

О возможностях долгосрочного, среднесрочного и краткосрочного прогноза сильнейших землетрясений посредством мониторинга температурных аномалий, степень информативности температурных предвестников

Э.Ф.Магомедова, Д.Г.Осика, М.А. Коркмасова
ИГ ДНЦ РАН

«Успешное предсказание землетрясений может стать возможным только в результате объединения различных методов и даже различных наук. Среди этих наук можно назвать статистику, метеорологию и даже астрономию.....»

Г.Тазиев

Предсказать землетрясения пытались с древнейших времен, еще до нашей эры. При этом было замечено изменения вкуса и температуры, а также уровня, дебита воды в колодцах и других источниках накануне землетрясения. В настоящее время уже предложено множество методов предсказания землетрясений, но до сих пор не практикуется предсказание землетрясений путем мониторинга метеорологических аномалий.

По нашему мнению это объясняется молодостью науки метеорологии и сейсмологии вообще и прогностической сейсмологии, в частности, а также отсутствием специалистов метеорологов в среде геофизиков-сейсмологов, занимающихся проблемой предсказания землетрясений.

Изменения температурного режима в атмосфере и в приповерхностных слоях земной коры во время подготовки и свершения разрушительных землетрясений так велики, что издавна замечались населением сейсмоактивных регионов, описаны в художественной литературе, а в последние десятилетия зафиксированы учеными.

Уже в XIX веке в научной среде доминировало мнение о влиянии землетрясений на погоду. Население сейсмоактивных регионов и научные наблюдения действительно отмечали после разрушительных землетрясений резкое падение температуры воздуха и повышение атмосферного давления. В художественной литературе тех лет отмечалось изменения в погоде предвещающие разрушительные землетрясения наряду с изменениями в погоде после землетрясений (похолодание).

В историческом романе Х.М.Мугуева «Буйный Терек» есть описание поведения погоды перед землетрясением 25 февраля 1830 г. (8-9 баллов по шкале MSK), где говорится о том, что среди суровой зимы за несколько дней до землетрясения вдруг резко потеплело, исчез снежный покров, пробудились от зимней спячки ящерицы и змеи. Последствия этого же землетрясения описаны в романе Потто В.А. «Кавказская война»:

«.....горы во многих местах дали трещины, из расселин земли выступила вода и образовала бешеные потоки, уносившие все, что попадалось им на пути; потом эти ручьи исчезали и на их месте появились узкие, бездонные щели, полузатянутые сверху песком и илом..... Все это время гарнизон крепости Внезапной размещался в калмыцких кибитках, а жители частью разбрелись по соседним аулам, а частью ютились под открытым небом, несмотря на суровую зиму, державшуюся к общей беде дольше обыкновенного».

В 1989 г. в журнале «Физика земли» в ст. А.Г.Сальмана и С.Б.Фелицина «Характер связи теплового и сейсмичного режимов верхней части земной коры» сказано: «деформация твердого тела сопровождается выделением тепла.....при пластических деформациях около 90% механической энергии переходит в тепловую. Испытания геоматериалов дают аналогичные результаты. В масштабах земной коры подобная зависимость может быть привлечена для объяснения повышения температуры примерно на 1⁰С, обнаруженного в почвенном слое и в неглубоких скважинах в период подготовки некоторых коровых землетрясений, например, Ашхабадского 1948 г., Ташкентского 1966 г. Таншанского 1976 г. С другой стороны, в механике изучается влияние температуры на деформацию и разрушение различных материалов...зависимость времени долговечности твердых тел под нагрузкой от температуры.

..... для Земли в глобальном масштабе прослеживается тенденция к корреляции сейсмичности с полем теплового потока».

В этом же году в журнале «Природа» А.Г.Сальманом (ИФЗ) и д.г.-м.н. Б.В.Шиловым в статье «Сейсмическая активность: взгляд из космоса» сообщается: «Сейчас накоплено много фактов, которые говорят об изменении температурного режима земных приповерхностных слоев в периоды сейсмической активности. Впервые это заметили китайские ученые в связи с сильнейшим Таншанским землетрясением, унесшим более 240 тыс. жителей. Задолго до него на обширной территории метеонаблюдения показали необычно большое повышение температуры почв – на целых два градуса.

