



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ "РОСАТОМ"



ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ им. Н.Л.Духова

ВОПРОСЫ РЕГИСТРАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА АТОМНЫХ ОБЪЕКТАХ

С.П. Бреднев, Ю.А.Краев, В.А. Фирсов

**Научно-производственный центр импульсной техники
ФГУП «ВНИИА»**

Обеспечение сейсмостойкости АЭС

- Действующие АЭС с учетом их старения, отказов и повреждаемости оборудования и трубопроводов, в т.ч. при продлении сроков эксплуатации станций
- Вновь размещаемые и сооружаемые АЭС в соответствии с требованиями нормативных документов
- Современный период решения проблемы сейсмостойкости характеризуется пересмотром сейсмичности площадок для АЭС и сейсмостойкости особо опасных объектов, повышения сейсмостойкости на базе новых знаний и нормативного регулирования, лицензирования деятельности в области использования атомной энергии



Нормативная база

- **ОБП-88 «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций»**
- **ПНАЭ Г-03-33-93 «Размещение атомных станций. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности»**
- **ПНАЭ Г-05-035-94 «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на ядерно- и радиационно опасные объекты»**
- **НП-031-01 «Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций»**



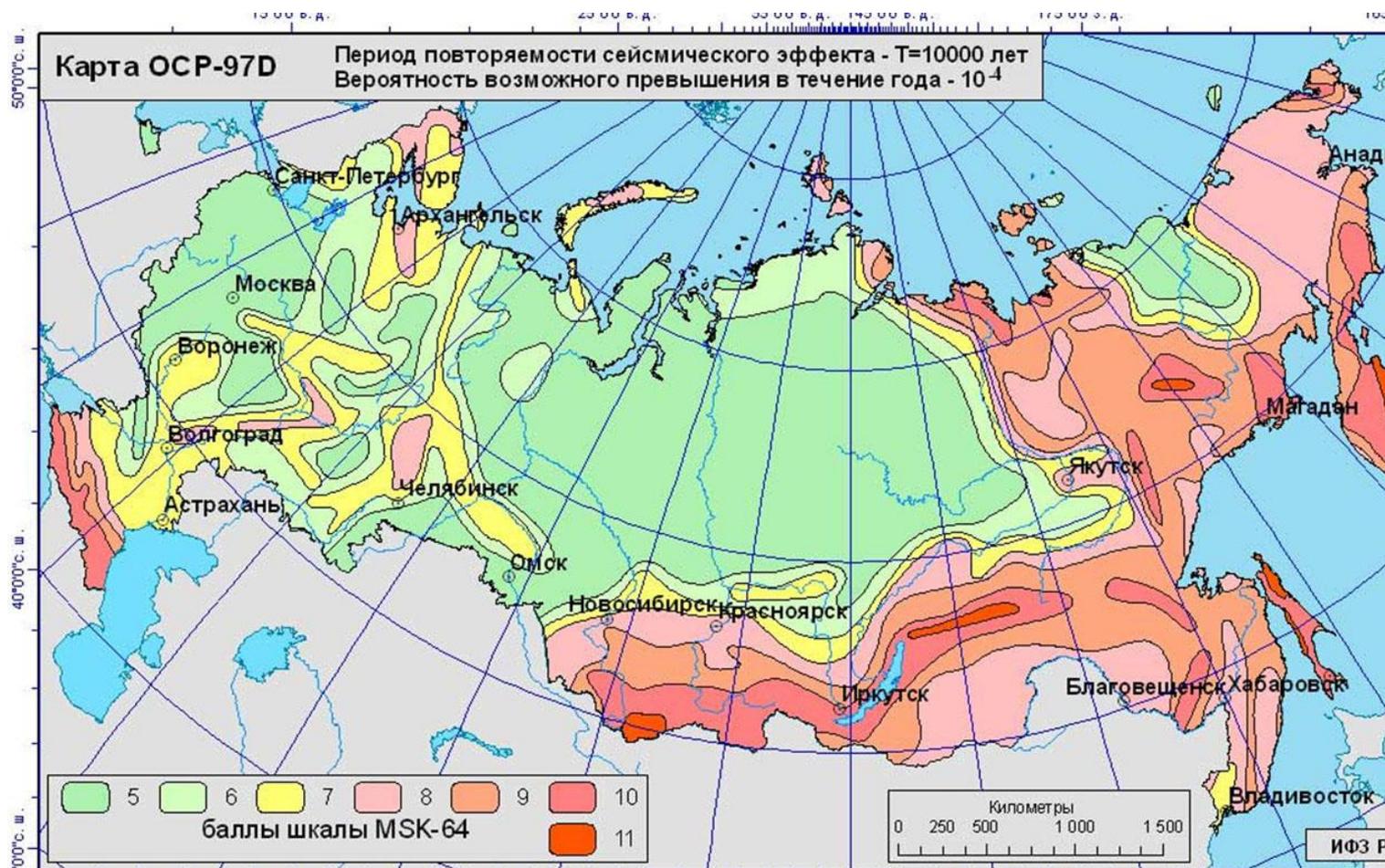
НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЕЙСМОСТОЙКИХ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ НП-031-01

Раздел 7. АНТИСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫЕ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

- **Для обеспечения автоматической аварийной остановки реактора при землетрясениях заданной интенсивности должна предусматриваться система сейсмометрического контроля и сигнализации, связанная с системой аварийной защиты реактора.**
- **Система сейсмометрического контроля и сигнализации должна обеспечивать формирование команды на автоматическую аварийную остановку реактора при сейсмическом воздействии на грунте, соответствующем ПЗ, а также автоматическую регистрацию колебаний датчиков на уровне подошвы здания реакторной установки.**
- **Проект АС должен предусматривать технические меры и организационные мероприятия по защите при сейсмических воздействиях персонала АС, средств связи и оповещения персонала, систем физической защиты.**



