

ВЫВОДЫ

1. Проведенные расчеты показывают, что при широкополосном по частоте воздействию источника на кубические резонаторы с размерами $a=10$ м, 100 м, 200 м, 500 м могут возникать резонансные явления, связанные с возбуждением собственных частот резонаторов. При этом максимальная энергия сосредоточена в собственных резонансных частотах низкочастотного диапазона.

2. Запаздывание прихода высокочастотного акустического излучения по сравнению с низкочастотным и имеющего более высокую интенсивность может указывать на образование вследствие тектонических процессов волноводов-резонаторов-ловушек, являющихся предвестниками землетрясений, хотя это излучение может ослабляться за счет рассеяния на неоднородностях.

3. Для двух волноводов, примыкающих друг к другу но с различными скоростями распространения акустических колебаний получены соотношения, связывающие энергию, отраженного и проходящего потока акустических колебаний с энергией падающих на границу раздела двух волноводов акустических колебаний. В дальнейшем следует рассмотреть случай линейного перехода от волновода со скоростью c_{31} к волноводу со скоростью c_{32} .

4. Построение теоретических математических моделей резонансных явлений позволят находить их экспериментальные (физические) аналоги в практике интерпретации сейсмических данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д. Лайтхилл. Волны в жидкостях. М, «Мир», 1981.
2. Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц. Гидродинамика, М. «Наука», 1988.
3. В. Г. Левич. курс теоретической функции, Т.1, М «Наука», 1969.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СВЕРХДАЛЬНОГО ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
ПО ИМПУЛЬСАМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Глинская Н.В., Тимичева В.М., Прялухина Л.А., Паламарчук В.К., Мищенко О.Н.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана», г. Санкт-Петербург, labmgm@yandex.ru, palvas@mail.ru

В земной коре имеется множество горизонтальных и вертикальных низкоскоростных сейсмических каналов – волноводов. Роль этих каналов в системе “очаг – оболочка очага – место разрыва” и прогнозировании землетрясения огромна. Также очевидна их роль в распространении волновой энергии на значимые расстояния. Это относится к волноводам, по которым распространяются упругие колебания, выступающие в роли сейсмоакустических предвестников. Точно также можно рассматривать волноводы для других предвестников. К примеру, импульсному акустическому излучению.

Если в земной коре и верхней мантии имеется низкоскоростной канал, то волны, исходящие из источника под малым углом к этому каналу, будут «пойманы» в этом канале и уже не уйдут из него. Если таких источников будет много, то суммарная энергия таких источников в виде акустической эмиссии за некоторый промежуток времени может быть существенной, особенно если канал имеет протяженные (сотни километров), но ограниченные размеры.

Наличие низкоскоростных каналов – волноводов объясняет тот факт, почему наблюдается сверхдальнее распространение волновых и других предвестников землетрясений, в том числе импульсов акустической эмиссии, по которым в этих случаях выполняются, казалось бы, невероятные прогнозы. Наша задача – обеспечить возможность такого предсказания и увеличить его надежность путем разработки волноводной теории и технологии прогноза землетрясений, включающей, в том числе поиск каналов – волноводов и выбор мест установки станций.

Волновод можно, неформально говоря, определить как явление аномальной концентрации и избирательного распространения волновых полей без заметных энергетических потерь на значительные расстояния. Это эффект характерен именно для неоднородных сред и не наблюдается в однородном случае. Да и неоднородная среда должна иметь соответствующее «благоприятное» строение, чтобы в ней могли возникать и протекать волновые процессы. Простейшая ситуация, которая порождает волновод – действующий источник поля внутри однородного сильно вытянутого бруса вещества, «прозрачного» для волнового поля рассматриваемого вида, и заключенного в «кожух» с абсолютно отражающими это поле боковыми стенками. Существуют различные критерии и способы определения наличия или возможности волноводов для различного вида волн в неоднородных средах достаточно произвольного строения. Заметим, что наличие в среде волновода, т.е. выделенной области с повышенной плотностью волновой энергии и преимущественными условиями распространения волн, автоматически влечет наличие в среде областей с пониженной плотностью энергии, так сказать «теневых» зон для рассматриваемого волнового поля.

Геологическое строение отдельных участков земной коры весьма способствует возникновению волноводов ряда геофизических полей (акустических, сейсмических, электромагнитных) и зачастую каналы переноса акустической, сейсмической, электромагнитной энергии в земной коре пространственно совмещены. Наряду с волноводами и зонами их выхода на дневную поверхность, естественным образом возникают теневые области и зоны для полей указанного вида. Исследование и картирование волноводов, зон их выхода на дневную поверхность, а также теневых областей и зон для основных геофизических полей – важная сейсмо-геологическая задача. Ее решение совершенно необходимо при планировании сетей геофизических обсерваторий, вариационных станций и точек геофизических наблюдений, предназначенных для геофизического мониторинга исследуемых объектов.

