

ФИЗИКА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И СОПУТСТВУЮЩИХ ЕМУ ЯВЛЕНИЙ В ЛИТОСФЕРЕ, АТМОСФЕРЕ, ИОНОСФЕРЕ И МАГНИТОСФЕРЕ.

В.В.Кузнецов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН,

Новосибирск, 630090, Россия.

Физика землетрясения и сопутствующих ему явлений в литосфере, атмосфере, ионосфере и магнитосфере рассмотрена в контексте многочастичной квантовой запутанности (сцепленности, квантовой когеренции) протонов водородных связей, входящих в состав сред литосферы, гидросферы, атмосферы и ионосферы. Протоны водородных связей вещества литосферы, гидросферы и атмосферы, если они оказались по какой то причине запутанными между собой, описываются единой волновой функцией и между собой неразличимы (нелокальны). Возможно, именно таким образом осуществляется квантовая связь между явлениями возникновения землетрясения в литосфере и явлениями, сопутствующими и предшествующими ему, происходящими в атмосфере и ионосфере.

ВВЕДЕНИЕ

Обычно в практической сейсмологии явления предшествующие землетрясению рассматриваются как средства прогноза. Среди таких явлений наибольшей популярностью пользуются: вариации геомагнитного поля и земного электричества, содержание радона в подземных водах, изменения уровня воды в колодцах и скважинах, изменение температурного режима приповерхностных земных слоев, изменение химического состава вод и газов, поведение животных и пр. Практически все они не имеют убедительной связи между общепринятой физикой землетрясения и физикой этих явлений, которые давно, но безуспешно, используются для краткосрочного прогноза землетрясения. Очевидно, что, занимаясь физикой землетрясения и развивая ударно-волновую модель, контуры которой уже определились, но суть её не совсем ясна, решать задачи прогноза того, чего не понимаешь, по крайней мере, – безнравственно. Именно поэтому в настоящей работе, которая, казалось бы, посвящена прогнозу землетрясения, о прогнозе речи вообще не идет. Основная цель этой работы состоит в попытке ответить на вопрос, что же такое землетрясение и какова физика явлений ему предшествующих, и ему сопутствующих. Такой подход, при его удачном разрешении автоматически должен показать роль и возможное место прогноза в проблеме физики землетрясения.

Автор заинтересовался физикой землетрясения после печальной трагедии 1988 г. в Спитаке. Больше всего меня удивил тот факт, что в момент землетрясения арыки Спитака потекли в обратную сторону. Это как-то плохо вязалось с идеей «выхода трещины на поверхность»...

Как это обычно происходит, когда берешься за новую задачу, я стал придумывать, каким мог бы быть механизм такого явления, как землетрясение. При таком подходе, на начальном этапе исследований, чтение специальной литературы становится скорее вредным, чем полезным. Здесь решающую роль играет накопленный опыт и интуиция. Надо сказать, что много лет тому назад мне пришлось заниматься физикой когерентных структур и лазеров, а значительно позже - физикой ударных волн, кумуляцией и разрушением. На базе этого опыта, у меня родилась идея о возможности возникновения в земной литосфере когерентной, самоорганизующейся структуры, состоящей из излучающих звук, раскрывающихся трещин и ударно-волнового механизма очага

землетрясения. Создание физической модели сейсмического процесса показалось мне очень интересной задачей [1]. Развивая модель в течение ряда лет, я пришел к выводу о том, что если мои идеи верны, то 100% прогноз землетрясения практически невозможен. Выяснилось, что в рамках моих представлений, место и время землетрясения предсказать, по-видимому, можно, но достоверно предсказать энергию предстоящего события - нет. Из модели следовала парадоксальная ситуация, состоящая в том, что: “землетрясение, уже начавшись, само не знает, каким получится”... Размышляя над проблемой прогноза землетрясения, я пришел к убеждению, что создать эффективную технологию прогноза на имеющейся в настоящее время базе представлений о физике очага - практически не реально. Следовательно, основным направлением исследований должно быть выяснение физики сейсмических процессов.

После того, как в моем представлении модель очага сформировалась, настал период изучения литературы, касающейся землетрясений и их прогноза. В 1991 г. в журнале Nature мне попала статья американского сейсмолога профессора Роберта Геллера, работающего в институте сейсмологии в Японии. Геллер писал о японской программе прогноза землетрясения, упрекая ее создателей в том, что вместо более глубокого изучения физики землетрясения, они полагают, что способны предсказать его, имея разветвленную компьютерную сеть, в которую включены большое количество геофизических и геохимических сенсоров. В этом же номере журнала были помещены ответы разработчиков Национальной японской программы прогноза, которые обвиняли профессора Геллера в некомпетентности. Идеи, высказанные Геллером в этой статье, - были созвучны моим. Я написал ему письмо в Японию. Вскоре получил ответ, из которого следовало, что после его критического выступления и реакции на него разработчиков Национальной программы прогноза, он больше не намерен заниматься этой проблемой, переключился на сейсмотомографию и прислал мне ряд своих статей на эту тему.

Переписка прекратилась. Время шло, и вот произошла трагедия в Кобе. Вскоре после нее в журнале Nature вновь появилась статья Геллера, в которой он писал, что время подтвердило его правоту: японская система прогноза не смогла предсказать этого разрушительного землетрясения. Я вновь написал ему письмо и послал ему ряд своих неопубликованных работ по физике землетрясения. В ответ он прислал мне свою работу [2], опубликованную в книге “A Critical Review of VAN”, ed. J. Lighthill, World Scientific, изданную в Сингапуре в 1996 г. В этой статье речь идет о технологии прогноза землетрясений, разработанной и применяемой в Греции профессором П. Варотсосом и его группой (VAN), признанной рядом сейсмологов наиболее убедительной из всех, когда-либо обсуждаемых методов. В отличие от других, с помощью VAN-метода в Греции были сделаны реальные попытки прогноза. Геллер очень подробно разбирает все случаи прогноза сделанные группой VAN, и приходит к выводу, что ни один из случаев нельзя рассматривать как абсолютно надежный. Всё вернулось к исходной позиции: бессмысленно заниматься прогнозом, если не знаешь физику явления.

ПРИРОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ, СОПУТСТВУЮЩИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЮ

В литосфере

Акустическая эмиссия

В практической сейсмологии известны наблюдения акустических сигналов, как правило, предшествующих, или сопутствующих землетрясению. Одновременно наблюдаются и электромагнитные сигналы очень низкой частоты (ОНЧ) – близкие по характеру к акустическим, - и по форме импульсов, и по частоте их следования. Ряд авторов полагают, что и акустическая, и электромагнитная эмиссия могут использоваться как признаки близкого по времени прихода землетрясения. Эти идеи основываются на том, что и те и другие сигналы предшествуют землетрясению. Более того, при наличии

соответствующей аппаратуры для регистрации эмиссии, датчики обеспечивают пеленг на землетрясение. Разумного объяснения эти наблюдения в рамках общепринятой механистической модели землетрясения не получили и это дает основание попытаться найти таковое в ударно-волновой модели.

На рис. 1-б приведены результаты наблюдений акустической эмиссии (АЭ) полученной при мониторинге камчатского землетрясения 18.12.2002, 11:09:21, 52.9 с.ш., 159.8 в.д., глубина 42 км, класс 12.1, расстояние ~ 120 км [4]. Характерным для АЭ камчатских землетрясений является наличие пика активности АЭ примерно за сутки и её отсутствие накануне толчка. Наличие периода отсутствия АЭ перед основным толчком землетрясения и перед разрушением экспериментального блока при испытании его на прессе [3] (рис 1-а), возможно, имеют общую причину. Несмотря на то, что подобные случаи неоднократно регистрировались при сейсмическом мониторинге в различных регионах и повторялись при лабораторных испытаниях, - объяснения они так и не получили.

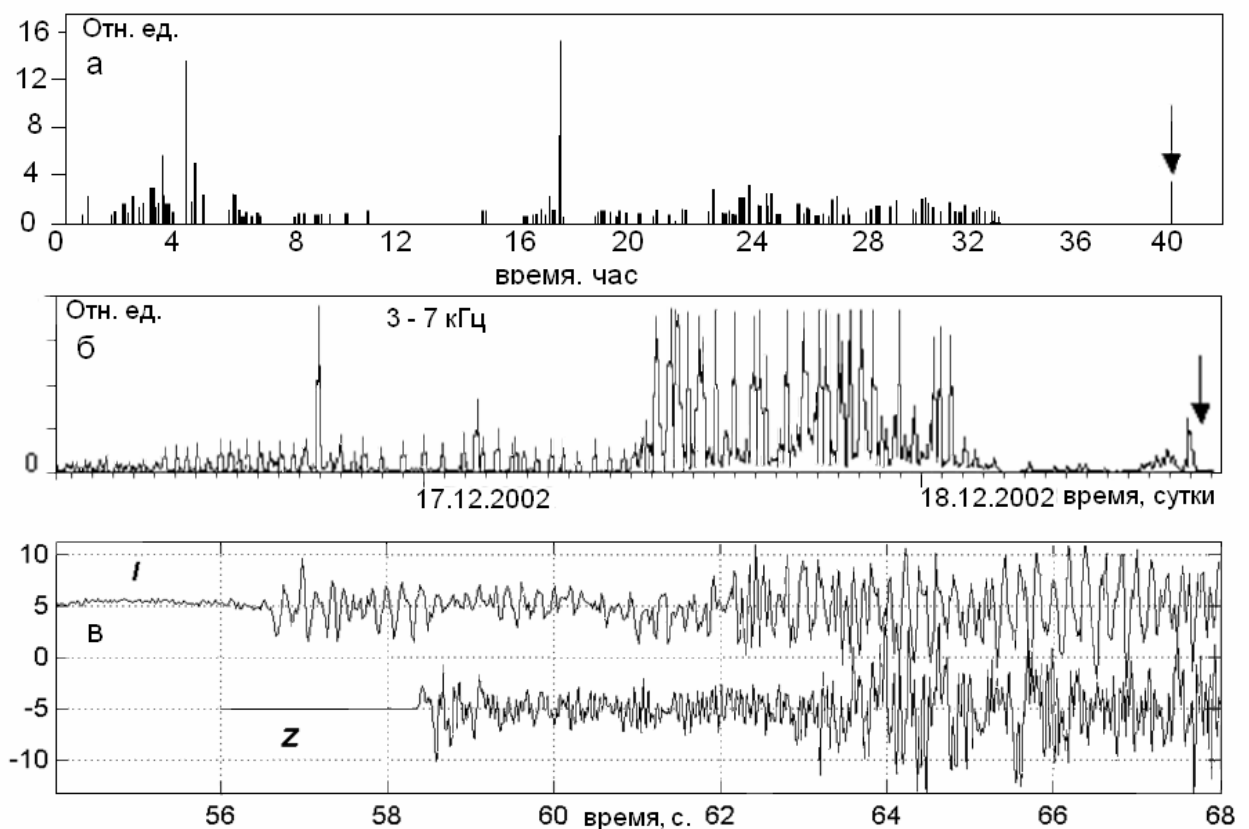


Рис. 1. а – распределение во времени импульсов акустической эмиссии в образцах из цемента с мелким щебнем в условиях постоянной нагрузки. Импульсы большой амплитуды возникали в первой половине опыта. За несколько часов до полного разрушения образца перестали возникать и слабые импульсы – наступило полное «сейсмическое затишье» [3]. Стрелка показывает момент разрушения; б - акустическая эмиссия, зарегистрированная на обсерватории ИКИР на Камчатке [4], стрелка – землетрясение; в – акустический сигнал *I* и сигнал вертикального сейсмографа *Z*, одного из афтершоков Чуйского землетрясения на Алтае $M = 7.5$ в 2003 г., записанные на сейсмостанции Акташ [5].

