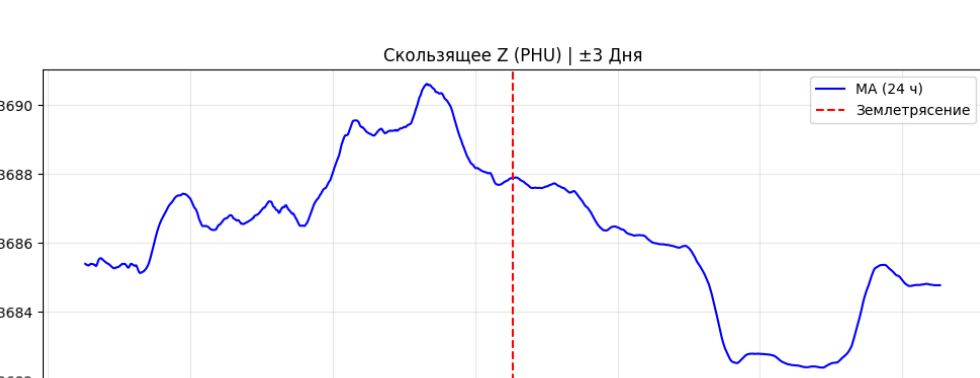
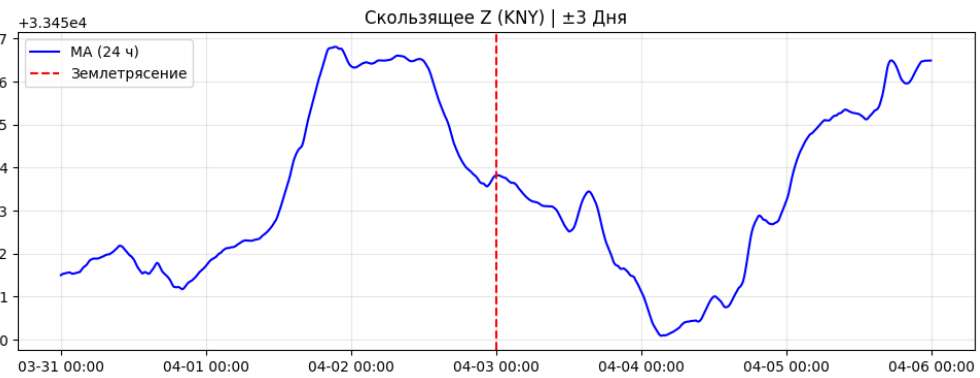
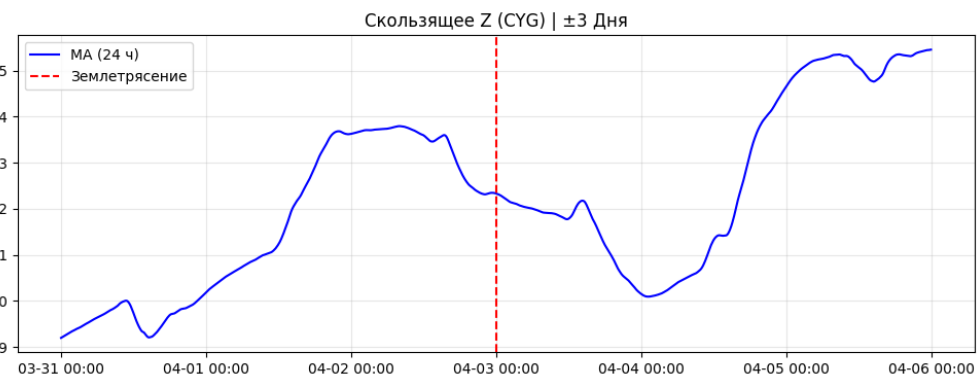
ГЕОМАГНИТНЫЕ ВАРИАЦИИ И ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЕХ СОБЫТИЙ

