

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Развитие инструментальных сейсмических наблюдений определяется задачами, стоящими перед сейсмологией.

Изучение сейсмичности и сейсмическое районирование, исследования механизма очагов землетрясений и внутреннего строения Земли, поиск предвестников землетрясений и методов их предсказания, изучение сейсмического эффекта взрывов и контроль за проведением ядерных испытаний – вот те основные задачи, которые стимулировали развитие инструментальных средств наблюдений и определяли технические параметры сейсмической аппаратуры.

Решение этих задач невозможно без знания местоположения землетрясений и их энергетических характеристик. Точное местоположение очагов землетрясений, основанное на изучении параметров генерируемых ими упругих волн, является первоочередной задачей стационарных сейсмических наблюдений. В условиях распространения сейсмических волн в неоднородной Земле и при несимметричном излучении энергии источником (именно таковым является очаг землетрясения) только с помощью сетевых наблюдений и их обработки можно оптимально решить задачу наиболее точной локации очага. Поэтому основной особенностью сейсмических наблюдений является их сетевой характер.

Сейсмические сети представляют собой органически связанную систему: станции наблюдений – каналы передачи данных – центр сбора и обработки информации.

Сейсмическая сеть Российской академии наук, осуществляющая сейсмический мониторинг России и стран СНГ, имеет трехуровневую структуру: телесеismicкий, региональный и локальный уровни. В состав сети входит более 180 сейсмических станций и 10 центров сбора и обработки данных.

Сейсмическая сеть РАН, имеет характерные особенности, связанные с большой территорией страны. При организации сейсмических наблюдений это приводит к необходимости применения телесеismicких методов наблюдений и обработки данных. Телесеismicкий метод обработки наблюдений свойственен редким, глобальным сетям наблюдений. Станции, по данным которых рассчитываются параметры очагов землетрясений, как правило, расположены на расстояниях более 10-12 градусов от эпицентра. Немногие национальные сети в мире применяют в обработке телесеismicкие методы. Станции телесеismicкой сети России расположены достаточно далеко от центра сбора и обработки данных, что создает технические проблемы и требует значительных финансовых затрат на передачу непрерывной информации со станций в центр. В случае аналоговой регистрации это пересылка сейсмограмм по почте и передача информации по телефонным и телетайпным каналам связи, в случае цифровой регистрации – это передача цифровой информации по арендуемым каналам связи на длинные расстояния. В первом случае расходы невелики, но время, затраченное на передачу данных со станций в центр, значительно. Во втором – временные затраты практически отсутствуют (данные передаются в режиме близком к реальному времени регистрации), но стоимость аренды каналов связи велика и в настоящее время намного превышает возможности бюджета, выделяемого Геофизической службе РАН на эксплуатацию сейсмических сетей.

Телесеismicкая сеть РАН покрывает всю территорию России, контролирует ее сейсмичность с магнитудного уровня  $M=3.0\div 4.0$  и более и является важным компонентом глобальных сейсмических наблюдений на Земном шаре.

Региональные сети расположены в сейсмоактивных регионах Камчатка, Сахалин, Северный Кавказ, Байкал и др. Они охватывают территории порядка миллиона квадратных километров и должны регистрировать землетрясения с магнитудами  $M=2.0\div 3.0$  и более.

Локальные наблюдения проводятся на территориях порядка нескольких тысяч кв. км, чаще всего охватывают прогностические полигоны, вулканы, крупные промышленные объекты, города и пр. Они должны обеспечивать изучение сейсмичности с магнитуды  $M=1.0\div 2.0$  и более.

Сети всех трех уровней тесно увязаны между собой и дополняют друг друга и для эффективной их работы между ними необходима надежная информационная связь.

Однако существующие сети РАН еще не обеспечивают в полном объеме регистрацию землетрясений с соответствующих магнитудных уровней, что объясняется недостаточной плотностью сетей и неравномерностью их распределения на контролируемой территории.

Не рассматривая развитие телесеismicкой сети наблюдений, остановлюсь лишь на региональных сетях. Их развитие происходит по двум основным направлениям.

Первое направление состоит в простом увеличении числа станций на территории, контролируемой региональной сетью с передачей информации с каждой станции в региональный центр сбора и обработки информации. Региональная станция оснащается цифровой аппаратурой с полосой пропускания, обеспечивающей регистрацию сейсмических волн с частотой от первых десятков герц до десятых долей герца.