На рис 1-в приведены результаты акустических наблюдений афтершоков Чуйского землетрясения ($M = 7.5$), произошедшего на юге Горного Алтая на территории Кош-Агачского района 27 сентября 2003 г. в 11 час. 33 мин. по Гринвичу, проведенных в начале ноября 2003 [5]. На верхней панели инфразвук, на нижней панели – сигнал

вертикального сейсмографа, установленного на сейсмостанции Акташ, оказавшейся практически в эпицентре афтершоков.

Общим для этих, казалось бы, совершенно различных наблюдений является то, что инфразвук (АЭ) опережает землетрясение. Возможно, что наблюдаемое на рис 1-в опережение сейсмического сигнала проявляется как «подземный гул», предшествующий удару. При изучении афтершоков Чуйского землетрясения, такой гул наблюдался нами неоднократно. Источник АЭ камчатских землетрясений и «гула» алтайского - остается неизвестным, тем интереснее попытаться выяснить его природу. Это тем более важно, что на опережении АЭ главного удара землетрясения строятся системы его прогноза. Для начала оценим глубину расположения источников АЭ.

Коэффициенты поглощения β от частоты акустической волны для пород различного литологического состава приведены в книге [6]. Отсюда следует, что коэффициент затухания сигнала частотой 10 кГц $\beta \approx 1 \text{ м}^{-1}$, иначе, такой сигнал затухает в два раза на расстоянии в один метр. Акустический сигнал $f \approx 3-7$ кГц, регистрируемый аппаратурой (рис. 1-б), не может достигать приемника, если он возникает в районе гипоцентра землетрясения. Следовательно, источники этих сигналов располагаются достаточно близко от приемников. Возникает вопрос, каким образом эти источники связаны с генерацией самого землетрясения?

Аналогичный вопрос возникает при наблюдении инфразвука в момент афтершока. Что же генерирует неоднократно наблюдаемый на очень многих землетрясениях подземный гул? Ясно одно, что гул производится значительно выше, чем основной толчок землетрясения, т.к. скорость распространения гула не может быть выше скорости Р-волн. Общим для этих, казалось бы, совершенно различных наблюдений является то, что инфразвук опережает землетрясение. Возможно, что наблюдаемое на рис 1-в опережение им сейсмического сигнала проявляется как «подземный гул», предшествующий удару. При изучении афтершоков Чуйского землетрясения, такой гул наблюдался нами неоднократно. Источник акустической эмиссии и сейсмического «гула» остается неизвестным. В дальнейшем попытаемся выяснить его природу. Это тем более важно, что на опережении сигнала акустической эмиссии перед ударом землетрясения строятся системы его прогноза.

Вполне возможно, что обнаруженный таинственный звук в океане, который считается одной из неразгаданных загадок, имеет отношение к обсуждаемому нами вопросу. Действительно, сотрудники Национального агентства по изучению океанических и атмосферных явлений США в 1997 впервые записали странный звук в Тихом океане. Он был таким громким, что его различили два микрофона, расположенные на расстоянии в три тысячи миль друг от друга. Звук имеет импульсную, прерывистую структуру, частота волн колеблется в диапазоне 0-30 Гц. Этот таинственный звук в океане американцы называют bloop (завывание, рев).

<http://entertainment.howstuffworks.com/arts/literature/cthulhu2.htm>

ОНЧ излучение

Надежная регистрация естественного электромагнитного излучения литосферного происхождения измерительными системами с антеннами, расположенными над поверхностью земли, весьма затруднена ввиду более высокой в сравнении с воздухом проводимости земли, особенно на частотах выше первых сотен Гц (ОНЧ). По этой причине для ОНЧ измерений, связанных с мониторингом напряженно-деформированного состояния геосреды, логично применение подземных антенн. Большой положительный опыт в этом направлении получен, в частности, японскими исследователями К. Takahashi и Y. Fujinawa [7]. В этом случае использовалась подземная вертикальная электрическая антенна, состоящая из монополя (металлическая обсадная труба скважины длиной 300-800 м), окруженного в радиусе 10-20 м проводником, расположенным в земле на глубине

около 1м. Измерения проводились в трех диапазонах частот: $0 \div 0,7$ Гц; $0,01 \div 0,7$ Гц и 1 кГц $\div 9$ кГц.

Нарушения нормального суточного хода ОНЧ, которые можно было бы связать с подготовкой землетрясений, были отмечены неоднократно [8]. При этом наиболее уверенные аномалии такого характера регистрировались при использовании подземной антенны по каналу 1200 Гц. Для системы с наземной магнитной антенной более характерными были возмущения ОНЧ импульсного характера, регистрируемые перед достаточно сильными близкими сейсмическими событиями (рис.2). При этом в ряде случаев достаточно мощные всплески излучений отмечались одновременно за сутки и более на измерительных пунктах: на частотах 450 и 1200 Гц при измерениях с подземной электрической антенной [9].

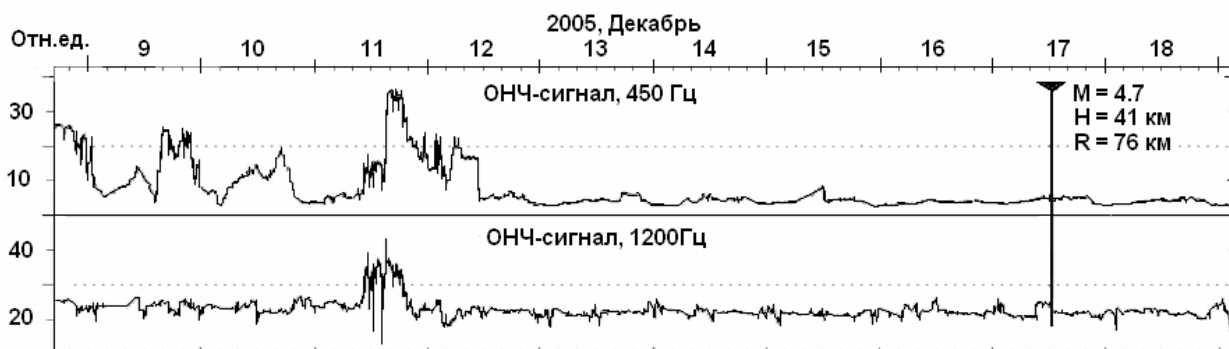


Рис. 2. ОНЧ-сигнал, предшествующий одному из Камчатских землетрясений [9].

Выясним, также как в случае с АЭ, может ли быть источником ОНЧ излучения непосредственно сам очаг землетрясения? Коэффициент поглощения электромагнитного сигнала α записывается как: $\alpha \approx (\pi \mu f / \rho)^{1/2}$, где μ - магнитная проницаемость, ρ - удельное сопротивление, f - частота сигнала. На частоте 1 кГц для магнетита $\alpha = 170$ м⁻¹, а на частоте 10 кГц $\alpha = 560$ м⁻¹. Изменение амплитуды гармоники частотой 1 кГц на расстоянии 1 см определяется как 0.37, а для частоты 10 кГц эта величина равна $3.7 \cdot 10^{-3}$, иначе, сигнал частотой 10 кГц убывает в 100 раз сильнее. Фактически отсюда следует, что электромагнитный сигнал частотой 10 кГц возникает практически на поверхности земли и никак не может быть обнаружен с глубины очага землетрясения. Обе приведенные оценки (АЭ и ОНЧ) показывают, что источник сигналов находится вблизи приемника и, вместе с тем, - со всей очевидностью имеет связь с землетрясением. Причем, эта связь не может передаваться ни акустическим каналом, ни электромагнитным.

Тектономагнитный эффект

Появление тектономагнитных предвестников связано с изменением напряженного состояния массива горной породы при сейсмотектоническом процессе [10]. Обычно считается, что формирование локальной геомагнитной вариации на земной поверхности является следствием пьезомагнитного эффекта намагниченных пород. Однако пьезоэффект не чувствителен к вариациям интенсивности напряжений и деформаций сдвига (вторых инвариантов соответствующих тензоров). В то же время именно сдвиговые деформации приводят к изменению формы и сопровождают подвижки по разломам.

Вариации склонения (Д)

Для изучения динамики геомагнитного поля и поиска магнитных предвестников землетрясений проводились специальные исследования. Для этого был специально разработан и изготовлен магнитометр, предназначенный для регистрации Д-составляющей геомагнитного поля [11]. Магнитометр устанавливался в области

магнитного меридиана на сейсмостанции «Геленджик» института «Океангеофизика» Мингео, где проводились исследования динамики земной поверхности - кварцевыми наклономерами, атмосферного давления – кварцевыми измерителями плотности воздуха, Д-составляющей геомагнитного поля - разработанным автором [11] Д-магнитометром и температура - мостиковым термографом.

Анализируя полученные результаты наблюдений (рис. 3), автор приходит к выводу о возможности использования разработанного магнитометра для прогноза землетрясения.

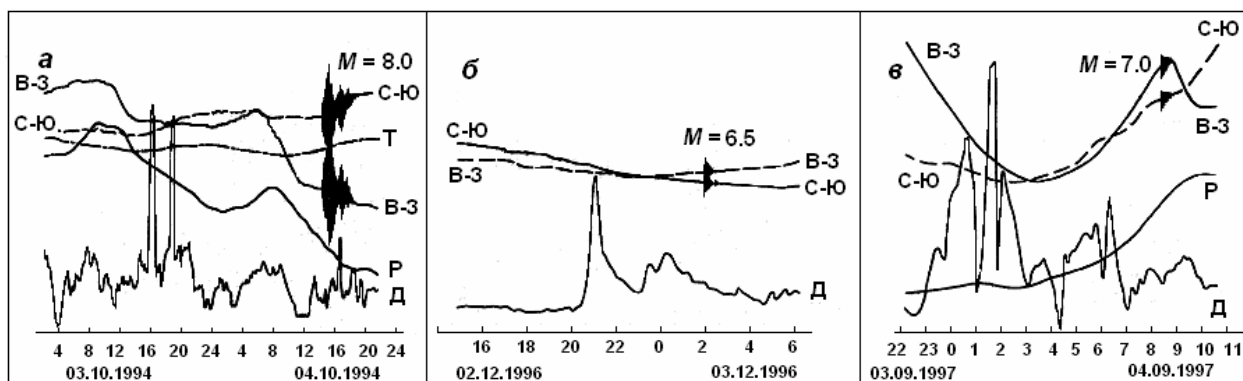


Рис. 3. Регистрограммы склонения (Д) и др. параметров в периоды землетрясений: а) Южно-Курильского $M = 8.0$, б) Курильского $M = 6.5$, в) о. Фиджи $M = 7.0$.