Гнитеева О.С., Белинская А.Ю

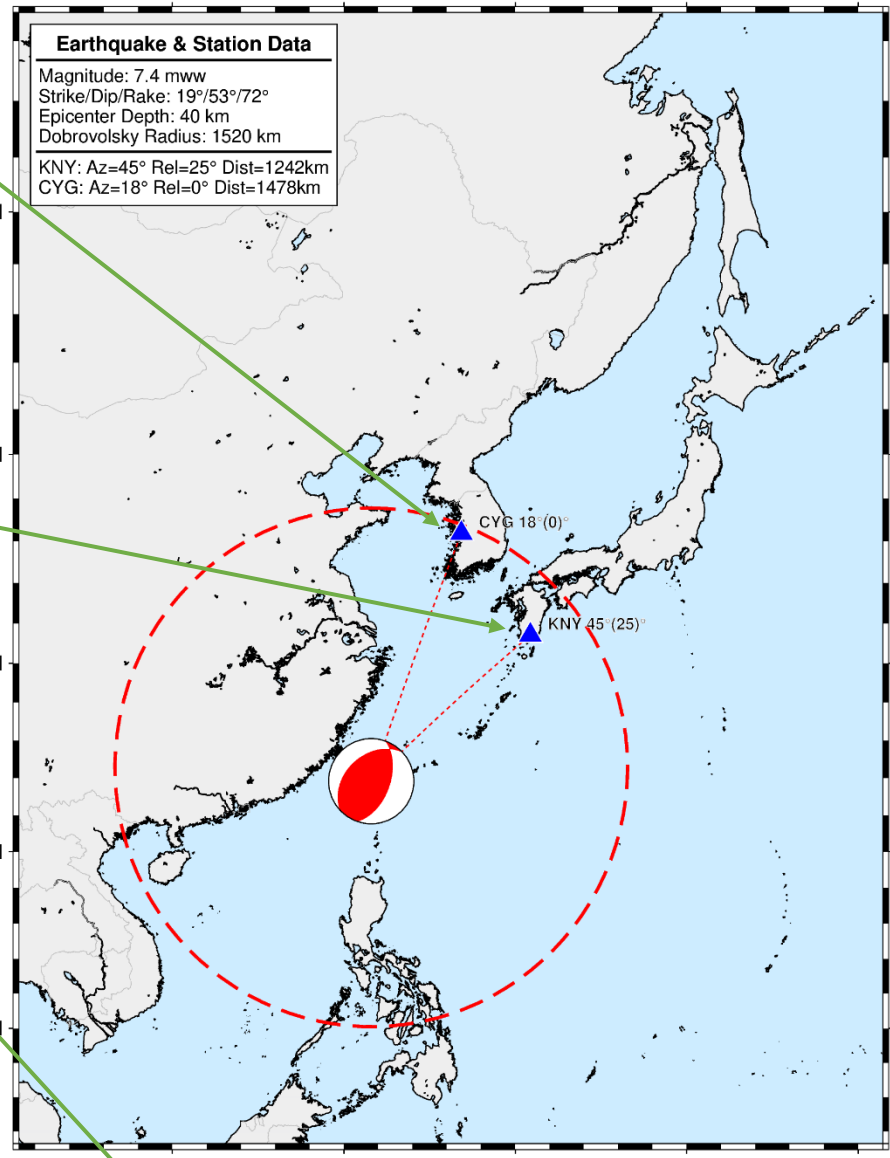
Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск
gniteevaos@ipgg.sbras.ru

В настоящей работе рассмотрены пространственно-временные вариации геомагнитного поля, ассоциированные с подготовкой и реализацией крупных сейсмических событий. Анализ проведен для трех землетрясений: на Тайване (2024, М 7.4), в Мьянме (2025, М 7.5) и на Камчатке (2025, М 8.8). Разработана автоматизированная система обработки магнитограмм сети INTERMAGNET, включающая анализ низкочастотных трендов, статистическое обнаружение аномалий, непрерывное вейвлет-преобразование и фильтрацию космической погоды по индексам Кр и Dst. Для разграничения ионосферного шума применялись спектральное отношение и индекс поляризации, подтвердившие преобладание вертикальной структуры литосферной эмиссии. Показаны интенсивность предсейсмических импульсов и выраженная пост-сейсмическая депрессия Z-компоненты, регистрируемых на станциях вдоль оси простираения разлома. Анализ трансконтинентальных данных показал способность вертикально-поляризованного сигнала преодолевать дистанции свыше 3000 км. Извлеченные многомерные характеристики формируют оптимальное признаковое пространство для последующего внедрения алгоритмов машинного обучения, в частности архитектур класса LTSM-Autoencoder, с целью автоматизированного выявления литосферных аномалий.