ОСР-97



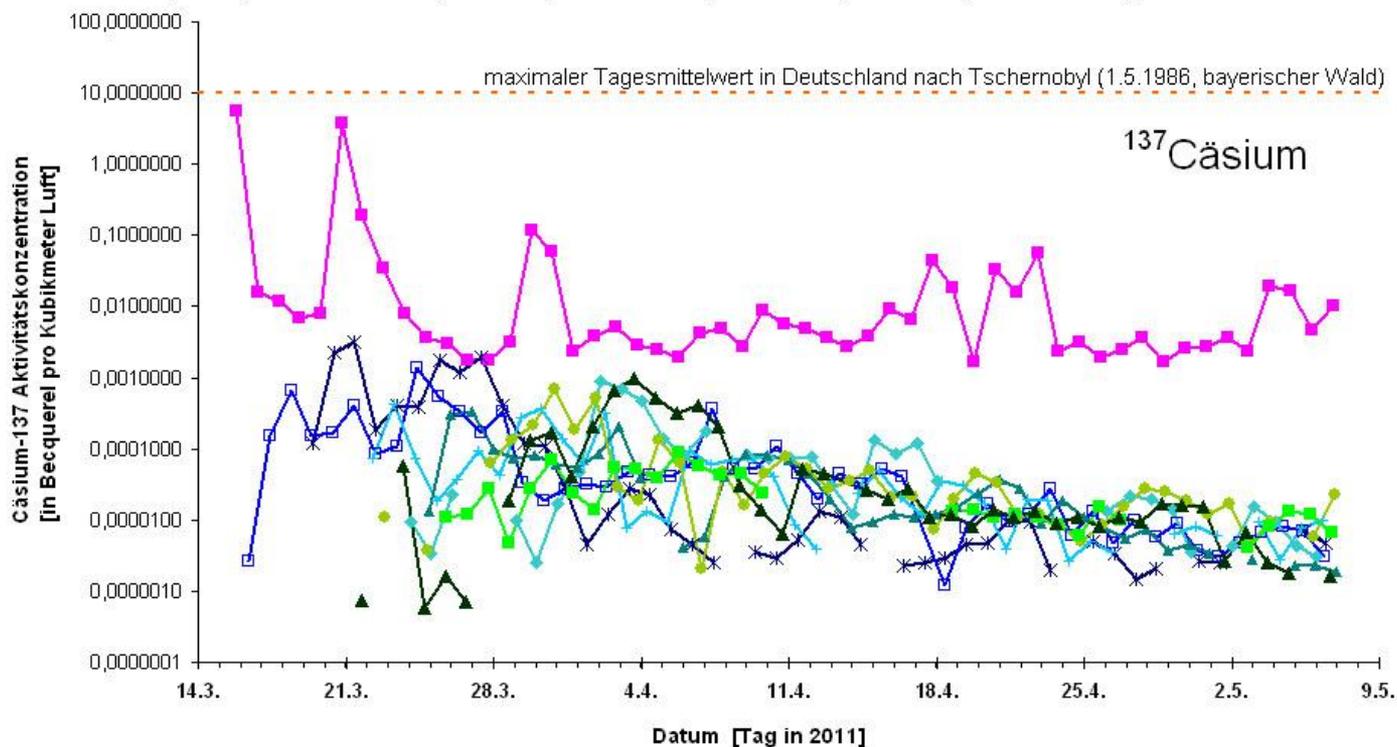
Землетрясение в Японии



Что показала Фукусима

CTBTO-Radionuklid-Messstationen (Auswahl):

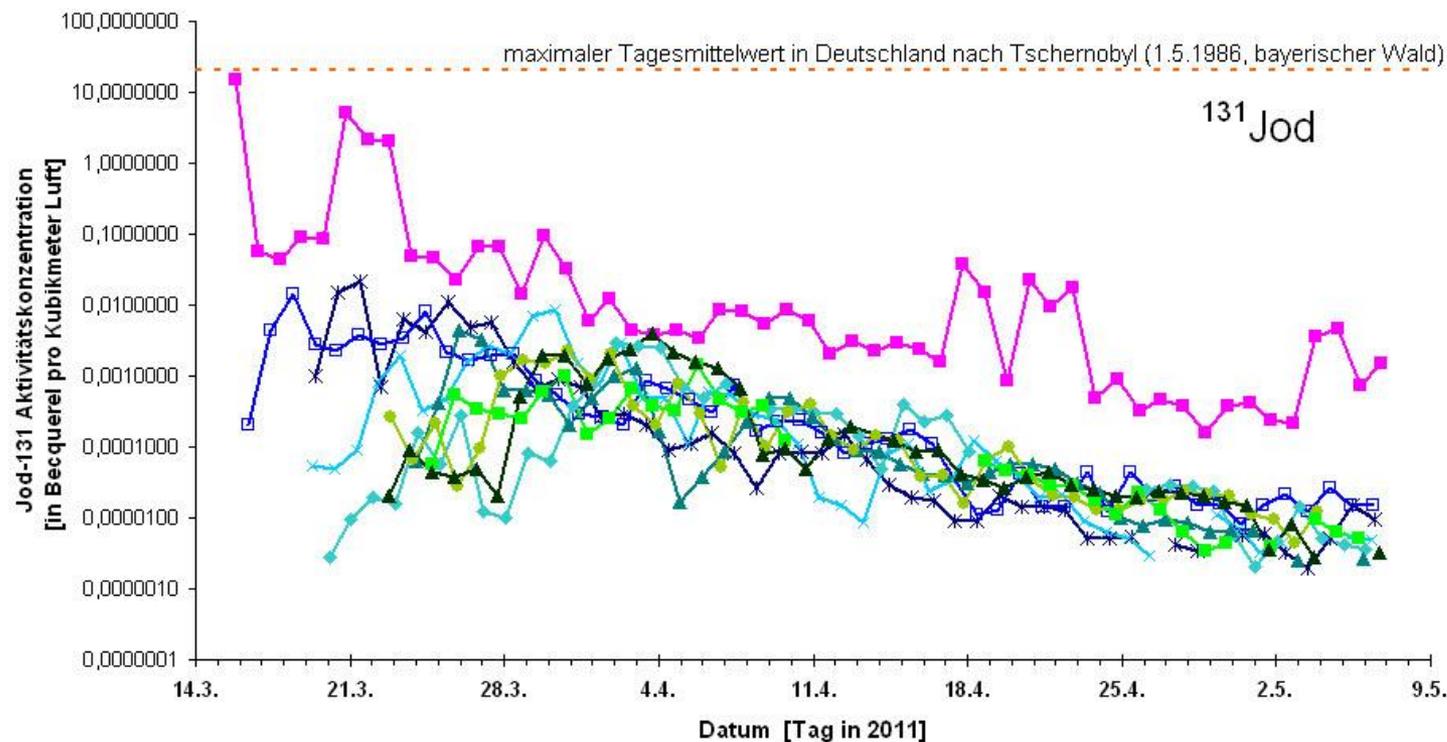
- 38 (Japan)
- 79 (Hawaii)
- 70 (USA Westküste)
- 75 (USA Ostküste)
- 34 (Island)
- 53 (Azoren)
- 63 (Stockholm)
- 33 (Schauinsland)
- 61 (Russland West)



Что показала Фукусима

CTBTO-Radionuklid-Messstationen (Auswahl):

- 38 (Japan)
- 79 (Hawaii)
- 70 (USA Westküste)
- 75 (USA Ostküste)
- 34 (Island)
- 53 (Azoren)
- 63 (Stockholm)
- 33 (Schauinsland)
- 61 (Russland West)