Перед землетрясениями регистрировались anomalous пики Д-составляющей геомагнитного поля, которые имели глобальный характер. Эти аномалии достигали 80-140 нТ. На рис. 3 приводятся регистрограммы с записью наклонов земной поверхности в азимутах В-З, С-Ю, атмосферного давления Р, температуры Т и магнитного поля по Д-составляющей трех землетрясений: а - Южно-Курильского ($M = 8.0$, $\Delta t = 20$ ч.), б - Курильское ($M = 6.5$, $\Delta t = 5$ ч.) и на о. Фиджи ($M = 7.0$, $\Delta t = 8$ ч.). Из рисунка видно, что чем выше магнитуда, тем больше задержка Δt между аномалией и землетрясением. По предварительным данным, за период наблюдения было зарегистрировано 125 магнитных аномалий, в 7 случаях после магнитных аномалий – землетрясений не было. За этот же период произошло 214 землетрясений с магнитудой $M \geq 5$. Из них 41 землетрясению магнитные аномалии не предшествовали.

Сейсмические электрические явления (VAN- метод)



Рис. 4. а - сейсмические электрические сигналы (SES) и землетрясения (EQ) зарегистрированные на севере Греции в течение мая-декабря 1988 и января-августа 1989; б – общий вид сигнала, включающего и SES [12, 13]. GVEF - gradual variation of the electric field.

Греческие сейсмологи Varotsos, Alexopoulos, и Nomicos (VAN) изучали эффект электрической сейсмической активности, заключающийся в том, что накануне землетрясения в некоторых минералах литосферы сейсмически активного региона возникает электрический сигнал, который регистрируется специальными датчиками. Форма и величина сигнала соответствует (рис. 4), по мнению разработчиков, амплитуде и времени землетрясения [12, 13].

VAN-метод претендует на краткосрочный (short-term prediction) прогноз в отличие от долгосрочного прогноза (long term prediction) для временных интервалов в несколько лет.

Выход газов на поверхность

Известны несколько публикаций, в которых обсуждается проблема взаимосвязи потока водорода в атмосферу в сейсмоактивных зонах земли и возможная связь потока с землетрясением [14 - 16]. В качестве иллюстрации приведем рис. 5, показывающий связь сейсмоакустической эмиссии с изменением концентрации растворенного водорода в потоке термальной воды во время и после камчатского землетрясения 18.12.2002 г.

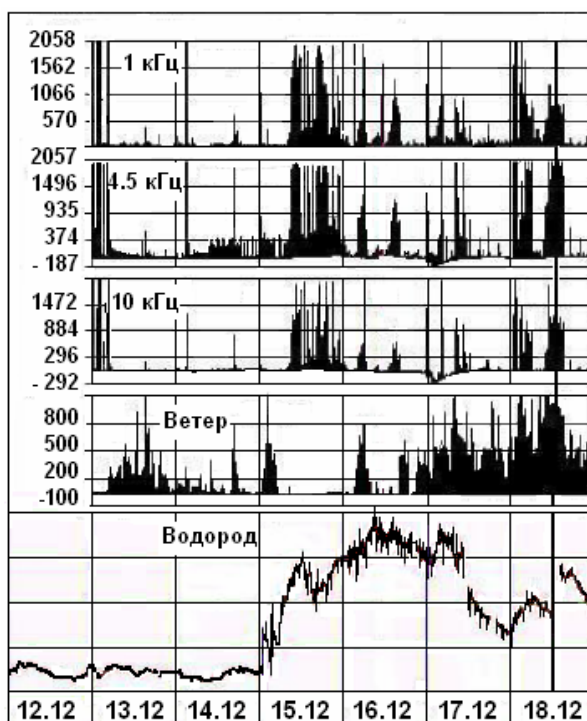


Рис. 5. Сопоставление колебаний сейсмоакустической эмиссии с изменением концентрации растворенного водорода в потоке термальной воды во время и после землетрясения 18.12.2002 г. [16].

Радон – это радиоактивный газ, присутствующий в грунтовых водах и в воде скважин. Он постоянно выделяется из Земли в атмосферу. Изменения содержания радона перед землетрясением впервые были замечены в Советском Союзе, где десятилетнее возрастание количества радона, растворенного в воде глубоких скважин, сменилось резким его падением перед Ташкентским землетрясением 1966 года (магнитуда 5.3)

Гравитационные эффекты

Станция АТРОПАТЕНА. Предназначенная для прогноза землетрясения, разработана в НИИ прогнозирования и изучения землетрясений в Баку и там же установлена в 2005. Две другие аналогичные станции установлены в г. Йогьякарта (Индонезия) и г. Исламабад (Пакистан) [17]. Создание такой сети позволит, по мнению

авторов, получить направление на источник излучения и место пересечения прямых, ориентированных по выявленным направлениям - местоположение землетрясения

Прибор «Торсионный детектор длиннопериодных гравитационных вариаций (ТД ДГВ) АТРОПАТЕНА» представляет собой замкнутую и изолированную от внешней среды систему сенсоров, использующих физический принцип «Весов Кавендиша», в которых подвешены на нитях вместо одного – два коромысла с малыми массами, размещенными на концах двух коромысел, на равном удалении от них размещены большие массы. Схема конструкции прибора и результаты наблюдений 6-ти землетрясений приведены на рис. 6.

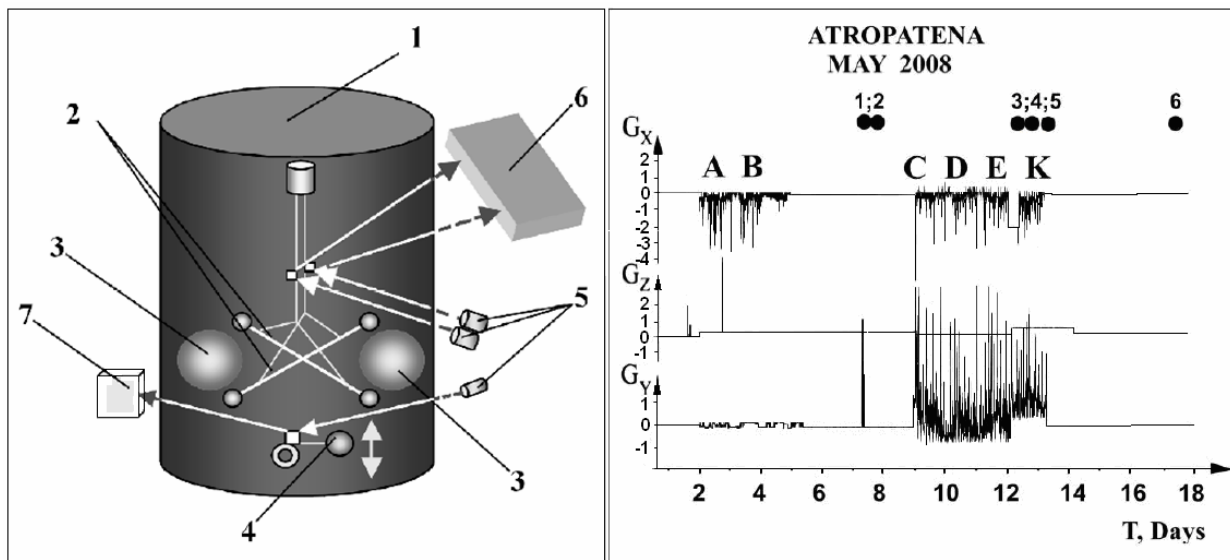


Рис. 6 слева. Схема конструкции ТД ДГВ – АТРОПАТЕНА. 1 – стеклянный корпус детектора; 2 – коромысла с малыми массами на концах; 3 – большие массы; 4 – пробная масса, подвешенная на подпружиненном рычаге; 5 – лазерные излучатели; 6 – чувствительная оптическая матрица для горизонтальных сенсоров; 7 – чувствительная оптическая матрица для вертикального сенсора. Рис. 6 справа. Гравитограмма с 1 по 17 мая 2008 г. А, В, С, D, E, К – зарегистрированные аномалии гравитационного поля; 1, 2 – землетрясения в Японии (Хонсю) 0.7-0.5-2008 M 6.2 (время - 16:02:01) и M 6.8 (время – 16:45:20); 3; 4; 5; 6 – землетрясения в Китае (Сичуань) 12.05.2008 M 8 (время 06:28:00); M 6.3 (время 06:43:14); 13.05.2008 M 5.9 (время 07:07:08); 17.05.2008 M 6.0 (время 17:08:25).

Три гравиметра фирмы “Scintrex” установлены в Москве (CG-3M), Алма-Ате и Петропавловске-Камчатском (CG-5) [18]. Цель измерений – установление краткосрочных, регистрируемых инструментально за 7-14 дней, предвестников катастрофических событий (землетрясений с $M > 6$), их характеристик и локализации очагов прогнозируемых событий. Диапазон измеряемых величин $\pm 0.01 - 0.1$ мГал.

Явления в атмосфере

Свечение атмосферы

Свечение неба накануне сильного землетрясения - известный факт. Приведем несколько примеров. В канун землетрясения 1855 года в Эдо ($M = 6,9$) в море вышла группа из 19 человек. Незадолго до первого толчка люди вдруг заметили свечение неба на северо-востоке. Оно было таким ярким, что не составляло труда отчетливо рассмотреть цветные узоры на одежде. Вскоре после свечения из-под воды послышался страшный рев и тут же яркое пламя, сопровождаемое разными звуками, охватило все небо. В течение нескольких ночей перед наиболее сильным толчком землетрясения 1703 года ($M = 8.2$) в Гэнроку (Япония) очевидцы наблюдали свечение воздуха. Землетрясение 1927 года в

Крым примечательно световыми эффектами в виде огненных столбов, поднявшихся над морем. Напротив мыса Лукулл эти столбы вознеслись на высоту около 500 м. То же было во время ашхабадской трагедии 5 октября 1948 года ($M = 7,6$). Перед ташкентским землетрясением 26 апреля 1966 года ($M = 5$), по данным некоторых жителей, все небо над эпицентром также светилось. Зарево белесовато-розового цвета, напоминающая рассеянный свет молний, наблюдалось над городом за несколько часов до толчка.

Совсем недавно (04.09.2010) «светящееся» (рис. 7) землетрясение ($M = 7.1$) произошло в Новой Зеландии, в 40 км от г. Christchurch [19].



Рис. 7. Свечение неба незадолго до сильного ($M = 7.1$) землетрясения в Новой Зеландии.

Известны также случаи свечения моря. Эти случаи наблюдатели обычно связывают с цунами, что вполне естественно, т.к. главная опасность землетрясения на море – цунами. Попытки найти разумное объяснение этим явлениям - автору не известны.

Атмосферное электричество

Еще в 1924 году ташкентский геофизик Е. А. Чернявский обратил внимание на возмущение геоэлектрического поля накануне землетрясения [20]. Летом он вместе с экспедицией прибыл в Джалал-Абад (Киргизия) для изучения атмосферного электричества в полевых условиях. "В день, когда нас поразило необычное поведение нашего прибора, писал Е. А. Чернявский, небо было ясное. Однако аппаратура со всей очевидностью показывала, что в атмосфере разразилась "электрическая буря" с чрезвычайно высоким потенциалом. Каким именно, - измерить не удалось, так как стрелка прибора сразу ушла за пределы шкалы. А два часа спустя - разверзлась земля. Мы видели трещины шириной в 1,5 -2 м и длиной до 40 м. Тогда-то я и подумал: может, землетрясение и было причиной аномального состояния атмосферного электрического поля?". Аналогичная ситуация повторилась через 42 года, когда за пять часов до подземного удара в Ташкенте 26 апреля 1966 года также было зарегистрировано возмущение геоэлектрического поля.

