

Холистический подход к исследованию физических механизмов генерации краткосрочных предвестников землетрясений

С.А. Пулинец

Институт космических исследований РАН

pulse@cosmos.ru

История попыток решения проблемы краткосрочного прогноза землетрясений насчитывает порядка двух веков. Она полна драматизма, периодов неоправданного оптимизма и разочарований. Одной из основных причин неудач явилось то, что с 90-х годов XX столетия физика постепенно ушла из сейсмологии, уступив место математической статистике, основанной на анализе длинных рядов уже свершившихся землетрясений и проецировании установленных статистических зависимостей на будущее. Кроме того, в сейсмологии отрицается тот факт, что процессы тектонической и сейсмической активности носят планетарный характер, и в них принимает участие не только твердая земля, но и другие геофизические оболочки, в том числе атмосфера, ионосфера и магнитосфера. Поэтому проблема должна решаться в целом, а не отдельными дисциплинами, каждая из которых имеет свои ограничения.

В предлагаемой нами модели литосферно-атмосферно-ионосферных взаимодействий (Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere Coupling – LAIC) весь комплекс процессов, участвующих в подготовке землетрясений, рассматривается как открытая нелинейная система с затуханием, состояние которой приближается к критической точке. Большую роль в этом играют процессы ионизации пограничного слоя ионосферы радоном, выделяемым из земной коры, основными последствиями которых являются генерация тепловых аномалий одновременно с изменением относительной влажности и атмосферного давления над зоной подготовки землетрясения, локальная модификация параметров глобальной электрической цепи (ГЭЦ), формирование крупномасштабных неоднородностей электронной концентрации и концентрации ионов в ионосфере, концентрация ОНЧ излучений в магнитосферной трубке, опирающейся на зону подготовки землетрясений, и стимулированное высыпание энергичных частиц вследствие циклотронного взаимодействия с ОНЧ излучениями.

Все элементы модели протестированы неоднократно на примере сотен реальных землетрясений, что позволило определить характерные черты предвестников, которые обусловлены установленными физическими механизмами их генерации. Это позволило развить технологию, названную нами когнитивной идентификацией предвестников землетрясений. Базируясь на этих представлениях, были разработаны методы автоматической идентификации предвестников с применением искусственного интеллекта и машинного обучения.

Одним из новых существенных результатов, полученных в ходе развития модели LAIC, явилось открытие нового интегрального диагностического параметра, названного поправкой химического потенциала паров воды в атмосфере, который наряду с ионосферными предвестниками используется нами для экспресс-анализа геофизической обстановки в сейсмоактивных регионах планеты.

Результаты более чем 20-летней истории развития модели LAIC опубликованы в более чем 200 статьях в рецензируемых журналах и 5 монографиях.