

Ударная волна в ионосфере в момент землетрясения

Кузнецов В. В.

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН с.

Паратунка, Камчатский край

email: vvkuz38@mail.ru

Предлагается принципиально новая модель образования ударной акустической волны (УАВ) в атмосфере и ионосфере. Эта волна, в рамках развивающейся автором ударно-волновой (УВ) модели землетрясения, рассматривается как афтершок основного землетрясения. Такая ситуация возможна только при условии, что среда в области очага землетрясения оказывается квантово сцепленной со средой переохлажденного водного облака, где, собственно, и возникает УАВ. Между литосферой и атмосферой происходит телепортация квантового состояния (КС) протонов одной среды с КС протонов – другой, и в переохлажденной водной среде генерируется УАВ, которая достигает ионосферы, где и регистрируется.

Введение

В течение последних 25 лет разрабатывается принципиально новая ударно-волновая модель землетрясения (1). На конференции в ИКИРе в 2004 г. я познакомил с этой моделью профессора Э.Л. Афраймовича из Иркутска. Ему понравилась моя идея, и в ответ он ознакомил меня со своими работами по регистрации УАВ в ионосфере по анализу сигналов полного электронного содержания (ПЭС), полученных с GPS- датчиков (рис. 1).

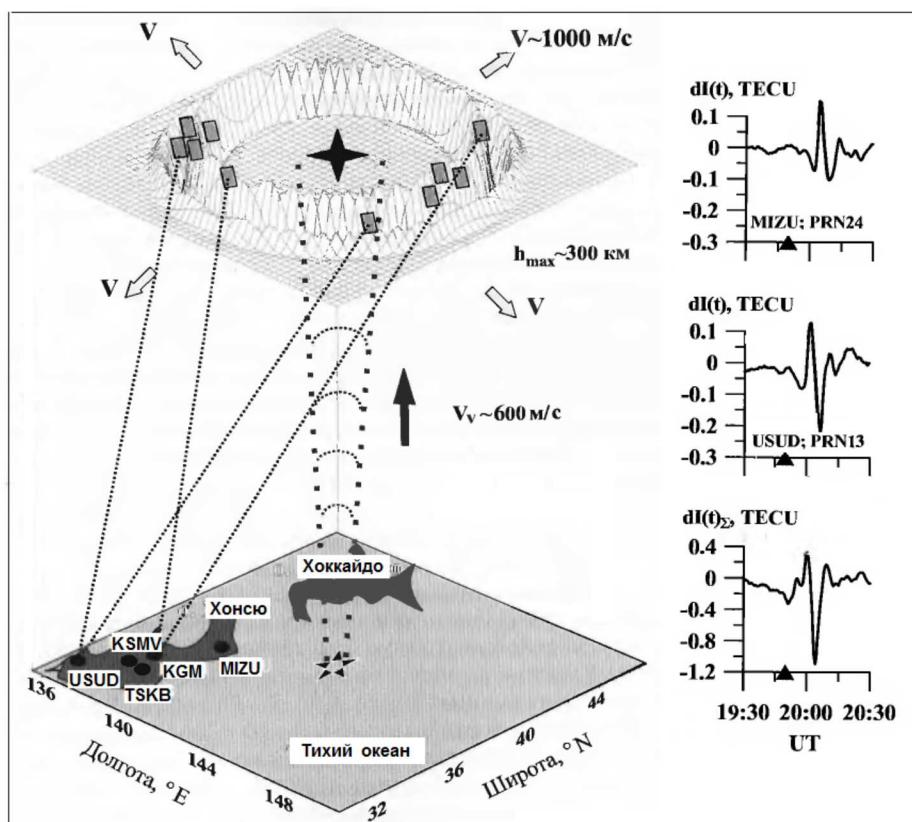


Рис. 1. Схема генерации и детектирования УАВ во время землетрясения 25.09.2003 в Японии. Звездочка – эпицентр землетрясения, крестик – вторичный источник, точки – станции GPS, прямоугольники – ионосферные точки. Справа – вариации ПЭС во время землетрясения у о. Хоккайдо 25.09.2003 (2).

Позже, когда я ознакомился с этими работами подробнее, меня категорически не устроила интерпретация обнаруженного группой Афраймовича эффекта возникновения УАВ в ионосфере. Авторы этих работ полагали, что УАВ возникает на земной поверхности в эпицентре землетрясения в результате действия т.н. “сильных движений” грунта в момент основного удара. Я знаком с результатами многих наблюдений сильных движений в момент землетрясения, с одной стороны, и знаком с экспериментами по генерации ударных волн в различных средах, с другой. Скорости вертикальных перемещений грунта в момент очень сильных землетрясений оказываются значительно меньше скорости звука в воздухе. Этот факт “отсекает” идею генерации УАВ таким способом. Однако наблюдения поведения волн электронной плотности в ионосфере однозначно говорят о том, что мы имеем дело именно с УАВ. К сожалению, я занялся решением этой проблемы слишком поздно (2014) и не мог сообщить об этом автору, т.к. Эдуард Леонтьевич к этому времени уже скончался (2009). Свой доклад я посвящаю светлой памяти Э.Л. Афраймовича.