Известно, что в волноводе при полном внутреннем отражении плоской монохромной волны ее фаза меняется скачком. Если угол падения изменяется от критического угла полного внутреннего отражения до 90° , то сдвиг фазы меняется от 0° до 80° . Так как изменение фазы не зависит от частоты, а только от угла падения и акустических параметров границы раздела, то форма импульса будет менять свою форму.

Это изменение можно теоретически рассчитать в слое с заданными акустическими параметрами. Однако, флуктуации границ раздела и скоростей внутри волновода не позволяют надеяться на высокую надежность таких расчетов. Да и нужно ли это? Для использования импульсов в качестве сигналов-предвестников достаточно показать их сверхдальнее распространение и принципы этого распространения, так как именно они определяют методику их регистрации, в которую входят: выбор места установки датчиков мониторинговой станции, параметров полезных сигналов, времени регистрации и др. признаков.

Распространение импульса в волноводе будет происходить в виде прямого и многократных отражений от обеих границ сигналов (рис. 1, волновод III).

Если учесть тот факт, что вдоль волновода изменяется скорость и мощность слоя, то импульсы будут распространяться на большие расстояния с изменением формы по законам нелинейной акустики, что приводит к увеличению амплитуды некоторых частот. Поэтому выделение предвестников импульсного характера следует производить не только по форме, но и по амплитуде.

Как показывают исследования, спектры акустических предвестников в интервале частот мониторинга практически не имеют нулевых соседних интервалов. Поэтому наблюдатель всегда имеет дело с наложением двух синусоидальных волн равной амплитуды, но со слегка отличающимися длинами волн. При их сложениях образуются биения, а при больших значениях разности более высокие «несущие» частоты модулируются низкими, в т.ч. импульсами (см. рис. 1, волноводы I и II). Кроме того, высокие частоты в волноводе могут быть модулированы не появившимися в волноводе импульсами.

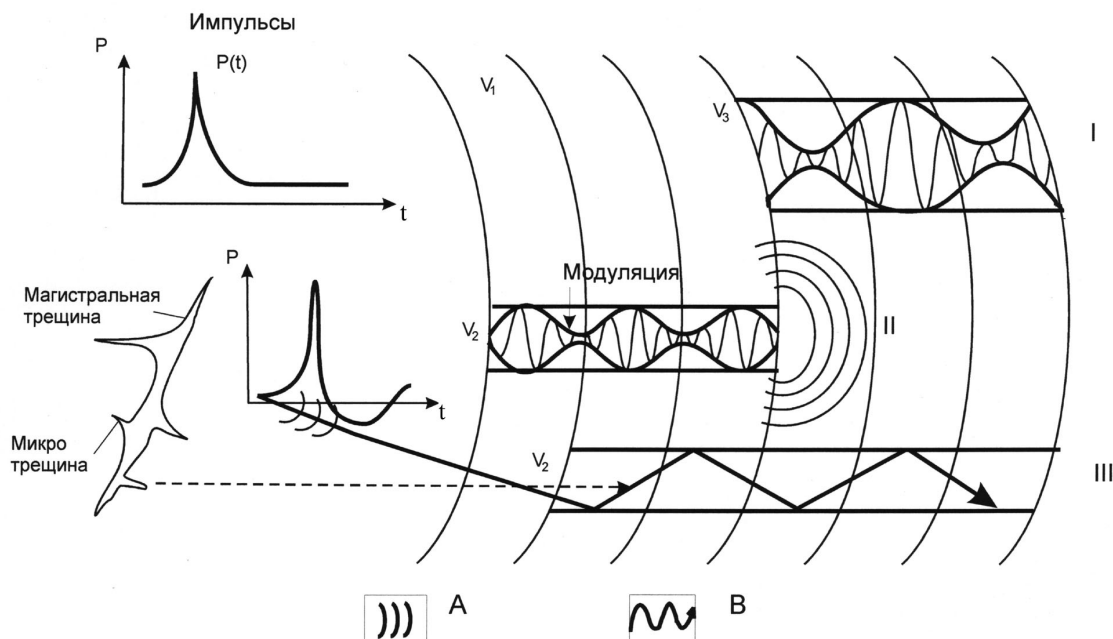


Рис. 1. Схема распространения акустической эмиссии в среде: $V_1 > V_3 > V_2$. Волноводы: I, II, III. А – изохронны, В – лучи

На рис. 2 приведен пример прогнозирования землетрясения по импульсам акустической эмиссии, полученных по превышению импульсов над огибающей сигналов с учетом фонового распределения импульсов.

