



Сейсмоволны: не только науки ради, но и пользы для

Геофизическая служба СО РАН — наверное, одна из наиболее упоминаемых в СМИ организаций Сибирского отделения. Практически каждый день появляются сообщения о том, что в той или иной точке земного шара произошло землетрясение, как относительно значимое, так и совсем небольшое. Однако такого рода мониторингом деятельность ученых не ограничивается. «На фундаментальную сейсмологию мы зарабатываем с помощью разработанных нами технологий», — признается директор ГС СО РАН д.г.-м.н. **Виктор Сергеевич Селезнёв**

Симфония волн

В сейсмологии все точно так же, как и на концерте симфонического оркестра. Мы слушаем музыку, составленную из отдельных партий инструментов и с помощью слухового аппарата можем вычленивать каждый из них: мелодию ведут скрипки и рояль, вступает виолончель, низко и тягуче поет контрабас — и, наконец, ликуют духовые. Правда, для того, чтобы понять, кто из них кто, нам нужно знать их звучание. Теперь представим, что вместо двух ушей и головы у нас — сейсмологическая аппаратура, а свои аккорды исполняет для нас Земля и различные сооружения, на ней расположенные. «Совместно с Институтом лазерной физики СО РАН мы научились делать станции, у которых большой динамический диапазон — то есть, помимо сильных колебаний мы можем регистрировать и очень слабые, чьи амплитуды составляют нанометры, — рассказывает Виктор Селезнёв. — Кроме того, были разработаны различные способы, позволяющие накапливать и выделять эти маленькие колебания из сейсмических записей с помощью специального программного обеспечения. При изучении спектрального состава этих записей мы можем понимать какие процессы происходят, к примеру, на том или ином производстве».

Взять, допустим, гидроэлектростанцию. Там стоят мощные турбины, тоже излучающие сейсмические сигналы — анализируя их, специалисты следят за изменением мощности, вырабатываемой этими агрегатами. Кроме того, «тембр» меняется и вследствие износа лопаток. «После аварии на Саяно-Шушенской ГЭС перед нами была поставлена задача определить причины, — комментирует Виктор Селезнёв. — А у нас существует запись с сейсмостанции, которая находилась в четырех километрах, причем, данные хранятся постоянно: и за несколько лет до катастрофы, и во время нее, и после. Разбирая материал, выделяя наносигналы, изучая спектры, изменения фаз, амплитуд, мы смогли понять, что произошло». Сейчас специалисты ГС СО РАН ведут постоянный мониторинг СШГЭС, решая очень тонкие задачи по контролю за работой гидроагрегатов, ведь по изменению характеристик волн специалисты способ-

ны узнать, все ли в порядке.

