



ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 1-2

2011

СЕРИЯ: АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Землетрясение – подземные толчки и колебания земной поверхности, передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний, возникающие в результате разрывов в земной коре или верхней части мантии земли и внезапных смещений пород. Землетрясение может быть вызвано естественно-природными процессами (тектоническими, вулканическими) или искусственными (взрывы, заполнение водохранилищ, обрушение подземных полостей горных выработок).

Наиболее сильны и опасны землетрясения, вызываемые тектоническими процессами.

В недрах земли постоянно происходят сложные процессы накопления тектонической энергии, высвобождение которой и вызывает сейсмический толчок. Совокупность землетрясений в пространстве и времени – сейсмичность Земли, или сейсмический процесс – является одним из видов тектонических процессов, через которые осуществляется эволюция Земли как планеты. Ежегодно в среднем на Земле через землетрясения освобождается порядка 10^{19} Дж потенциальной тектонической энергии, которая, в конечном счёте, идёт на разрушение горных пород и их нагрев (это соответствует 0,01% тепловой энергии, излучаемой Землёй в космическое пространство).

Очаг землетрясения – область возникновения подземного удара – представляет собой некоторый объем в толще земли, в пределах которого и происходит процесс высвобождения накапливаемой длительное время энергии. Размеры очага землетрясения могут быть от нескольких десятков метров до сотен километров.

В геологическом смысле очаг – это разрыв или группа разрывов, по которым происходит почти мгновенное перемещение масс, быстрое смещение участка земной коры как целого в момент деформации упруго напряжённых пород в очаге землетрясения. Скольжению пород вдоль разлома вначале препятствует трение. Вследствие этого, энергия, вызывающая движение, накапливается в форме упругих напряжений пород. Когда напряжение достигает критической точки, превышающей силу трения, происходит резкий разрыв пород с их взаимным смещением; накопленная энергия, освобождаясь, вызывает волновые колебания поверхности земли – землетрясения. Землетрясения могут возникать также при смятии пород в складки, когда величина упругого напряжения превосходит предел прочности пород, и они раскалываются, образуя разлом.

В центре очага условно выделяется точка, именуемая *гипоцентром*. Проекция гипоцентра на поверхность земли называется *эпицентром*. Вокруг него располагается область наибольших разрушений.

Глубина очага (гипоцентра) может колебаться в различных сейсмических районах от 0 до сотен километров (вплоть до 700 км). В зависимости от глубины очага землетрясения подразделяют на нормальные землетрясения (до 70 км), промежуточные (80-300 км) и

глубокие или, точнее, глубокофокусные (свыше 300 км). В нормальных очагах выделяется 3/4 общей сейсмической энергии. Большая часть очагов залегает в земной коре (на глубинах порядка 20-30 км), но иногда они возникают и у поверхности Земли.

Землетрясение – проявление внутренних сил Земли. При каждом землетрясении в очаге может выделяться огромное количество кинетической энергии. Момент высвобождения энергии тектонических процессов связывают с движениями тектонических блоков или плит, на которые разбита земная кора: в одних случаях плиты раздвигаются, в других – сдвигаются или скользят одна относительно другой. На границах между плитами происходит деформация земной поверхности с выделением накопленной энергии. Землетрясения подобного типа называются *тектоническими*. Иногда случаются землетрясения во внутренних частях плит – так называемые *внутриплитовые* землетрясения. Они возникают из-за развития в плитах деформации, вызванной давлением на их краях.

К основным плитам земной коры относятся Индийская, Тихоокеанская, Американская, Антарктическая, Африканская, Евразийская. Всего насчитывается около 20 плит, на которых расположены континенты, моря, океаны. Зоны стыков этих плит известны. Именно там расположены области наиболее активных сейсмических явлений.

Главный пояс сейсмичности, на который приходится около 80% мировой сейсмической энергии (свыше 95% энергии промежуточных и глубокофокусных землетрясений), узкой полосой обрамляет Тихий океан. Предельно высокая сейсмичность в этой области вызвана поддвигом холодной океанической литосферы под материковые, окружающие океан, и окраинные моря.

