

Атлас афтершоков сильных землетрясений

Гульельми А.В., Завьялов А.Д., Зотов О.Д.

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

e-mail: guglielmi@mail.ru

Эмпирическая формула $n(t) = k/(c + t)$ хорошо известна в физике афтершоков [Omori, 1894]. Эту формулу принято называть гиперболическим законом Омори. Она описывает уменьшение частоты афтершоков $n(t)$ с течением времени. Известен также и степенной закон $n(t) = k/(c + t)^p$ [Hirano, 1924; Utsu, 1961]. Параметр c для нас интереса не представляет, а вот величины k и p являются важнейшими феноменологическими параметрами, характеризующими очаг землетрясения как динамическую систему. Указанные законы не вполне удовлетворительны прежде всего потому, что на практике монотонный спад частоты афтершоков нарушается под воздействием на очаг импульсных, периодических и стохастических триггеров естественного и искусственного происхождения. Примером импульсного триггера может служить кругосветное сейсмическое эхо, а примером периодического триггера – свободные колебания Земли, возбужденные главным толчком [Гульельми, Зотов, Завьялов, 2014]. Дополнительным фактором, приводящим к немонотонности, или, по меньшей мере, к существенному отклонению реального потока повторных толчков от гиперболического или степенного закона, является нестационарность геологической среды в очаге после главного толчка. Для преодоления этих недостатков нами предлагается заменить эмпирическую формулу Омори на дифференциальное уравнение эволюции афтершоков $dn/dt + \sigma n^2 = 0$. Здесь σ – так называемый коэффициент деактивации очага, если $\sigma > 0$, или коэффициент активизации очага, если $\sigma < 0$. Преимущество дифференциального уравнения эволюции состоит в том, что мы без труда можем учесть воздействие триггеров на очаг и влияние нестационарности горных пород в очаге, полагая, что коэффициент деактивации (активизации) зависит от времени: $\sigma = \sigma(t)$ [Гульельми, 2016]. В докладе будет сформулирована обратная задача физики очага и будет указан способ ее решения. Сущность обратной задачи состоит в отыскании неизвестной функции $\sigma(t)$ по заданной функции $n(t)$, получаемой из сейсмических наблюдений. Формально задача сводится к решению интегрального уравнения Вольтерры первого рода. По результатам решения обратной задачи можно будет создать Атлас, который планируется составить из однотипных блоков, по одному на каждый главный удар. Блок содержит 3-4 листа, на которых представлена исходная информация о данном событии, результат анализа в графической форме, и краткий комментарий. Общий вывод состоит в том, что метод обратной задачи очага (ОЗО) открывает возможность по-новому подойти к анализу афтершоков, а создание Атласа на базе решения ОЗО даст новый материал для изучения очага, после главного удара. В заключительной части доклада будет дано представление об афтершоке как о вероятном триггере ряда последующих афтершоков. Будет кратко рассмотрен вопрос о роли кругосветного сейсмического эха в формировании релаксационных автоколебаний Земли. Наконец, будет затронут вопрос о форшоках, кругосветное эхо которых может в ряде случаев стать триггером главного удара. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы 28 Президиума РАН и проекта РФФИ 18-05-00096, а также программ государственных заданий Института физики Земли РАН.