В сейсмически опасных районах Земли при наблюдении суточного хода величины атмосферного электрического поля, незадолго перед землетрясениями, регистрировалось значительное понижение величины E , либо даже смена его знака. О.П.Руленко [22] выделяет два типа аномалий E , возникающих перед землетрясением. К первому типу относятся аномалии, имеющие бухтообразную отрицательную форму, ко второму, – форму пакета колебаний, с некоторым набором частот.

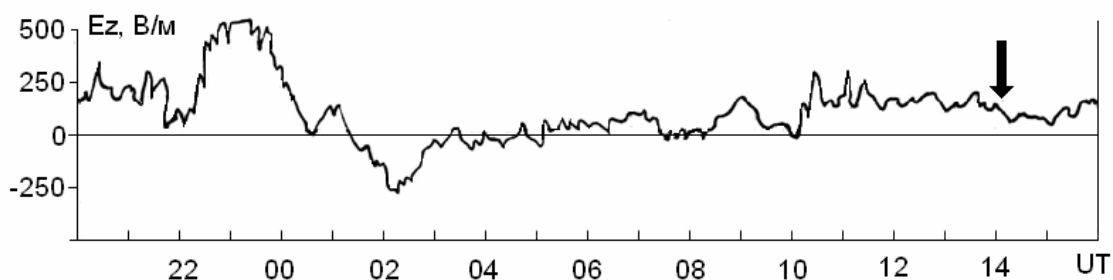


Рис. 8. Измерения атмосферного электрического поля на Камчатке в июне 1996 перед землетрясением $M = 7$ [21].

Датчик АЭП, установленный на сейсмостанции Uper Tiber Valley (Таскания, Италия) зарегистрировал заметные изменения вертикальной компоненты поля (рис. 9) во время крупнейшего ($M = 9$) землетрясения на Суматре (26.12.2004). Эти данные, насколько известно, не были подтверждены в других пунктах наблюдения АЭП. В частности, на Камчатской обсерватории Паратунка, в этот день были условия «хорошей погоды», однако подобного явления - зарегистрировано не было.

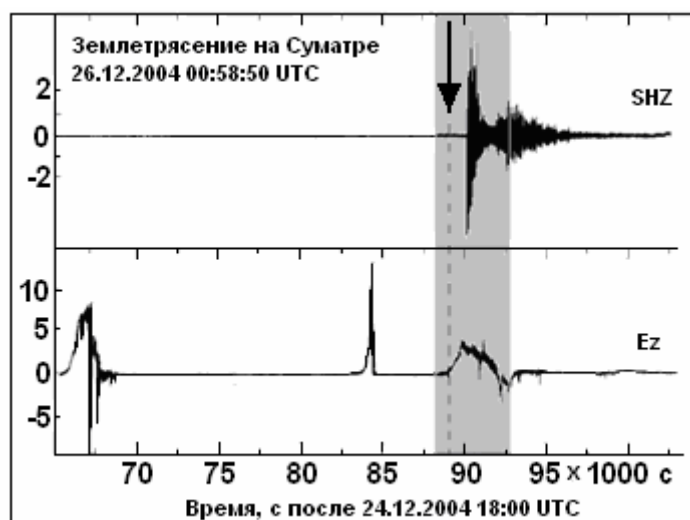


Рис. 9. Вариация электрического поля Ez во время, перед землетрясением и после него (SHZ) на Суматре 26.12.2004 ($M = 9$) зарегистрированная на сейсмостанции (Италия) [23]

Образование облачности над разломами

В последнее время появилось много работ, в которых сейсмичность сопоставляется с элементами дешифрирования космических снимков. Как показывают исследования, в районе землетрясения за 4 – 10 дней до сейсмического толчка над тектоническими разломами в атмосфере образуются кольцевые и линейные облачные аномалии (ЛОА) [24]. Дополнительные исследования показали, что за несколько часов – первых суток в регионах будущих эпицентров перед Газлийским, Спитакским, Эрзинжанским и Сусамырским землетрясениями возникало аномальное, по сравнению с фоном, количество ЛОА. Автором [24] было подтверждено, что ЛОА могут служить индикаторами зон концентрации сейсмической энергии.

Радиосияния над разломами

В работе [25] методами радиолокации были обнаружены радиосияния над разломами. Причина их появления, по мнению авторов, состоит в проявлении в атмосфере

электрического поля земной коры. Сильные возмущения в ионосфере вызываются увеличением количества электронов и перемещения их относительно медленных ионов.

Возмущения в ионосфере

Анализ накопленной информации по связи ионосферы с предстоящим землетрясением позволил обнаружить предвестников землетрясений во временных вариациях ионосферных параметров. Было найдено, что за несколько дней перед землетрясением наблюдаются определенные эффекты в суточном ходе $foF2$, в частности, заметное повышение или понижение критических частот относительно медианы. Аналогичный эффект был обнаружен и параметрах слоя E_s , который заключался в увеличении $foEs$ за несколько дней перед землетрясением. Наряду с выявлением общих закономерностей, имеющих место во временном ходе ионосферных параметров, как перед землетрясением, так и после него, происходил поиск возможных физических механизмов, которые могли вызывать такие эффекты. На основе этих исследований был сделан вывод о том, что перед началом землетрясения и во время сейсмического процесса происходит усиление квазистатического электрического поля, связанного с изменением структуры земной коры. Это электрическое поле проникает на высоты ионосферы и может оказывать влияние на вариации электронной концентрации в E и F-областях ионосферы.

Во время землетрясения в Японии (29.09.80 $M = 6.1$) было зафиксировано одновременное с главным толчком возмущение в ионосфере над очагом при прохождении над ним радиотрассы с Окинавы [26]. Этот факт невозможно объяснить акустическим воздействием. Глубина очага 80 км. Возмущение смещено к юго-западу от эпицентра на 1500 км. На других станциях ближе к эпицентру (380 и 100 км) этого возмущения обнаружено не было. Предполагается электромагнитный механизм возмущения ионосферы. У авторов вызывает недоумение разброс точек возмущения в атмосфере (ионосфере) и литосфере. Аналогичная ситуация наблюдалась во время Аляскинского землетрясения 1964 г., когда магнитный импульс (100 нТл) был зарегистрирован в момент главного толчка в 440 км от эпицентра ... «Приведенные данные об одновременности трех явлений: фазы сброса ЭМИ, внезапного возмущения F-слоя ионосферы и землетрясения указывает на их возможную причинно-следственную связь, что достаточно критично для выяснения природы сейсмо-ионосферных связей и требует дополнительного изучения» [26 стр. 63].

Сейсмамагнитосферные эффекты и частицы высокой энергии

В работе [27] рассмотрен случай, когда над эпицентральной зоной землетрясения, за несколько часов до главного удара, одновременно пролетали два спутника «Ореол-3» и «ИКБ-1300». Спутники зарегистрировали высыпание высокоэнергичных (> 100 кэВ) электронов и протонов на орбите $L = 1.25$. Одновременно оба спутника регистрировали КНЧ и ОНЧ шумы. Источник этих шумов соответствовал гипоцентру землетрясения, а сами шумы расходились в виде конуса, с вершиной у поверхности земли. Явления, происходящие в магнитосфере и возникающие под воздействием готовящегося землетрясения, получили название сейсмамагнитосферные эффекты и, соответственно, сейсмамагнитосферные шумы (СМШ). Интенсивность СМШ возрастает по мере приближения основного толчка и, в отличие от других методов, продолжается некоторое время после землетрясения. Принято считать, что причиной СМШ являются захваченные магнитным полем заряженные частицы, а они сами – продукт высыпания из радиационного пояса, как это отмечено в районе Бразильской магнитной аномалии. «Была обнаружена некоторая корреляция между темпом счета частиц и среднесуточной глобальной сейсмической активностью, определяемой суммарным числом землетрясений по всему земному шару. Однако привязка зоны высыпаний частиц к конкретному землетрясению в этом эксперименте не была осуществлена, а другие возможные причины

модуляции скорости высыпания высокоэнергичных частиц не анализировались» [27, стр. 91]. В другой работе (ссылки в [27]) показано, что для «землетрясений с магнитудой $M > 4$ наблюдается статистически значимый максимум в распределении моментов регистрации отклонений относительно момента главного толчка за 2.5 часа до него» (там же).

В правой части рис.10 показано распределение интенсивностей жестких электронов I в отн. ед.) в зависимости от L -координат для витков 1607 (за 4 часа 48 мин до начала землетрясения и 1581 (за двое суток до этого). Максимальная интенсивность потока I соответствует оболочке с $L = 1.37$ (2.3 т. км).

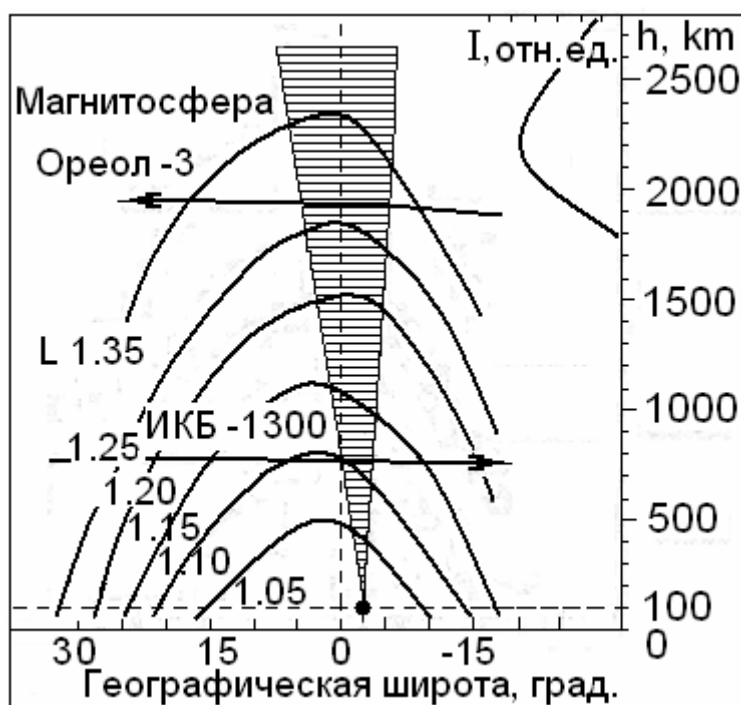


Рис. 10. Проекция орбит спутников «Ореол-3» и «Интеркосмос-Болгария» (ИКБ-1300) в координатах: « $h - \varphi$ » в плоскости магнитного меридиана. Кривые $L(h, \varphi)$ – параметр Мак-Илвайна, точкой обозначена проекция эпицентра землетрясения на высоту 100 км. Величина I показывает распределение интенсивности жестких электронов по высоте. Область, выделенная штриховкой - СМШ [27].

Вывод

Анализ явлений, предшествующих и сопутствующих землетрясению показывает, что накануне землетрясения в литосфере, атмосфере, ионосфере и магнитосфере происходят события, которые, очевидно, имеют непосредственную с ним связь. За несколько часов, или даже дней, - до основного удара, предшествующие ему события (явления) прекращаются. Это относится в большей мере с таким малоинерционным явлениям как: акустическая эмиссия, ОНЧ-излучение, АЭП, явления, связанные с изменениями силы тяжести среды, и т.п. Очевидно, что все эти явления происходят в непосредственной окрестности измерительного прибора. Сигналы, если бы они производились в очаге землетрясения в силу их особенностей и особенностей среды распространения, - не смогли бы достигнуть регистрирующего их прибора. Следует отметить, что приборы, регистрирующие изменения геофизической среды перед землетрясением, располагаются подчас на огромных (тысячи км) расстояниях от эпицентра землетрясения. Часто бывает так, что прибор, регистрирующий эффект, установленный ближе к землетрясению, чем другой, - его не обнаруживает.