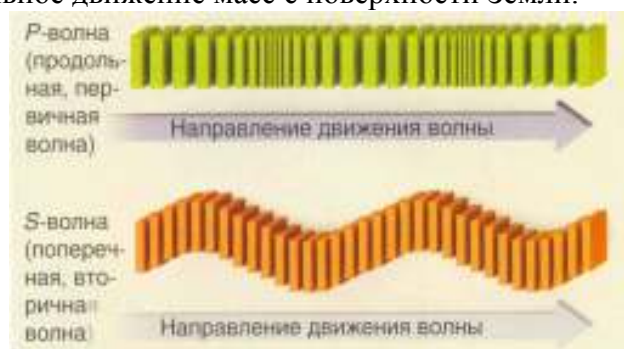
Второй крупный сейсмоактивный пояс – Евроазиатский – протягивается с северо-запада на юго-восток и совпадает со складчатыми горными сооружениями альпийского возраста. К нему примыкает также ряд сейсмоактивных областей новейшей тектонической активизации. В последнее время развиваются представления о том, что землетрясения в этом поясе происходят в результате давления Евроазиатской плиты с одной стороны и Индийской, Аравийской и Африканской плит – с другой.

Третий разветвлённый и протяжённый сейсмоактивный пояс приурочен к системе срединно-океанического хребта и характеризуется относительно слабой сейсмичностью, связанной с раздвижением литосферы. Землетрясения небольшой энергии возникают в земной коре и вне перечисленных поясов.

Сейсмические волны

Энергия от разрыва земной коры проходит сквозь толщу Земли в виде *объемных упругих сейсмических волн* двух типов, распространяющихся с разной скоростью во все стороны от очага землетрясения. Волны фиксируются на разных сейсмологических станциях, и по разнице во времени ученые вычисляют эпицентр землетрясения.

Волна сжатия, или первичная продольная сейсмическая *P-волна*, вызывает колебания частиц пород, сквозь которые она проходит, вдоль направления распространения волны, обуславливая чередование участков сжатия и разрежения в породах. Она движется быстро, но не вызывает больших разрушений. Следующая за ней *S-волна сдвига*, или поперечная сейсмическая волна, прогибает пласты горных пород вверх и вниз, как океаническая волна. Она приносит большую часть разрушительной энергии толчка. Вследствие этого происходит горизонтальное и вертикальное движение масс с поверхности Земли.



Скорость распространения волн сжатия больше скорости волн сдвига (~ в 1,7 раза), поэтому их первыми регистрируют сейсмические станции. При частотах Р-волн, больших 15 Гц, эти волны могут быть восприняты на слух как подземный гул и грохот.

Скорость распространения волн зависит от плотности и упругости среды и имеет тенденцию к росту по мере углубления: в земной коре она может достигать 8 км/с, а при углублении до мантии – 13 км/с. По мере удаления от очага интенсивность сейсмических волн уменьшается. При этом волны сдвига не могут распространяться в жидкой среде.

Существует ещё третий тип упругих волн – *длинные или поверхностные волны (L-волны)*, возбуждаемые объемными волнами в земной коре. Из-за своей низкой частоты, времени действия и большой амплитуды они являются самыми разрушительными из всех типов сейсмических волн.

Процессы в очаге землетрясения в основном недоступны для прямых измерений. Поэтому для определения местоположения сейсмических очагов и изучения их свойств используется регистрация объёмных и поверхностных сейсмических волн.

Сейсмические шкалы

Сейсмические процессы сложны, но поддаются классификации. Для оценки силы и воздействий землетрясений используются два типа шкал: шкалы магнитуд и шкалы интенсивности.

Магнитуда землетрясения – условная безразмерная величина, характеризующая общую энергию упругих колебаний, вызванных землетрясением. Она является относительной энергетической характеристикой землетрясения, объективно представляющей его как цельное, глобальное событие. Каждому конкретному землетрясению соответствует одна магнитуда.

Среди первых сведений о произошедшем землетрясении становится известной именно его магнитуда, определяемая по сейсмограммам даже на больших расстояниях от эпицентра. Но она не является показателем интенсивности землетрясения, ощущаемой в конкретной точке на поверхности земли.

Интенсивность землетрясения – качественная характеристика землетрясения, указывающая на характер и масштаб воздействия землетрясения на поверхность земли, на людей, животных, на естественные и искусственные сооружения в конкретной точке на поверхности земли. Интенсивность оценивается в баллах, выражающихся целыми числами без дробей.

Определяется интенсивность при обследовании района, пострадавшего от землетрясения, или опросе жителей об их ощущениях при отсутствии разрушений, или же расчетами по эмпирически полученным и принятым для данного района формулам. Интенсивность проявления землетрясения в конкретном районе на поверхности зависит от магнитуды землетрясения, глубины гипоцентра, типа горных пород и расстояния до очага.