Повышение температуры земной поверхности перед землетрясением может объясняться различными причинами, скажем, изменением влажности.....Колебания влажности почвы ведут к изменению ее теплофизических характеристик, условий тепло – и влагообмена, температуры.

Предварительные и в основном качественные исследования указали на возможную связь между временем появления нестационарных (тепловых) аномалий на пересечении Тамды-Гоурауского и Кара-

тауского разломов и Газлийскими землетрясениями 1976 и 1984 г. ($M \geq 7$). За несколько дней до толчков площадь аномалий превышала 100000 км^2 .

Сопоставив данные сети метеостанции в Средней Азии, мы увидели, что в той области, где прослеживается из Космоса тепловая аномалия температура почвы действительно завышена на $2-3^\circ\text{C}$. Значит можно использовать наземную сеть метеостанции для анализа сейсмичности» [3].

Справедливости ради следует отметить, что на температурные и вообще погодные аномалии, наверное, впервые обратила внимание М.Н.Смирнова в связи с Дагестанским землетрясением 14 мая 1970 г., $K=16$ [2].

В дилатантно-диффузной модели формирования очагов землетрясений (Д-Д), разработанной Шольцем, Сайксом и Агарвалом, появление предвестников объясняется поступлением воды в очаговую зону будущего землетрясения, после того, как из-за резкого роста тектонических напряжений там начинается массовое образование микротрещин.

Дж. Райс показал, что состояние динамической (сейсмической) неустойчивости в реальном массиве пород должно поступать с запаздыванием, т.к. изменяется внутривещное давление и начинается фильтрация жидкости. Расчетное время «запаздывания» землетрясения по сравнению с началом фильтрации воды в очаговую зону должно составлять несколько месяцев» [4].

Из приведенных нами материалов разных авторов можно сказать, что художественная и научно-популярная литература отразила такие моменты, связанные с подготовкой и свершением сильнейших землетрясений, как 1) необычное понижение температуры воздуха (примерно за год до события); 2) необычное повышение температуры воздуха перед событием (несколько дней); 3) необычное понижение температуры воздуха после события; 4) избыток воды в приповерхностных слоях в эпицентральной зоне.

С другой стороны, учеными отмечено необычно большое повышение температуры почв (на целых два градуса) задолго до сильнейшего землетрясения. Из космоса наблюдали нестационарные тепловые аномалии перед разрушительными землетрясениями, завышение температуры почвы на $2-3^\circ\text{C}$.

Это явление ученые объясняют двумя причинами: а) увеличением влажности в приповерхностном слое, б) переходом механической энергии в тепловую при пластических деформациях, предвещающих и сопровождающих землетрясения. Не исключается влияние самого повышения температуры на деформацию и разрушение твердых тел.

Во всех случаях предвестники землетрясений являются аномалиями, т.е. отклонениями от нормальных, общепринятых, общих закономерностей. А что такое аномалия в метеорологии? Это «отклонение индивидуального (непосредственно наблюдаемого) или среднего суточного, пендатного, месячного и т.п. значения метеорологического элемента в данном месте от многолетнего среднего его значения (от нормы) [5].

Вопросом краткосрочного прогноза сильных землетрясений через метеорологические предвестники занимались такие ученые, как М.Р.Милькис [6], а также М.А.Садовский, Ю.А.Баннов, К.М.Мирзоев, С.Х.Негматуллаев, последними рассматривалось явление сбоя равновесного состояния функции температуры и давления в атмосфере перед сильными землетрясениями. Они считали возможным краткосрочный прогноз землетрясений на основе метеоданных [7]. В связи с Дагестанским землетрясением 14 мая 1970 г. М.Н.Смирновой и Г.Ш.Елизаровым было замечено нарушение линейной зависимости атмосферного давления и температуры перед сильными афтершоками [2].

