

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА «КОМПЛЕКСНАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКИ» –
ОСНОВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ РОССИИ**

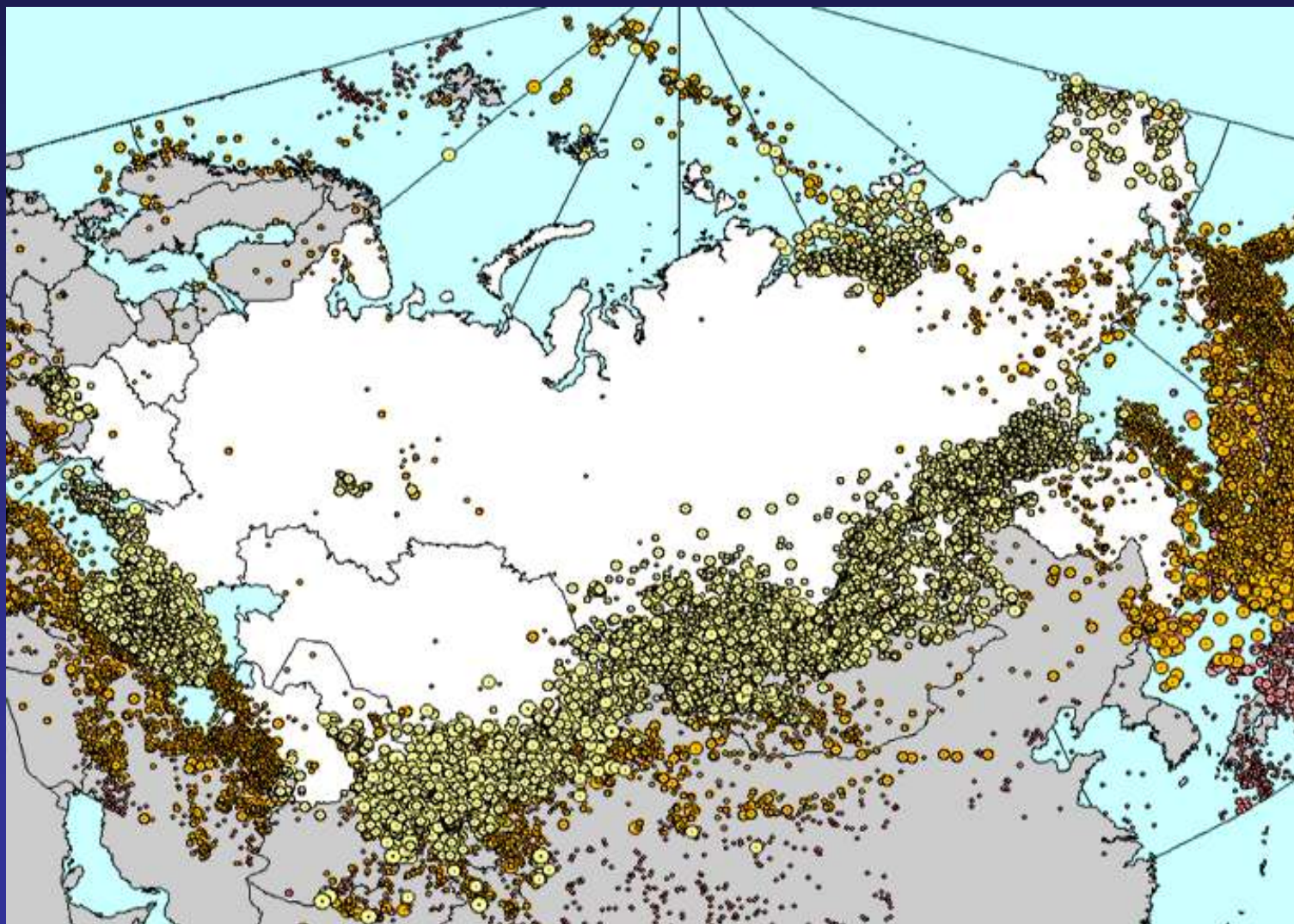
**Сейсмический мониторинг территорий размещения
объектов атомной энергетики**

Институт Динамики Геосфер РАН

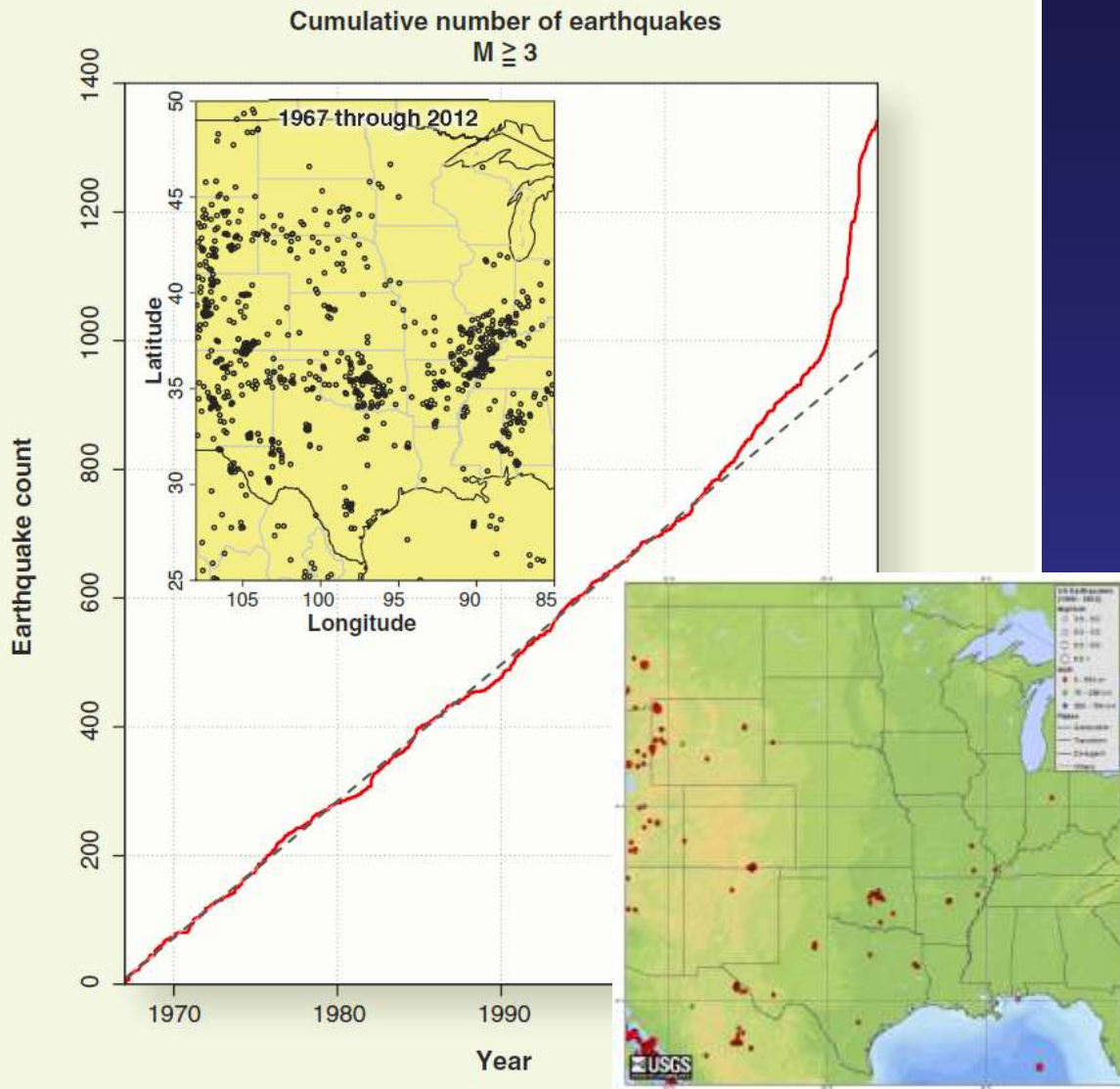


Seismicity of Russia and the Former Soviet Union

<http://earthquake.usgs.gov>



СЕЙСМИЧНОСТЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ США



Кумулятивное число землетрясений с $M \geq 3$ в центральной и восточных частях США в 1967 - 2012 гг.