В средствах массовой информации, оповещающих о сейсмических катастрофах, нередко путают магнитуду, являющуюся безразмерной величиной, и интенсивность, измеряемую в сейсмических баллах.

Шкалы магнитуд

Шкала Рихтера. Наиболее популярной шкалой для оценки энергии землетрясений является шкала магнитуд Рихтера. Шкала была предложена американским сейсмологом Чарльзом Рихтером в 1935 году, поэтому в обиходе значения магнитуд называют шкалой Рихтера.

Магнитуда связана с полной энергией землетрясения, но эта зависимость не прямая, а логарифмическая – она пропорциональна логарифму максимальной амплитуды определенного типа волн данного землетрясения. Эта величина определяется из наблюдений на сейсмических станциях по логарифму максимальной амплитуды смещения частиц почвы. Существует несколько магнитуд и соответственно магнитудных шкал: локальная магнитуда (ML); магнитуда, определяемая по поверхностным волнам (Ms); магнитуда, определяемая по объемным волнам (mb); моментная магнитуда (Mw). Есть различия и в методах определения

магнитуд близких, удаленных, мелкофокусных (неглубоких) и глубокофокусных (глубоких) землетрясений.

В основе *локальной шкалы магнитуд Рихтера* лежит величина максимальной амплитуды сейсмических волн, зарегистрированная стандартным сейсмографом на определенном расстоянии от эпицентра землетрясения. Она зависит от максимальной амплитуды смещения частиц почвы.

Рихтер предложил для оценки силы землетрясения в его эпицентре использовать десятичный логарифм перемещения в микрометрах (А) иглы стандартного сейсмографа, расположенного на расстоянии не более 600 км от эпицентра, по эмпирической формуле

$$ML = \lg A + f,$$

где f – корректирующая функция, вычисляемая по таблицам в зависимости от расстояния сейсмографа до эпицентра. Энергия землетрясения при этом примерно пропорциональна $A^{3/2}$, то есть увеличение магнитуды на единицу соответствует увеличению амплитуды колебаний в 10 раз и увеличению энергии примерно в 32 раза.

Считается, что землетрясения более сильные, чем магнитудой 9 по шкале Рихтера, произойти на земле не могут по следующим причинам. Расчетами установлено, что размер очага землетрясения (то есть величина площади, на которой произошло смещение горных пород, которыми и определяется сила землетрясения и его энергия) при слабых, едва ощутимых человеком толчках измеряется в длину и по вертикали несколькими метрами. При землетрясениях средней силы размеры очага достигают уже километров. Очаги же при самых сильных, катастрофических землетрясениях могут иметь протяженность 500-1000 км и уходить далеко вглубь. У максимального из зарегистрированных на Земле землетрясений (Чили, 1960 г.) размеры очага (~ 1000 км × 100 км) близки к максимальным значениям, известным ученым. Предполагается, что Земля не в состоянии (в физическом смысле) породить землетрясение более сильное, чем Чилийское.

Однако шкала Рихтера изначально имела несколько существенных недостатков: Рихтер использовал для градуировки своей шкалы малые и средние землетрясения на территории Калифорнии, характеризовавшиеся малой глубиной очага; из-за несовершенства используемой аппаратуры шкала Рихтера была ограничена значением магнитуды 7; предложенный способ измерения учитывал только поверхностные волны, в то время как при глубинных землетрясениях существенная часть энергии выделяется в форме объёмных волн.

В течение следующих нескольких десятков лет шкала Рихтера уточнялась и приводилась в соответствие с новыми наблюдениями. Сейчас существует несколько производных шкал, самыми важными из которых являются магнитуды объёмных волн (m_b) и магнитуды поверхностных волн (M_s). Однако эти шкалы плохо работают для самых крупных землетрясений.

Сейсмический момент и шкала Канамори. Для изучения процесса деформации в сейсмоактивных зонах часто пользуются такой характеристикой очага как сейсмический момент M , который определяется произведением модуля сдвига среды, среднего сдвига крыльев разлома и площади разлома. Сейсмический момент рассчитывается обычно по особенностям спектра объёмных или поверхностных сейсмических волн.