Сейсмический мониторинг АЭС

- **Мониторинг – непрерывное наблюдение за природными процессами с целью выявления на ранних стадиях развития опасных тенденций**
- **Для мониторинга сейсмических явлений в районе особо важных объектов сети регулярных сейсмических станций недостаточно (см. следующий слайд)**
- **Необходимо организовывать специальные сети состоящие из высокочувствительных сейсмических станций и приборов сильных движений**



Обобщённые параметры сейсмического мониторинга для стран Скандинавии и Балтийского региона

N	Страна	Кол-во станций	Кол-во сейс. групп	Кол-во станций в группах	Общее кол-во станций	Площадь, км ²	M _{max}	I _{max}	Плотность сейс. станций на 10000 км ²
1.	Германия	120	2	41	161	356 854	6.1	VIII	4.512
2.	Норвегия ¹	34	3	92	126	323 877	5.8	VII	3.890
3.	Швеция	65	1	9	74	449 964	5.4	VII	1.645
4.	Дания ²	5	0	0	5	43 094	4.9	VII	1.160
5.	Финляндия	20	1	16	36	338 139	4.9	VI	1.065
6.	Польша	34	0	0	34	312 685	4.4	VII	0.920
7.	Литва	5	0	0	5	65 200	4.5	VI-VII	0.767
8.	Эстония	3	0	0	3	45 100	4.7	VI-VII	0.665
9.	Латвия	2	0	0	2	64 635	4.5	VI-VII	0.309
10.	Беларусь	6	0	0	6	207 595	4.5	VI-VII	0.289
11.	Россия ³	18	2	11+9 ⁴	18+20 ⁴	1 381 200	5.5 ⁵ (6.3 ⁶)	VII ⁵ (VIII ⁶)	0.275



Актуальность

- **В настоящее время сейсмический мониторинг осуществляется практически во всех странах Европейского континента и во многих странах мира, при этом, не обязательно расположенных в сейсмически-активных поясах Земли**
- **В связи с развитием промышленности, особенно энергетической сферы, возникла необходимость сейсмического контроля тех участков земной коры, на которых расположены объекты энергетики**
- **Обычно, для сейсмического мониторинга используется сеть сейсмических станций, равномерно распределённая на площади исследований или охватывающая исследуемый участок. Кроме отдельных сейсмических станций, в некоторых странах Европы, используются также сейсмические группы**



Задачи сейсмического мониторинга

- 1. Изучение региональной или локальной сейсмической активности данной территории или локального участка (например района АЭС, ГЭС, рудников, шахт, открытых карьеров и т.д.).
В результате локации сейсмических источников и определения их параметров (времени в очаге, координат эпицентра, глубины гипоцентра - в случае землетрясения и магнитуды) появляются новые, инструментальные данные о современных землетрясениях. Эти данные, совместно данными об исторических землетрясениях, используются для сейсмического районирования. На основе пространственного распределения гипоцентров землетрясений, оценки их параметров (сейсмической активности, максимальной магнитуды землетрясения) оконтуривают сейсмогенные зоны и оценивают сейсмический риск территории**
- 2. Создание системы сигнализации и предупреждения о сейсмической опасности от тектонических землетрясений вокруг крупных инженерно-технических и экологически-опасных объектов, таких как атомные, гидроэлектростанции и речные дамбы.**