Пунктир соответствует обычному для региона уровню 21,2 землетрясения/год.

[Ellsworth W.L. 2013]

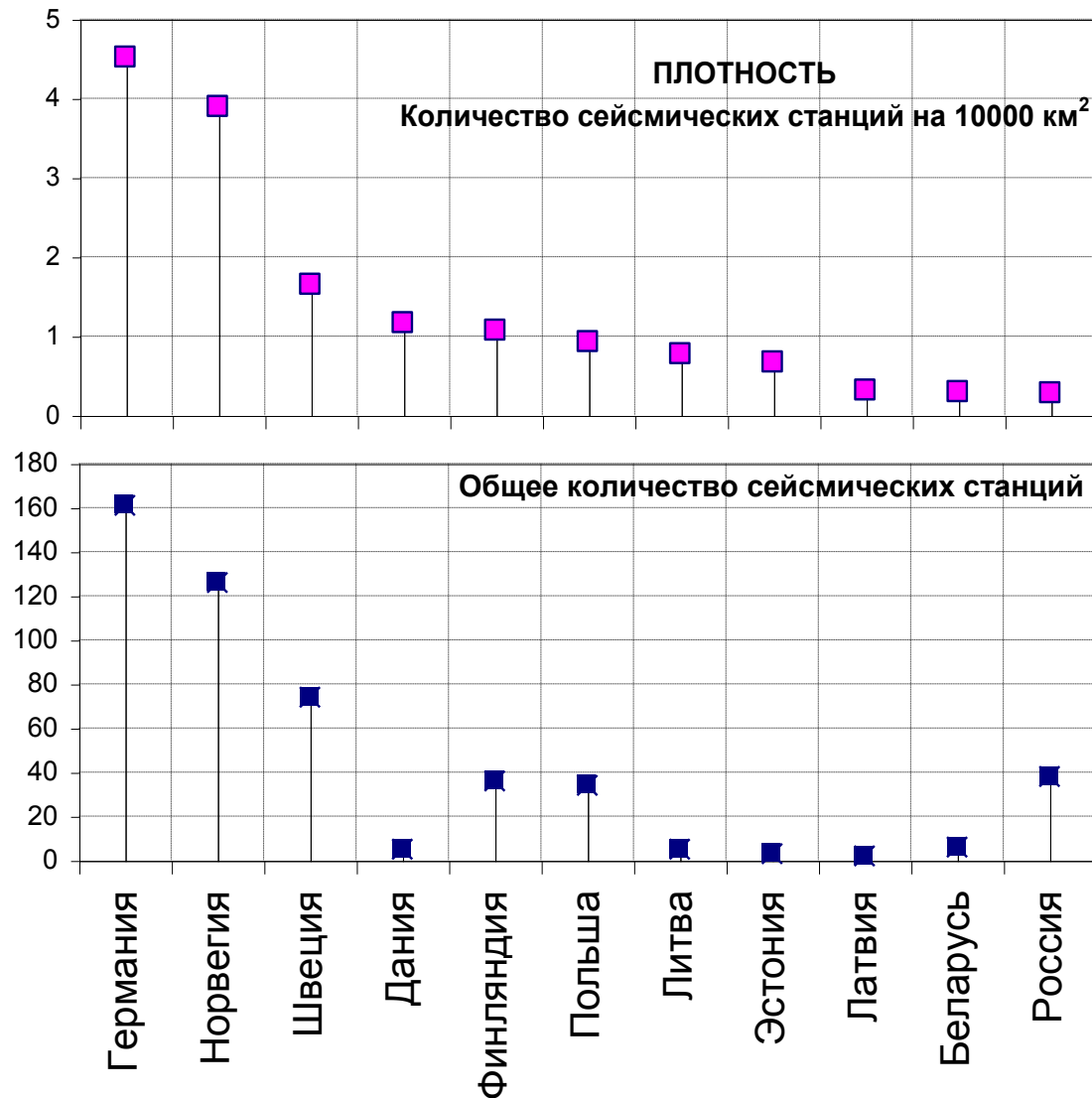
1900-2013

$M \geq 3.5$

earthquake.usgs.gov

Основные проблемы учета землетрясений при обосновании безопасности ОИАЭ

Сейсмические станции в странах Скандинавии, Балтии и в России



В отличие от многих развитых стран, сеть стационарных сейсмических станций на территории России весьма редка

Актуальность контроля сейсмобезопасности объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) в пределах платформенной территории определяется длительными сроками службы объектов (порядка 1000 лет), нормативными требованиями по учету редких сейсмических событий с повторяемостью **1 раз в 1000** и **1 раз в 10000** лет для проектного (ПЗ) и максимального расчетного (МРЗ) землетрясения и возможным проявлением в пределах слабоактивных территорий хотя и редких, но сильных землетрясений.

Необходимость и возможность контроля сейсмического режима даже на слабоактивной территории

- появление новых объектов контроля;
- изменение наших представлений о сейсмическом режиме территории;
- прогресс в области регистрирующей аппаратуры;
- развитие методов и возможностей обработки полученных данных.



Развитие методов и возможностей обработки полученных данных: регистрация и анализ слабых событий

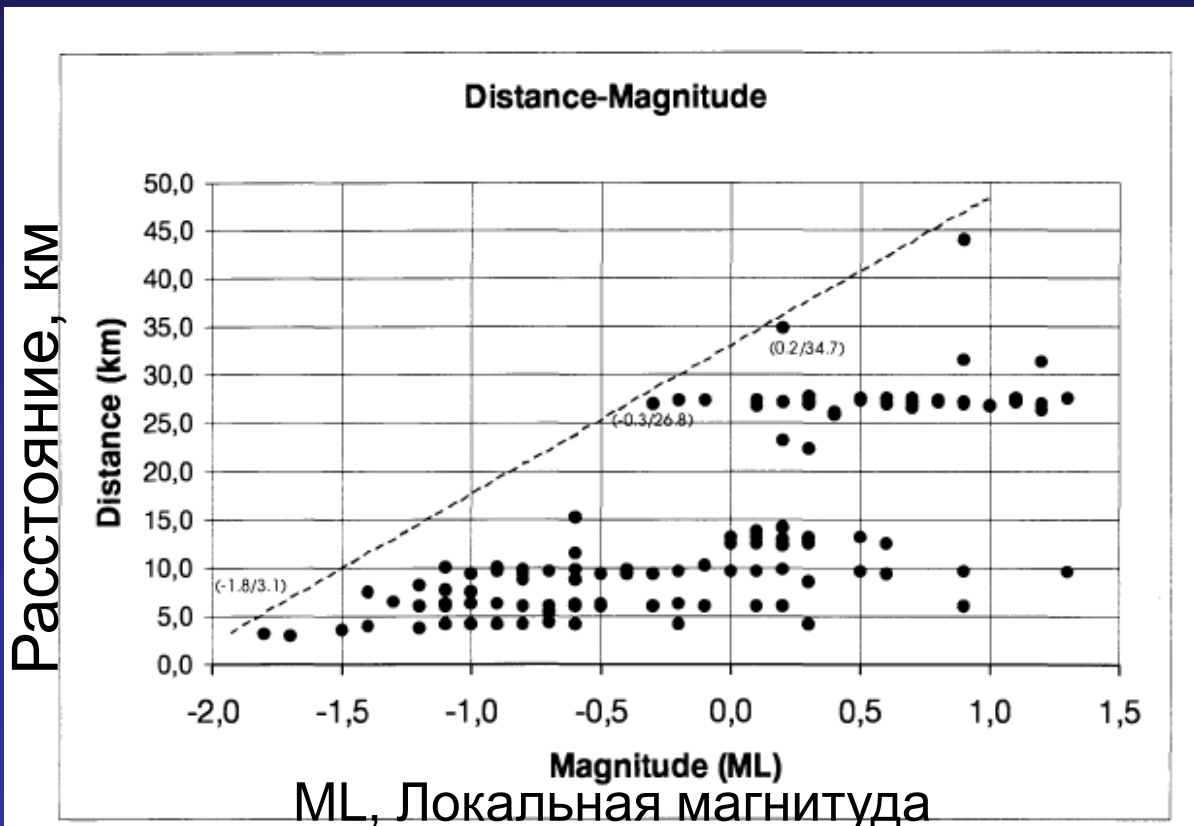


Figure 3-4. Distance as a function of the magnitude. The data consisted of 134 microearthquakes observed at the seismic station in Loviisa during 1984-1996. The dashed line represents the estimated sensitivity of observation.