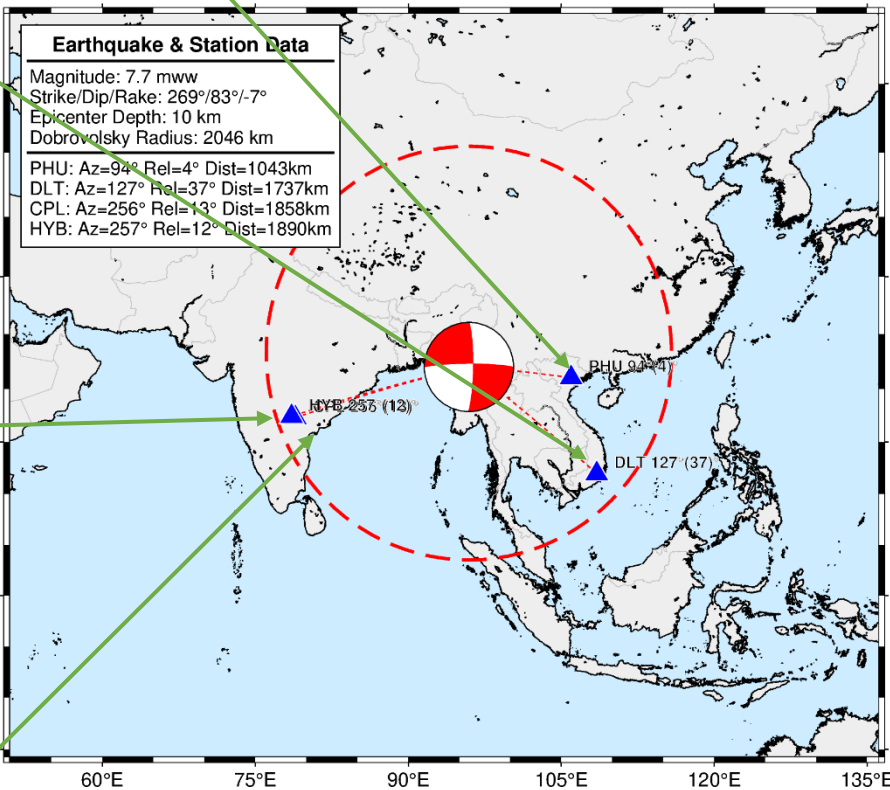
Космическая погода для событий Т и К была достаточно спокойной, магнитных бурь не было (в рассматриваемые дни Кр не превышал 4, Dst не практически не опускался ниже -30 нТл). Землетрясение М проходило на фоне малой магнитной бури (Кр превышал 5, Dst опускался ниже -50 нТл), которая началась за 2е суток и закончилась за несколько часов до основного толчка. Такая спокойная геофизическая обстановка дает нам возможность не брать в расчет эффекты солнечной активности в вариация МПЗ.



