

ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА АЛЕКСАНДРОВИЧА РОЖНОГО

Я был знаком с Сашей с 1979 г., а в 1980 г. Саша стал работать со мной, собственно, с этого времени начала работать наша группа. Он отвечал в группе за аппаратуру и подготовку физических экспериментов, блестяще справлялся с этими задачами.

М.А. Садовский поручил группе заниматься изучением проблем физики электромагнитных предвестников землетрясений. В начале 1980-х годов на эти предвестники возлагали большие надежды. Особенно в случае краткосрочного прогноза землетрясений. Еще живы те, кто помнит это время и то, с каким энтузиазмом работали исследователи. Выезжали в экспедиции, устанавливали аппаратуру, ждали сильные землетрясения и анализировали данные стационарных станций. В то время все аномалии связывали с происходящими землетрясениями и обнаруживали очень много «предвестников».

К этому времени Саша уже имел опыт регистрации электромагнитных предвестников, прежде всего, электромагнитного излучения (ЭМИ). В принципе, природа ЭМИ была понятна: это механоэлектрические преобразования, излучатели трещины, в вершинах которых неравномерно перемещается электрический заряд, обусловленный движением дислокаций. Однако мы работали в поле, а не с лабораторным образцом. Поэтому возникали вопросы о мощности единичных излучателей, было очевидно, что она была ничтожно мала. Возникал вопрос, сколько их должно быть, чтобы зарегистрировать излучение перед сильным землетрясением? Мы знали, что при самом акте землетрясения разрушается весь поверхностный слой, при этом не фиксировали электромагнитный импульс. Тогда при каких условиях подготовки землетрясений мы могли бы наблюдать это ЭМИ? В те времена мы многого не понимали.

Как измерять движущийся заряд трещины? Известные группы физиков Финкеля и Головина использовали конденсаторный метод. Это конструктивно был очень сложный подход, но еще более сложной была калибровка конденсатора с учетом его размеров. Мы пошли по другому пути. Для измерения движущихся зарядов было предложено использовать тор, в центре которого размещался образец. Движущиеся в твердом теле при образовании трещин заряды наводили в торе магнитное поле, ЭДС которого фиксировали. Саша Рожной вместе с Андреем Федотовым довольно быстро собрали такую установку, а вот калибровка этой системы была непростой задачей, тем более что ее нужно было сделать в широком амплитудно-частотном диапазоне.

В этой работе проявился большой талант Саши как экспериментатора. Он заранее пытался предусмотреть проблемы, которые могли бы возникнуть в

процессе экспериментов. Были измерены величины зарядов на модельных и горных материалах, с учетом которых определялся электрический момент и энергия единичных источников излучения. Эта работа докладывалась на Московском городском семинаре по физике деформирования и разрушения, на открытом семинаре в Институте химической физики, и была высоко оценена. Наши измерения признали более точными.

В геофизике чаще всего применялся лабораторный эксперимент, а затем его результаты умозрительно переносились или встраивались без доказательств в какую-то стадию воображаемого сейсмического процесса. И все зависало. Мы решили провести натурный эксперимент в различных регионах и на различных грунтах. Мы с Сашей рассуждали, по нашему мнению, здраво. Это было оправдано. Из чего мы исходили? Источники излучения локальные, мощность электромагнитного излучения отдельных источников ничтожно мала, для фиксации излучений необходимо большое количество источников, суммарная мощность которых превышала бы уровень естественного электромагнитного фона. Частоты излучения достаточно высокие, поэтому если бы было излучение, его можно зафиксировать только из поверхностных слоев коры.

Но была еще одна проблема: поверхностные слои коры нужно было деформировать до критического уровня, так как трещинообразование является пороговым процессом. Для деформирования среды решили использовать упругие волны взрывных источников, уровень которых можно было регулировать мощностью ВВ и расстояниями от источников. А теперь представьте себе структуру измерительных средств: это антенны ЭМИ, датчики акустики, датчики регистрации вертикальных смещений и сейсмического сигнала, датчик взрыва. Таких пунктов регистрации должно было быть не менее трех. И все они вместе с точкой взрыва должны быть связаны единым временем с точностью отсчета около одной миллисекунды. Нам нужно было точно измерить на коротких базах скорость сейсмической волны. Замечу, что все датчики были прокалиброваны, даже антенны регистрации ЭМИ в ближней зоне.

Душой этой системы был Александр Александрович. Саша был помешан на калибровке всех датчиков. По-другому он не мыслил мониторинг. Нам удалось привнести в геофизику методологию экспериментальной физики, в которой постановка задачи была предельно понятна. Ставки этого эксперимента были очень высоки. Речь шла о существовании или отсутствии электромагнитных предвестников землетрясений.