Уверенная регистрация на расстояниях 5-10 км событий с локальной магнитудой до -1; и на расстояниях 25-30 км — с локальной магнитудой 0.

Гранит

Ежегодное число событий примерно

6 для $ML \sim 0$,

550 для $ML \sim -1$ и

4300 для $ML \sim -2$.

[Saari, 1999]

Развитие методов и возможностей обработки полученных данных: регистрация и анализ слабых событий

В регионах с низкой сейсмичностью требуется длительный период наблюдения. Так, для района Loviisa характерны чередующиеся периоды спокойной и более активной сейсмичности: новые активные разломы были обнаружены даже после 8-13 лет мониторинга. С другой стороны, в одной из областей после четырех лет относительно заметной активности наступил длительный период тишины.

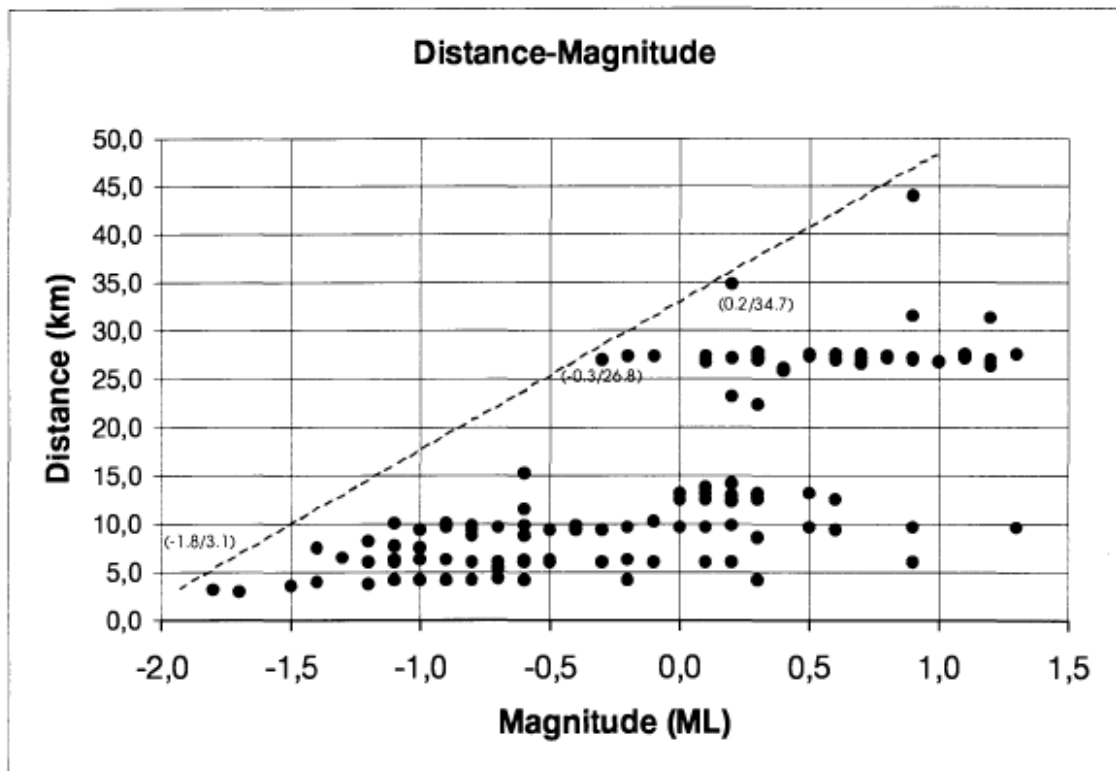


Figure 3-4. Distance as a function of the magnitude. The data consisted of 134 microearthquakes observed at the seismic station in Loviisa during 1984-1996. The dashed line represents the estimated sensitivity of observation.

[Saari, 1999]

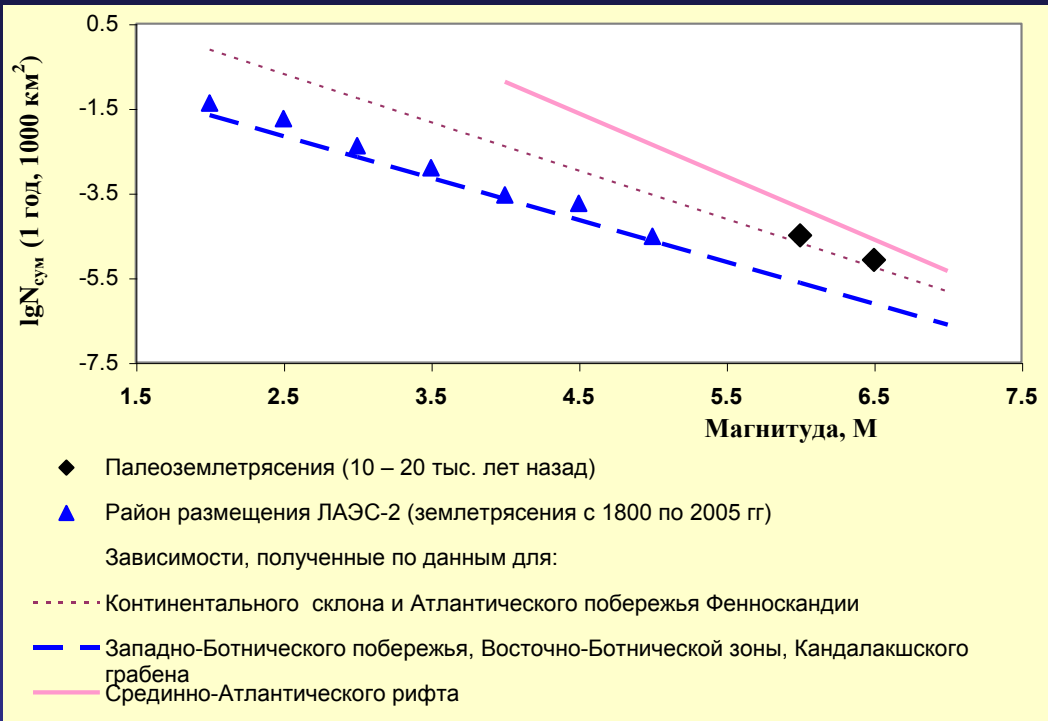
МАСШТАБНЫЙ ЭФФЕКТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Связь излучательной эффективности землетрясений с масштабом исследуется во всем мире (обзор [Кочарян, 2012]).

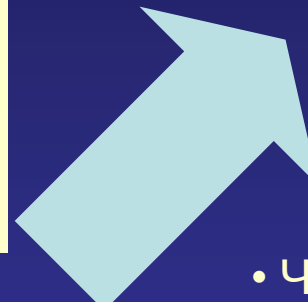
По целому ряду данных, для событий с моментными магнитудами от **-3.6 до 8.5**, произошедших в различных регионах, при изменении сейсмического момента на 19 порядков — в диапазоне от 10^3 до 10^{22} Н·м — практически все данные лежат в диапазоне от 10^{-6} до 10^{-3}

Т.е. при рассмотрении всего комплекса данных явной зависимости отношения от масштаба землетрясения не обнаруживается.