Несоответствие друг другу отмечаемых нами фактов, а так же невозможность найти им объяснение в рамках общепринятых представлений по физике землетрясения - является принципиальным моментом. Разрешение известных парадоксов в физике Земли в рамках квантовой механики, на наш взгляд, может приблизить нас к пониманию природы самого явления землетрясения и явлений, имеющих непосредственную с ним взаимосвязь.

УДАРНО-ВОЛНОВАЯ МОДЕЛЬ

Физика землетрясения, несмотря на то, что эта проблема стоит перед человечеством более 100 лет, до сих пор так и остается не ясной. Как стало недавно известно, одна из десяти тайн Вселенной, по версии экспертов и читателей популярного журнала LiveScience, - сформулирована примерно так: «Что происходит в сердце землетрясения?». В чем же состоит причина и почему эта очень важная проблема, над решением которой работает огромное количество университетов, институтов и компаний во всем мире, не продвинулась практически ни на шаг? Прошло сто лет с первой научной концепции упругой отдачи, высказанной Рейдом в 1906 после разрушительного землетрясения в Сан-Франциско. С тех пор не было выдвинуто не то чтобы теории, - ни одной гипотезы, ни одной модели, которая более или менее адекватно описывала бы наблюдаемые в момент землетрясения явления.

Двадцать лет тому назад автором этой статьи была предложена ударно-волновая модель землетрясения [1], которая в цикле последующих за ней работ рассматривается как последовательность таких механизмов [28]:

1) возникновение упругих напряжений в литосфере и мгновенный сброс этих напряжений путем формирования ударной волны,

2) транспортировка ударной волны по литосфере, взаимодействие ударной волны со средой, приводящее к генерации сейсмических волн, распространяющихся по всему объему Земли и, наконец,

3) выход ударной волны на поверхность Земли и формирование т.н. сильных движений грунта.

В работе [29] автором рассмотрен 3-ий механизм, на примере двух землетрясений: Нортриджского (Калифорния) $M = 6.7$; 17.01.1994 и Чуйского (Алтай) $M = 7.5$; 27.09.2003 предложена новая модель сильных движений грунта при землетрясении. Сильные движения грунта при землетрясении рассматривались как процессы, сопровождающие выход ударной волны (УВ) на свободную поверхность [29]. Теория этого явления хорошо развита (ссылки в [28]), что позволило найти непротиворечивое объяснение практически всем известным особенностям таких движений поверхности. Второй механизм – транспортировка ударной волны по твердому телу также достаточно хорошо исследован и не представляет особой проблемы.

Настоящая работа посвящена не столько решению вопроса, обозначенного выше как первый: как образуется УВ в недрах Земли, сколько физике сопутствующих образованию УВ явлений в литосфере, атмосфере, ионосфере и магнитосфере. По мнению автора, ответ на этот вопрос, позволит приблизиться к решению мировой задачи, ранее сформулированной как: «что же происходит в сердце землетрясения?».

Почему и как образуется УВ в недрах Земли, как её возникновение связано с явлениями в окружающем мире - это наиболее сложные вопросы в новой модели землетрясения. Образование ударных волн в природе обычно связано с возникновением быстрого и локального разрыва термодинамических характеристик среды, который характеризует фронт ударной волны. Чем короче фронт и больше величина различий плотности и давления среды, тем больше энергии несёт УВ и выше её скорость. Процесс, связанный с возникновением землетрясения и выходом очага на поверхность, согласно сейсмологическим наблюдениям, соответствует тому, что весь процесс, в реализации которого принимает участие огромные объемы литосферы (до 1000 км) ведет себя как

точка. Это означает, что занятая в процессе образования УВ среда ведет себя как точка. Дело в том, что наблюдаемые этот процесс сейсмостанции, расположенные на различных от гипоцентра землетрясения расстояниях, фиксируют приход сейсмической волны с точностью, меньшей, чем секунда. (Секунда – период сейсмических волн). Однако более грандиозные масштабы всплывают в том случае, когда начинаешь сопоставлять расстояние между положением гипоцентра землетрясения и местоположением измерительного прибора, регистрирующего сигналы, ему предшествующие. Отсюда следует, что скорости синхронизации явлений, разнесенных на тысячи км, должны быть выше скорости звука в литосфере - на два порядка, а в атмосфере – и того более. Складывается впечатление, что в подготовке сильного ($M \approx 9$) землетрясения принимает практически вся земная кора и верхняя мантия. Приведенные нами соображения никак не укладываются в каноны механики сплошной среды. Вопрос синхронизации всех сред – центральный в физике землетрясения, какова бы модель не рассматривалась. По-видимому, именно это следует считать «сердцем» землетрясения.

Имеется ли в Природе явление, которое заставило бы различные частицы сплошной среды, находящиеся друг от друга на огромных расстояниях (до 1000 км), вести себя как одна частица? Естественно, что такие частицы должны обладать т.н. кооперативными свойствами. В последнее время в ряде университетов исследованы кооперативные свойства природных и искусственных материалов. В ряде случаев этими свойствами обладают вещества, имеющие в своем составе водородные связи. Практически все горные кристаллические породы имеют в своем составе воду и, естественно, водородные связи (ВС). Теоретически и экспериментально было показано, что эти породы при определенных давлениях и температурах способны синхронно изменить структуру ВС, т.е. расстояния между атомами, что приводит к изменению плотности пород. Очевидно, что ВС находятся во всех водных кластерах гидросферы, атмосферы и ионосферы.

Единственное известное в физике явление, способное реализовать то, что принято называть кооперативностью, это квантовая запутанность (зацепленность) элементов среды. В нашей модели – протонов водородных связей. Этот вопрос подробно рассматривается в предлагаемой работе. Его решение открывает возможность разобраться в явлениях, сформулированы в заголовке статьи.

КВАНТОВАЯ ЗАПУТАННОСТЬ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ

Водородные связи

Водородная связь - особый вид связи, возникающий за счет того, что атом водорода, связанный с сильно электроотрицательным элементом (азотом, кислородом, фтором и др.), испытывает недостаток электронов и поэтому способен взаимодействовать с неподеленной парой электронов другого электроотрицательного атома этой же или другой молекулы. Водородная связь - разновидность невалентного взаимодействия между атомом водорода Н, ковалентно связанным с атомом А группы А-Н молекулы RA-Н и электроотрицательным атомом В другой молекулы. Наличие водородных связей и их кооперативные свойства, в частности, в воде приводит к тому, что её свойства изменяются в зависимости от количества водородных связей. Так, например, во льду водородных связей много, их количество уменьшается по мере того, как лед тает. В талой воде водородных связей – меньше, ещё меньше их в нагретой воде и практически нет – в воде кипящей. Если бы вода полностью лишилась возможности образовывать водородные связи, то превратилась бы в пар, конденсирующийся в жидкость при - 100 °С. Водородные связи присутствуют не только в воде, но и в литосфере, определяя её особые свойства. Природа водородной связи состоит в том, что электронная плотность на линии Н...О (N, F и т.п.) смещается к отрицательному атому. Это способствует сближению электронов отрицательных атомов соседних молекул. В результате расстояния: О - О, О - N и т.п.

становятся значительно меньше, чем они были бы без атома Н. Явление укорочения длины атомных связей двух молекул А и В: А - В (без водорода) и А - Н...В (с присутствием атома водорода), иллюстрирует таблица.

Н - связь	энергия ккал/моль	расстояние в Å А - В	расстояние в Å А - Н...В
слабая	0.1 - 1.0	3.0 - 3.5	2.0 - 2.5
средняя	5.0 - 15.0	2.7 - 3.0	1.7 - 2.0
сильная	20 - 60	2.2 - 2.5	1.1 - 1.2

Из таблицы следует, что наличие (сильной) водородной связи приводит к тому, что расстояние между атомами уменьшается примерно вдвое.

Квантовая запутанность

В этой работе предложена модель, в которой физика землетрясения и сопутствующих ему явлений в литосфере, атмосфере, ионосфере и магнитосфере объясняется в контексте нелокальной многочастичной квантовой запутанности (переплетения, сцепленности - entanglement) на протонах водородных связей (ВС), содержащихся в минералах литосферы и в водных атмосферных кластерах. Кооперативные свойства ВС заключаются в том, что все они, находящиеся в квантово запутанном состоянии, - ведут себя как один кластер. Изменение квантового состояния (например, разрушение ВС) одного протона - мгновенно сказывается на всех остальных, с ним «запутанных». Разрушение ВС приводит к появлению не спаренных электронов, играющих важную роль в явлениях, происходящих в атмосфере.

Причины и физика возникновения многочастичной квантовой запутанности (МКЗ) в различных средах сегодня практически не известны. В ряде экспериментов эффект МКЗ достигался, например, при облучении вещества излучением лазера, в других случаях использовался ускоритель заряженных частиц, облучение электромагнитными волнами и т.п.

Корни МКЗ исходят из известного уравнения Гейзенберга и принципа нелокальности, парадокса Эйнштейна-Подольского-Розена (ЭПР), «кота Шредингера», неравенств Белла и экспериментов Аспекта. Наиболее известный «продукт» МКЗ – это лазер, менее известны пучок квантовозапутанных атомов водорода в мазере и, вообще, квантовая оптика. Сформировалась как наука квантовая химия. В последние годы идеи МКЗ усиленно развивались в биологии, в частности, удалось показать, что устойчивость ДНК обязана квантовым процессам. В стадии становления находится квантовая биология. На очереди внедрение МКЗ в физику Земли. В этой науке очень много явлений, необъяснимых с точки зрения классической физики. Среди них: землетрясения, вулканы, торнадо, алмазные трубки взрыва и т.п. Вполне возможно, что решение этих проблем позволит придать особый статус такой науке как «квантовая физика Земли». Вероятнее всего, теорию этих явлений удастся создать лишь после того, как будет сформулирована теория МКЗ, квантовой телепортации и декогеренции. Ситуация не безнадежна, т.к. без решения этих проблем, невозможно создание квантового компьютера, а научное сообщество решит эту проблему непременно.

Перестройка водородных связей

Обратимся к экспериментам по сжатию калисинита – это минерал гидрокарбоната калия (KНСO₃). Этот минерал давно изучается как объект, обладающий ВС, в котором проявляются свойства квантовой запутанности [30, 31].

Сжатие калисинита приводит к резкой одновременной по всему объему образца перестройке структуры ВС (рис. 11, при давлении 3 ГПа), что вызывает изменение его удельного объема (т.е. плотности). Аналогичные результаты получены и на других

образцах горных пород, в составе которых могут находиться атомы водорода и кислорода (азота, фтора и др.). Как отмечалось авторами многих исследований, такие перестройки ВС происходят мгновенно в больших объемах, возможно, эта особенность и названа кооперативностью ВС. В [31] показано, что калисинит проявляет квантовые свойства при комнатной и более высокой температуре, а это принципиальный момент в нашей модели. В работе [32] показано, что термодинамическое равновесие может рассматриваться как следствие квантового запутывания системы. Авторы, для описания термодинамических распределений, - не вводят никакого другого статистического механизма, кроме механизма, изначально имеющегося в постулатах квантовой механики. Таким образом, впервые температура вводится не как феноменологическое свойство, а как физический параметр системы, поддающийся явному расчету.

