

## ОПЫТ СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПЛОЩАДОК РАЗМЕЩЕНИЯ АЭС НА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЕ

Приведены результаты использования временных передвижных малоапертурных сейсмических антенн для контроля стабильности состояния геологической среды в период строительства АС в Ленинградской и Нижегородской областях.

**Ключевые слова:** малоапертурная антенна; Восточно-Европейская платформа; сейсмический мониторинг.

Опыт эксплуатации малоапертурной (около 1 км) антенны «Михнево» на геофизической станции Института динамики геосфер РАН, показал эффективность их применения для контроля за слабыми сейсмическими событиями на Восточно-Европейской платформе (ВЕП). В 2009 г., впервые на территории России, малоапертурная антенна была применена для сейсмического контроля ближней зоны АЭС в Ленинградской области. В 2010 г. эти работы были продолжены, а в 2011 г. аналогичная антенна была использована для мониторинга ближней зоны строящейся Нижегородской АЭС.

С начала 60-х годов прошлого столетия сейсмическое группирование как новый для того времени тип сейсмической регистрации помогает повысить соотношение сигнал/шум и улучшить качество определения типа сигналов (землетрясение-взрыв). Мировая практика показала, что по соотношению цена-качество (в данном случае «качество» - это точность полученных оценок сигналов и их детерминация) гораздо выгоднее увеличивать число станций, чем усложнять систему обработки одиночных станций.

Группирование предполагает площадную расстановку  $N$  сейсмических датчиков, положение которых задается в прямоугольной системе координат. Повышенная чувствительность сейсмических антенн достигается за счёт пространственной обработки всех сигналов, регистрируемых имеющимся набором сейсмоприёмников. В основе такой обработки и анализа данных лежит гипотеза о том, что в пределах линейных размеров площадной системы регистрации сигнал является плоской когерентной волной, а на небольших интервалах времени сигнал является стационарным процессом в пространстве. Шум при этом считается некогерентным.

Для определения координат события по данным сейсмической антенны необходимо определить моменты вступления нескольких сейсмических фаз, порождаемых этим событием. Кроме моментов вступления сейсмических волн различных типов необходимо определить азимут и кажущиеся скорости этих волн. По разности времени между вступлениями различных фаз определяется эпицентральный расстояние. Оценки кажущейся скорости позволяют облегчить определение типа зарегистрированной фазы.

Азимут подхода волнового фронта к антенне, как правило, совпадает с направлением на источник. В реальной ситуации, однако, наличие неоднородностей (скоростных аномалий) на трассе луча, может привести к изменению направления распространения волнового фронта. В этом случае азимут на источник будет определяться с систематической ошибкой, которая может быть устранена введением «станционной» поправки. Такая поправка может быть оценена с помощью калибровочных сигналов (т.е. сигналов с известными характеристиками источника). Проблема выбора конфигурации антенны или геометрии распределения ее индивидуальных датчиков по площади наблюдений ориентирована на построение рациональной характеристики направленности антенны, которая позволила бы благодаря подавлению микросейсмических шумов и равномерному пространственному опросу выделять слабые сейсмические сигналы, а также с достаточно высокой точностью оценивать их основные характеристики.

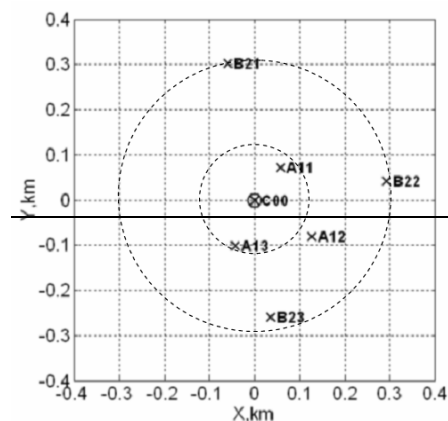


Рис. 1. Конфигурация антенны  
«Сосновый бор»

Для установки малоапертурной сейсмической антенны с целью сейсмического мониторинга района радиусом до 40 км от площадки Ленинградской АЭС-2 был выбран участок побережья Финского залива в районе города Сосновый Бор. Наблюдения велись в течение одного месяца. Антенна состояла из семи трехкомпонентных пунктов регистрации, установ-

ленных в шурфах на глубине 1 м. Пункты располагались на двух концентрических окружностях; на каждом кольце - по три датчика и один в центре. Апертура антенны (600 метров) обусловлена морфологическими особенностями выбранного участка.