Регистрация и анализ слабых событий



На территории пункта размещения ЛАЭС — в радиусе 30 км от станции — в течение года может регистрироваться 63 события с $M = -1$ и только одно событие с $M = 1$.



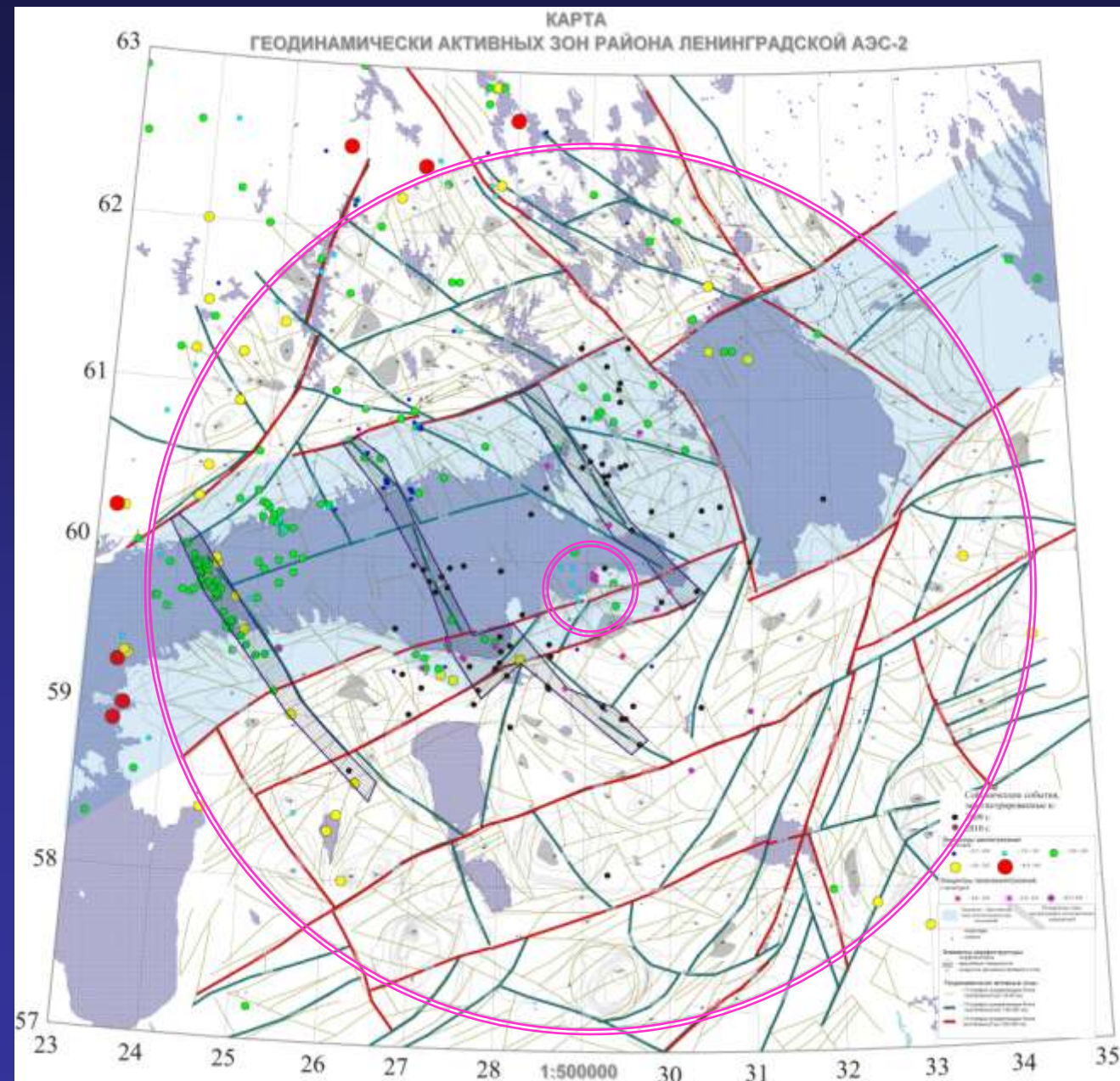
Магнитуда, M	-1	0	1	2	3
Количество событий N в год (радиус 30 км.)	63	6	1		
Количество событий N в год (радиус 300 км.)				13	1

- Чувствительность, необходимая для регистрации событий с $M = -1$
- Обеспечение точности локаций источников событий

СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ МАЛОАПЕРТУРНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ГРУППОЙ “СОСНОВЫЙ БОР”

Локализация источников событий контролируется зоной динамического влияния поперечных зон концентрации напряжений.

Зеленые, желтые, красные, синие кружки – эпицентры исторических землетрясений (за основу взята карта геодинамически активных зон района ЛАЭС-2 из отчета Шварева, 2008, ИФЗ РАН).

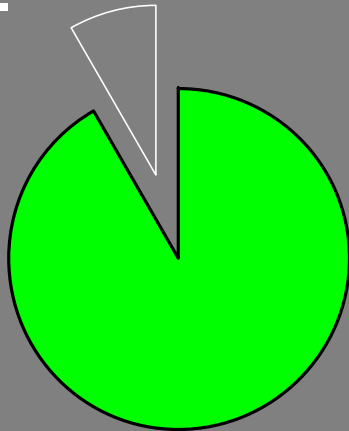


Площадка НИЖЕГОРОДСКОЙ АЭС

СЕТЬ СТАНЦИЙ

11 мес.

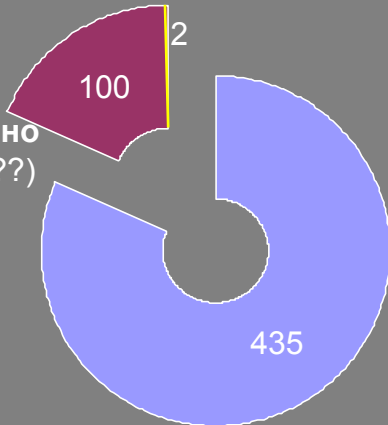
Длительность регистрации:



Местных событий зафиксировано не было

Определены эпицентры у 2-х событий (предположительно взрывы)

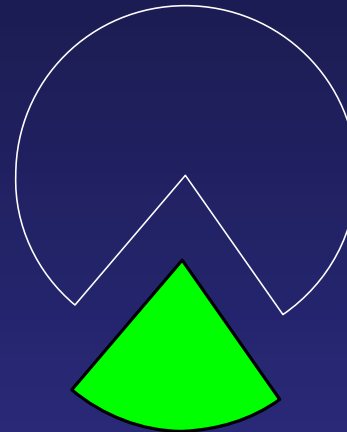
Не определено (взрывы???)



Далекие землетрясения

МАЛОАПЕРТУРНАЯ ГРУППА ИДГ РАН

2,5 мес.

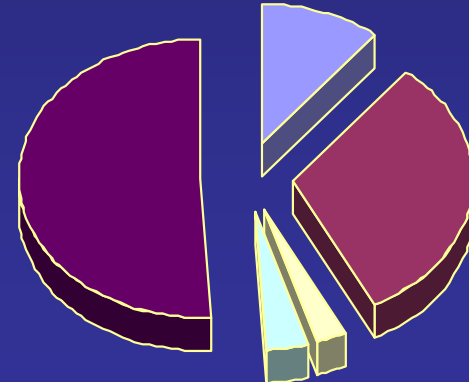


Зарегистрированы слабые местные события

Результат регистрации: 535/11 и 598/2.5 мес
(кол-во событий / период регистрации)