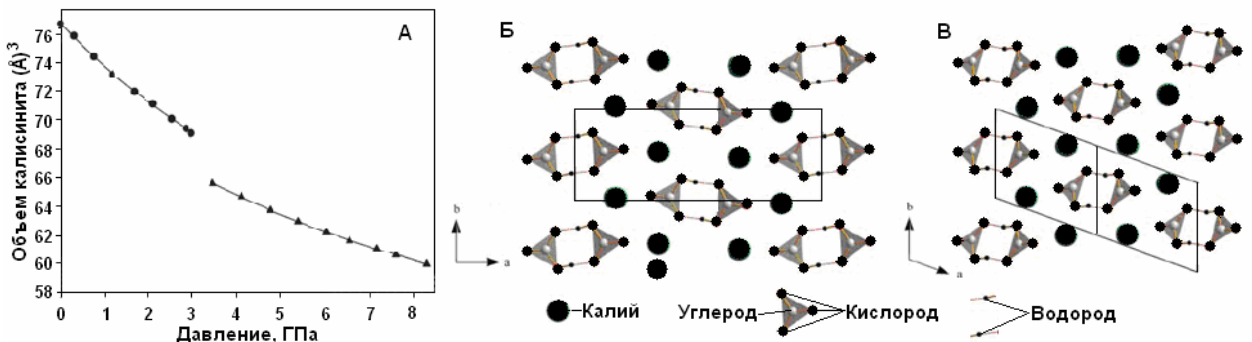


Рис. 11. Изменение удельного объема ($\Delta V/V = 4\%$) в калисините при давлении 3.2 GPa – А, изменение пространственной структуры калисинита – Б, В. [30].

Энергия землетрясения

Оценим величину энергии, необходимой для операции сжатия калисинита, показанного на рис 11-А. Внешнее давление $p = 3$ ГПа приводит к изменению объема среды (ΔV) примерно на 5%, что составляет примерно 100 Дж см^{-3} . На рис. 11-Б и В изображен т.н. структурный фазовый переход типа «упорядочение – разупорядочение» ВС [33]. В этой работе приведены величины энтальпий таких переходов для широкого спектра кристаллов. Можно принять, что при переходе выделяется (поглощается) энергия порядка 0.5 эВ на одну связь ($1 \text{ эВ} \approx 10^{-19} \text{ Дж}$). Рассмотрим, насколько энергия, выделяющаяся при разрушении (излома, поворота и пр.) ВС согласована с нашей предыдущей оценкой, полученной из соотношения $E = p\Delta V$.

Оценим количество ВС, необходимое для возникновения землетрясения, например такого, как Чуйское 2003. Магнитуа 7.5 эквивалентна энергии $E = 5 \cdot 10^{22} \text{ эрг} = 5 \cdot 10^{12} \text{ кДж} \sim 1 \text{ Мт (TNT)}$. Площадь поверхности очага S примерно равна $S = 100 \cdot 10 \text{ км}^2 = 10^{13} \text{ см}^2$, отсюда плотность энергии $\sim 500 \text{ Дж/см}^2$. Если уравнивать эти оценки, то мы получаем толщину фронта ударной волны порядка 0.5 см, что вполне соответствует требованиям к достаточно сильным ударным волнам. Количество ВС в объеме 0.5 см^3 равно, примерно, $500 \text{ Дж} : 0.5 \text{ эВ} = 10^{22}$. Размер квазичастицы, в состав которой входят ВС $\approx 30 \text{ \AA}$. Для сравнения, размер ВС примерно составляет 2.5 \AA , размер атома несколько больше. Эта оценка показывает, что необходимое для генерации ударной волны количество ВС, - вполне достаточно. Важно, чтобы количества ВС не было бы больше, чем самих атомов – элементов кристаллической решетки. В нашем случае это условие выполняется. Сравним энергию ВС, приведенную в таблице в ккал/моль с принятой нами величиной в эВ на одну связь. Как отмечалось, $1 \text{ эВ} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \approx 0.4 \cdot 10^{-22} \text{ ккал}$, $1 \text{ моль ОН (17)} = 1.6 \cdot 10^{-24} \times 17 = 27 \cdot 10^{-24} \text{ г}$. Принятая нами величина энергии ВС примерно равна 1.5 ккал/моль, что соответствует слабой связи (см. таблицу). Размер такой связи $2 - 2.5 \text{ \AA}$ – тоже совпадает с принятым нами значением. Превышение размера квазичастицы относительно размера атома примерно в 5 раз показывает, что не все ВС принимают участие в процессе, или -

только у 20 % атомов имеются подходящие ВС. Таким образом, можно считать, что наличие ВС у минералов, находящихся под внешним давлением, может обеспечить необходимую для генерации ударной волны энергию. Здесь мы не рассматривали тот факт, что давление имеет тензорный характер, однако, насколько известно автору, этот вопрос не рассматривался ни теоретически, ни в экспериментальных работах.

Разрушение водородных связей в гидросфере и атмосфере

Разрушение ВС происходит по схеме: $\text{H}_2\text{O} + h\nu(10\text{эВ}) = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH} + e$, где e - не спаренный электрон. Этот процесс сопровождается акустической и электромагнитной эмиссией. Подобные явления хорошо изучены и известны при образовании и разрушении ВС льда и воды [34, 35]. В работе [34] измерялась акустическая эмиссия (АЭ) в тающем льду, обнаружено, что по мере его таяния длительность сигналов АЭ возрастает, а мощность сигналов - падает. Авторы обнаружили наличие АЭ и в талой воде. По мере дальнейшего нагревания воды - сигналы АЭ исчезают. Как известно, лед от воды отличается количеством упорядоченных водородных связей – других отличий нет. Количество водородных связей (ВС) уменьшается по мере плавления льда и нагрева воды. В талой воде ВС меньше чем во льду, но больше, чем в обычной воде. Есть все основания полагать, что АЭ в этом эксперименте связана с разрушением ВС. Генерация АЭ происходит не только при таянии льда, но и при его росте. Упомянем так же, что и при кристаллизации воды, и росте льда, а так же при его разрушении, - наблюдаются электромагнитные импульсы, схожие по форме с импульсами АЭ [35]. Всё это говорит о том, что образование и разрушение ВС в воде и водных кластерах может быть причиной акустической и электромагнитной эмиссии, регистрируемой в экспериментах и наблюдениях.

Главное предположение

Всё, о чем говорилось выше, - имеет теоретическое или экспериментальное подтверждение и не должно вызывать большого неприятия у читателя. Но этого недостаточно, чтобы решить поставленную нами задачу. Для её решения необходимо сформулировать главное предположение: *Многочастичная квантовая запутанность на водородных связях может возникать не только между протонами ВС минералов литосферы, разнесенных друг от друга на огромные расстояния, но и между ними и протонами ВС гидросферы и водных кластеров атмосферы.* Теории возникновения многочастичной квантовой запутанности (МКЗ) пока нет, экспериментов, касающихся запутанности протонов ВС литосферы и атмосферы – тоже. Решение этих задач – перспективное направление в науке [36]. Создание непротиворечивой модели МКЗ протонов ВС на примере физики землетрясения и сопутствующих ему явлений в атмосфере и ионосфере – может послужить первым вкладом в решение этой фундаментальной задачи. Тем более что физика землетрясения представляет для человечества одну из 10 основных проблем.

Модель МКЗ протонов ВС литосферы и атмосферы

Принципиальным моментом нашей модели является квантовая запутанность среды, взаимодействие её со окружающей средой и декогеренция. В начале несколько слов о декогеренции. Декогеренция квантовой системы происходит каждый раз, когда её состояние запутывается с состоянием ее окружения, так что информация о состоянии системы "записывается" в состоянии ее окружения. Окружение (quantum halo - квантовое гало, квантовый ореол) - обволакивающее локальную совокупность частиц, при этом размеры этого окружения далеко выходят за границы «центрального объекта» и соответствующих ему полей.

Декогеренция - физический процесс, который сопровождается уменьшением квантовой запутанности (потерей когерентности квантовых суперпозиций) в результате

взаимодействия системы с окружением. Декогеренция сопровождается появлением у нее классических черт, соответствующих информации, записанной в окружении. Это можно описать как образование квантовых корреляций (или запутывание, entanglement) между системой и ее окружением, возникающих в процессе их взаимодействия. В этом смысле декогеренция тождественна квантовому измерению. Декогеренция, обусловленная взаимодействием квантовой системы с ее окружением, разрушает квантовые эффекты, превращая их в классические. Из-за этого взаимодействия происходит «перепутывание» состояний системы с таким большим количеством состояний окружающей среды, что когерентные эффекты «теряются» при происходящем усреднении и становятся ненаблюдаемыми.

В природе мы имеем дело с открытыми системами. В них из-за записи в окружении информации о состоянии системы, происходящей в ходе взаимодействия - суперпозиционные состояния переходят в смешанные. Возможны и обратные переходы, от смешанных (классических) состояний к чисто квантовым. Этот процесс обретения системой квантовых свойств при прекращении или ослаблении взаимодействия с окружением называется *рекогеренцией*. Для рекогеренции системы в квантовое состояние ничего «особенного» не нужно — необходимо лишь прекращение или ослабление обмена информацией с окружением.

Необходимо учитывать, что результаты измерений в квантовой механике носят принципиально вероятностный характер, а также то, что теорема клонирования квантового состояния запрещает статистическую проверку запутанных состояний. Это замечание относится, в большой степени, к оценке возможностей прогноза землетрясения. После необходимого вступления, целесообразно перейти к физике квантовых явлений сопутствующих землетрясению.

В литосфере

Как видно из предыдущего текста приемник электромагнитных или акустических волн килогерцовой частоты регистрирует сигналы, возникшие в непосредственной близости от него, но, тем не менее, очевидно, - связанные с очагом готовящегося землетрясения. Этот парадокс не разрешим в классической физике, но имеет решение в квантовой. В этом случае, приемник регистрирует сигналы окружения, которое, в силу не совсем ясных причин, оказывается запутанным с очагом. Напомним, то в нашей упрощенной модели, запутываются протоны ВС в минералах. При ослаблении квантового взаимодействия между окружением и очагом, АЭ или ОНЧ излучение – прекращается (рекогеренция), следует пауза («сейсмическое затишье») и затем - удар. В течение периода затишья в очаге многочастичная квантовая запутанность достигает максимальной величины и затем резко прекращается с образованием структурного фазового перехода, заканчивающегося ударной волной (декогеренция). Если декогеренция происходит очень быстро – возникает УВ, если медленно – то возникает т.н. «медленное землетрясение», при котором сейсмических волн не образуется, зато происходят вертикальные и горизонтальные подвижки грунта.