Дальнейшее изучение метеорологических предвестников было продолжено лабораторией сейсмологии Института геологии ДНЦ РАН под руководством Р.А.Левковича и Д.Г.Осика, что завершилось разработкой Э.Ф.Магомедовой способа прогноза разрушительных землетрясений и получением ею патента на изобретение №2164697, выданного Российским агентством по патентам и товарным знакам, г.Москва, 27 марта 2001 года, 20.08.2000, бюл. №23, 27.03.2001 бюл. №9.

При этом «Способ прогноза разрушительных землетрясений» предусматривает долгосрочный, среднесрочный и краткосрочный прогноз места и времени разрушительного землетрясения. Прогноз – поэтапный, сначала, в случае аномального поведения температур за несколько лет, предсказывается место будущего события, дальнейший ход аномалии температур и климата подтверждает место и прогнозирует время (около года) разрушительного землетрясения, затем время уточняется до краткосрочного прогноза (в течение месяца).

Известно, что к землетрясению приводит изменение напряженного состояния в глубинах земной коры. Движение тектонических блоков вызывает их сжатие или растяжение. В пределах линейных зон разломов и ослабленных зон между тектоническими блоками происходит увеличение плотности почвы или ее разуплотнение, которое резко возрастает здесь под действием сейсмогенных напряжений при подготовке землетрясения. Одновременно повышается или понижается вертикальная и латеральная фильтрация атмосферных осадков и подземных вод через проницаемые зоны. Возникает временная аномалия температуропроводности подпочв в связи с изменением ее плотности и фильтрации.

Так, при увеличении плотности почв уменьшается ее влажность, т.к. уплотнение препятствует проникновению атмосферных осадков в приповерхностный слой и закрывает доступ подземным водам. В результате в этом слое резко уменьшается температуропроводность.

Обратная картина наблюдается при разуплотнении приповерхностного слоя: атмосферные осадки и подземные воды легко проникают в эти слои, увеличивается их влажность, увеличивается температуропроводность.

Известно, что солнечные лучи нагревают поверхность Земли, от нее тепло распространяется как вглубь почвы, так и в приповерхностные слои атмосферы.

Равномерное уплотнение приповерхностных слоев земной коры, связанное с сейсмичностью уменьшает содержание в них влажности настолько, что постепенно почти лишает их температуропроводности. В этом слое подпочв идет процесс охлаждения, понижения температур, что отражается и на температурном режиме воздуха.

Ход температуры в этом слое идет независимо от ее хода у поверхности Земли, что вызывает нарушение формулы Фурье, которая говорит о том, что амплитуда колебаний температуры почвы с глубиной уменьшается так, что если глубина растет в арифметической прогрессии, то амплитуда уменьшается в геометрической прогрессии. Аномальное снижение температуры на глубине почвы приводит к тому, что амплитуда температуры с глубиной не только не уменьшается, но сохраняется или увеличивается и даже меняет знак приращения на противоположный.

Процесс напряжения (уплотнения) заканчивается разрушением, т.е. появлением микротрещин, разуплотнением, насыщением этого слоя влагой, что повышает ее теплоемкость и температуропроводность, проникновением как солнечного тепла, так и за счет перехода механической энергии в тепловую, по микротрещинам могут подниматься и теплые подземные воды. Все это в комплексе приводит к положительному скачку температуры в приповерхностном слое, вследствие этого и положительной аномалии воздуха, что уже замечено нашими и зарубежными исследователями и связывается ими с последующими сейсмическими событиями.

Мы думаем, что предложенный способ прогноза землетрясений, основанный на наблюдениях за ходом температур приповерхностного слоя и температурой воздуха универсален, так как, во-первых, отражает механику – движение тектонических плит (процесс сближения или расхождения плит через приповерхностные слои, которые соответственно уплотняются или разуплотняются, понижая или повышая влажность почв, что отражается на температуре). Однако, под универсальностью нашего метода не следует иметь в виду, что он может заменить собой все остальные методы и способы прогноза землетрясений, а то, что он может быть применен во всех сейсмоактивных регионах мира, за исключением регионов распространения вечной мерзлоты, в системе взаимоконтролирующих друг друга методов во времени и в пространстве, при организации прогностических полигонов.