На основании понятия сейсмического момента сейсмологом Хиро Канамори из Калифорнийского технологического института была предложена принципиально иная оценка интенсивности землетрясений. Такая шкала лучше подходит для оценки крупных землетрясений и в тоже время хорошо согласуется с более ранними шкалами при $3 < M < 7$.

Магнитуда сильнейшего зарегистрированного землетрясения, происшедшего в Чили в 1960 году, равная 9 по шкале Рихтера, по шкале Канамори составляла 9.5.

Шкалы интенсивности

Существует большое количество сейсмических шкал интенсивности, как с количественной, так и с описательной частями, в которых интенсивность колебания в конкретном месте оценивается по степени повреждений зданий, масштабу и формам проявления остаточных деформаций в грунте и другим показателям внешнего эффекта

землетрясений. В мире используется несколько шкал интенсивности: в США – модифицированная шкала Меркалли (ММ), в Европе – европейская макросейсмическая шкала (EMS), в Японии – шкала Японского метеорологического агентства (Shindo). В России применяется 12-балльная шкала MSK-64 (Медведева-Шпонхойера-Карника). Оценка интенсивности в сейсмических шкалах разных стран различна.

Так как номер балла коррелируется со скоростью движения грунта, либо с его ускорением или смещением, то интенсивность землетрясений оценивается не только по результатам визуальных наблюдений, но и по показаниям приборов (сейсмографов, акселерографов и др.), фиксирующих основные элементы колебательного процесса (смещение, скорость, ускорение), которые приобретают частицы грунта в момент землетрясения. Так, например, баллу 9 отвечает скорость колебаний частиц грунта порядка 24,1-48,0 мм/сек, ускорение – 241-480 см/сек².

Шкала 12-балльной сейсмической интенсивности MSK-64. Интенсивность в баллах и соответствующая ей краткая характеристика воздействия землетрясения по этой шкале выглядят следующим образом.

Классификация, принятая в шкале:

объекты воздействия – а) люди и их окружение, б) сооружения, в) природные явления;

количественные характеристики – отдельные (около 5%), многие (около 50%), большинство (около 75%);

типы сооружений, возведенных без необходимых антисейсмических мероприятий – тип А (здания из ровного камня, сельские постройки, дома из кирпича-сырца, глинобитные дома), тип Б (обычные кирпичные дома, здания крупноблочного и панельного типа, фахверковые строения, здания из естественного тесаного камня), тип В (каркасные железобетонные здания, деревянные дома хорошей постройки);

классификация повреждений сооружений – 1 степень (легкие повреждения), 2 степень (умеренные повреждения), 3 степень (тяжелые повреждения: большие и глубокие трещины в стенах, падение дымовых труб), 4 степень (разрушения: сквозные трещины и проломы в стенах, обрушение частей зданий, обрушение внутренних стен и стен заполнения каркаса), 5 степень (обвал, полное разрушение зданий).

При землетрясениях интенсивностью **I - IV балла** воздействия на объекты пунктов б) (сооружения) и в) (природные явления) отсутствуют.

I балл (НЕОЩУТИМОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ): а) интенсивность колебаний лежит ниже предела чувствительности людей, сотрясение почвы обнаруживаются и регистрируются только сейсмографами.

II балла (ЕДВА ОЩУТИМОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ): а) колебания ощущаются только отдельными людьми, находящимися в покое внутри помещений, особенно на верхних этажах.

III балла (СЛАБОЕ СОТРЯСЕНИЕ): а) землетрясения ощущаются немногими людьми, находящимися внутри помещений. Колебания схожи с сотрясением, создаваемым проезжающим легким грузовиком. Внимательные наблюдатели замечают легкое раскачивание висячих предметов, несколько более сильное на верхних этажах.

IV балла (ЗАМЕТНОЕ СОТРЯСЕНИЕ): а) землетрясение ощущается внутри зданий многими людьми, под открытым небом – немногими. Колебания схожи с сотрясением, создаваемым проезжающим тяжело нагруженным грузовиком. Дребезжание окон, дверей, посуды. Скрип полов и стен. Начинается дрожание мебели. Висячие предметы слегка раскачиваются. Жидкость в открытых сосудах слегка колеблется.