Автор [17] построил свой измерительный инструмент на принципе весов Кавендиша. Однако Кавендиш и слыхом не слыхивал о гравитационной постоянной. Свой опыт он называл определением средней плотности Земли (или её массы) – через отношение сил притяжения эталонного грузика к Земле и к болванке с известной массой. Во времена Кавендиша специалисты по небесной механике успешно обходились без гравитационной постоянной. Достаточно было знать отношения гравитационных сил у небесных тел, т.к. по закону всемирного тяготения ускорение свободного падения малого пробного тела пропорционально произведению гравитационной постоянной на массу притягивающего тела. Для расчёта космических движений важно знать лишь эти произведения, и всё. Так и получалось: произведение гравитационной постоянной на

массу Земли знали хорошо, а чему равны эти множители по отдельности – было, в общем-то, не принципиально.

Может ли изменяться гравитационная постоянная? Эксперименты по лазерной локации Луны уточнили величину возможных годовых изменений гравитационной постоянной $G'/G = (4 \pm 9) \times 10^{-13} \text{ год}^{-1}$. Если представить, что регистрируются колебания с периодом, равным $\sim 1/3$ дня, то тогда $\Delta G/G$ должно быть порядка 10^{-16} , что для прямого измерения, как в рассматриваемом случае, - недопустимо малая величина.

Весы Кавендиша, используемые в этом приборе, традиционно измеряли произведение GM . На основании сказанного выше, следует считать, что $G = \text{const}$, а $M = V\rho$, где объем можно так же считать величиной постоянной, по крайней мере, на период измерений. Таким образом, результаты измерения компонент G_x и G_y (G_z - практически равно 0), приведенные в правой части рис. 6, можно интерпретировать примерно так, как это показано на рис. 12. На схеме показаны силы сжатия-растяжения, действующие в регионе разлома Сан-Андреас в Калифорнии [37]. При этом соответственно, изменялись компоненты плотности среды ρ и измеряемые компоненты величины G из принятого нами предположения, что $GM = GV\rho = \text{const}$, а $\rho \sim 1/G$.

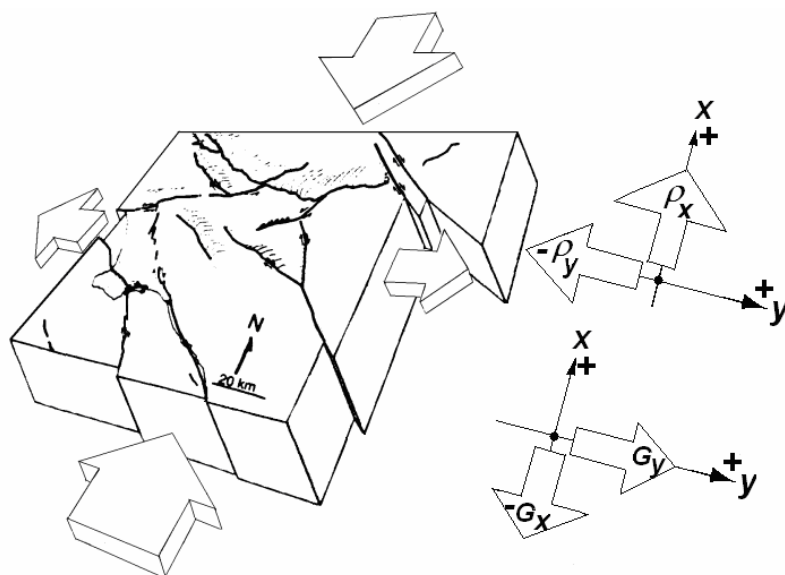


Рис. 12. Слева: схемы напряжений « σ » и направлений перемещений литосферы в Южной Калифорнии [37]; справа – схема вариаций плотности ρ и измеряемой величины G [17].

Отметим ту же особенность, что и выше: регистрируемые прибором сигналы, предшествующие землетрясению, имеют локальную причину, связанную со структурным фазовым переходом квантово запутанной с очагом среды, и сигналы прекращаются за некоторое время перед землетрясением (рекогеренция). Эти измерения в очередной раз демонстрируют нам, что запутанность не имеет ограничения по расстоянию между объектами.

В атмосфере

Свечение атмосферы перед землетрясением неоднократно наблюдалось и этот факт не подвергается сомнению. Объяснения он не имеет. Атмосфера светится с интенсивностью, сравнимой со светом шаровой молнии (ШМ). Принято считать, что ШМ светится примерно с той же интенсивностью, что и 100-ватная лампочка, а в излучение уходит примерно 1%, или $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с} \approx 10^{19}$ квантов в сек. Плотность потока квантов $dN/dt = 10^{19}/V = 10^{16} \text{ см}^{-3}\text{с}^{-1}$ (V – объем светящейся ШМ $\approx 10^3 \text{ см}^3$). Предположим, что излучение атмосферы, как и ШМ имеет рекомбинационный характер, и квант света

энергией ≈ 1 эВ обязан рекомбинации одного электрона с ионом. Примем величину коэффициента рекомбинации $\alpha = 10^{-6} \text{см}^3 \text{с}^{-1}$. Зная её величину, можно оценить концентрацию электронов и ионов, необходимую для получения необходимого количества квантов. Приравняем $dN/dt = \alpha n^2$, n - концентрация ионов-электронов = 10^{11}см^{-3} , что вполне правдоподобно, если учесть концентрацию воды в атмосфере и количество разрушающихся ВС при квантовой запутанности литосферы и водных кластеров атмосферы.

Если допустить, что интенсивность разрушения ВС в атмосфере значительно ниже чем при её свечении, то неспаренные электроны, образующиеся при разрушении ВС, могут служить ядрами конденсации и приводить к интенсивному образованию облаков, что и наблюдается над разломами в период подготовки землетрясения.

Если предположить, что квантовой запутанности подверглись ВС водных кластеров стратосферы, то реакция их разрушения: $\text{H}_2\text{O} + h\nu(10\text{эВ}) = \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH} + e$. Ведет не только к образованию электронов, но и ионов гидроксония H_3O^+ . Эти ионы, по модели атмосферного электрического поля (АЭП) [38], поднимаются до высоты верхней кромки «электросферы» (90 км), где формируют положительно заряженный слой – верхнюю обкладку конденсатора Земля-ионосфера. При попадании их в этот слой, величина АЭП возрастает. По-видимому, это возрастание регистрируется при возмущении АЭП перед землетрясением. Случай изменения АЭП перед землетрясением на Суматре и регистрации его в Италии ещё раз подтверждает, что квантовая запутанность окружения возникает избирательно по месту и на огромном расстоянии от очага.

В ионосфере и магнитосфере

Электроны, образовавшиеся при разрушении ВС на стратосферных высотах за счет рекогеренции квантовой запутанности очага и окружения не сразу сталкиваются с молекулами воды вызывая конденсацию, – они имеют некий свободный пробег. При этом они находятся в поле ОНЧ излучения литосферного окружения очага. Если электроны и ионы попадают в фазу электромагнитной ОНЧ волны, то они способны ускоряться до энергии в сотни кэВ - десятки МэВ и достигать ионосферных и магнитосферных высот. Попадая в ионосферу эти электроны - приводят к изменению концентрации заряженных частиц и, соответственно, изменению критической частоты F- и E-слоев, а также увеличению полного электронного содержания ионосферы. Такие возмущения в ионосфере ведут себя аналогичным способом как АЭ, ОНЧ, магнитные и гравиинерциальные изменения: сигналы исчезают по мере приближения по времени основного удара. Как отмечалось, во время землетрясения в Японии (29.09.80 $M = 6.1$) было зафиксировано одновременное с главным толчком возмущение в ионосфере над очагом при прохождении над ним радиотрассы с Окинавы. Этот факт невозможно объяснить каким-либо из перечисленных механизмов воздействия. Оставаясь в рамках нашей модели, можно только предположить, что в некоторой области атмосферы и ионосферы не произошла рекогеренция и отделение системы очага от его окружения. В этой среде произошла декогеренция и ударная волна возникла не только в очаге литосферы, но и, одновременно, в атмосфере. По всей видимости, это редчайший случай, при условии, что это не ошибка наблюдения. Наша модель, в принципе, развитие такого механизма не отвергает.

Электроны и протоны, ускоряясь в поле ОНЧ волны, достигают магнитосферных высот и регистрируются космическими аппаратами. Очевидно, что эти частицы «привязаны» к месту и времени грядущего события. Мне представляется, что привлечение к исполнению этой «роли» частиц выпадающих из радиационных поясов – идея неудачная.

В качестве иллюстрации правомерности модели ускорения электронов гауссовым электромагнитным пучком в постоянном магнитном поле, сошлемся на работу [39], в которой показано, что при начальных условиях циклотронного резонанса возможно

эффективное ускорение электронов на сравнительно небольшом интервале с несколько меньшим темпом, чем в случае плоской ускоряющей волны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагая принципиально новую модель природного хорошо известного и изученного сложного многопараметрического физического явления необходимо заручиться объективной проверкой на правильность модели. Это особенно важно, когда повторить эксперимент или наблюдение в идентичных условиях нет возможности. Это обычно происходит с редкими, случайными явлениями, например, такими как землетрясение. Как следует из нашей работы, землетрясение происходит и проявляется от глубин литосферы до магнитосферы. Происходящие в этих оболочках явления имеют непосредственную взаимосвязь. В такой ситуации единственным возможным способом проверки на согласованность всех элементов модели, является решение поставленной задачи из первых основополагающих принципов первых основополагающих принципов «Ab initio (лат. *от начала*)» - решение задачи из без привлечения дополнительных эмпирических предположений. Обычно подразумевается прямое решение уравнений квантовой механики (Википедия).

Наша модель землетрясения построена на «трех китах» квантовой механики: квантовой запутанности, квантовой телепортации и декогеренции-рекогеренции, возникающих в литосфере и атмосфере. При этом запутанность реализуется за счет телепортации квантового состояния протонов ВС в некотором объеме среды. Ударная волна образуется за счет протекания процесса квантовой декогеренции, возвращающей среду из квантового мира в мир классический [40]. Окружение рвет свои связи со средой за счет рекогеренции. Т.о. в нашей модели декогеренция оказывается главным процессом.

Воспользуемся подходом к декогеренции, развитым Войцехом Зуреком из Лос-Аламосской национальной лаборатории [40]. Он показывает, что специфический пример декогеренции - частица в точке x , взаимодействующая со скалярным полем ϕ (которое может рассматриваться как набор гармонических осцилляторов), что описывается Гамильтонианом

$$H_{int} = \epsilon x d\phi/dt.$$

В этом случае матрица плотности $\rho(x, x')$ частицы в заданной точке эволюционирует согласно основному уравнению:

$$\dot{\rho} = \underbrace{-\frac{i}{\hbar} [H, \rho]}_{\dot{p} = -FORCE = \nabla V} - \underbrace{\gamma(x-x') \left(\frac{\partial}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x'} \right) \rho}_{\dot{p} = -\gamma p} - \underbrace{\frac{2m\gamma k_B T}{\hbar^2} (x-x')^2 \rho}_{Classical Phase Space}.$$

где H - Гамильтониан частицы (независимый от потенциала $V(x)$, который учитывается членом $Hint$), γ - коэффициент релаксации, k_B - постоянная Больцмана, а T - температура поля. Это уравнение в первом приближении точно соответствует уравнению Шредингера для частицы в поле и поэтому отображает степени свободы поля.

