

УДК 006.91.550.34.038(045)

Прикладовский О. О.
 Национальный авиационный университет, Киев

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В СЕЙСМОЛОГИИ

Работа посвящена роли метрологии в решении одной из жизненно важных проблем – предсказанию тектонических процессов в земной коре.

Сейсмология (гр. $\sigma\epsilon\iota\sigma\mu\acute{o}\varsigma$ землетрясение + $\lambda\acute{o}\gamma\omicron\varsigma$ слово, учение) – наука о землетрясениях (З.). Основные задачи, решаемые сейсмологией: исследование структуры земных недр и процессов в очагах З., разработка методов уменьшения ущерба от сильных З., мониторинг (слежение, наблюдение) испытаний атомного оружия. Сейсмические методы широко применяются при разведке полезных ископаемых, в частности нефти. Сейсмология стала интенсивно развиваться после 1889, когда в Потсдаме с помощью чувствительных маятников было зарегистрировано сильное З в Японии.

Что такое землетрясение? Это упругие волны, генерируемые очагом землетрясения и регистрируемые специальными приборами – сейсмографами. Как правило, сейсмическая обсерватория оснащается сейсмографами, регистрирующими три компоненты смещения: вертикальную, север – юг и восток – запад. Основным элементом сейсмографа является массивное тело, крепящееся к корпусу прибора пружиной. При смещении корпуса, жёстко связанного с Землёй, это тело стремится сохранить прежнее положение. Смещения тела относительно корпуса преобразуются в электрические сигналы и регистрируются в аналоговом или цифровом виде. Наименования смещения, регистрируемые сейсмографами, сравнимы с межатомными расстояниями (10^{-10} м), динамический диапазон достигает 140 дБ.

Упругие волны, регистрируемые сейсмографами, к нескольким типам. По характеру пути распространения волны делятся на объёмные и поверхностные. В свою очередь объёмные волны подразделяются на продольные (P) и поперечные (S), а поверхностные – на волны Рэлея и волны Лэмба. Объёмные волны распространяются во всём объёме Земли, за исключением жидкого яд-

ра, не пропускающего поперечные волны. В зависимости от частоты различают инфразвуковые, звуковые и ультразвуковые упругие волны. Их диапазоны частот: от 0.001 Гц до 16-25 Гц, от 16-25 Гц до 20 кГц и от 20 кГц соответственно.

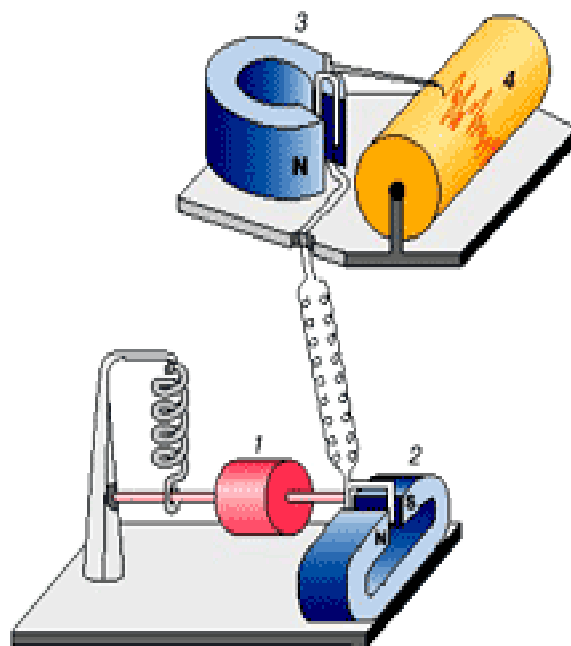


Рис.1. Сейсмограф

Для инфразвука характерно малое поглощение в различных средах, вследствие чего инфразвуковые упругие волны в земной коре могут распространяться на очень далёкие расстояния, но тем не менее не причиняют большого ущерба. По шкале Меркали им соответствуют землетрясения силой от 1 до 5 баллов.

Звуковые упругие волны – это волны, которые причиняют средний ущерб: По шкале Меркали им соответствуют землетрясения силой от 6 до 8 баллов

Ультразвуковые упругие волны – это волны катастрофической силы, именно они приводят к огромным, а иногда и абсолютным разрушениям. По шкале Меркали им соответствуют землетрясения силой от 9 до 12 баллов.

Говоря про упругие волны, можно и надо задаться вопросом откуда же они возникают? Для этого нужно «углубиться» в структуру земной коры. Представления о внутреннем строении *Земли* в очень большой степени основаны на сейсмических данных. В соответствии с этими данными Земля разделяется на кору, мантию, жидкую внешнюю и твёрдую внутреннюю части ядра.

Кора отделяется от мантии границей Мохоровичича, находящейся под океанами на глубине ~10 км и погружающейся под материками до глубин порядка нескольких десятков км. В большей части мантии скорости упругих волн растут с глубиной; исключениями являются зона на глубинах 100-300 км и слой в подошве мантии. Наибольший рост наблюдается на глубинах 300-700 км, называемых зоной фазовых переходов или переходной зоной. Резкое увеличение скоростей происходит на сейсмич. границах, находящихся на глубинах ок. 400- 650 км; последняя часто рассматривается как граница между верхней и нижней частями мантии.