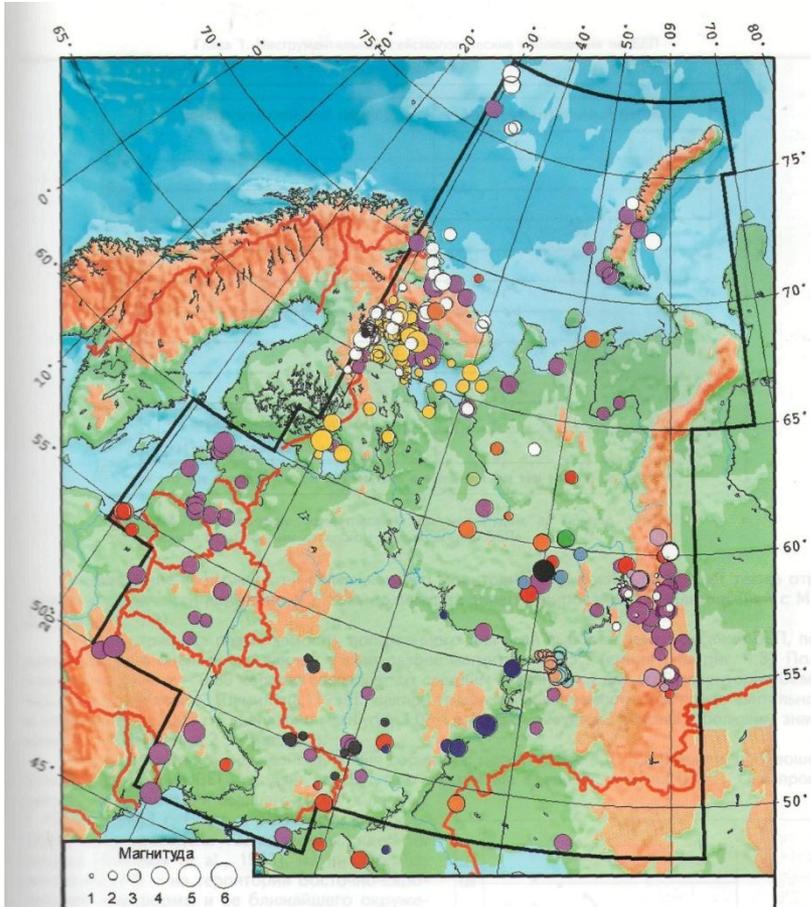


Землетрясения

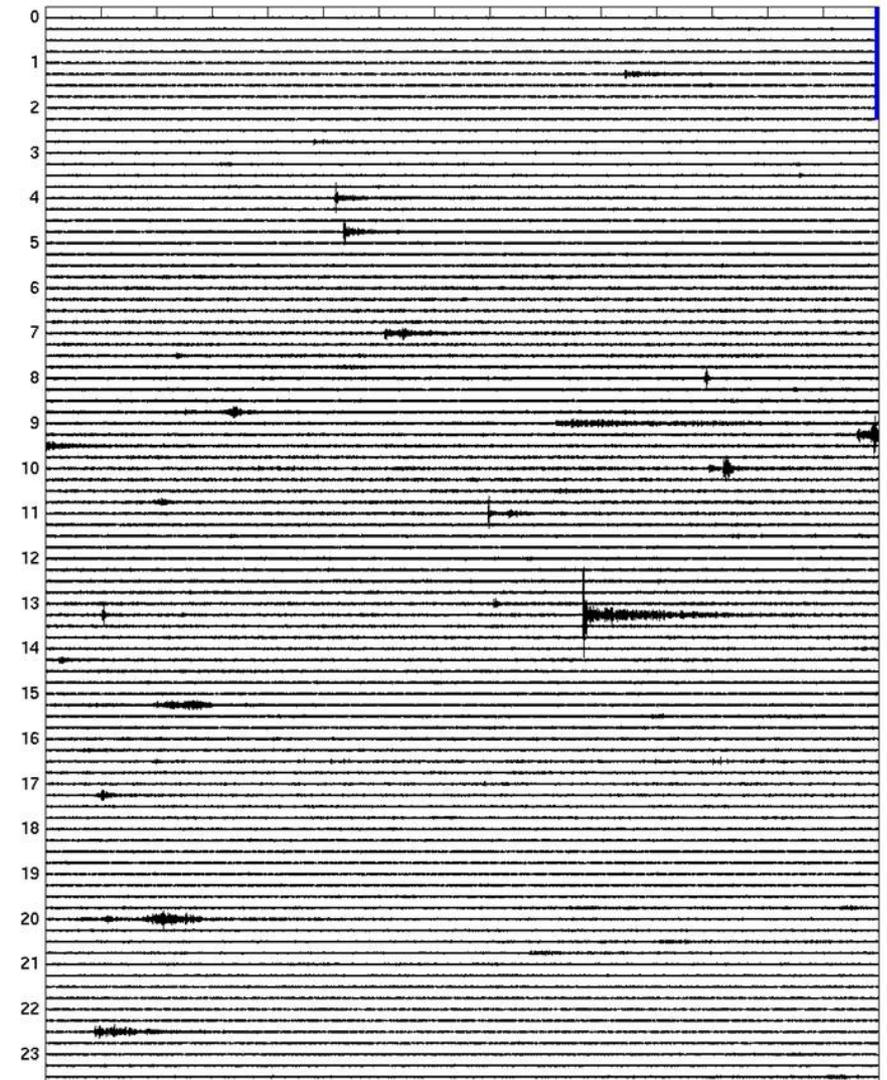
- **Тектонические** – порожденные внутренней энергией Земли
- **Техногенные** – порожденные активной человеческой деятельностью



Карта местоположения эпицентров землетрясений и АЭС



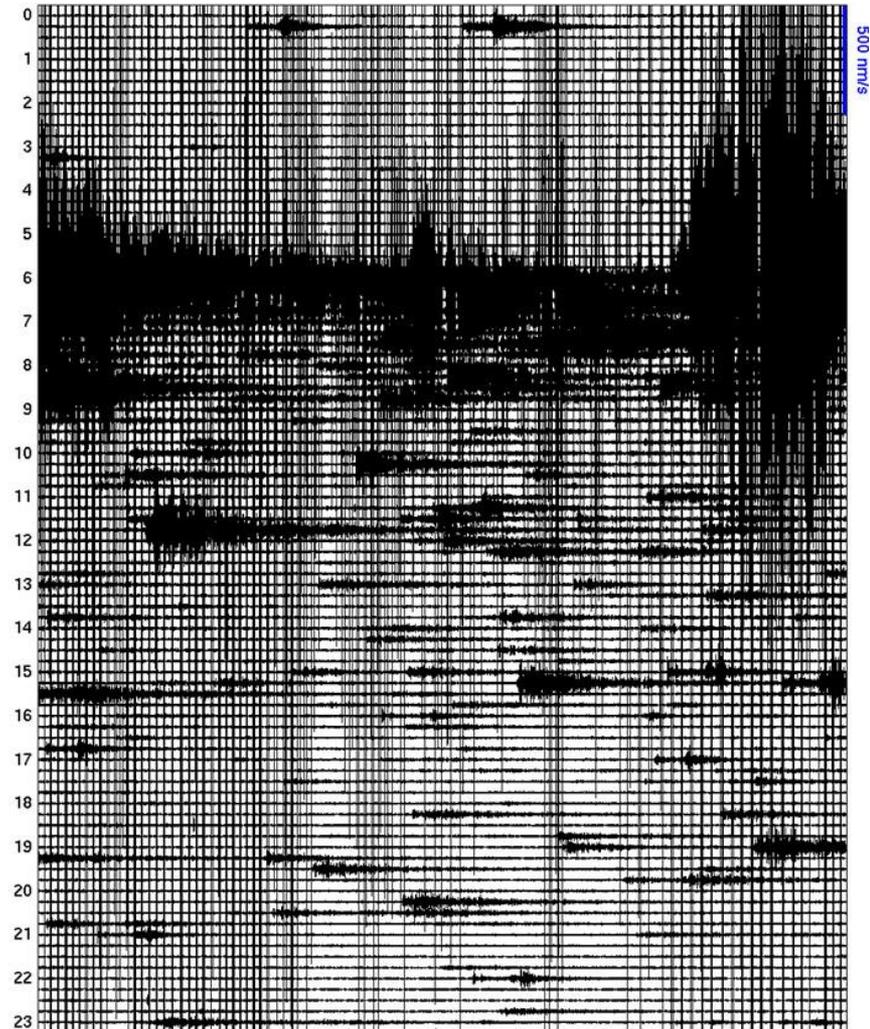
Регистрация сейсмических сигналов от техногенных источников



Удаленные землетрясения



Регистрация сейсмических сигналов от удаленных землетрясений



Практическая значимость

- ❖ **Последние исследования и, главное, события показали, что пренебрегать сейсмической угрозой, даже в асейсмичных районах не следует. Известны несколько сильных землетрясений, произошедших в таких районах: в Центральной России (Поволжье), Средней Азии (Газли), на Дальнем Востоке (Нефтегорск, Сахалин) и др.**
- ❖ **На стадии эксплуатации объекта могут проявиться процессы и явления не выявленные в процессе проектно-изыскательских работ или возникнуть новые геодинамические явления, превышающие наблюдавшиеся ранее, либо техногенно - индуцированные эксплуатацией объекта процессы и явления**

Защищать АЭС охранными сейсмическими сетями необходимо независимо от того, в какой сейсмически активной зоне она находится