Опыт изучения Дагестанских землетрясений 25 февраля (9 марта) 1830 г., 14 мая 1970 г. и др., Ашхабадского 1948 г., Ташкентского 1966 г., Газлийских землетрясений 1976 и 1984 гг., а также Хайченского и Таншанского 1976 г. показал, что температурные аномалии отчетливее проявляются в зонах разломов и ослабленных зон между тектоническими плитами в условиях близости у поверхности пород фундамента, т.е. там, где подавляющее большинство землетрясений и происходит.

Преимущества данного способа прогноза также заключается в его дешевизне и простоте операций, для него можно использовать наблюдения уже имеющихся мировых сетей метеостанций Гидрометслужбы. Это, конечно, не исключает организацию автономной сети геотермальных и атмосферных наблюдений на прогностических полигонах в комплексе с другими методами и сделает прогноз более надежным.

Еще один плюс к нашему способу прогноза путем мониторинга метеорологических аномалий состоит в следующем.

Несмотря на достаточное количество аномалий в природных процессах, сопутствующих землетрясениям, до сих пор ни одна из этих аномалий, используемых в прогнозных целях, не дает однозначного результата.

Группа ученых во главе с лауреатом государственной премии СССР Э.В. Бороздичем и к.т.н. П.А. Беспрозванным, подключив исследователей из разных областей знаний, нашли критерии информативности, по которым можно судить, является ли данная аномалия предвестником землетрясения или нет. Они считают, что на графике изменений любого показателя, если он хоть как-то связан с «очагом» землетрясения, должен быть излом или сброс в момент разлома. Когда данный показатель «чувствует» разрыв, то к предшествующим «изменениям» надо относиться серьезно. Если же изменения регистрировались, но на них нет «сброса» или «излома» в момент землетрясения, тогда это не предвестник, а в лучшем случае – спутник землетрясения. Ход предвестниковой аномалии во времени должен быть связан с процессами в очаге готовящегося землетрясения.

Исследуя температурный предвестник (Патент №2164697 «Способ прогноза разрушительных землетрясений»), мы обнаружили, что он отвечает требованиям критерия информативности предвестников, открытого вышеназванными учеными. Предвестник этот – аномальный ход температуры, измеряемой на глубине почвы, и аномальный ход температуры воздуха. Аномальный ход температуры подпочв наблюдался за 2-3 года до разрушительного Дагестанского землетрясения 1970 г.

Для анализа хода температуры на глубине 1,6 м мы брали годовые минимальные температуры. Начиная с 1966 по 1969 гг. шло равномерное снижение минимальных годовых температур. Годовая минимальная температура на этой глубине наблюдается в феврале-марте.

В 1970 г. минимальная температура наблюдалась в феврале. Интересно, что такое же значение ее было и в марте. В этом году она повсеместно и резко выросла. Самое высокое ее значение наблюдалось на расстоянии 15 км от эпицентра в г.Буйнакске, где она поднялась почти на 3°C . На графике ясно выражен «излом» (Рис.1).

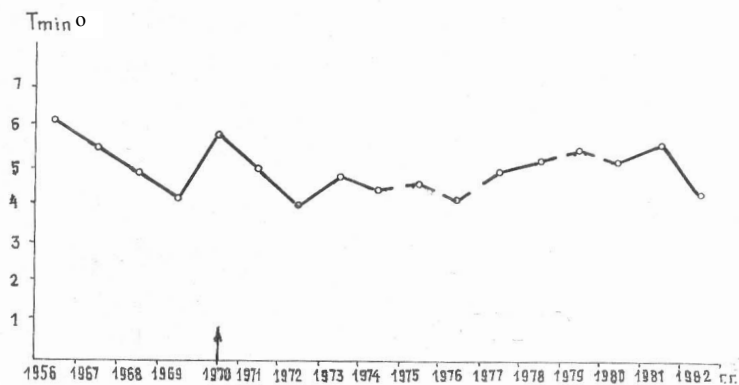


Рис.1. «Излом» на графике изменения минимальной годовой температуры подпочв за 3 месяца до Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 г. (с.Леваши)

До землетрясения остается три месяца, т.е. разлома земной коры еще нет. Однако предполагаются микро и макротрещины, по которым истекают флюиды.