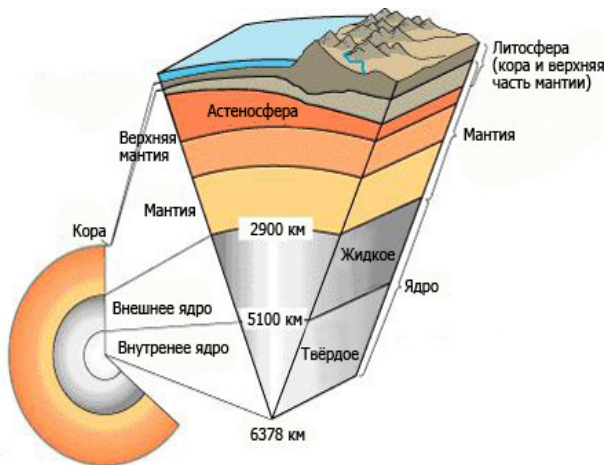


Рис. 2. Строение Земли

Сейсмические исследования структуры глубоких земных недр тесно связаны с изучением конвекции, которая приводит в движение литосферные плиты и контролирует т. о. тектоническая активность Земли. Трёхмерные модели Земли в целом и более детальные модели отд. регионов строятся методами сейсмической томографии. З. представляют одно из проявлений тектоническая активности Земли. По глубине очага З. разделяются на неглубокие, промежуточные (до 300 км) и глубокие. Максимальная глубина очагов глубоких З. около 700 км; почти все они со-

средоточены в области Тихоокеанского пояса. Происхождение глубоких З. связывают с разрядкой упругих напряжений в погружающихся плитах океанической литосферы.

Большинство неглубоких З. (глубина очага до 80 км) происходит у границ литосферных плит и связано с разрядкой упругих напряжений, накапливающихся при относит. движении блоков литосферы. Около 75 % энергии неглубоких З. высвобождается в полосе, опоясывающей Тихий океан, и около 20 % – в Альпийском поясе, протянувшимся от Средиземноморья до Гималаев. Помимо Тихоокеанского и Альпийского поясов местом сосредоточения большого числа неглубоких З. являются срединно-океанические хребты.

Возникновение землетрясений требует от учёных-сейсмологов создавать специальные сейсмические карты для прогноза наиболее вероятных землетрясений. Сильные З. часто происходят в малонаселённых районах, и приносимый ими ущерб невелик. Однако рост городов и строительство сейсмоопасных объектов (атомные электростанции, хим. заводы, высокие плотины) увеличивают сейсмическая опасность.

Радикальный способ противостоять сильным З. – сейсмостойкое строительство. Высокая стоимость этого строительства вызывает необходимость районирования тектонически активных территорий по степени сейсмической опасности. Оценка максимального балла для определения территории основана на опыте, свидетельствующем, что сильные З., как правило, происходят на разломах земной коры, уже неоднократно порождавших похожие З. в прошлом. Характерный интервал времени между сильными З. на одном и том же участке разлома определяется индивидуальными особенностями разлома и может варьировать в пределах от десятков до тысяч лет. Сильные З., происходившие в доисторические времена, оставили следы на местности, распознавание и интерпретация которых выполняется методами палеосейсмологии.

Предсказание З. – сложнейшая задача сейсмологии. Для того чтобы предсказание имело практический смысл, оно должно содержать три характеристики будущего З.: время, место, силу. Различают долгосрочный, среднесрочный и краткосрочный прогнозы З. Соответствующие

сроки находятся в пределах от нескольких лет до десятков лет, от нескольких недель до нескольких лет, менее нескольких недель. Существ. Прогресс достигнут только в долгосрочном прогнозе сильных З. Особенно полезной оказалась идея сейсмических брешей: сильнейшие ($M \sim 8$) З. Тихоокеанского пояса происходят таким образом, что очаг каждого нового З. заполняет область, где такого З. не было в течение последних ~ 100 лет. Идея брешей позволила сделать несколько оправдавшихся долгосрочных прогнозов. Краткосрочные прогнозы основаны на аномальных изменениях различных геофизических полей и деформациях земной поверхности, изменениях уровня грунтовых воды их хим. состава, появлении предвещающих толчков – форшоков. Трудности прогноза связаны с тем, что явления-предвестники трудно отличить от фоновых вариаций полей. Известен только один бесспорный случай успешного краткосрочного прогноза, позволившего принять меры для спасения населения: предсказание Хайчэнского З. (1975) с магнитудой 7,3 в китайской провинции Ляонин. Решающим фактором в этом прогнозе было появление форшоков. Разработка эффективных методов краткосрочного прогноза требует длительных и систематических изучений землетрясений.

Пожалуй, самыми интересными двумя направлениями сейсмологии является космическая и биосейсмология.