Землетр.
65
11%

Акустика
306
50%



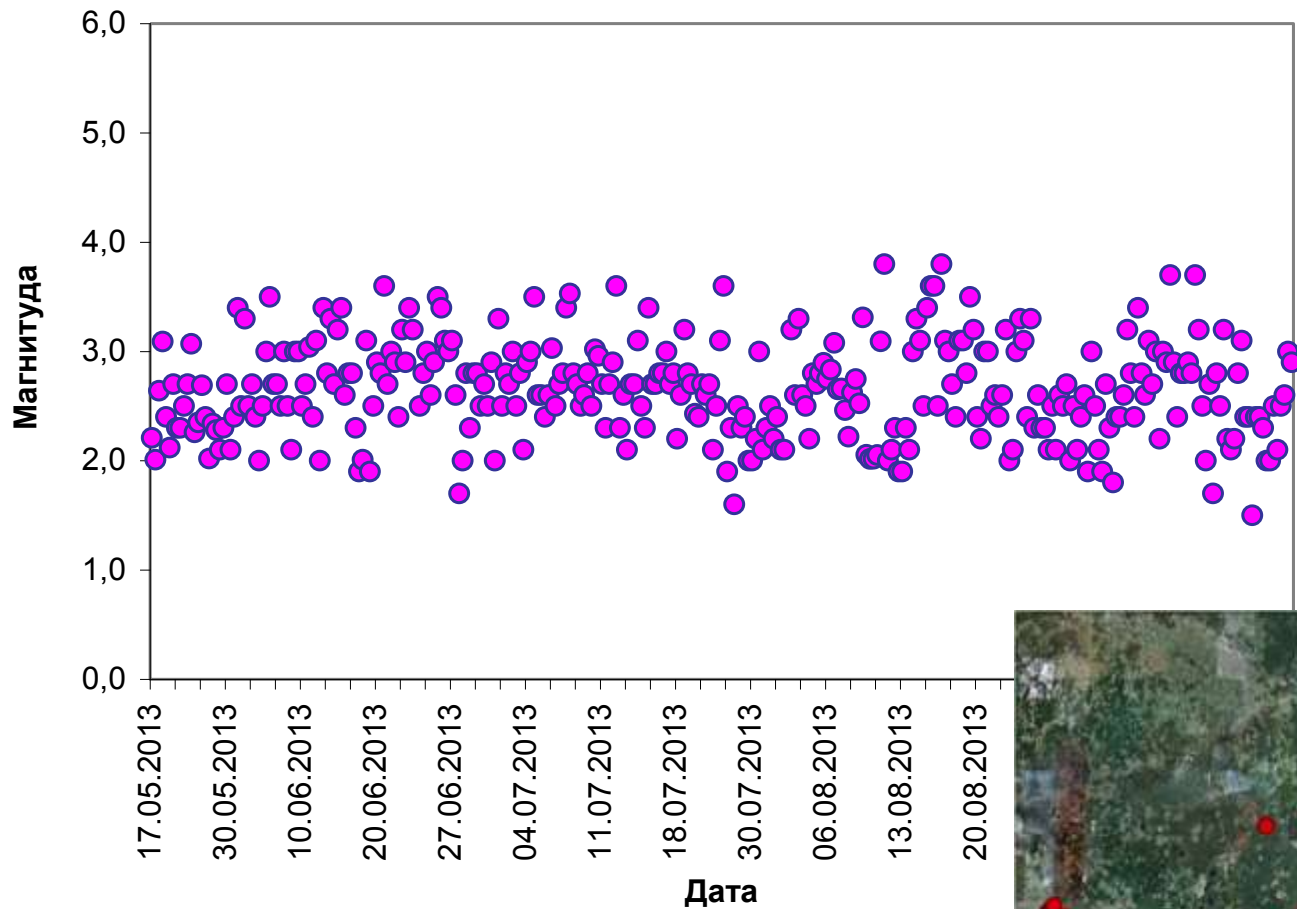
Взрывы
189
32%

Определены эпицентры всех событий

Не ясно
22
4%

Близкие
16
3%

Регистрация сигналов от карьерных взрывов



ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ КАРЬЕРА по карте

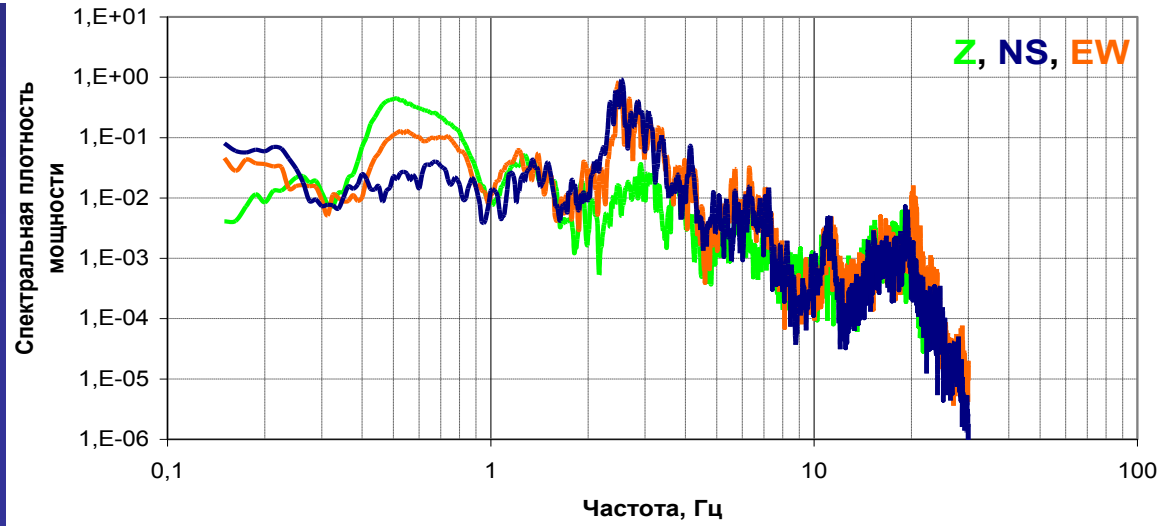
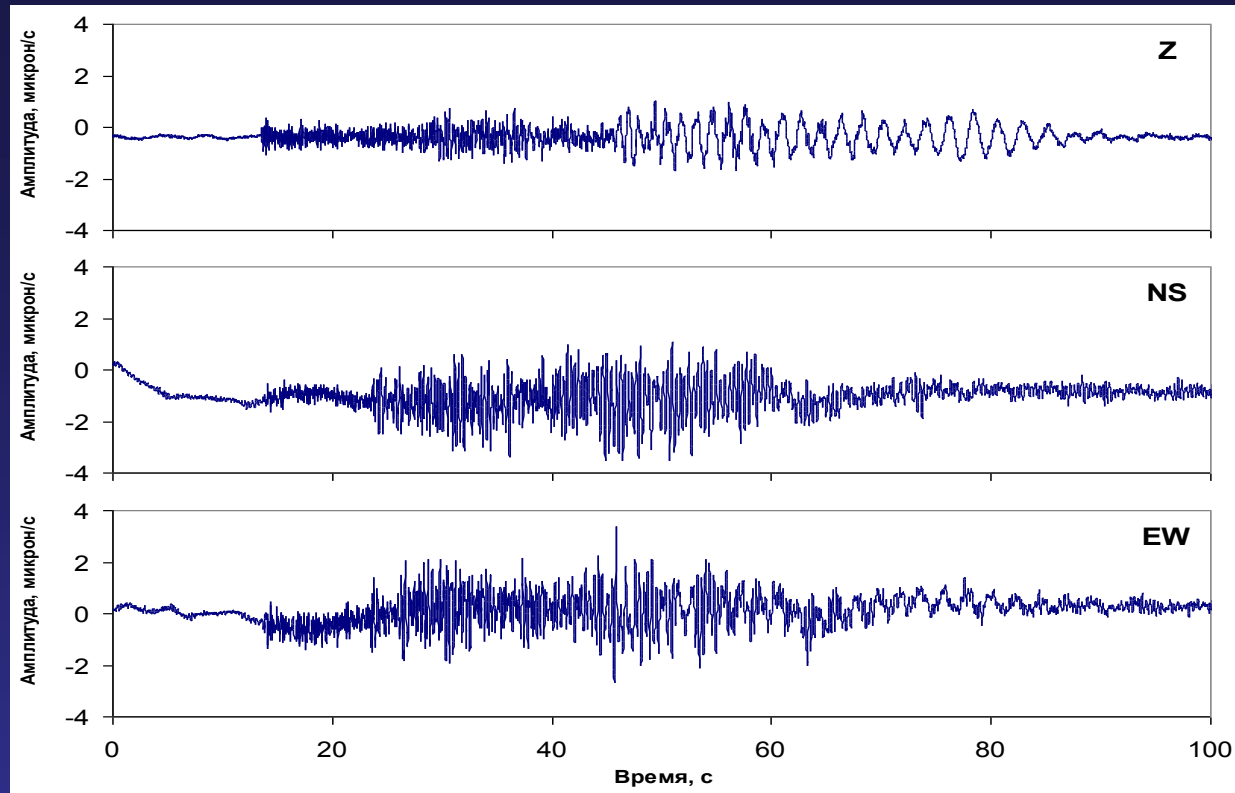
Карьер горно-обогатительного комбината
ОАО «УралАсбест» , Свердловская обл.