V баллов (УСИЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ): а) землетрясение ощущается всеми людьми внутри помещения, под открытым небом – многими. Животные беспокоятся. Сотрясение зданий в целом. Висячие предметы сильно качаются. Картины сдвигаются с места. В редких случаях останавливаются маятниковые часы. Некоторые неустойчивые предметы опрокидываются или сдвигаются. Незапертые двери и окна распахиваются и снова захлопываются. Из наполненных открытых сосудов в небольших количествах выплескивается жидкость. Ощущаемые колебания схожи с колебаниями, создаваемыми падением тяжелых предметов внутри здания;

б) возможны повреждения 1-ой степени в отдельных зданиях типа А;

в) в некоторых случаях меняется дебит источников.

VI баллов (СИЛЬНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ): а) землетрясение ощущается большинством людей как внутри помещений, так и под открытым небом, некоторые теряют равновесие. Домашние животные выбегают из укрытий. В немногих случаях может разбиться посуда и другие стеклянные изделия, падают книги. Возможно движение тяжелой мебели, может быть слышен звон малых колоколов на колокольнях;

б) повреждение 1 степени в отдельных зданиях типа Б и во многих зданиях типа А. В отдельных зданиях типа А повреждения 2 степени;

в) в немногих случаях в сырых грунтах возможны трещины шириной до 1 см, в горных районах отдельные случаи оползней. Наблюдаются изменения дебита источников и уровня воды в колодцах.

VII баллов (ПОВРЕЖДЕНИЕ ЗДАНИЙ): а) большинство людей покидают помещения, многие с трудом удерживаются на ногах. Колебания отмечаются лицами, ведущими автомашины. Звонят большие колокола;

б) во многих зданиях типа В повреждения 1 степени; во многих зданиях типа Б – повреждения 2 степени. Во многих зданиях типа А – повреждения 3 степени, в отдельных зданиях этого типа – повреждения 4 степени. В отдельных случаях – оползни проезжих частей дорог на крутых склонах и трещины на дорогах. Нарушение стыков трубопроводов, трещины в каменных оградах;

в) на поверхности воды образуются волны, вода становится мутной вследствие поднятия ила. Изменяется уровень воды в колодцах и дебит источников. В немногих случаях возникают новые или пропадают существующие источники воды. Отдельные случаи оползней на песчаных или гравелистых берегах рек.

VIII баллов (СИЛЬНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ): а) испуг и паника. Кое-где обламываются ветки деревьев. Сдвигается и иногда опрокидывается тяжелая мебель. Часть висячих ламп повреждается;

б) во многих зданиях типа В – повреждения 2 степени, в отдельных зданиях этой группы – повреждения 3 степени. Во многих зданиях типа Б – повреждения 3 степени, в отдельных – 4 степени. Во многих зданиях типа А повреждения 4 степени, в отдельных – 5 степени. Отдельные случаи разрыва стыков трубопроводов. Памятники и статуи сдвигаются. Надгробные камни опрокидываются. Каменные ограды разрушаются;

в) небольшие оползни на крутых откосах выемок и насыпей дорог, трещины в грунтах достигают нескольких сантиметров. Возникают новые водоемы. Иногда пересохшие колодцы наполняются водой или существующие колодцы иссыкают. Во многих случаях изменяется дебит источников и уровень воды в колодцах.

IX баллов (МАССОВОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ ЗДАНИЙ): а) всеобщая паника, животные мечутся и кричат;

б) во многих зданиях типа В повреждения 3 степени и в отдельных – 4 степени. Во многих зданиях типа Б – повреждения 4 степени и в отдельных – 5 степени. Во многих зданиях типа А – повреждения 5 степени. Памятники и колонны опрокидываются. Значительные повреждения искусственных водоемов, разрывы части подземных трубопроводов. В отдельных случаях – искривление железнодорожных рельсов и повреждение проезжих частей дорог;

в) на равнинах наводнения, часто заметны наносы песка и ила. Трещины в грунтах достигают ширины 10 см, а по склонам и берегам рек – свыше 10 см, кроме того большое количество тонких трещин в грунтах. Скалы обваливаются, частые оползни и осыпания грунта. На поверхности воды большие волны.

X баллов (МАССОВОЕ РАЗРУШЕНИЕ ЗДАНИЙ): б) во многих зданиях типа В – повреждения 4 степени, а в отдельных – 5 степени. Во многих зданиях типа Б – повреждения 5 степени, в большинстве зданий типа А повреждения 5 степени. Опасные повреждения плотин и дамб, серьезные повреждения мостов. Легкие искривления железнодорожных рельсов. Разрывы или искривления подземных трубопроводов. Дорожные покрытия и асфальт образует волнообразную поверхность;

в) трещины в грунтах шириной несколько дециметров и в нескольких случаях – до 1 м. Параллельно руслам водных потоков появляются широкие разрывы. Осыпание рыхлых пород с крутых склонов. Возможны большие оползни на берегах рек и крутых морских побережьях. В

прибрежных районах перемещаются песчаные и илистые массы, выплескивание воды в каналах, озерах, реках и т. д. Возникают новые озера.