Минимальная годовая температура на глубине 1,6 м отреагировала резким скачком даже на появление микро и макротрещин, т.к. с ними связано потепление, о чем сказано выше.

Это отразилось на температуре воздуха. С января 1970 г. начинается повышение температуры воздуха на территории Дагестана. «Сброс», который мы видим на графике хода температурных аномалий (Рис.2), по-видимому, непосредственно связан с разломом земной коры 14 мая 1970 г. В апреле превышение среднемесячной температуры над среднегодовой достигло 10°C . В мае оно составило 1°C и совершенно исчезло в июне.

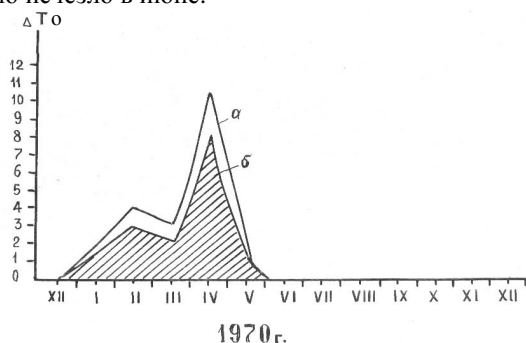


Рис.2. «Сброс» на графике изменения положительной температурной аномалии воздуха в момент Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 г. а) максимальная аномалия температуры воздуха; б) минимальная аномалия температуры воздуха

Как уже нами было опубликовано, аномальные изменения температур на глубине посредством изменения содержания влаги, связаны с движением тектонических плит (сближение, расхождение). Изменения же температуры воздуха (аномальные) связаны непосредственно с флюидами выделяющимися из недр земли по микро и макротрещинам за несколько месяцев до разрушительного землетрясения.

Изложенное выше еще раз подтверждает серьезность разработанного нами метода и необходимость исследования его в совокупности с другими методами для прогноза (долгосрочного и среднесрочного, а также краткосрочного) разрушительных землетрясений при организации прогностических полигонов.

Литература

1. Потто В.А. Кавказская война / Ставрополь: Кавказский край. Т.5. 1994. С.236-237.
2. Смирнова М.Н., Г.Ш. Елизаров Метеорологические наблюдения / Дагестанское землетрясение 14 мая 1970 года. М.: Наука, 1980. С.183-184.
3. Сальман А.Г. (ИФЗ), д.г-м.н. Шилов Б.В. Сейсмическая активность: взгляд из космоса / Природа. М.: Наука, №12, 1989.
4. Соболев Г.А. Проблема прогноза землетрясений / Природа. М.: Наука, №12, 1989.
5. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь / Л.: Гидрометиздат, 1974.
6. Милькис М.Р. Гидрогеологические и гидрометеорологические предвестники Ашхабадского катастрофического землетрясения / Докл. АН СССР, 1983. Т.273. №5. С.1061-1094.
7. Садовский М.А. Баннов Ю.А. Мирзоев К.М., Негматуллаев С.Х. Явление сбоя равновесного состояния функций температуры и давления в атмосфере и замкнутых объемах перед землетрясениями / Прогноз землетрясений. Москва-Душанбе, 1986. №6. С.242-266.
8. Тазиев Г. Когда Земля дрожит/ М.: Издательство «Мир», 1988. С.247.

9. Осика Д.Г., Черкашин В.И., Мамаев С.А., Лагиева М-М.Т и Зубик С.В. Энергетика сейсмичности. Геодинамика и сейсмичность Восточного Кавказа Мат. Н-пр. конференции 2-5 сентября 2002 г. Махачкала, 2002 (Труды Ин-та геологии ДНЦ РАН).
10. Магомедова Э.Ф. Метеорологические предвестники – один из путей прогноза землетрясений (там же).
11. Морозов С. «Что предвещают предвестники землетрясений?» Знание-сила, июнь 1991. С.22-28.