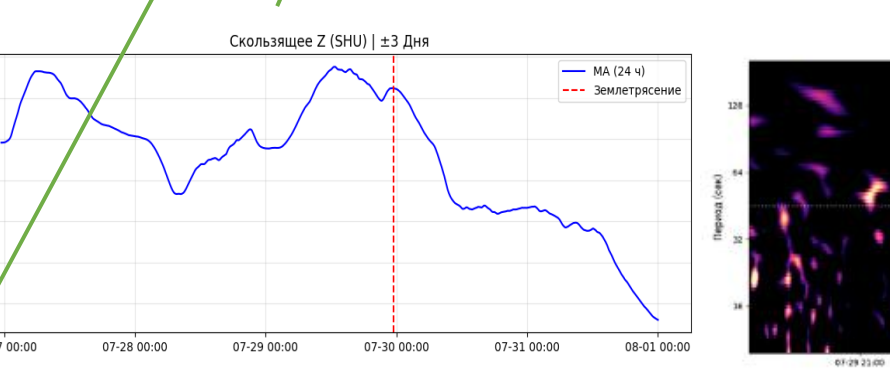
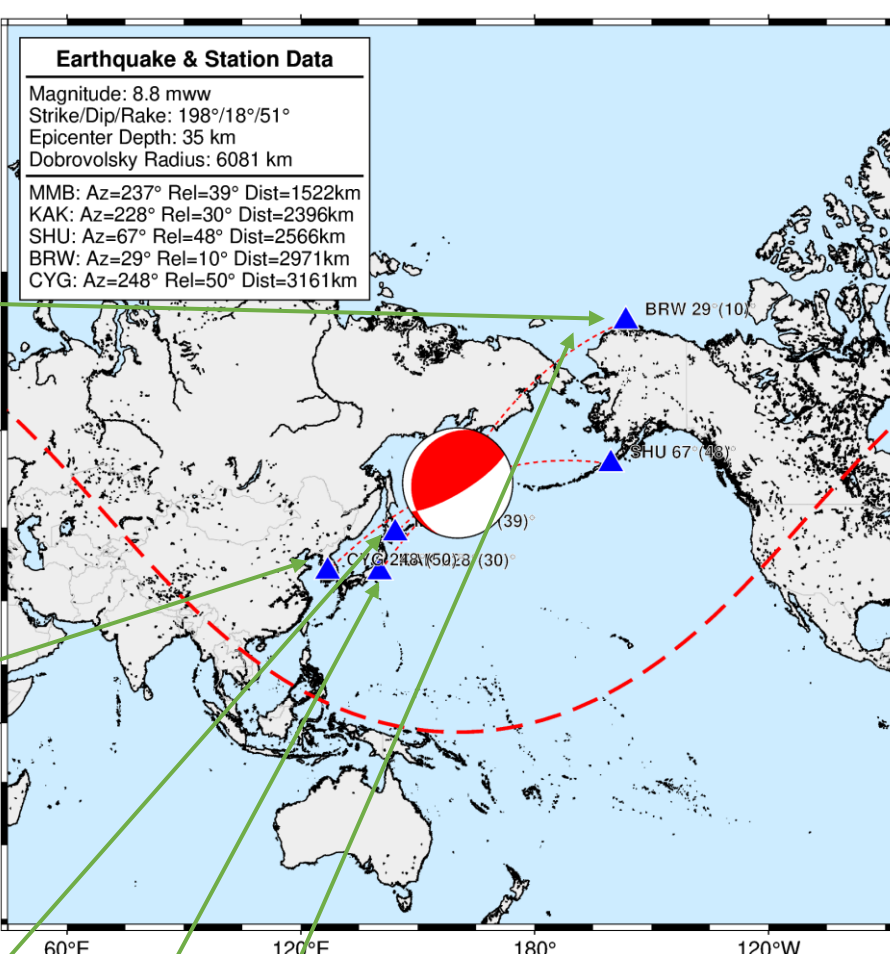
2024-04-02 23:58 | М: 7.4