По аналогичной схеме были установлены датчики на малоапертурной антенне в районе Нижегородской АЭС.

Корреляционные свойства шума накладывают существенные ограничения как на выбор места установки антенны, так и на определение ее основных геометрических параметров: апертуру, конфигурацию, расстояние между датчиками.

Обработка велась программой ELWIN, разработанной в Кольском филиале ГС РАН, которая позволяет оперативно обрабатывать много-

канальные сейсмические записи. За указанный период наблюдений было зарегистрировано около 1000 сейсмических событий различной природы.

Проведенная локация выделенных сигналов на обеих площадках показала, что источниками части из них являются, карьерные взрывы, около 10 событий имеют предположительно тектоническую природу. На рисунках 2 и 3 приведены примеры записей карьерных взрывов. В настоящее время проводится анализ всех выделенных сигналов с целью их дальнейшей детерминации. Для первой оценки магнитуды событий, зарегистрированных антеннами "Сосновый Бор" и "Нижний Новгород", была использована локальная шкала, разработанная для малоапертурной антенны "Михнево", расположенной в 80 км к юго-западу от Москвы на мощном слое осадочных пород.

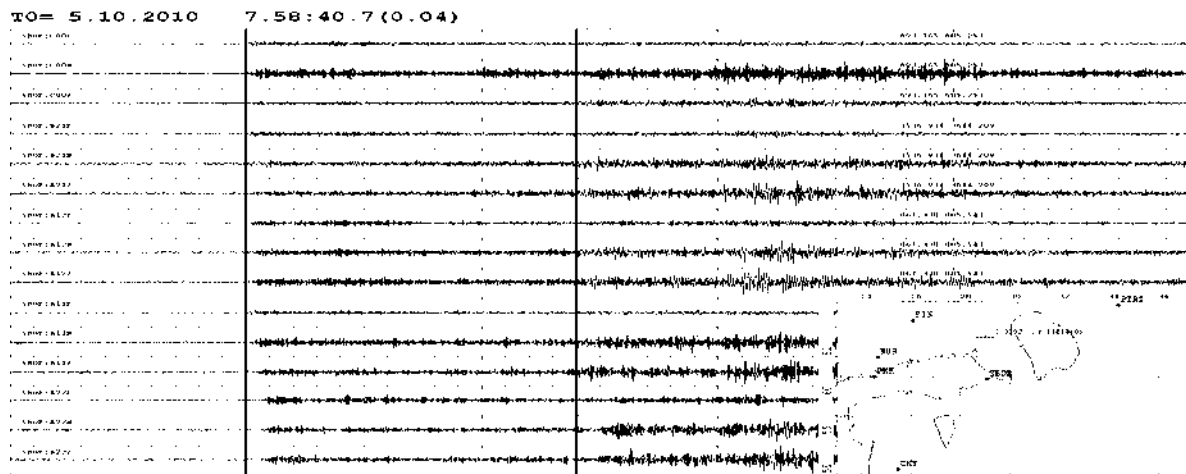


Рис.2. Пример записи взрыва на карьере Кузнечное 05.10.2010г. (МСА "Сосновый бор").