Выявление электромагнитных возмущений в период подготовки очага землетрясений

К.А. Гусниев, М.А. Исаев, О.Б. Калюк
ДОМСП ГС РАН

Исследование различных видов предвестников с целью прогноза землетрясений является актуальной задачей. Эта задача будет актуальной в любое время до тех пор пока не будут получены надежные способы точного определения места, силы и времени землетрясений.

Первые два параметра места и силу возможного землетрясения можно определить по комплексу сейсмостатических, геологических и геофизических данных. Что же касается времени возникновения землетрясений, то эта задача трудноразрешима и требует комплексного анализа многих вариаций различных геофизических, гидрогеодинамических и геохимических полей. Наиболее важными прогнозными параметрами являются вариации электромагнитных полей, которые предшествуют всем остальным.

В 1988 г. на геохимической станции «Заузнбаш» Буйнакского района была собрана уже апробированная многими учеными установка для наблюдения за вариациями теллурического тока Земли.

На столе рядом с установкой стоял радиоприемник постоянно включенный и настроенный на радиостанцию «Маяк», чтобы наносить часовые метки на ленту самописца. В процессе работы было замечено странное явление, время от времени устанавливалась негальваническая синхронная связь между пером гальванометра и работающим радиоприемником. Чтобы исключить влияние этой временной помехи на результаты наблюдений все приборы установки и радиоприемник заземляли на трех трубное заземление, результата не дало. Потом экранировки радиоприемник положили в заземленную кастрюлю с крышкой, связь сохранилась. Работающий радиоприемник удаляли от установки на различные расстояния, связь между ними сохранялась (оставалась).

Обратили внимание на то, что после этих странных явлений на Земном шаре возникают крупные землетрясения.

По истечению довольно долгого срока возник вопрос: «может быть и более слабые землетрясения порождают аналогичные помехи в окружающей среде, (воздушной) и каким способом их обнаружить?» С самого начала ясно было, что помеха создает индукционную связь между установкой и радиоприемником.

В настоящей статье предлагается индукционный метод выявления предвестников землетрясений, основанный на измерении вариаций электромагнитного поля теллурического тока Земли.

Датчиками установки служат две катушки индуктивности разного диаметра, вставленные одна в другую, в одной плоскости и жестко закрепленные выше поверхности земли

Катушка большего диаметра реагирует на ежесуточный ритм, колебаний электромагнитного поля, теллурических токов местности, связанный с вращением земли вокруг своей оси. И еще катушка большего диаметра реагирует на электромагнитный импульс, излучаемый катушкой малого диаметра. Увеличение величины импульса, свидетельствует, что очаг будущего землетрясения заработал, посыпается.

В сейсмостойкое время отмечено отсутствие вариаций в теллурических полях в период от восхода до заката солнца. В ночной период наблюдаются беспорядочные, бессистемные колебания, небольшие по амплитуде – порядка 3-5 мм. Это ситуация принята, как фоновое состояние. Отмечено, что в начале процесса формирования очага будущего землетрясения фон нарушается, т.е. наблюдается возрастание величины амплитудно-частотной характеристики вариации смешанных полей, при этом хаотичность усиливается.

Наряду с изменением ежесуточного ритма в окружающей среде появляется квазистатическое электромагнитное поле, которое обнаруживается посредством увеличения величины импульса от 1 мм до 10-13 мм, что является предвестниковой характеристикой будущего землетрясения. А именно, изменение ежесуточного ритма и увеличение подаваемого на установку импульса является носителем информации о предстоящем землетрясении. Наблюдение за сейсмическим состоянием региона ведется непрерывно.

К концу 1989 году новая индукционная установка уже была собрана и запущена. Пришлось отказаться от четырех скважинных заземлений, расстояние между ними было по 500 м. а глубина по 25 м.

Катушка большего диаметра давала две информации: непринужденная наводки теллурических индуцированных токов земли и влияние на них солнечного ветра при суточном вращении земли вокруг своей оси. Вторым косвенным источником информации является среда воздушная, находящаяся между катушками. Эта воздушная среда искажает магнитный импульс, исходящий из катушки малого диаметра. Это искажение импульса связано с электромагнитным полем особого рода, возникающим в очаге будущего землетрясения задолго до первого толчка в очаге. Искажение импульса – это его увеличение в раз-