Второе направление состоит в том, что региональная сейсмическая сеть формируется путем объединения ряда локальных сетей, покрывающих всю территорию контролируемую региональной сетью. При этом создается единая компьютерная сеть, соединяющая каждый центр локальных сетей с центром региональной сети. Сейсмические станции, расположенные в центрах локальной сети, должны быть оснащены аппаратурой, аналогичной аппаратуре, устанавливаемой на станциях телесеismicкой сети. Станции или пункты наблюдений локальной сети могут быть оснащены более простой и экономичной короткопериодной аппаратурой (возможно, только вертикальными компонентами). Последняя форма организации региональной сети в значительной степени реализована сегодня на Камчатке.

На Камчатке уже созданы три локальные сети с радиотелеметрической системой сбора станционных данных (Петропавловская, Козыревская и Ключевская), создающие основу автоматизированной региональной сети Камчатки. Так, в состав Петропавловской сети, создающей «охранную» сеть для города, входит 15 станций, в состав Ключевской сети, контролирующей процессы подготовки извержений одноименного вулкана и развитие вулканической активности во времени, входит 8 станций. На станциях установлены трехкомпонентные короткопериодные сейсмометры. В каждом центре локальной сети ведется сбор и обработка станционных данных и осуществляется контроль за работой станций. Оперативный доступ к текущим данным осуществляется через локальную сеть или сеть Интернет. Все три локальных центра связаны по межкомпьютерным каналам с региональным центром в г. Петропавловск-Камчатский.

В региональном центре на базе данных этих локальных сетей и станционных данных региональных станций, оснащенных еще аналоговой аппаратурой, ежедневно производится определение местоположения гипоцентров землетрясений и выпускается оперативный сейсмологический бюллетень по району Камчатки и Командорских островов. Бюллетень помещается в базу данных и доступен всем сейсмологам.

Таким образом, камчатскими сейсмологами - сотрудниками Камчатской опытно-методической сейсмологической партии Геофизической службы РАН - впервые в России создана в значительной степени автоматизированная региональная сеть наблюдений с системой оперативной обработки данных. К этому следует добавить, что, кроме сейсмического мониторинга, разработана и создана система визуального мониторинга вулканов. Уникальность и значимость подобной инструментально-визуальной системы трудно переоценить.

Принципиально важно то, что созданная система обеспечивает три уровня доступа к материалам наблюдений и обработки данных:

- цифровые записи землетрясений и результаты сводной обработки (бюллетени и каталоги) постоянно поступают в созданную в региональном центре оперативную базу данных, к которой организован свободный доступ пользователей через локальную вычислительную сеть;

- бюллетени и каталоги оперативно поступают на Web-сервер сети Интернет, что делает эти данные доступными широкой отечественной и мировой сейсмологической общественности;

- срочные донесения о сильных землетрясениях на Камчатке в режиме близком к реальному времени передаются в местную администрацию, в МЧС России и в цунами-службу Роскомгидромета, что позволяет существенно повысить оперативность оказания помощи районам, пострадавшим от землетрясений и цунами.

Таким образом, сегодня в Российской академии наук созданы основы национальной сейсмической сети для обеспечения непрерывного стационарного мониторинга землетрясений и вулканов. На базе компьютерной технологии реализована служба срочных донесений федерального и регионального уровней о сильных землетрясениях, происходящих на территории России, стран СНГ и мира.

Развитие сейсмической сети РАН должно проходить по следующим основным направлениям:

- расширение сети и создание дополнительных станций, обеспечивающих равномерное покрытие территории России;

- техническая модернизация существующих аналоговых станций на базе цифровых средств регистрации и передачи данных в центры сбора и обработки информации;

- развитие информационно-обрабатывающих центров телесеismicкой сети и региональных сетей для повышения точности определения местоположения сейсмических событий и скорости обработки первичных данных, включая разработку новых методов определения координат очагов землетрясений и их энергетических оценок;

- широкое использование телекоммуникационных средств (включая Интернет) передачи данных и доступа к стационарным данным в режиме близком к реальному времени;

- повышение оперативности службы срочных донесений о сильных землетрясениях и издания сейсмологических каталогов и бюллетеней.

Сравнительный анализ сейсмической сети РАН с глобальными и национальными системами сейсмических наблюдений других стран показывает, что сейсмическая сеть РАН в технологическом аспекте интегрирована в мировую систему сейсмических наблюдений и развивается в русле общего процесса совершенствования и унификации сейсмических наблюдений.

*О. Е. Старовойт  
Директор  
Геофизической службы РАН*