

Математическая модель сейсмотектонических процессов и мониторинг зон подготовки землетрясений

А.С. Алексеев

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН

Стремление надежно обнаружить заранее сильное землетрясение приводит сейсмологов к необходимости использовать большое число предвестников. Однако эта тенденция создает трудности многокритериального оценивания ситуаций.

Предлагаются концепция и модель интегрального предвестника, основанного на оценке процесса развития трещинообразования и разрушения с помощью количественных физических связей предвестников между собой, учитывающих образование и эволюцию очаговой и поверхностной зон дилатансии. Эти связи уменьшают степень неопределенности оценок и смягчают противоречия между отдельными предвестниками.

Существование приповерхностной зоны трещинообразования (наряду с очаговой зоной) было спрогнозировано на основе численного моделирования начальной стадии разрушения горных пород в области концентрации тектонических напряжений. Это позволило объяснить ряд противоречий многодисциплинарного подхода к прогнозу землетрясений. Показано, что следует допускать возможность формирования многочисленных геофизических аномалий – предвестников за счет изменения флюидонасыщенности, электросопротивления и плотности поверхностной зоны трещинообразования. Эти аномалии могут отражать развитие поверхностной зоны, будучи лишь косвенно связанными с напряжениями и трещинообразованием в очаге.

Для поиска количественных связей аномальных геофизических полей на поверхности с полем напряжений и деформаций в области очага было предложено использовать «метод активной сейсмологии», который позволяет осуществлять вибросейсмический мониторинг напряженно-деформируемого состояния всей толщи земной коры, вовлеченной в процесс трещинообразования и других реологических изменений в окрестности будущего очага. Предлагаемая технология многодисциплинарного прогноза предполагает определение эпицентральных областей зреющих очагов по геодезическим и другим аномалиям в среднесрочном режиме и последующую детализацию мониторинга реологии очага за счет вибросейсмического просвечивания выделенных областей. Объединение данных глубинного сейсмического мониторинга с богатой информацией о полях-предвестниках на поверхности открывает новые возможности в краткосрочном прогнозе.

В настоящее время разрабатывается экспериментальная система активного вибросейсмического мониторинга земной коры, которая включает мощные 100-тонные вибраторы, мобильные сейсмические группы для записи вибросигналов и компьютерные системы для обработки данных вибромониторинга. Эта система испытывалась в экспериментах, во время которых было определено влияние земных приливных деформаций коры (порядка 10^{-7}) на скорости сейсмических волн. Эти эксперименты показали, что система сейсмического мониторинга с мощными вибраторами имеет высокую чувствительность и позволяет определять относительные вариации скоростей сейсмических волн примерно $10^{-5} - 10^{-6}$ в области 300-500 км около источника. Она позволяет выполнять прямой мониторинг состояния напряжений в области 100 тысяч км² для обнаружения областей и фаз критических напряжений в качестве предвестника землетрясений.

Некоторые локальные геофизические аномалии не являются предвестниками прямого действия. Они характеризуют состояние и динамику трещинообразования поверхностной

зоны дилатансии, но не реологию источника. По-видимому, наиболее точным методом оценивания связи состояний поверхностной и очаговой зон является определение характеристик анизотропии среды в едином поле напряжений с помощью вибрационного просвечивания объёма среды, примыкающего к этим двум зонам. Влияние геологических особенностей сейсмоопасных зон может быть исследовано путём создания сети полигонов вибропросвечивания в разнородных сейсмо-тектонических провинциях/трансформные разломы, рифтовые зоны, межплитовые разломы и т. д./ Координация работ на существующих комплексных геофизических полигонах: Паркфилд/Калифорния/, Байкал/Сибирь/, Провинция Хебей/Китай/и другие в рамках Международной Координационной Программы может обеспечить получение нужной информации.

Концепция создания сети геофизических полигонов близка по идеологии к концепциям мониторинга природных событий. В рамках ее можно говорить о «сейсмическом климате» (региональный аспект) и о «сейсмической погоде» (локальный аспект).