Уравнение естественным образом разделяется на три слагаемых, каждое из которых отвечает за различный аспект эффективного поведения в классическом случае. Первое слагаемое - уравнение фон Неймана (которое может быть выведено из уравнения Шредингера) - порождает классическую обратимую эволюцию ожидаемого значения некоторой наблюдаемой, что имеет классический аналог для ρ (теорема Эренфеста). Второе слагаемое приводит к диссипации. Коэффициент релаксации $\gamma = \eta/2m$

пропорционален вязкости $\eta = \varepsilon^2/2$, вызванной взаимодействием со скалярным полем. Это взаимодействие уменьшает средний импульс и ведет к потере энергии. Последнее слагаемое также имеет классический аналог: оно ответственно за флуктуации, или случайные "толчки", приводящие к броуновскому движению, или, в нашем случае, - к образованию ударной волны. Первый компонент уравнения справедлив для закрытых систем и не представляет интереса, второй – возможно, имеет отношение к медленным диссипативным процессам, например, связанным с образованием медленного землетрясения или вулкана.

Насколько правомерен и эффективен наш подход к физике землетрясения и сопутствующих ему явлений? Можно ли найти правдоподобные объяснения другим связанным с землетрясением явлениям? В частности, к хорошо известному поведению животных накануне землетрясения? Оказывается и на эти вопросы можно найти ответ. Конечно, он не может быть настолько же аргументированным, как, например, физика явлений в литосфере и атмосфере, но тем не менее, ситуация и здесь не совсем безнадежная. Нам придется вторгнуться в науку, которая находится на стадии становления в – квантовую биологию. Одним из достижений этой науки является, например, то, что наблюдаемую устойчивость ДНК можно объяснить, только привлекая модель квантовой запутанности.

Все живое состоит из воды, которая способна запутываться сама с собой, в каком месте живой или неживой природы она не находилась. Таким образом, квантовое состояние может передаваться от одного объекта, например, очага землетрясения, другому объекту, например, лягушке. Известно, что квантовые состояния воды связаны с аналогичными состояниями живых организмов, что и вызывает тревогу у последних. Это рудиментарный канал человеком утерян, но является основным у многих живых организмов, находящихся на более низкой ступени развития. Вероятно, именно таким образом они оказываются способными предчувствовать надвигающееся землетрясение.

Если соотнести сказанное выше к обсуждаемой проблеме, то можно утверждать, что если пойдет речь о прогнозе землетрясения, то прогноз, в любом случае, должен иметь вероятностный характер.

Остановимся на самом принципиальном вопросе, касающемся убеждения в том, что явления квантовой механики правомерно могут происходить только при нулевых Кельвинах и только с микрообъектами. В этот убеждены практически все физики не знакомые с результатами последних лет. Теоретики обосновали то, что квантовые процессы, в частности и квантовая запутанность, происходят при комнатной и более высокой температуре [32]. Ведущий специалист по квантовой запутанности Влатко Вedral полагает, что ещё недавно квантовое запутывание традиционно считалось принадлежностью только микроскопических объектов. Теперь квантовое запутывание признано повсеместно и считается надежно установленным фактом, с пониманием того, что квантовая запутанность может произойти и в макроскопических системах [41]. С развитием экспериментов, направленных на использование этого эффекта – возникают новые возможности, необходимые для определения степени запутанности макроструктур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов В.В. Ударно-волновая модель очага землетрясения. 1990. - Новосибирск. Препринт ИГиГ, № 8, -18 с.
2. Geller R.J. VAN: a critical evaluation // in Critical review of VAN, ed. J. Lighthill, World Scientific, Singapore: 1996. P. 155-238.
3. Виноградов С.Д., Пономарев В.С. Экспериментальное изучение сейсмического режима // Природа. 1999. № 5. С. 77-89.
4. Купцов А.В. Особенности высокочастотной геоакустической эмиссии на заключительной стадии подготовки землетрясения. Кандидатская диссертация. ИКИР. 2006.
5. Кузнецов В.В., Хомутов С.Ю. Результаты наблюдений атмосферного электричества, геомагнитного поля и инфразвука в период афтершоковой активности Чуйского землетрясения (Алтай, 27.09.2003) // Электронный научно-информационный журнал. 2005. № 1(23). http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2005/screp-1.pdf
6. Пузырев Н.Н. Методы и объекты сейсмических исследований. Новосибирск. ОИГГМ. 1997. 302 с.
7. Fujinawa Y., Takahashi K. Anomalous subsurface vertical electric field changes in VLF and ULF bands by use of borehole antennas // Techn. Note Nat. Res. Inst. Earth Sci. and Disaster Prev. 1993. №157. P.109-117.
8. Поиск электромагнитных предвестников землетрясений / Под ред. Гохберга М.Б. М.: Изд-во ИФЗ АН СССР, 1988. 244 с.
9. Гаврилов В.А., Дружин Г.И., Полтавцева Е.В. Результаты одновременных измерений естественных электромагнитных СНЧ-ОНЧ излучений с использованием подземной и наземной антенн // доклад на IV межд. конф. «Солнечно-земные связи и предвестники землетрясений». 2007. ИКИР. Паратунка, Камч. обл.
10. Гарагаш И.А. Модель формирования тектономагнитного эффекта в зоне разлома при сдвиге // Российский журнал наук о Земле. 1999. Т. 1. № 3. С.
11. Гриднев Д.Г. Кварцевый Д-магнитометр // Сейсмические приборы. 1999. В. 31. С. 8-13.
12. Varotsos P., Lazaridou M. Latest aspects of earthquake prediction in Greece based on seismic electric signals // Tectonophysics. 1991. V. 188. P. 321-347.
13. Varotsos P., Alexopoulos K., Lazaridou M. Latest aspects of earthquake prediction in Greece based on seismic electric signals II // Tectonophysics. 1993. V. 224. P. 1-37.
14. Войтов Г.И., Николаев И.Н., Уточкин Ю.А., Рудаков В.П., Ишанкулиев Д.И. О потоке водорода в приземную тропосферу в геодинамически различных геоструктурных зонах Земли // ДАН 1995. Т. 344. № 1. С. 110-114.
15. Войтов Г.И., Рудаков В.П. Водород атмосферы подпочвенных отложений, его мониторинг и прикладные возможности // Физика Земли. 2000. № 6. С. 83-91.
16. Кузьмин Ю.Д., Лупатов В.М., Купцов А.В. Экспериментальные гидрогеохимические наблюдения на верхнее-паратунской гидротермальной системе (предварительные результаты) // Международный Геотермальный Семинар 2004. Россия, Камчатка.
17. Khalilov E. N. About possibility of creation of international global system of forecasting the earthquakes. Vaku-Innsbruck: ICSD/IAS, 2007. P. 51–69. [ISBN 978-9952-81-15-2-0](https://www.isbn-international.org/number/978-9952-81-15-2-0)
18. Данченко В.В. Гравиинерциальные эффекты и их соответствие краткосрочным предвестникам катастрофических событий // Геофизика. 2010. №3. С. 56-61.
19. Duncan P. Earthquake Lights, or 'Lightning', is a well documented phenomena // http://www.nzherald.co.nz/christchurch-earthquake/news/article.cfm?c_id=1502981&objectid=10673092
20. Огненные признаки трагедий // Невероятный мир. 76 СПб <http://www.agat.net.ru/anomal/ogni.htm>
21. Vershinin E.F., Buzevich A.V., Yumoto K et al. Correlations of seismic activity with electromagnetic emissions and variations in Kamchatka region // Atmospheric and ionospheric

- electromagnetic phenomena associated with earyhquakes / Ed. M. Hayakawa. Tokio: Terra Scientific Publ. Comp. 1999. P. 513-517.
22. Руленко О.П. Оперативные предвестники землетрясений в электричестве приземной атмосферы // Вулканология и сейсмология. 2000. № 4. С. 57-68.
 23. Roder H., Braun T., Schuhmann W. et al., Great Sumatra earthquake registers on electrostatic sensor // EOS. Trans. AGU. 2005. V. 86. N. 45. P. 445-460.
 24. Морозова Л.И. Спутниковый мониторинг землетрясений. Владивосток.: Дальнаука. 2005. 136 с.
 25. Шафтан В.А., Злотников М.Ф., Виноградов Ю.И., Чигин Е.П. Обнаружение пространственных зон генерации атмосферных неоднородностей сейсмическими явлениями // Магнитосферные исследования. 1986. М.: Наука № 8. С. 126-129.
 26. Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Герасимович Е.А., Матвеев И.В. Оперативные электромагнитные предвестники землетрясений // М.: ИФЗ. 1985. 116 с.
 27. Гальперин Ю.И., Гладышев В.А., Джорджио Н.В. Ларкина В.И., Могилевский М.М. Высыпание энергичных заряженных частиц в магнитосфере над эпицентром готовящегося землетрясения // Косм. иссл. 1992. Т. 30. Вып 1. С. 89-106.
 28. Кузнецов В.В. Введение в физику горячей Земли. - Петропавловск-Камчатский. КамГУ, 2008. - 367 с.
 29. Кузнецов В.В. Ударно-волновая модель землетрясения (I). Сильные движения землетрясения как выход ударной волны на поверхность // Физическая мезомеханика. 2009. Т. 12. №. 6. С. 87-96.
 30. Allan D.R., Marshall W.G., Pulham C.R. The high-pressure crystal structure of potassium hydrogen carbonate (KHCO_3) // American Mineralogist. 2007. V. 92. P.1018-1025
 31. Fillaux F., Cousson A., Gutmann M.J. A neutron diffraction study of macroscopically entangled proton states in the high temperature phase of the KHCO_3 crystal at 340 K // J. Phys.: Condens. Matter 2008 20 015225
 32. Богданов А.Ю., Богданов Ю.И., Валиев К.А. Многочастичные запутанные квантовые состояния и моделирование статистических распределений термодинамики // Опт. Спектр. 2007. Т. 103. №. 1. С. 36-43.
 33. Баранов А.И. Кристаллы с разупорядоченными сетками водородных связей и суперпротонная проводимость // Кристаллография. 2003. Т. 48. № 6. С. 1081-1107.
 34. Кузнецов Д.М., Смирнов А.Н., Сыроешкин А.В. Акустическая эмиссия при фазовых превращениях в водной среде // Рос. хим. ж. 2008. Т. 52. № 1. С. 114-121.
 35. Берри Б.Л., Григоров Н.О., Качурин Л.Г. и др. Электромагнитные процессы при кристаллизации воды и разрушении льда // Пробл. техн. гляциологии. Новосибирск, 1986. С.24-32.
 36. Кузнецов В.В. Многочастичная квантовая запутанность – «прорывное» направление в науке // Квантовая Магия. 2011 Т.8. Вып. 1. С. 1101-1119.
 37. Walls C., Rockwell T., Mueller K., et al. Escape tectonics in the Los Angeles metropolitan region and implications for seismic risk // Nature. 1998. V. 394. P. 356-360.
 38. Кузнецов В.В. Атмосферное электрическое поле во время полного солнечного затмения 2008 г // ДАН, 2010 Т. 435, № 1. С. 102-106.
 39. Милантьев В.П., Шаар Я.Н. Ускорение электронов гауссовым электромагнитным пучком в постоянном магнитном поле // ЖТФ. 2000. Т. 70. № 8. С. 100-103.
 40. Zurek W.H. Decoherence and the transition from quantum to classical – Revisited // Los Alamos Science Number 27 2002.
 41. Vedral V. Entanglement production in non-equilibrium thermodynamics // Journal of Physics: Conference Series. 2009. V. 143. doi:10.1088/1742-6596/143/1/012010