XI баллов (КАТАСТРОФА): б) серьезные повреждения даже зданий хорошей постройки, мостов, плотин и железнодорожных путей, шоссеные дороги приходят в негодность, разрушение подземных трубопроводов; в) значительные деформации почвы в виде широких трещин, разрывов и перемещений в вертикальном и горизонтальном направлениях, многочисленные горные обвалы.

XII баллов (ИЗМЕНЕНИЕ РЕЛЬЕФА): б) сильное повреждение или разрушение практически всех наземных и подземных сооружений; в) радикальные изменения земной поверхности. Наблюдаются значительные трещины в грунтах с обширными вертикальными и горизонтальными перемещениями. Горные обвалы и обвалы берегов рек на больших площадях. Возникают озера, образуются водопады, изменяются русла рек.

Эмпирическая связь магнитуды и интенсивности в эпицентре землетрясения

Между магнитудой, балльностью и глубиной очага землетрясения существует эмпирическая зависимость.

Интенсивность тем больше, чем ближе очаг расположен к поверхности: так, например, если очаг землетрясения магнитудой 8 находится на глубине 10 км, то на поверхности в эпицентре интенсивность составит 11-12 баллов; при той же магнитуде, но на глубине 40-50 км воздействие на поверхности уменьшается до 9-10 баллов. Примерное соотношение магнитуды и балльности землетрясений в зависимости от глубины очага представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Примерное соотношение магнитуды и балльности землетрясений в зависимости от глубины очага

Глубина очага, км	Магнитуда			
	5	6	7	8
	Интенсивность, баллы			
10	7	8-9	10	11-12
20	6	7-8	9	10-11
40	5	6-7	8	9-10

По мере удаления от эпицентра интенсивность на поверхности земли будет спадать тем быстрее, чем глубже расположен очаг землетрясения. Влияние сильных землетрясений может ощущаться на расстояниях в тысячи и более км.

Длительность землетрясений

Продолжительность землетрясений различна, число подземных толчков может быть огромно. Например, землетрясение, происшедшее на о. Лисса в Средиземном море, длилось три года, и общее число зафиксированных толчков за период 1870-1873 гг. составило около 86 тысяч.

Одной из характеристик сейсмического процесса является группирование землетрясения. Частные случаи группирования: рой землетрясений, главное землетрясение с последующими толчками (афтершоками), главное землетрясение с предшествующими толчками (форшоками). Рой землетрясений – это группа (иногда очень многочисленная) мелкофокусных толчков, частота и магнитуда которых в течение определенного срока слабо меняются со временем. Самые сильные толчки распределены внутри роя случайным образом. Афтершоками, число которых может быть очень велико, сопровождаются, как правило, все более или менее сильные землетрясения. Сильнейшие афтершоки могут сопровождаться своими вторичными сериями последующих толчков. Магнитуда сильнейшего афтершока статистически на 1.2 меньше магнитуды основного толчка. Число последующих толчков быстро убывает с глубиной очага землетрясения (глубокофокусные землетрясения афтершоками практически не сопровождаются). В ограниченных зонах перед сильными землетрясениями возникают предваряющие толчки – форшоки. Их появление на фоне длительного сейсмического "молчания" позволяет своевременно предпринять меры предосторожности.

Катастрофические землетрясения

Из огромного числа происходящих ежегодно землетрясений в среднем только одно имеет магнитуду равную или большую 8, десять – магнитуды 7-7.9, сто – магнитуды 6-6.9. Всякое землетрясение с магнитудой выше 7 может стать крупной катастрофой. Однако оно может остаться и незамеченным, если произойдет в пустынном районе. Так, грандиозная природная катастрофа – Гоби-Алтайское землетрясение (1957 г., магнитуда 8.5, интенсивность 11-12 баллов) – остается почти не изученной, хотя из-за огромной силы, малой глубины очага и отсутствия растительного покрова это землетрясение оставило на поверхности наиболее полную и многообразную картину последствий (возникли 2 озера, мгновенно образовался огромный надвиг в виде каменной волны высотой до 10 м, максимальное смещение по сбросу достигло 300 м и т. п.). Территория шириной 50-100 км и длиной 500 км (как Дания или Голландия) была полностью разрушена. Если бы это землетрясение произошло в густонаселенном районе, число жертв могло измеряться миллионами.