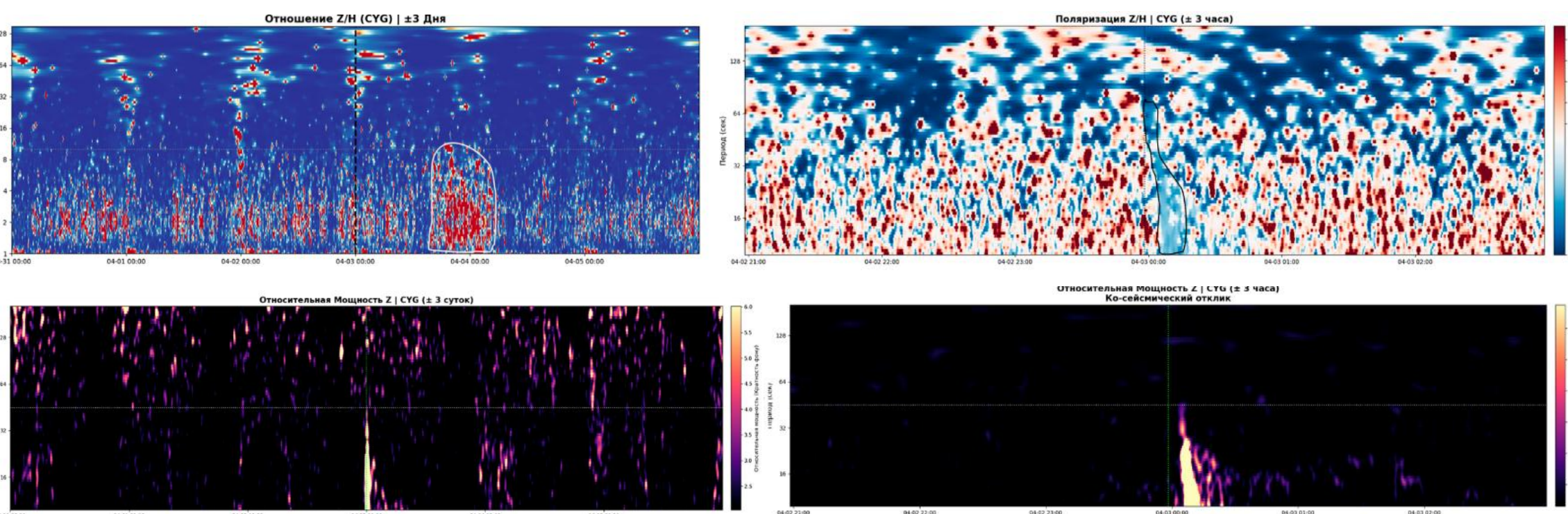
2025-03-28 06:20 | М: 7.7



2025-07-29 23:24 | М: 8.8



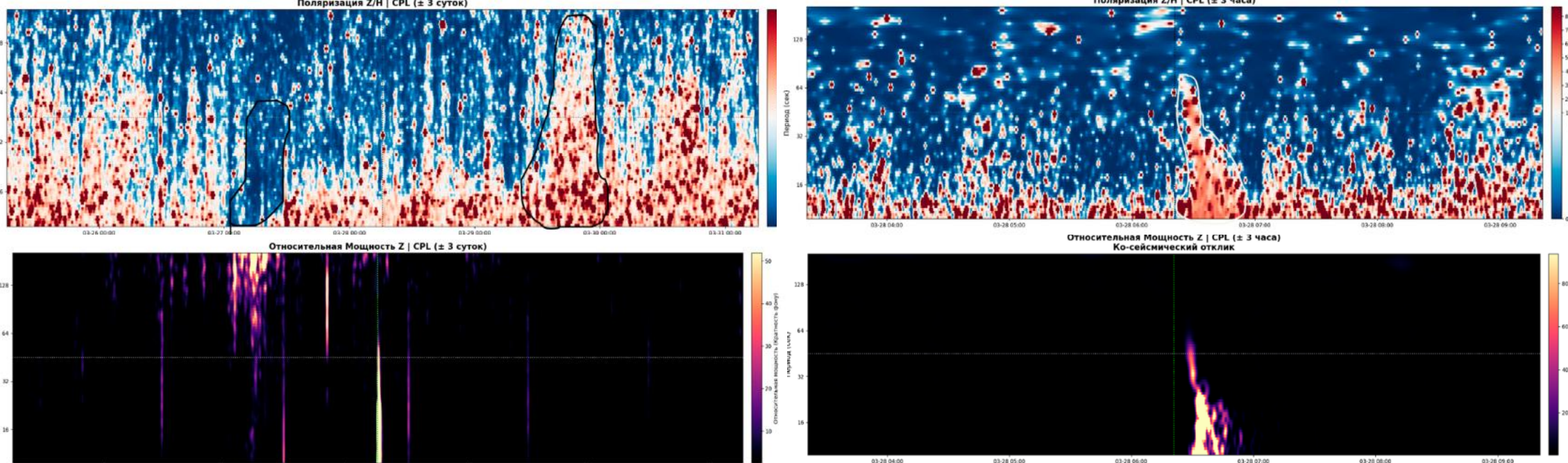
Для события на Камчатке формы графиков скользящих средних для обсерваторий не схожи, а рост и спад компоненты в значениях скользящего можно выделить только для SHU. На графиках относительных мощностей и спектральных соотношений не выделяется никаких ярких аномалий, приуроченных к сейсмическому событию. В первую очередь это, вероятнее всего, связано с недостатком обсерваторий мало отклоненных от оси разлома, осуществлявших запись секундных данных, необходимых для рассмотрения Рс3-4. Ни одно отельное повышение мощности на всех периодах нельзя выделить в самостоятельный ко-сейсмический акустический отклик на землетрясение.



Событие Тайваня выделяется сходством графиков скользящих средних для обеих обсерваторий, входящих в радиус подготовки и можно отметить сначала рост значения скользящего за час до сейсмического события, и сразу после события – спад.

На графиках РЗ/РН непосредственно после землетрясения отмечается понижение значения спектрального соотношения, что свидетельствует о спаде значения вертикальной компоненты после резкого спада корового напряжения. Через сутки после события можно выделить продолжительные увеличения РЗ/РН, произошедшие на периодах до 10 мин и не выходящие за пределы зоны Рс5.