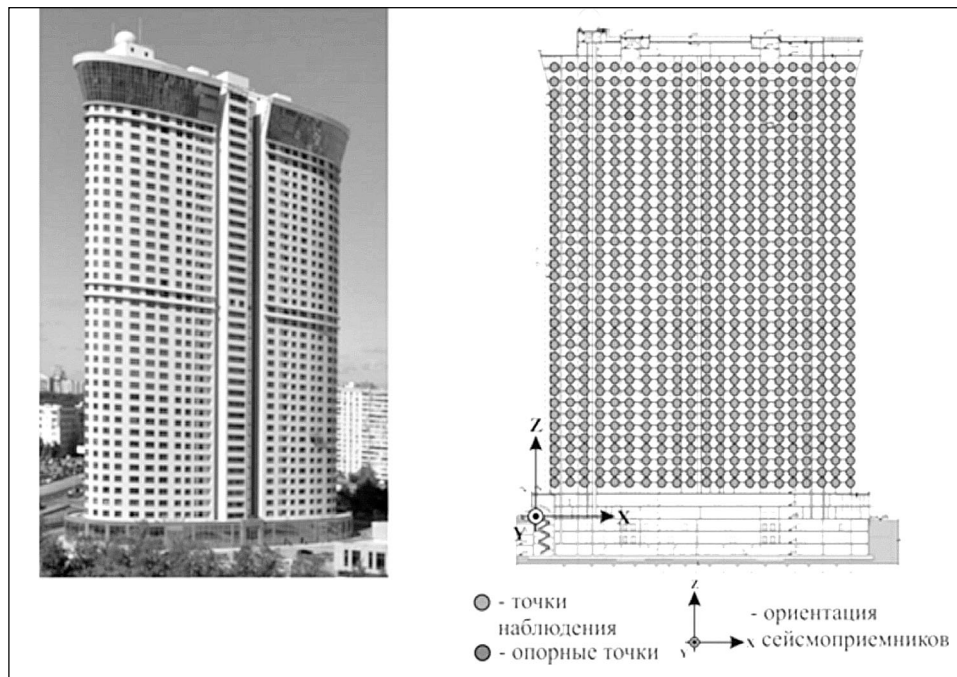
Различные наземные объекты — здания, сооружения, мосты — тоже имеют собственные частоты колебаний. «Когда мы приходим в магазин и покупаем посуду, продавец стучит по ней карандашом, — объясняет Виктор Селезнёв. — Делается это потому, что целый, к примеру, стакан издает определенную ноту. Если есть трещина, звук будет совсем другим. Точно таким же образом можно проверить целостность зданий».

Отличие, по словам ученого, состоит в том, что у строения есть много собственных частот, и исследователи ГС СО РАН смогли разработать технологию, которая позволяет вычленивать именно собственные колебания сооружений, регистрируя и выделяя из них когерентные составляющие — так называемые стоячие волны. Анализ их амплитуд и фаз позволяет уже говорить о том, насколько устойчиво то или иное здание, нет ли в нем трещин или иных дефектов. «По этому направлению мы работаем по заказам, у нас выполнены сотни договоров. Мы изучали такие объекты, как Большой театр, ведем мониторинг Новосибирского государственного академического театра оперы и балета, изучаем высотные здания в Москве. Причем последнее говорит о том, насколько хороша наша технология, ведь выйти на рынок в столице, где существует несколько геофизических институтов, достаточно сложно», — говорит Виктор Селезнёв.

Надо отметить, что сейсмических колебаний в окружающем нас мире достаточно много и без землетрясений — большие машины, ведущиеся ремонтные или какие-либо еще работы, банальный отбойный молоток. Такие волны доходят до зданий и на определенных частотах начинают их раскачивать. Разумеется, как отмечает специалист, эти явления тоже нужно исследовать.

Кстати, хорошая новость для жителей «хрущевок» новосибирского Академгородка: не так давно специалисты изучали эти дома. «Выяснилось: построено такое жилье было очень качественно, прочнее, чем положено, в два-три раза, и несмотря на то, что износ сейчас должен быть порядка 70–80%, по нашим наблюдениям он составил всего 25–30%», — утверждает Виктор Селезнёв.

Все сейсмостанции сейчас имеют небольшие размеры, но для решения задач, о которых идет речь, используется портативная аппаратура, причем, достаточно всего десятка комплектов, чтобы исследовать всю СШГЭС. «Мы просто передвигаем приемники с одного места на другое, для изучения дома требуется всего один-два дня», — улыбается ученый. Он подчеркивает, что в ГС СО РАН была разработана именно новая технология, включающая запатентованные идеи (сформулированные Виктором Селезнёвым и д.т.н. **Александром Федоровичем Емановым**), аппаратура, программное обеспечение и приемы выполнения работ. «Это называется «метод стоячих волн». И сейчас уже он является обязательным при изучении мостов (насколько качественно они построены, нет ли дефектов) — выпущена определенная нормативная документация», — отмечает специалист. На использовании стоячих волн основана и еще одна техно-



логия геофизиков. Дело в том, что при строительстве различных объектов в сейсмоопасных районах необходимо обязательно провести детальное сейсмораионирование для определения, на каких частотах происходят наиболее сильные колебания грунта, чтобы не поставить на этом месте здание с такими же собственными частотами, иначе будет очень сильный резонанс. Обычная методика состоит в том, что проводятся специальные работы, вычисляются скоростные параметры слоев в верхней части земной коры, а потом, с учетом полученной информации, рассчитываются резонансные характеристики этих пластов. «Мы научились сразу измерять эти характеристики, выделяя очень слабые сигналы», — объясняет Виктор Селезнёв.

