

Моделирование процесса инициации сейсмической активности с учетом неоднородности геологического массива*

В.И. Голубев, Ю.А. Голубева

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)»,
Долгопрудный

Землетрясения являются одним из видов природных катастроф, которые приводят к существенным разрушениям промышленных и гражданских строений, человеческим жертвам и материальному ущербу в сейсмоактивных регионах. На протяжении многих лет ученые всего мира занимаются изучением процессов, происходящих при инициации сейсмической активности. Основной целью данных исследований является установление зависимостей, позволяющих в дальнейшем провести прогноз [1] места наиболее вероятных разрушений для предупреждения местных органов Министерства чрезвычайных ситуаций, а также выполнить оценки будущих разрушений. При проектировании новых сооружений по стандартам выполняются оценки их сейсмостойкости с целью обоснования возможности их возведения. К сожалению, в виду сложного строения геологического массива, а также самой физической постановки задачи (очаг землетрясения располагается на глубинах порядка десяти километров), проведение лабораторных экспериментов невозможно. В связи с этим, актуальным является направление развития методов численного моделирования [2] процесса распространения сейсмических волн в процессе землетрясения с последующим анализом синтетического сигнала, регистрируемого в местах расположения сейсмостанций.

В настоящей работе проведена серия расчетов, демонстрирующая возможность эффективного учета существенной неоднородности геологического массива (наличие криволинейных границ раздела слоев, включений, разломов и трещин, включений) при моделировании процесса распространения сейсмических волн из очага землетрясения к поверхности Земли. Используется модель гипоцентра вида «подвижка по разлому» [3]. Динамическое поведение среды описывается полной определяющей системой уравнений линейно-упругого тела, которая решается численно сеточно-характеристическим методом [4]. Ввиду высокой вычислительной сложности задачи все расчёты производятся на кластере с распараллеливанием на основе технологии MPI. Используется исследовательское программное обеспечение, разработанное в МФТИ под руководством к.ф.-м.н. Н.И. Хохлова. Необходимо отметить, что параллельная эффективность составляет порядка 80 % вплоть до 16 000 вычислительных ядер. Для тестов производительности использовался кластер HECToR (UK, EPCC).

Литература

1. Sahin A., Sisman R., Askan A., Hori M. Development of integrated earthquake simulation system for Istanbul // *Earth Planets Space*. 2016. V. 68. P. 115-136. DOI: 10.1186/s40623-016-0497-y.
2. Marzocchi W., Taroni M., Falcone G. Earthquake forecasting during the complex Amatrice-Norcia seismic sequence // *Science Advances*. 2017. V. 3, I. 9. DOI: 10.1126/sciadv.1701239.
3. Golubev V.I., Kvasov I.E., Petrov I.B. Influence of natural disasters on ground facilities // *Math. Models. Comput. Simul.* 2012. V. 4, I. 2. P. 129-124. DOI: 10.1134/S2070048212020056.
4. Golubev V.I., Petrov I.B., Khokhlov N.I. Numerical simulation of seismic activity by the grid-characteristic method // *Comput. Math. and Math. Phys.* 2013. V. 53, I. 10. P. 1523-1533. DOI: 10.1134/S0965542513100060.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00127.