*Снимок со спутника из сервиса Google
(слева)*

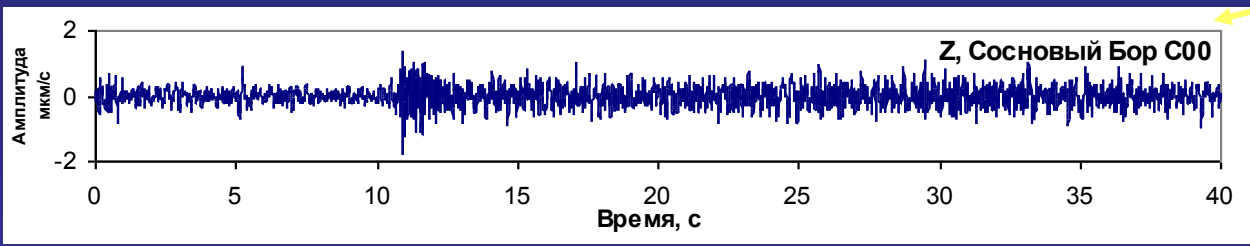
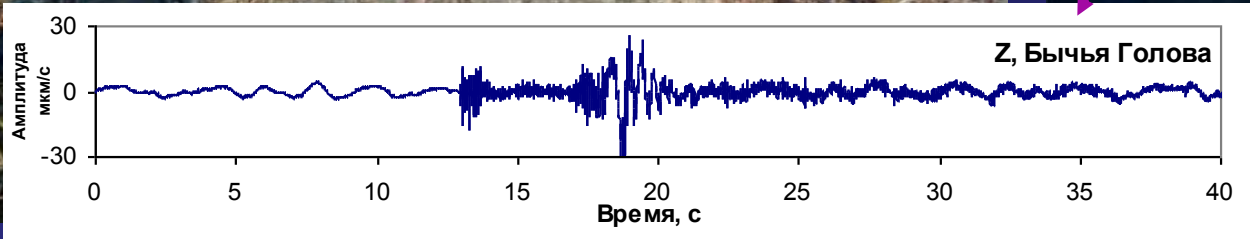
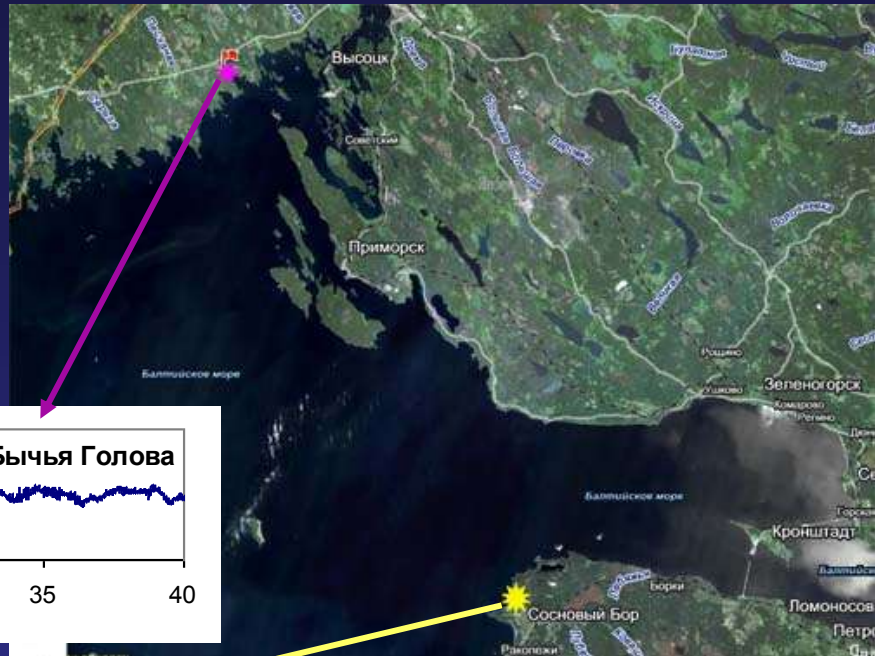
Фото (внизу)



СЕЙСМИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ ОТ ВЗРЫВОВ

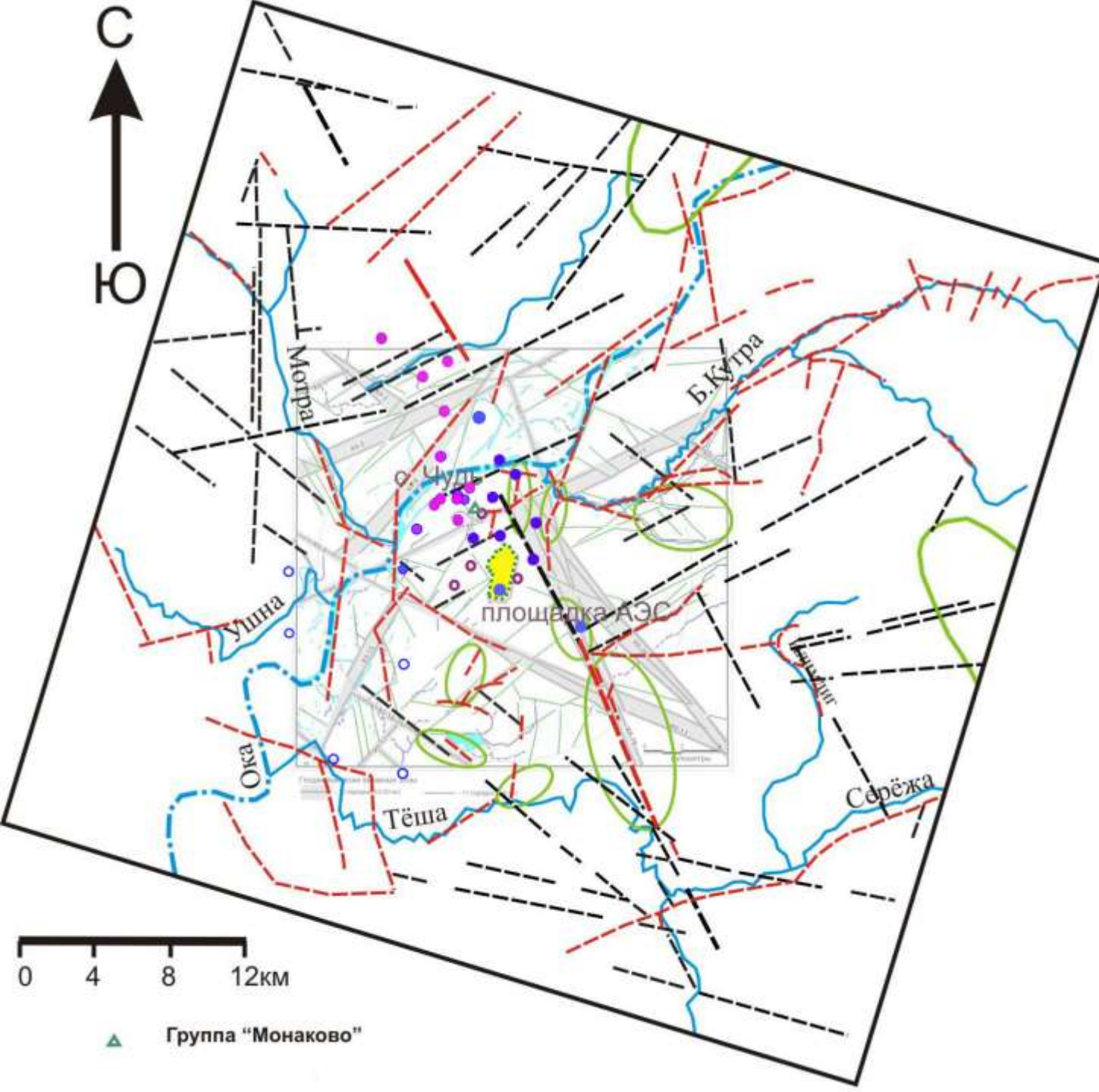


Что затрудняет обнаружение слабых событий



*Один и тот же источник:
- на скале (верхн. график)
- в рыхлых отложениях
(нижний график)*