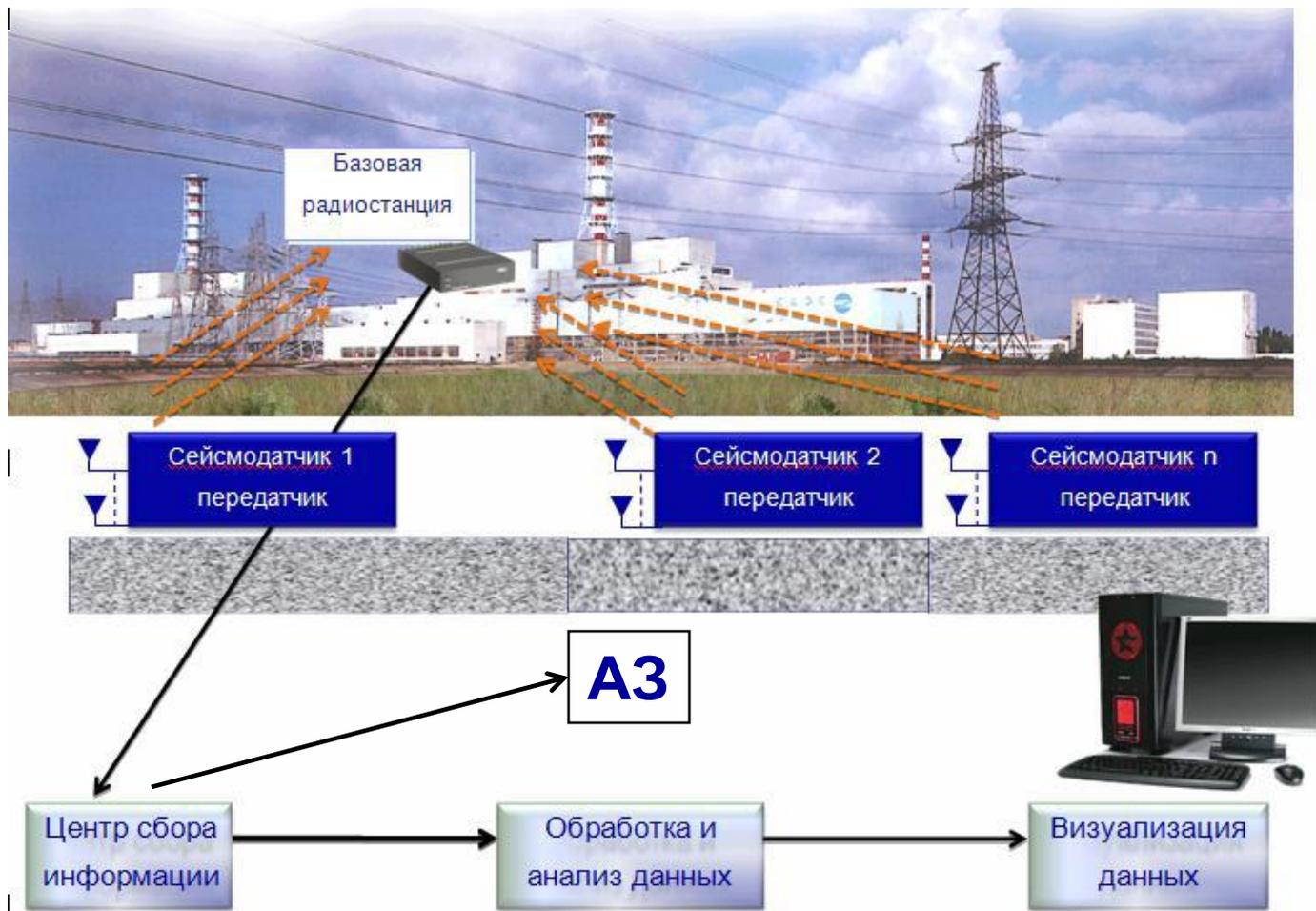


История вопроса

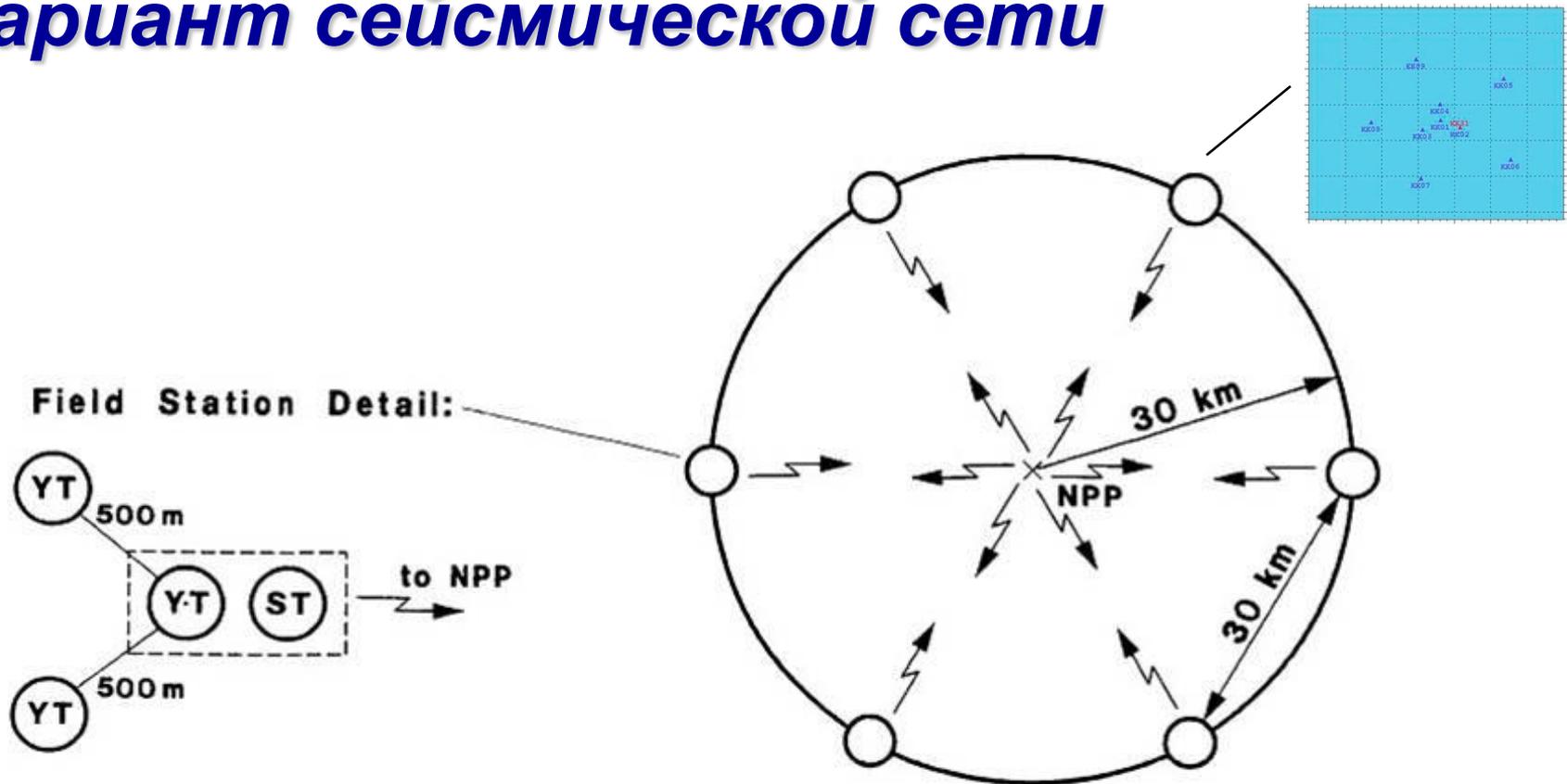
- ❖ **1993 год - решение Правительства РФ о создании федеральной системы сейсмических наблюдений и прогноза землетрясений (ФССН и ПР).**
- ❖ **В состав должна была войти отраслевая служба сейсмических и геодинамических охранных сетей Минатома России (ОССГОС)**
- ❖ **Создание ОССГОС – разработчики НИИИТ (головной) и ВНИИПИПТ. Информационно-обрабатывающий центр в НИИИТ**
- ❖ **1996 год - аванпроект «Развитие охранных и наблюдательных сетей объектов Минатома России на период 1996-2000гг» (НИИИТ, ВНИИПИПТ, ГПКИИ «Атомэнергопроект»)**
- ❖ **1998 год - прекращение финансирования по линии ФССН и ПР в части работ Минатома России и ограниченные финансовые возможности самого Минатома не позволили реализовать указанные проекты**