Эксперименты проводились во многих регионах СССР на самых разных грунтах. Нас больше интересовали скальные породы с различной степенью разрушения. Было показано, что ЭМИ при трещинообразовании возникает при критических деформациях около 10^{-5} , гораздо больших, чем возможная

деформация от подготовки сильных землетрясений или действия метеорологических факторов. Отсюда следовало, что модель поверхностных источников ЭМИ не могла служить основой работ для краткосрочного прогноза сильных землетрясений. Причем радиус контроля источников ЭМИ не превышал 1-2 м.

Эти материалы послужили основой кандидатской диссертации Александра Александровича, которая была защищена с некоторой задержкой из-за событий 1990-х годов. Интерес к работе был большой, так как работа затрагивала фундаментальные вопросы физики твердого тела и геофизики. При обсуждении работы в качестве оппонента выступил академик Анатолий Леонидович Бучаченко, блестящий специалист в области физики твердого тела и механохимии.

К концу 1980-х годов прошлого века мы начали понимать отсутствие перспектив в электромагнитных методах прогнозирования землетрясений. В это время исследовались различные модели подготовки землетрясений, которые связывали формирование очагов с процессами консолидации среды, следствием которых могло быть возбуждение АГВ и ВГВ. Именно действие АГВ и ВГВ могло быть ответственно за наблюдаемые многочисленные явления в ионосфере и волноводе «Земля-ионосфера». Для исследований процессов в этих оболочках использовали методы спутникового мониторинга и вертикального зондирования ионосферы.

В самом начале 1980-х годов мы разработали совместно с омскими радиофизиками проект мониторинга волновода «Земля-ионосфера» с использованием фазовых радионавигационных передатчиков системы ОМЕГА. Мониторинг вариаций фаз сигналов навигационных передатчиков вдоль трасс (передатчик – приемный пункт) оказался весьма чувствительным к контролю фоновых гелиогеофизических ситуаций и процессов, обусловленных сейсмикой. Было принято решение организовать такую работу в Москве, контролируя по радиотрассам несколько зон: Кавказ, Иран, Турцию, Ирак и Балкано-Карпатский регион. К этой работе на московской станции я привлек Александра Александровича. Уже накопленный опыт показал, что мы можем контролировать краткосрочный период опасности вдоль трасс, но не можем локализовать вероятную эпицентральную зону.

Мы начали мониторинг сейсмической опасности с системой ОМЕГА прямо в нашей лаборатории в ИФЗ РАН. Накопленный десятилетний опыт мониторинга позволил в 1991-1993 гг. показать в реальном времени краткосрочный период сейсмической опасности вдоль радиотрасс, оправдавшийся в четырех случаях из пяти, причем пропусков событий не было. Параллельно в Омске была начата разработка по нашему ТЗ системы наклонного зондирования ионосферы на длинных волнах, это около 100 кГц. В

качестве передатчиков была использована импульсно-фазовая радионавигационная система Лоран-С – система ближней привязки, в каждой цепочке которой работают от четырех до пяти разнесенных передатчиков. Первый приемный комплекс сигналов Аравийской и Средиземноморской цепочек передатчиков системы Лоран-С был установлен в Махачкале. И начал функционировать в начале 1990 г.

20 июня 1990 г. произошло Рудбарское землетрясение в Иране. Его магнитуда была $M=7.5$. Это событие контролировалось одновременно двумя системами ОМЕГА в Москве и Лоран-С в Махачкале. При непосредственном участии Александра Александровича впервые наблюдалась потеря фазового цикла в период терминатора (по станции «Москва») и резкое затухание сигнала на одной из трасс системы Лоран-С, близкой к эпицентральной зоне, за несколько суток до события (журнал «Физика Земли», 1992, №3, с. 102-106). Эти данные указывали на возбуждение волновода «Земля-ионосфера» непосредственно перед сильнейшими землетрясениями, правда, физику этих процессов мы поняли значительно позже.

Организация дистанционного мониторинга краткосрочной сейсмической опасности очень больших территорий представляла огромный интерес. Однако начались 1990-е годы, и реализовать в должной мере возможности мониторинга совместно с системой Лоран-С мы уже не могли. За последние почти 40 лет эти работы в мире никто не повторил, для многих они были слишком дорогими и сложными. Мы шутили, что такие работы были возможны только в СССР.

Мы не гнались за быстрыми результатами, но старались хорошо выполнять свою тяжелую работу. Я с большим удовлетворением вспоминаю совместную работу с Александром Александровичем. Уверен, что многим его сейчас будет не хватать. Вечная память Саше Рожному!

Суважением,
д.ф.-м.н И.Л. Гуфельд