- мощные отложения рыхлых осадочных пород: вырастает уровень шумов, быстро изменяется форма сигнала;
- территория густо населена; сопутствующий фактор антропогенной насыщенности — резкое повышение числа помех (авто- и железные дороги, промышленные предприятия и т.д.)

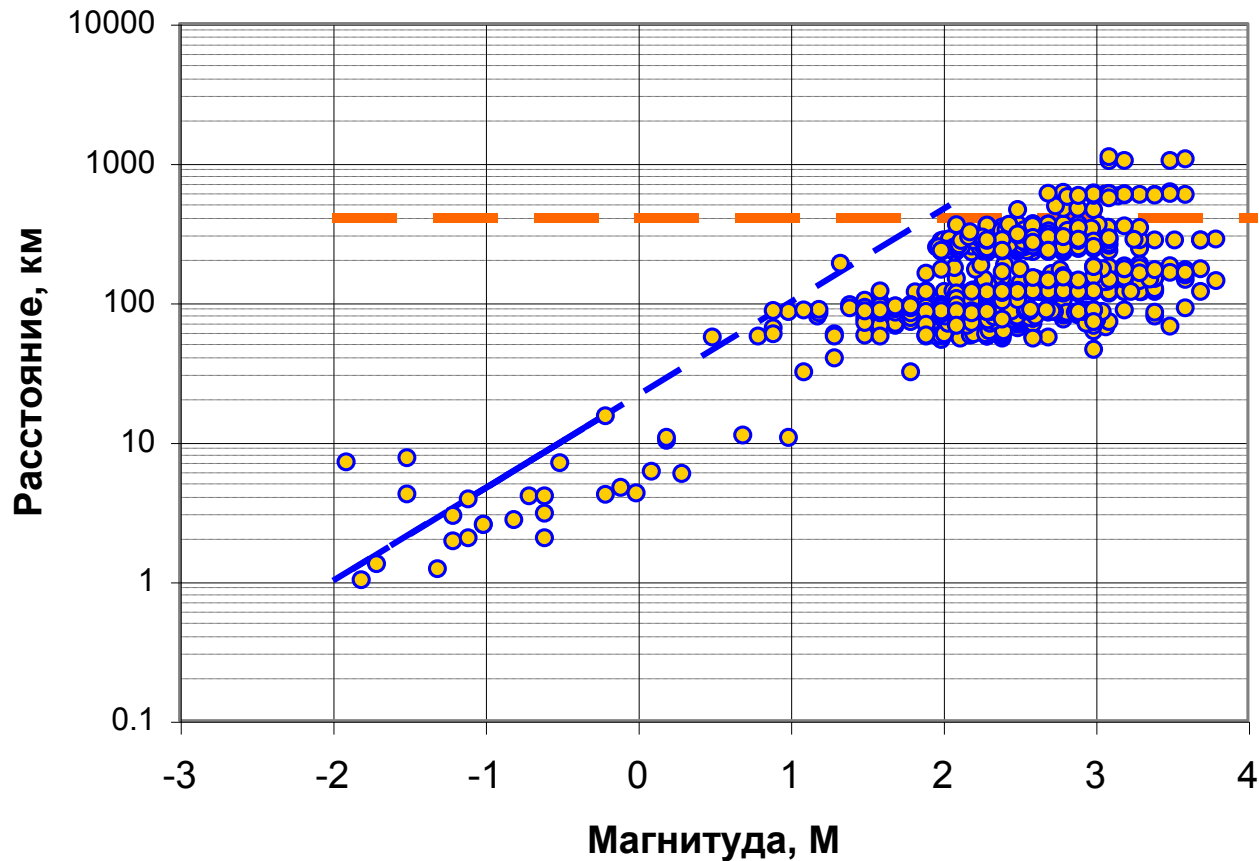


Сопоставление
результатов
анализа
сейсмических
данных
с имеющимися
картами
линеаментов

НИЖАЭС

9.5 месяцев
(2011, 2012, 2013)

Регистрация и анализ слабых событий



ГРУППА, ННАЭС;

9.5 месяцев (лето 2011, 2012, 2013)

местные: 35 сигналов с М от -1.2 до 1.3

Минимальные регистрируемые М:

М=0(-0.5) — 10 км;

М= -1 — 4 км

М= -2 — 1 км.

М = 1 до 100 км;

М=1.5 — до 200 км;

М=1.7 — до 300 км.

Необходимость и возможность контроля сейсмического режима даже на слабоактивной территории

- появление новых объектов контроля;
- изменение наших представлений о сейсмическом режиме территории;
- прогресс в области регистрирующей аппаратуры;
- развитие методов и возможностей обработки полученных данных.