Таблица 2 – Список наиболее сильных землетрясений с магнитудой 8.5 и выше с 1900 года

№	Дата	Магнитуда	Регион
1	31.01.1906	8.8	Колумбия–Эквадор
2	11.11.1922	8.5	Чили–Аргентина
3	03.02.1923	8.5	Камчатка, Россия
4	01.02.1938	8.5	Море Банда
5	15.08.1950	8.6	Ассам–Тибет
6	04.11.1952	9.0	Камчатка, Россия
7	09.03.1957	8.6	Андреяновские острова, Аляска
8	22.05.1960	9.5	Чили
9	13.10.1963	8.5	Курильские острова, Россия
10	28.03.1964	9.2	Пролив Принц Вильям, Аляска
11	04.02.1965	8.7	Крысьи острова, Алеуты
12	26.12.2004	9.1	Северная Суматра, Индонезия
13	28.03.2005	8.6	Северная Суматра, Индонезия
14	12.09.2007	8.5	Северная Суматра, Индонезия
15	27.02.2010	8.8	Побережье Чили
16	11.03.2011	9.0	Восточное побережье Хонсю, Япония

Большие потери при землетрясениях обычно связаны с высокой плотностью населения, примитивными методами строительства, при этом совсем не обязательно, чтобы землетрясение было сильным. Естественные явления – оползни, трещины играют меньшую роль. Катастрофические последствия землетрясения можно предотвратить, улучшив качество построек, т. к. большая часть людей гибнет под их обломками.

Прогноз и районирование землетрясений

Фундаментальная задача – прогноз места, силы и времени землетрясения, основывающийся на его предвестниках, – пока далека от своего полного решения, т. к. ни один из предвестников нельзя считать надежным. Предвестники землетрясения условно подразделяются на долгосрочные и кратковременные. Известны единичные случаи исключительно удачного своевременного прогноза.

Деление территории по степени потенциальной сейсмической опасности входит в задачу сейсмического районирования. Оно основано на использовании исторических данных (о повторяемости сейсмических событий, их силе) и инструментальных наблюдений за землетрясениями, геолого-географическом картировании и сведениях о движении земной коры.

Сейсмическая область (зона) – территория, охватывающая области известных и ожидаемых очагов землетрясений и подверженная их воздействию.

Сейсмическое районирование – деление территории на районы разной сейсмической активности; оценка и составление карт потенциальной сейсмической опасности, которую необходимо учитывать при строительстве, принятии мер по предотвращению и снижению ущерба от землетрясений и подготовке к ликвидации их последствий. На картах выделяются зоны ожидаемых землетрясений с указанием в баллах предполагаемой интенсивности, а также частоты повторения в определенное количество лет.

Величину ожидаемой интенсивности землетрясения и соответствующие нагрузки кладут в основу расчёта сейсмостойких сооружений, возведение которых регламентируется строительными нормами и правилами.