Наблюдение ударных волн в ионосфере в момент землетрясения

В работах группы Афраймовича была оценена высота h предполагаемого источника ($h \approx 300$ км). Источником ионосферного возмущения во время землетрясения являлся не эпицентр, а область расположенная на высоте F_2 слоя ионосферы над эпицентром. Вторичный источник “включается” через 8-9 минут после главного толчка. Скорость распространения сигнала в атмосфере при этом оказывается порядка 600 м/с, что примерно вдвое больше принятой величины скорости звука. Легко показать, что эта модель описочна.

Наша модель

Принятая нами модель призвана объяснить возможность проявления квантовой связаннысти (запутанности, сцепленности) между процессами, происходящими в литосфере и атмосфере. В качестве элемента сцепленности могут быть, например, использованы протоны водородных связей, присутствующих как в воде, но и во многих геологических средах, например, в калисините.

Образование УВ в литосфере

Обратимся к экспериментам по сжатию калисинита – минерала гидрокарбоната калия (KHCO_3). Этот минерал давно изучается как объект, обладающий водородными связями, в которых проявляются свойства квантовой запутанности. Сжатие калисинита приводит к резкой, одновременной по всему объему образца, перестройке структуры водородных связей (рис.2), что вызывает изменение его удельного объема (т.е. плотности) и, соответственно, (согласно нашей модели) генерацию ударной волны. Аналогичные результаты получены и на других образцах горных пород, в составе которых находятся атомы водорода и кислорода (азота, фтора и др.). Как отмечалось авторами многих исследований, такие перестройки водородных связей происходят мгновенно в больших объемах, именно эта особенность и названа их кооперативностью.

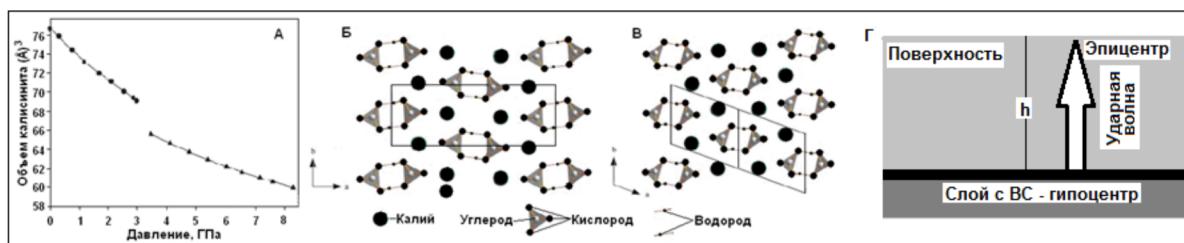


Рис. 2. Изменение удельного объема ($\Delta V/V = 4\%$) в калините при давлении 3.2 ГПа – А, изменение пространственной структуры калинита - Б, В. (3). Формирование ударной волны в слое с водородными связями - Г.

Водородная связь

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. Наличие водородных связей и их кооперативные свойства, в частности, в воде приводят 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.

Энергия землетрясения

Оценим величину энергии, необходимой для операции сжатия калисилита, показанного на рис 2-А. Внешнее давление $p = 3$ ГПа приводит к изменению объема среды (ΔV) примерно на 5%, что составляет около 100 Дж см⁻³. На рис. 2-Б и В изображен т.н. структурный фазовый переход типа “упорядочение – разупорядочение”. В этой работе приведены величины энталпий таких переходов для широкого спектра кристаллов. Можно принять, что при переходе выделяется (поглощается) энергия порядка 0.5 эВ на одну связь (1 эВ $\approx 10^{-19}$ Дж). Рассмотрим, насколько энергия, выделяющаяся при разрушении (излома, поворота и пр.) водородной связи, согласована с оценкой, полученной из соотношения $E = p\Delta V$.

Наличие водородных связей у минералов, находящихся под внешним давлением, может обеспечить необходимую для генерации ударной волны энергию.

Квантовая сцепленность

Квантовая сцепленность (запутанность) как новое перспективное научное направление журналом “Наука в фокусе” (по материалам BBC Science Focus, №2, 2014) включено в список “20 ВЕЛИКИХ ИДЕЙ”. Наука не может существовать без потрясений и исследовательского азарта. В любое время её питают Великие Идеи. Часть из них ошибочны, другие приводят к новым прорывам. Разработка таких идей и попытки их опровергнуть двигают науку вперед. Побочным результатом становятся достижения в технике и появление новых отраслей науки... Среди этих 20-ти идея №6 – квантовая запутанность.

О том, что это совсем новое веяние в физике, говорит хотя бы то, что у него нет устоявшегося русского названия. По-английски все однозначно: Quantum Entanglement. А вот по-русски... Квантовая нелокальность, квантовая сцепленность, запутанные квантовые состояния... Кажется, постепенно побеждает термин “квантовая запутанность”.

Именно квантовое запутывание лежит в основе таких прорывных направлений, как квантовая телепортация, квантовый компьютер и квантовая криптография.