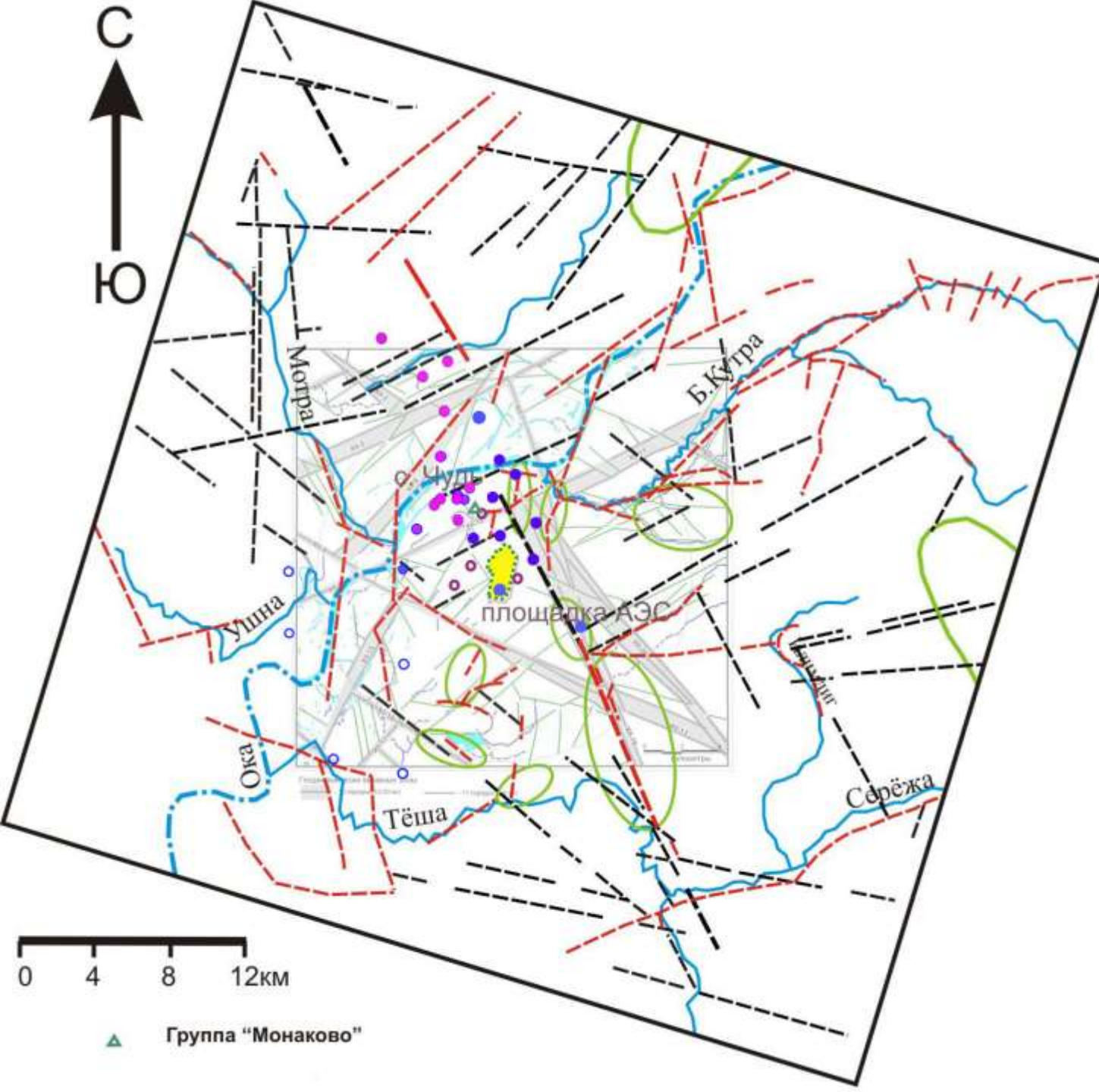


Необходимо обеспечить регистрацию и анализ **СЛАБЫХ** ($M \leq 0$) сигналов

Необходим анализ **ВСЕХ** сигналов

Оценка параметров «взрывных» сигналов = **ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ** регистрации



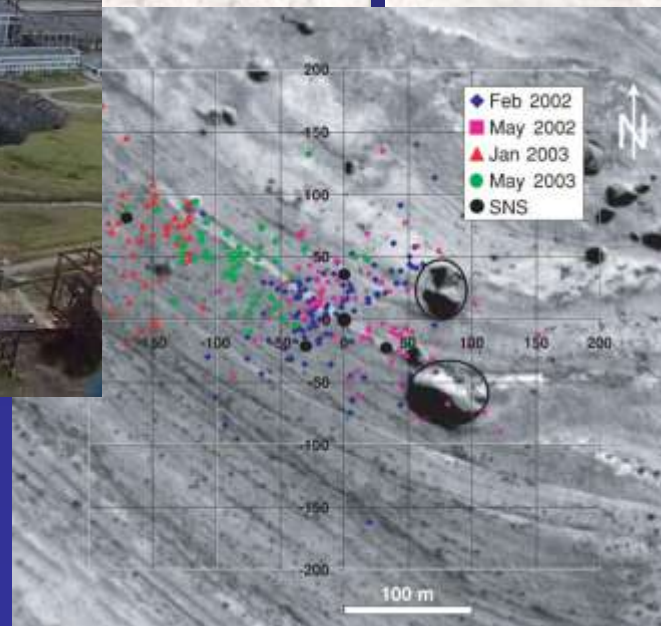


Сопоставление
результатов
анализа
сейсмических
данных
с имеющимися
картами
линеаментов

НИЖАЭС

9.5 месяцев
(2011, 2012, 2013)

ЯВЛЕНИЯ, СПОСОБНЫЕ ВОЗБУЖДАТЬ В ОКРУЖАЮЩЕМ МАССИВЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ



Пример локализации карстовых процессов методом сейсмологического мониторинга

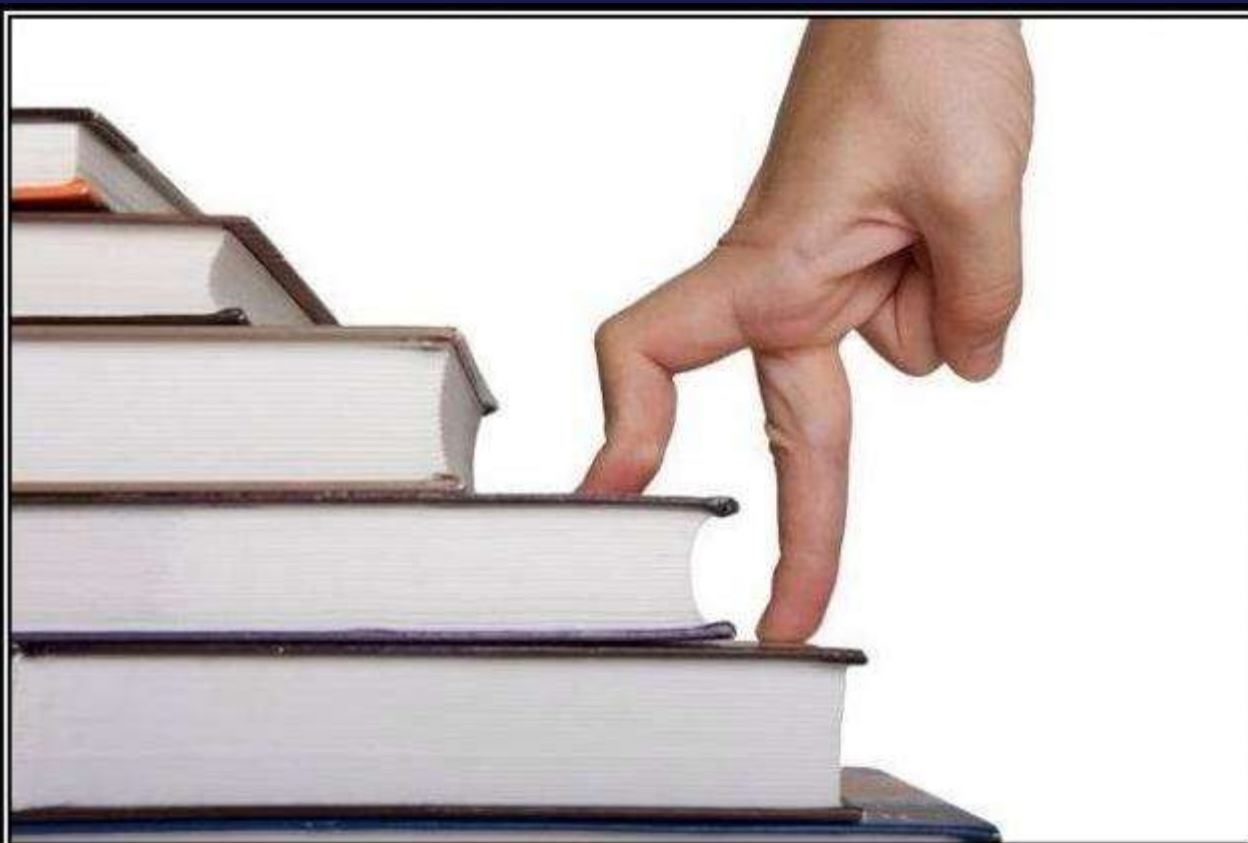
Gilles Hillel Wust-Bloch and Manfred Joswig, *Geophys. J. Int.* (2006)

ВЫВОДЫ

Для уверенного контроля территории система мониторинга должна обеспечивать **продолжительную регистрацию весьма слабых сейсмических событий** (с магнитудой до -1 в нашем случае), поскольку появление именно таких событий на рассматриваемой территории наиболее вероятно.

От подобных оценок можно/нужно отталкиваться при организации и проведении сейсмологического мониторинга в платформенных условиях: именно регистрация слабых сейсмических событий **позволяет в обозримые сроки накопить представительную статистику** для оценки основных параметров проектных основ в пределах слабоактивных территорий.

Для решения вопросов безопасности объектов с
потенциально высоким уровнем ущерба
(даже для опасностей с малой степенью вероятности)
необходима методика, соответствующая современному
уровню развития сейсмологии



Каждый маленький шаг
приближает к БОЛЬШОЙ Цели