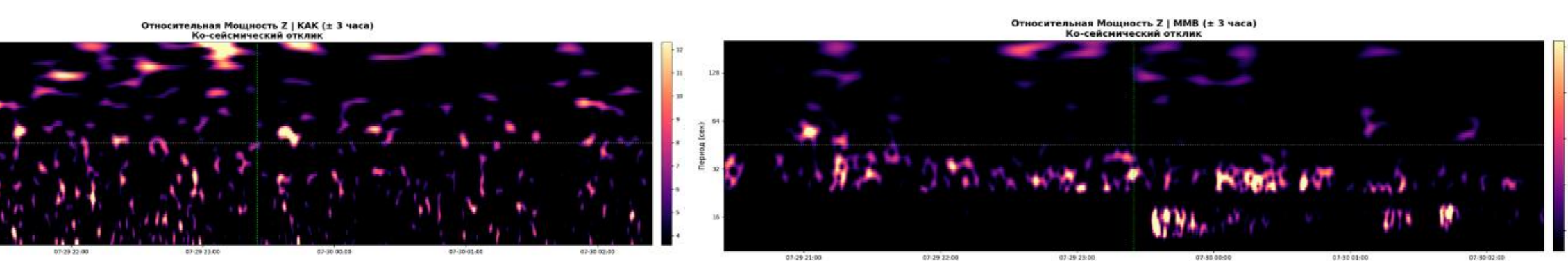
На графиках относительной мощности Z-компоненты на периодах до 45 секунд (Рс3), четко выделяется ко-сейсмическая реакция поля – значения мощности более чем в 60 раз превышают фоновые значения.



Для события в Мьянме форма графиков скользящих средних для всех обсерваторий за исключением DLT схожа. И также как и для первого события можно отметить рост и спад значения скользящего вертикальной компоненты до и после события для обсерватории PHU. Помимо этого, можно отметить менее выраженный спад скользящего для станций CPL и HYB. Для обсерватории DLT же какая-либо очевидно выделяемая реакция поля в данном графике отсутствует.

На графиках относительной мощности Z-компоненты для станции CPL на периодах до 45 секунд (Рс3), присутствует схожая с событием в Тайване ко-сейсмическая реакция поля.

Однако на графиках спектрального отношения картина сейсмического события значительно отличается: за сутки до события выделяется сильное понижение значения спектрального отношения, что вероятнее всего связано с увеличением значение горизонтальной компоненты поля вследствие возмущения геомагнитного фона в целом. И хоть через сутки после события, как и для события Тайваня, отмечается довольно продолжительное возрастание РЗ/РН, распространяющееся на периоды до 150 с и охватывающее зоны Рс3-4, сразу после землетрясения – отмечается рост спектрального соотношения, вместо ожидаемого падения значения РЗ и следовательно, уменьшения РЗ/РН.



Для события на Камчатке формы графиков скользящих средних для обсерваторий не схожи, а рост и спад компоненты в значениях скользящего можно выделить только для SHU. На графиках относительных мощностей и спектральных соотношений не выделяется никаких ярких аномалий, приуроченных к сейсмическому событию. В первую очередь это, вероятнее всего, связано с недостатком обсерваторий мало отклоненных от оси разлома, осуществлявших запись секундных данных, необходимых для рассмотрения Рс3-4. Ни одно отельное повышение мощности на всех периодах нельзя выделить в самостоятельный ко-сейсмический акустический отклик на землетрясение.

ВЫВОДЫ

Разработанный комплексный подход к анализу данных сети INTERMAGNET, включающий скользящее среднее, вейвлет-преобразование и расчет поляризационного отношения Z/H, показал свою эффективность в дифференциации локальных литосферных сигналов.

Результаты исследования подтверждают, что фиксация геомагнитных предвестников и откликов может зависеть от расположения станции относительно оси разлома. На обсерваториях с минимальным отклонением от оси разлома (события на Тайване и в Мьянме) уверенно регистрируются разномасштабные аномалии: характерные долгопериодные тренды в скользящем среднем Z-компоненты, а также резкий ко-сейсмический акустический отклик в высокочастотном диапазоне пульсаций Рс3.

Отсутствие подобного акустического отклика для Камчатского землетрясения объясняется нехваткой секундных данных с оптимально ориентированных станций. Дополнительно были выявлены пост-сейсмические поляризационные эффекты: спустя сутки после сейсмических событий наблюдается релаксация коровых напряжений, выраженная в продолжительном возрастании отношения РЗ/РН в длиннопериодных диапазонах Рс4 и Рс5.