Состав сейсмической сети мониторинга



Вариант сейсмической сети



YT – датчики сильных движений (акселерометры)

ST – скважинные или постаментные сейсмометры

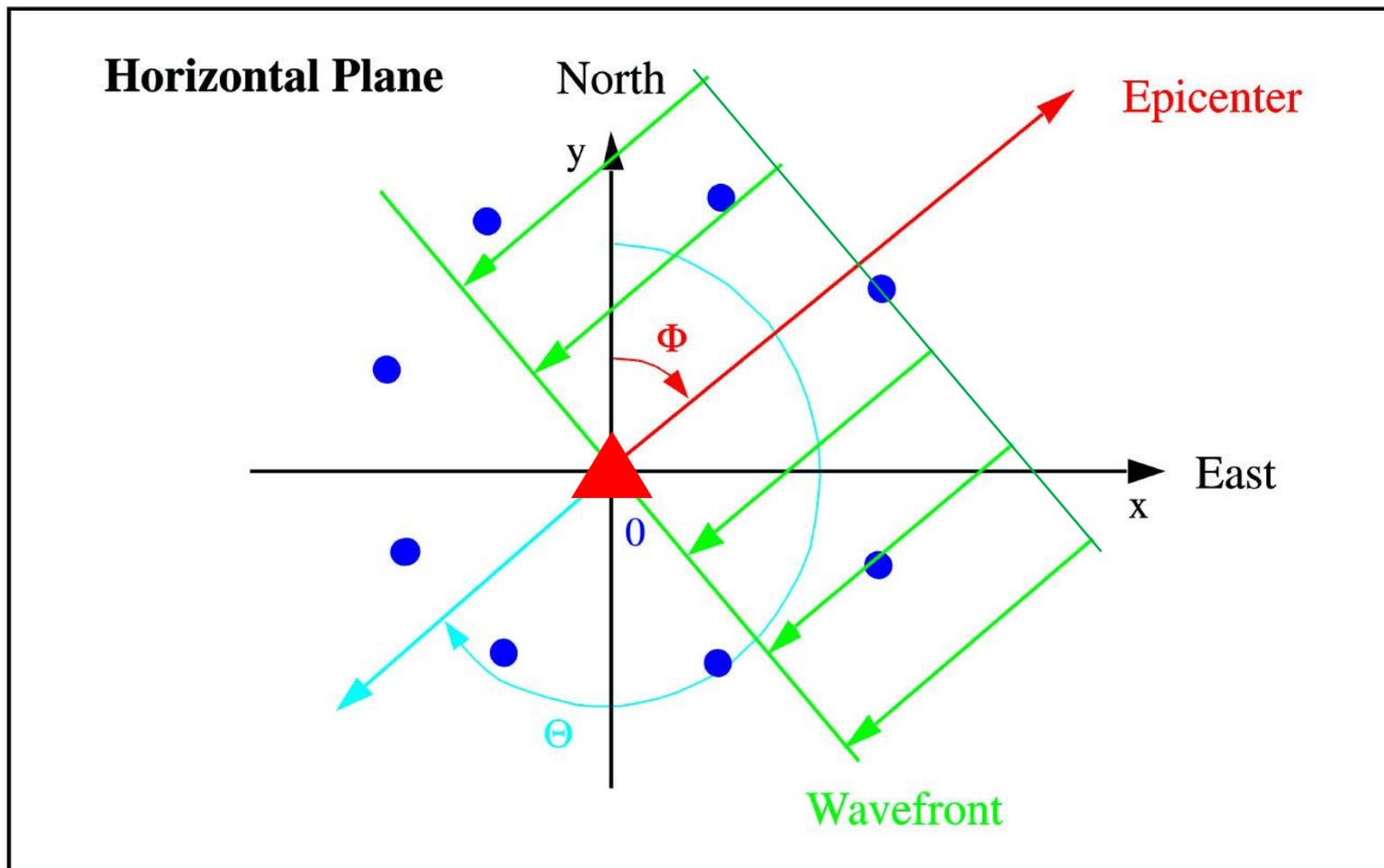


Вариант сейсмической сети

- Система состоит из 6-8 сейсмических станций окружения АЭС на радиальном расстоянии 30-50 км
- Каждая станция включает в себя три сейсмические подстанции (500 м друг от друга)
- На одной из станций развернута МБСГ состоящая из 10 вертикальных датчиков с апертурой 4-5 км
- Движение грунта на каждой станции непрерывно измеряется тремя акселерометрами и трехкомпонентным сейсмометром
- Данные передаются с помощью телеметрии (радиосвязь, кабель и т.п.) в Центр управления, расположенный на площадке АЭС
- **Сигнал тревоги генерируется, если порог сейсмического ускорения превышен**



Система раннего предупреждения



Время реакции системы

- **Время пробега сейсмической волны от датчика системы до АЭС– около 8 сек;**
- **Время на передачу сигнала по радиоканалу и обработку – около 2 сек;**
- **Время выдачи команды на срабатывание АЗ – менее 1 сек;**
- **Около 5 сек на остановку ядерной реакции до повреждения сооружений и оборудования АЭС сейсмическими волнами от сильного землетрясения**