Квантовая телепортация

КТ – это передача квантового состояния (КС) на любое, сколь угодно большое расстояние при помощи разъединенной в пространстве сцепленной пары (пара, находящаяся в состоянии квантовой запутанности) и канала связи. При этом в точке отправления квантовое состояние разрушается, а затем воссоздается в точке приема. Например, классическим примером КТ может служить передача КС протонов ВС переохлажденной воды циклона в Карском море протонам ВС камфары штурмгласса в Новосибирске (site www.vvkuz.ru

статья № 73. 2015).

Квантовая природа афтершоков

Временная последовательность землетрясений, в том числе и афтершоков, – фликкершум. Проведенные в последние годы исследования квантовой сцепленности показали, что фликкер-шум присущ многочастичным квантово запутанным (сцепленным) системам. Отсюда следует, что природа афтершоков – квантовая.

Что такое УАВ?

В Интернете приведены любопытные кадры испытания макета ударно-акустической “пушки”. Генерируемая в этом устройстве УАВ приводит к разрушению специально построенных макетов (муляжей) строений, расположенных на расстоянии в нескольких десятков метрах от пушки. В камере пушки происходит генерация УАВ при объемной детонации взрывчатого вещества, находящегося в виде аэрозолей. Из “ствола” пушки во время “выстрела” ничего не выбрасывается, только излучается ударная волна, которая и производит эффект разрушения. Эти эксперименты можно считать механистической моделью рассматриваемого нами природного явления генерации акустической ударной волны. Роль детонации, в нашем случае, исполняет ударная кристаллизация переохлажденной воды в облаке.

Ударная кристаллизация и образование УВ

Наша модель УАВ, как альтернатива модели Афраймовича, представлена на рис. 3.

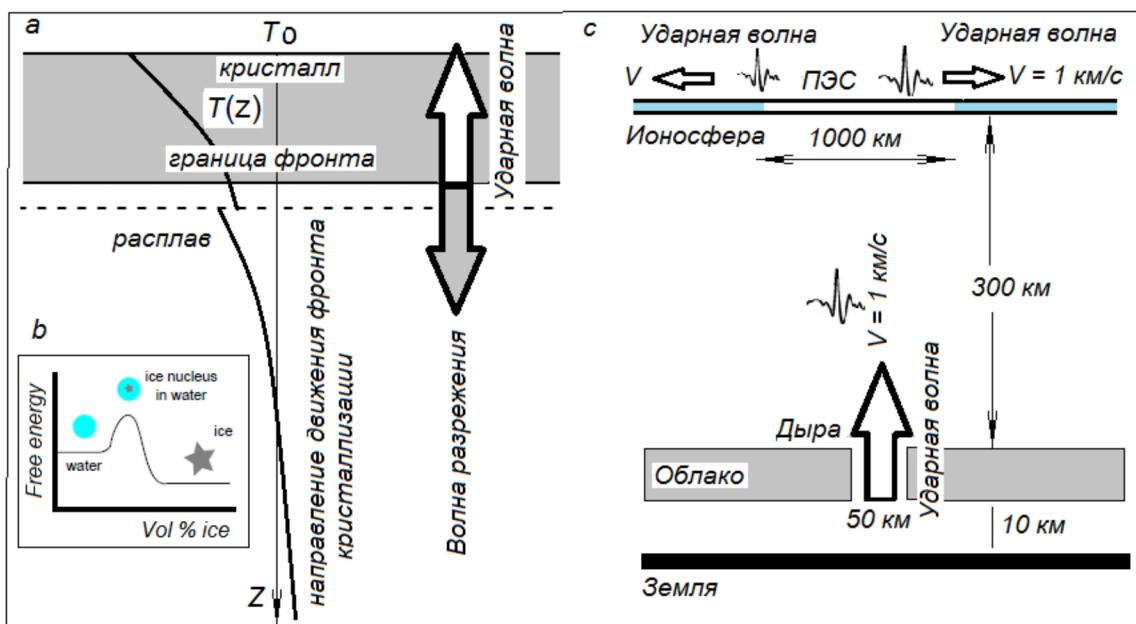


Рис. 3. Возникновение в переохлажденной воде облака ударного фронта кристаллизации. – волны разрежения и УАВ – a. Сравнительная энергия частиц (Free energy) снежинки (ice), водных капель с ядрами льда и капель без льда – b. УАВ достигает ионосферы и распространяется по ней. В облаке после прохождения ударной кристаллизации остается дыра – c.

Наша модель базируется на экспериментальных и теоретических результатах исследований ударной кристаллизации переохлажденной воды. Модель попутно находит решение двум задачам: возникновение круглых дыр в облаках и появление “грома среди ясного неба”. Разность энергий между льдинками и каплями с ледяными зародышами (рис. 3-b) определяет энергию УАВ.

Литература

1. 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.

2. Афраймович Э.Л., Перевалова Н.П. GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. Иркутск: ГУНЦ РВХ СВНЦ СО РАН, 2006.

3. 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.