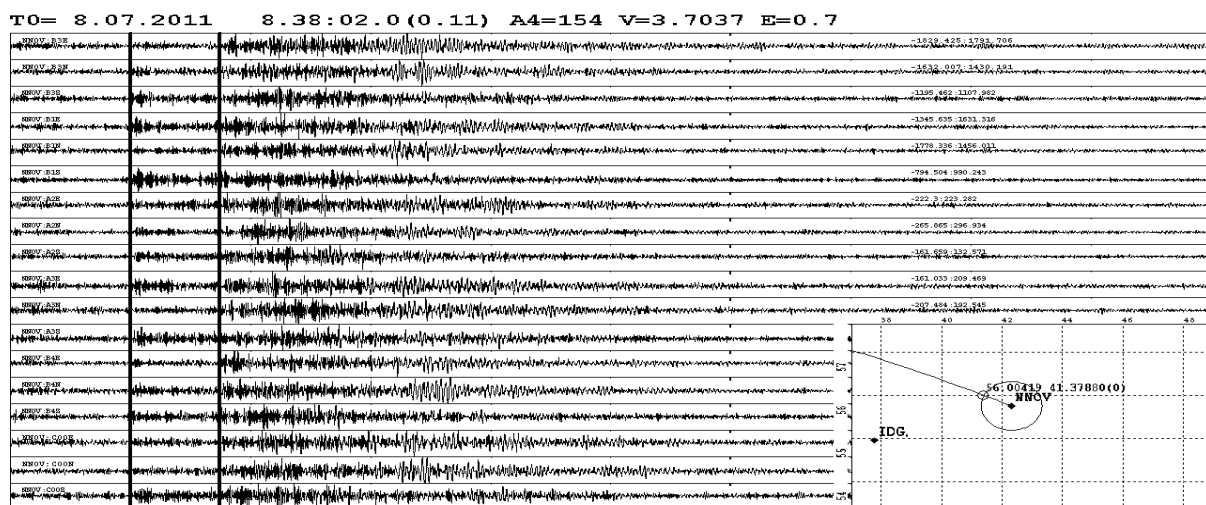


Рис.3. Пример записи взрыва на карьере Ковровского рудоуправления 08.07.2011г. (МСА "Нижний Новгород").

Изменение параметров сейсмического режима, замеченное в ходе локального сейсмического мониторинга (например, активизация сейсмической и геодинамической активности или изменение наклона графика повторяемости), могут служить основанием для подготовки рекомендаций по возможности раннего предотвращения чрезвычайных ситуаций и выдачи рекомендаций нормативного характера по надежной эксплуатации АЭС и ее экологической безопасности.

#### Литература

- Бугаев Е.Г., Кишкина С.Б. Метод сейсмического мониторинга территории объектов атомной энергетики на Восточно-европейской платформе. Проблемы взаимодействия геосфер. Сборник научных трудов ИДГ РАН. М.: ГЕОС. 2009. С.147-155.
- Кедров О.К. Сейсмические методы контроля ядерных испытаний. Изд-во ИФЗ РАН. Москва – Саранск, 2005. 420 с.
- Кушнир А.Ф., Лапшин В.М., Кварна Т., Фьен Я. Алгоритмы статистически оптимальной обработки данных малоапертурных сейсмических групп: тестирование на реальных записях // Вычислительная сейсмология. 1994. Вып. 27. С. 215–233.
- Санина И.А., Волосов С.Г., Черных О.А., Асминг В.Э., Солдатенков А.М., Ризниченко О.Ю. Синтез и опыт экспериментального применения двухмерной малоапертурной сейсмической антенны “Михнево” Сейсмические приборы. Москва. ИФЗ РАН, вып. 44. с. 5-20, 2008.
- Санина И.А., Черных О.А., Ризниченко О.Ю., Волосов С.Г. Малоапертурная сейсмическая антенна “Михнево”: новые возможности изучения сейсмичности Восточно-Европейской платформы. ДАН. 2009. Т. 428. № 4. С 536-541.
- Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы кн.1, под редакцией Н.В. Шаров, А.А. Маловичко, Ю.К. Щукин Ю.К., Петрозаводск, 2007, стр.207-217.

### ДОСВІД СЕЙСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ МАЙДАНЧИКІВ РОЗТАШУВАННЯ АЕС НА СХІДНО-ЄВРОПЕЙСЬКІЙ ПЛАТФОРМІ

**І.А. Саніна, С.Б. Кішкіна, Д.Н. Локтєв, М.А. Нестеркіна, Н.Л. Константиновська, С.Г. Волосов**

Наведено результати використання часових пересувних малоапертурних сейсмічних антен для контролю стабільності стану геологічного середовища в період будівництва АС в Ленінградській і Нижегородській областях.

**Ключові слова:** малоапертурная антенна; Східно-Європейська платформа; сейсмічний моніторинг.

### SEISMIC MONITORING EXPERIENCE OF ATOMIC POWER STATIONS GROUND LOCATION AT EAST EUROPEAN PLATFORM

The results of mobile small aperture arrays application for control of geological state stability in time of atomic power plants construction in Leningrad and Nizhniy Novgorod regions are presented.

**Keywords:** Small aperture array; East European platform; seismic monitoring

<sup>1</sup> *Институт Динамики Геосфер РАН*

<sup>2</sup> *Институт Физики Земли РАН*