Сейсмометры и акселераторы



ФГУП ВНИИА



Guralp, Англия



**Geotech
Instruments, США**



Многоканальные цифровые регистраторы



ФГУП ВНИИА



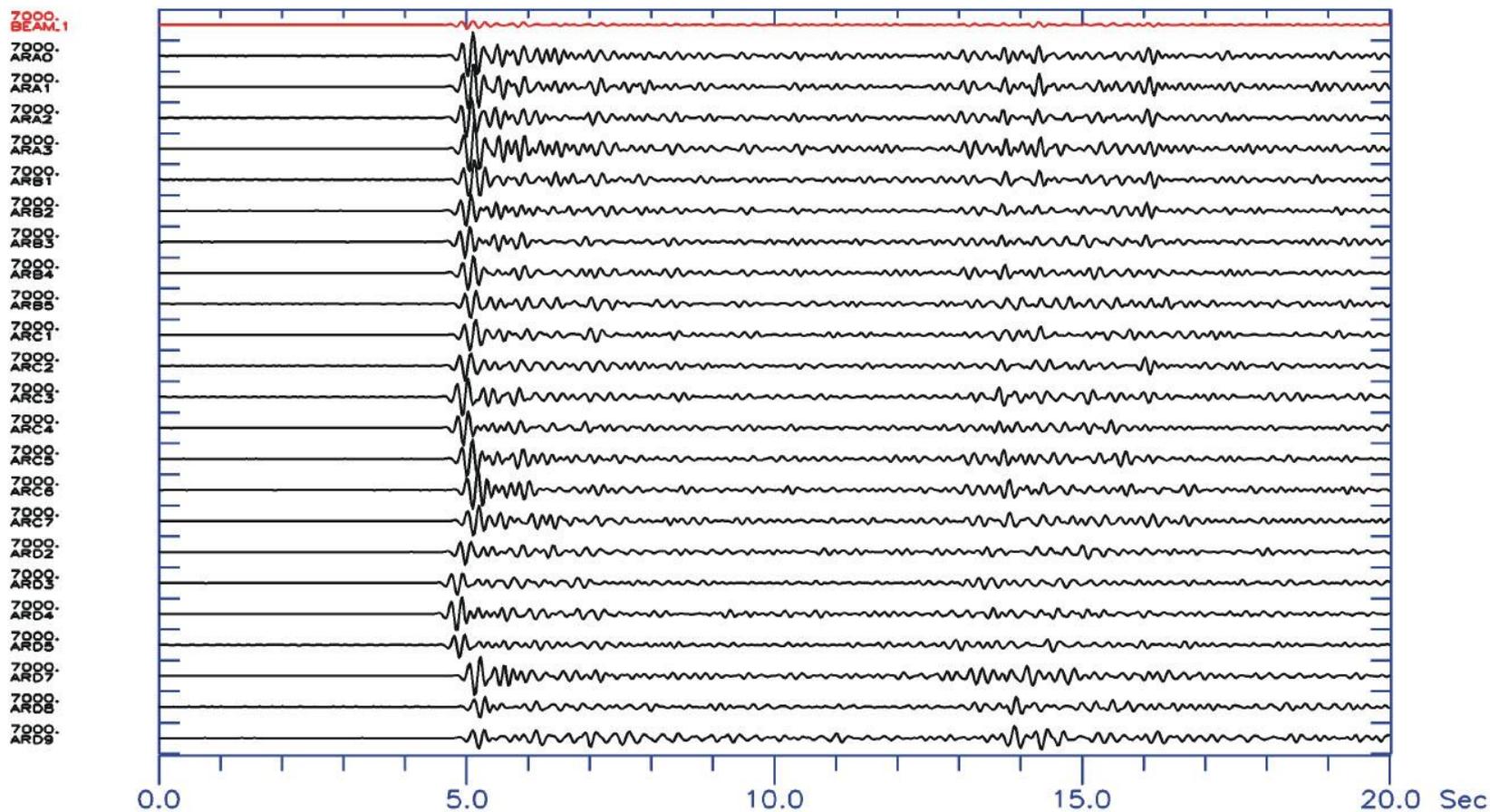
Guralp, Англия



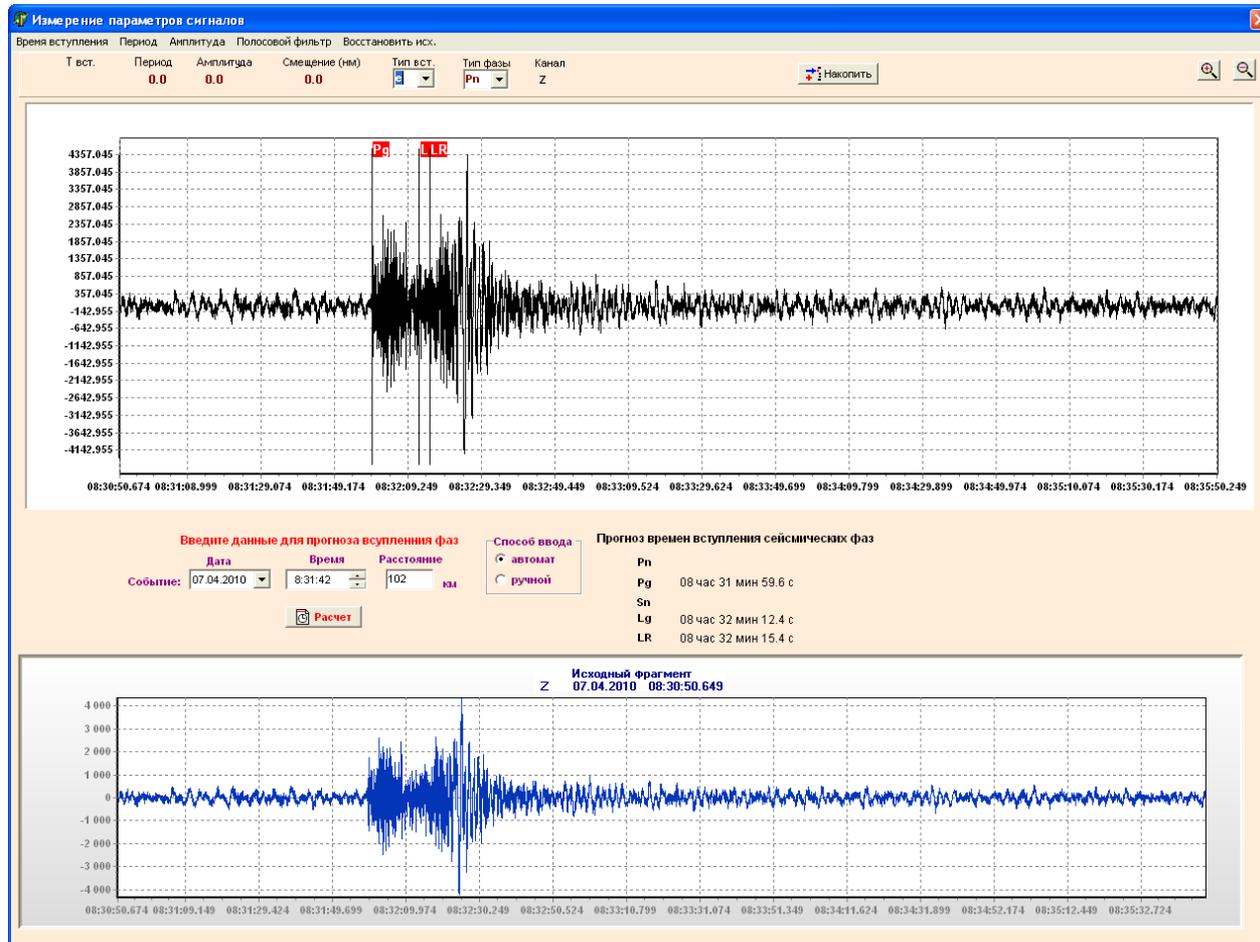
Geotech
Instruments,
США



ПМО – сбор информации

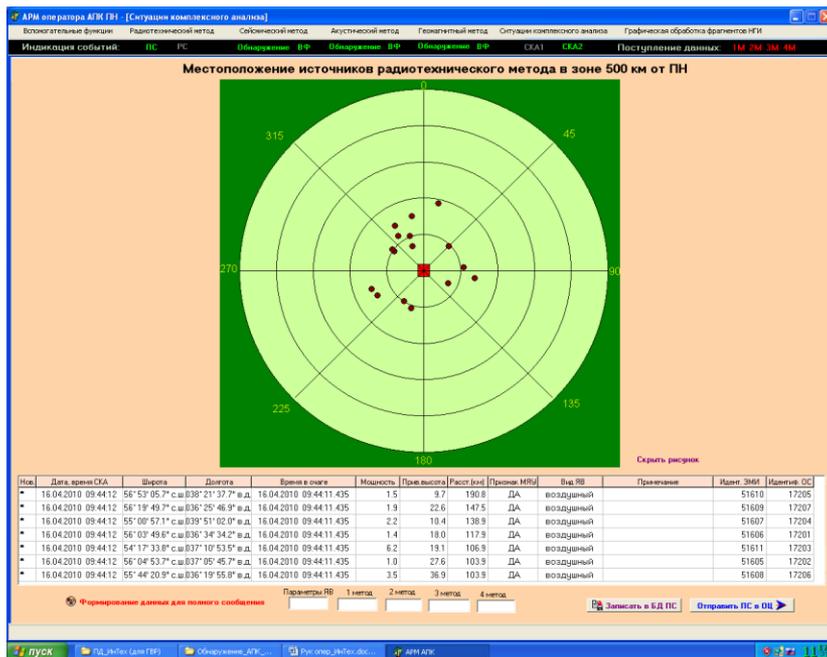


ПМО – обработка информации

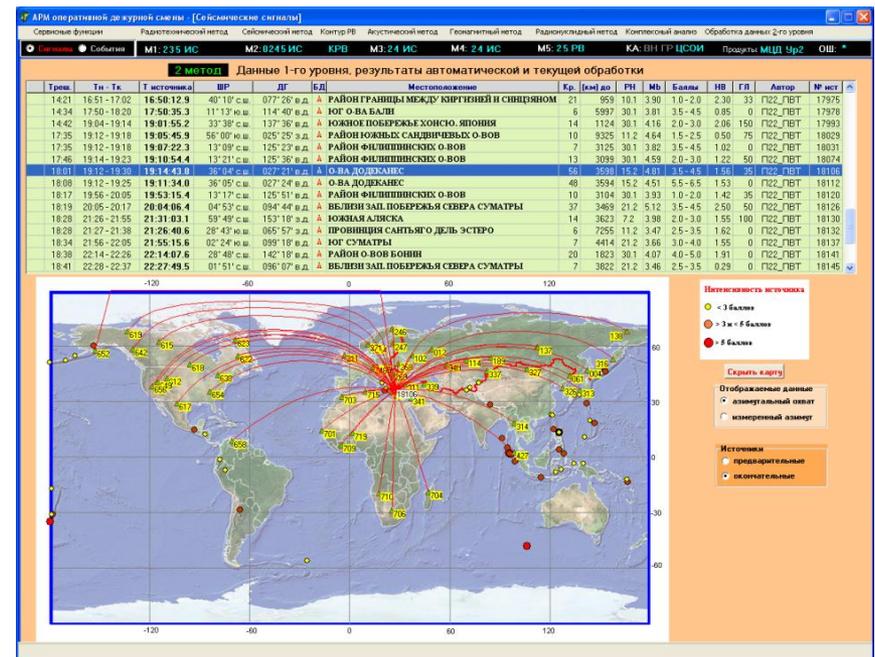


ПМО – местоопределение и оценка параметров

Локальные источники



Удаленные землетрясения



Опыт ФГУП ВНИИА

- **Строительство сейсмических станций для Национальной и Международной систем контроля за ядерными испытаниями**
- **Разработка цифровых сейсмических комплексов для оснащения трехкомпонентных станций и сейсмических групп**
- **Разработка программно-математического обеспечения сбора, анализа и обработки непрерывной сейсмической информации**