УЗИ Земли

Сейсмоволны можно выделять и изучать, а можно сначала сгенерировать, а затем уже исследовать их характеристики и параметры распространения. Полученная информация позволит высунуть детали строения земной коры и верхней мантии. Это не только эффективно, но и экологично, ведь другой способ подразумевает в качестве источника колебаний проведение очень большого взрыва.

«Мы используем мощные вибраторы, заставляя их в течение нескольких часов излучать волны, а затем вдаль суммируем и выделяем нужные нам сигналы. Сейсмограмма такая же, как при взрыве пяти-восьми тонн тротила, но последний — ситуация фактически одномоментная», — комментирует Виктор Селезнёв. На востоке страны ГС СО РАН выполнила работы на профилях протяженностью более 10 тысяч километров, причем эти районы — труднодоступные места Дальнего Востока, Якутии, Забайкалья.

Изначально, когда исследования с помощью мощных вибраторов только начинались, использовались стационарные установки размером с небольшой дачный домик. Сейчас же «на вооружении» стоят передвижные аппараты: средней величины вагончик при необходимости разбирается, ставится на экспедиционную грузовую машину и перевозится.

«В конце концов, мы делаем УЗИ Земли. Определяем картинку. Технология практически та же самая, только очень разных масштабов. Можно понять, где на-

ходятся месторождения и как расположено их основное тело, но это уже глубины в километры и десятки километров», — говорит Виктор Селезнёв.

По схожему принципу работает и технология ГС СО РАН, определяющая наличие нефти и газа — ученые используют то, что в России очень много рек. Сам процесс происходит с помощью кораблей и специальных сейсмических кос, которые раскладываются по дну, или приборов, устанавливаемых по берегу — а непосредственно по водной глади движется плавсредство с компрессором и «пушкой». Сейсмоволны генерируются именно за счет нее: туда подается воздух под давлением до 150 атмосфер, а затем резко выбрасывается. Получается хлопок. Причем он не губит рыбу, а просто отталкивает ее. Виктор Селезнёв подчеркивает, что это экологически чистая процедура, ее применяли на Оби, Лене, Енисее, Тунгуске, Байкале и Телецком озере. В качестве регистрирующей аппаратуры применяют ту же, что и в случае исследования зданий, мостов и сооружений. Поскольку ученые ее разрабатывали сами, то стремились сделать так, чтобы она позволяла решать весь круг необходимых задач.

«У нас очень часто нефтяные или газовые месторождения находятся под какими-либо водоемами, — поясняет Виктор Селезнёв. — При использовании этой технологии не нужно делать взрывы или рубить сейсмические профили, а материал получается того же качества».

Кстати, когда месторождения разрабатываются, в этих районах необходимо проводить сейсмический мониторинг, достаточно густо устанавливая сейсмологические станции. С их помощью можно отслеживать самые разные вещи. Например, наблюдать за подкачкой воды к нефтяному пласту: смотреть, изменяется ли пластовое давление, происходят ли какие-либо колебания. Сюда же — контроль технологических процессов: не сломался ли насос, который качает углеводороды, потому что если он сломался, то будет «звенеть» по-другому (вспомним стакан в магазине!). Если делается гидроразрыв, то геофизики способны определить его положение. «Это очень интересное и перспективное направление», — говорит Виктор Селезнёв.

Екатерина Пустолякова
Фотографии предоставлены В.Селезнёвым