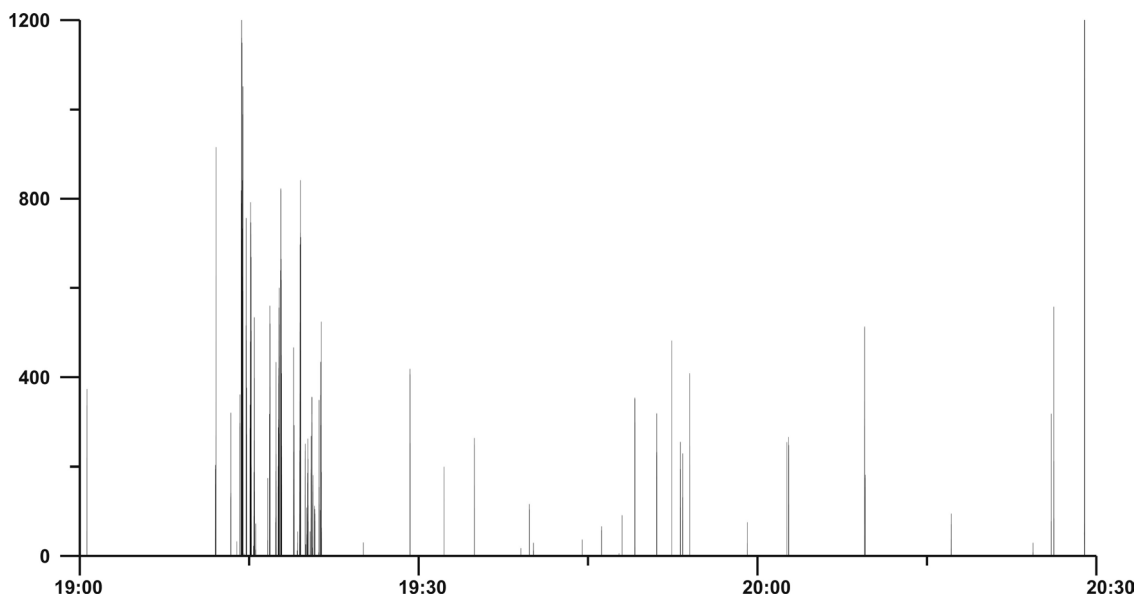


Рис. 2. Распределение импульсов акустической эмиссии перед землетрясением 2 ноября 2005 года в 20:11:45

Землетрясения с магнитудой $M=2.6$ произошло в 20:11:45 на расстоянии $R=138.5$ км. Как следует из рисунка 2, серия импульсов наблюдалась за 50–60' в течение около 15 минут. После землетрясения импульсы прекратились. Одиночные импульсы происходили перед землетрясением и после него и были вызваны, по-видимому, микроземлетрясениями, которые происходили начиная с 20:01:00 и были, вероятно, активизированы основным землетрясением.

ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА КРУПНОГО ИМПАКТНОГО СОБЫТИЯ В ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЕ НА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЕ (Котуйканская кольцевая структура)

Глуховский М.З.¹, Баженова Г.Н.²

¹Геологический институт РАН, г. Москва, marat@ilran.ru

²Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, г. Москва

Цель исследования – идентификация крупной (диаметр 250 км) Котуйканской кольцевой структуры на севере Сибирской платформы как реликта ударного кратера, путем решения задач по выявлению мега-, макро- и микроскопических критериев импактного события [7].

К мегаскопическим критериям относят кольцевые структуры, которые видны на космических снимках низкого и среднего разрешения, а также характеристики их аномальных геофизических полей – магнитного и гравитационного.

Котуйканская кольцевая структура (см. рис.), видна на всех без исключения космических снимках, полученных с разных спутников и в разные времена года. Ее больший западный сегмент охватывает область развития платформенного чехла, а восточный занимает западную часть Анабарского щита. Если первый из них отличается темным фототонном, то второй – светлым, что связано с особенностями ландшафта. Так, в пределах платформенной части развита густая лиственная тайга, которая контрастирует с окружающей лесотундрой. На щите – это ортогональная система гидросети с залесенными долинами на преобладающем светлом фоне каменных развалов на склонах и водоразделах. Эти ландшафтные особенности Котуйканской структуры связаны с раздробленностью фундамента, что способствовало выходу глубинного теплового потока и появлению аномального растительного ареала, а также ориентировке гидросети (см. ниже).

Глубинные неоднородности и морфология Котуйканской структуры подчеркиваются кольцевой зональностью магнитных положительных и отрицательных аномалий, особенно в центре структуры. Общее гравитационное поле структуры (в редукции Буге) характеризуется дефицитной плотностью, тогда как в ее центре выделяется изометричный (до 80 км в диаметре) ареал избыточной плотности.