- **Разработка программно-математического обеспечения Вычислительного обрабатывающего центра для Национальной систем контроля за ядерными испытаниями**
- **Разработка подсистем связи для Национальной и Международной систем контроля за ядерными испытаниями**



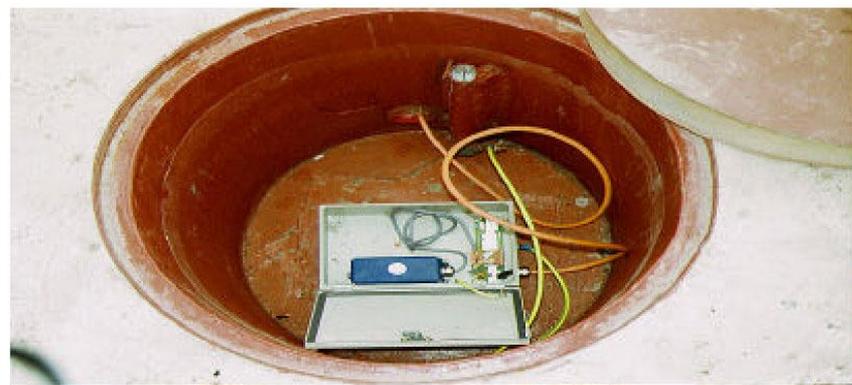
Опыт ФГУП ВНИИА



Опыт ФГУП ВНИИА



Игналинская АЭС



Финансовые показатели

- **Общая стоимость проекта - 50-60 млн. руб. (без кап. строительства)**
- **Необходимые инвестиции - 40 млн. руб.**
- **Срок реализации проекта - 24 мес.**
- **Период окупаемости, не более 5 лет**
- **Предполагаемый объем – 100-150 млн.руб./год**
- **Имеющиеся ресурсы: современное производство, разработчики алгоритмов обработки информации , ПМО и РКД**





РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ "РОСАТОМ"



ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВТОМАТИКИ им. Н.Л.Духова

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