Космическая сейсмология. В конце 1960-х гг. американскими экспедициями на Луне были размещены 5 сейсмических станций, которые регистрировали ежегодно от 600 до 3000 слабых лунотрясений. Лунные сейсмограммы резко отличаются от земных очень длительной реверберацией, объясняемой высокой добротностью верх. оболочки Луны. Лунотрясения происходят на глубинах до 100 км и от 800 до 1000 км. Толчки второй (более глубинной) группы происходят преим. в те-периоды, когда Луна максимально приближается к Земле. По сейсмическим данным, лунная кора имеет мощность от 60 до 100 км; на глубинах от 500 до 1000 км имеется зона пониженной скорости упругих волн.

В 1976 космическим аппаратом «Викинг» сейсмограф был установлен на поверхности Марса. Из-за высокого уровня помех ветрового

происхождения достоверных данных о сейсмичности Марса получить не удалось.

Биосейсмология – это ветвь сейсмологической науки, которая занимается измерением силы и магнитуды землетрясений с помощью реакций биологических организмов. Случаи, когда животные или птицы своим необычным поведением предсказывали наступление той или иной катастрофы, в наши дни все чаще и чаще обращают на себя внимание ученых. В последнее время вопрос о поведении животных, птиц и рыб перед землетрясением стал актуальным. Наблюдения ученых за поведением животных отмечались еще в 328 году до н. э.

Первый тип реакции характеризуется сменой общего эмоционального состояния животных и нецеленаправленным поведением.

Второй тип отличается уже целенаправленным поведением животных, их стремлением покинуть место, куда должна будет прийти опасность.

Даже не будучи биологом, можно легко выявить эти два типа реакции животных на приближение землетрясения. Вполне возможно, что именно эти наблюдения помогут спасти жизнь не одному человеку. К группам самых активных животных-предсказателей относятся домашние животные за которыми человек наблюдает гораздо чаще, поэтому считается, что именно собаки, кошки, лошади, овцы и домашние птицы быстрее других реагируют на приближение катастрофы.

Во время предсказания румынами сильного землетрясения в Киеве в Киевском национальном университете имени Тараса Шевченко геологи и биологи составляли коллективное обращение в Верховную Раду с просьбой помочь создать в стране Международный учебный центр по прогнозированию землетрясений, цунами и других природных катастроф. Ведь именно наш ученый, доктор медицинских наук Петр Слинько еще 4 года назад сделал уникальное изобретение – сеть датчиков на телах животных, которые позволяют предупреждать о землетрясении за 2-3 дня. Еще в 70-х он доказал, что кожа – проницаема (через нее можно отравиться и она электропроводима), а потом пришел к следующему открытию: нервно-

эмоциональное напряжение человека напрямую связано с кожным потоотделением.

Он смог доказать, что с помощью специальных датчиков можно рассказать о нервно-эмоциональном состоянии человека или животного. Ни для кого не секрет, что животные чувствуют приближение природных катастроф, а значит, если подойти к их состоянию системно, можно предугадать стихию! Благодаря этой идее, учёный разработал сеть датчиков, которые специально измеряли бы потоотделение животных. Исследования Петра Слинько показали ошеломляющий результат – хомячки, кошки, мыши, потеть, могут точно показать время, место (с точностью до 150 км) и дату землетрясения за 2-3 дня до начала стихии.

Для того чтобы получить точные данные, нужно не так уж и много. На метео- и сейсмо-станциях, в школах (особенно это касается Карпат и Крыма) разместить клетки с животными (у которых подушечки на лапах) и установить на них датчики. Таким образом будет создана сеть, данные из которой будут поступать в центральный офис. Как только все животные начнут усиленно потеть – можно четко говорить о приближении стихии. Эпицентр подскажут те звери, которые находятся ближе всего к этой опасной точке.

Однако, чтобы внедрить подобное изобретение, нужно 200 тысяч долларов. Увы, в Украине внимание на открытие обратили только сейчас. Разработками Петра Слинько заинтересовались в Совете по нацбезопасности и обороны. Но будут

ли внедрять это открытие в жизнь и сможет ли оно спасти Украину в случае землетрясения, пока неизвестно.

Выводы: Первый месяц весны шокировал мировое сообщество своим катастрофическим нравом. В Японии произошло землетрясение силой в 9.2 балла, вследствие чего её восточное побережье смыло цунами, а после обработало радиацией из взорвавшегося ядерного реактора Фукусима-1. Погибло свыше 10,5 тыс. человек. В виду вышеназванных событий, я считаю, что проблема своевременного предсказания землетрясений является очень актуальной на сегодняшний день и Человек не должен жалеть сил и средств, чтобы её решить.

Список литературы

1. Джефферсон Х. История и строение Земли. – М.: Мир, 1968. – 473 с.
2. Сейсмологическая опытно-методическая компания СОМЭ [Электронный ресурс]: по данным сейсмологических станций наблюдения «Медиа». Режим доступа к статье: <http://www.some.kz/>
3. Научная библиотека Института сейсмологии республики Казахстан. [Электронный ресурс] / Р.А. Анисенко, Д.Б. Белошицкий, М.В. Красиков // Сейсмическая сеть Казахстана. Режим доступа к статье: http://www.seismology.kz/index.php?razd=94&id_r=488

Научный руководитель – Пустовойтов Н. А., к.т.н., доц.