Изучение землетрясений

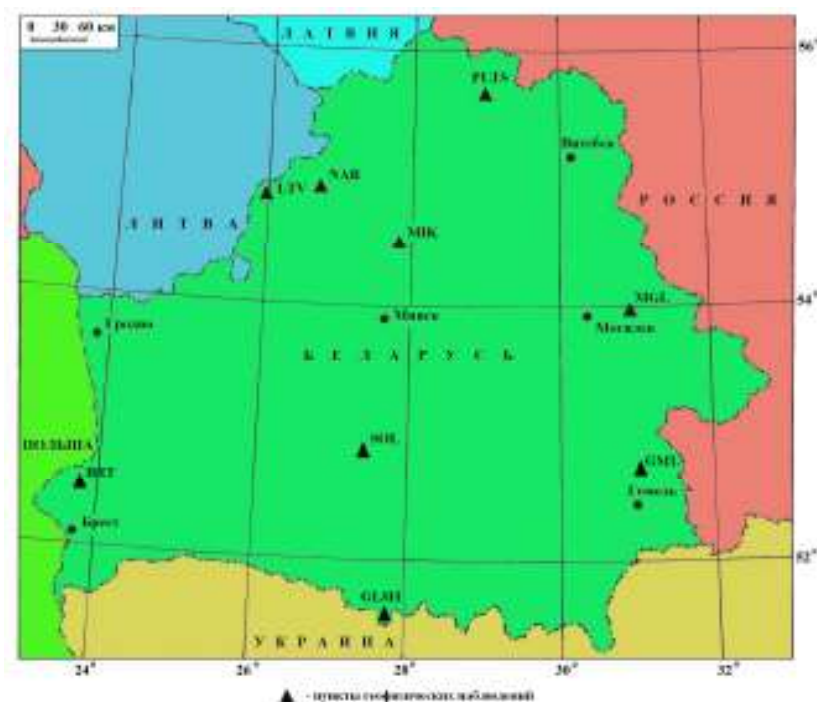
Изучением землетрясений занимается сейсмология. Постоянные наблюдения за землетрясениями осуществляются сейсмической службой. Современная мировая сеть насчитывает несколько тысяч стационарных сейсмических станций, данные которых систематически публикуются в сейсмологических бюллетенях и каталогах. Прибор, записывающий сейсмические колебания, называется сейсмографом, а сама запись – сейсмограммой.

Современный сейсмограф представляет собой комплект приборов, регистрирующих колебания грунта при землетрясении и преобразующих их в электрический сигнал, записываемый на сейсмограммах в аналоговой и цифровой форме. Однако, по-прежнему, основным чувствительным элементом служит маятник с грузом. Кроме стационарных станций используются экспедиционные сейсмографы, в т. ч. устанавливаемые на дне океанов. Экспедиционные сейсмографы засылались также на Луну (где 5 сейсмографов ежегодно регистрируют до 3000 лунотрясений), а также на Марс и Венеру.

Сейсмические волны, возникающие при землетрясениях, используются также для изучения внутреннего строения Земли, достижения в этой области послужили основой для развития методов сейсмической разведки. Наблюдения за землетрясениями ведутся с древнейших времен.

Сеть сейсмических наблюдений на территории Беларуси

На территории Беларуси также налажена сеть сейсмических наблюдений, которая входит в современную мировую сеть сейсмической службы.



Территория Беларуси и стран Балтии представляет единый сеймотектонический регион, имеющий сходное геологическое развитие и общие современные геодинамические условия. В целом, регион характеризуется относительно слабой сейсмической активностью, однако в его пределах происходили и происходят достаточно сильные сейсмические события. В условиях слабой сейсмичности, а также учитывая позднее развитие инструментальных сейсмометрических наблюдений, большая роль в изучении региональной сейсмичности запада Восточно-Европейской платформы относится к историческим землетрясениям. В результате изучения литературных и архивных источников, баз данных мировых и национальных сейсмологических центров были собраны материалы об исторических и современных инструментально зарегистрированных землетрясениях (более 1200 на территории Беларуси). На основе этих данных был составлен каталог землетрясений западной части Восточно-Европейской платформы.

Сейсмические исследования при выборе места сооружения АЭС

При выборе площадки для размещения АЭС исследуются: сеймотектоническая модель региона, схема детального сейсмического районирования района, схема структурно-тектонических условий ближнего района, схема сейсмического микрорайонирования площадки АЭС для естественных и техногенно измененных условий, характеристика спектрального состава и длительность колебаний для различных типов сейсмических воздействий – удаленных, промежуточных, локальных (местных). При этом определяются:

параметры максимального расчетного землетрясения (МРЗ) и проектного землетрясения (ПЗ) от ближайших сейсмогенных зон – магнитуда, глубина очага, расстояние до сейсмогенной зоны и сейсмичность по шкале МКС-64 на эталонном грунте площадки;

сейсмичность в баллах участка реакторного отделения при МРЗ и ПЗ, максимальные амплитуды горизонтальных колебаний на свободной поверхности планировки участка реакторного отделения при МРЗ и ПЗ – ускорения (m/c^2) и скорости (cm/c), максимальные амплитуды горизонтальных колебаний кровли скальных пород при МРЗ и ПЗ – ускорения (m/c^2) и скорости (cm/c);

период максимальной амплитуды ускорения и скорости на уровне планировки при МРЗ, отношение вертикального ускорения к горизонтальному.

Источники:

1 <http://www.znay.ru/dictionary/2745.shtml>

2 <http://www.cgm.org.by>

3 http://ru.wikipedia.org/wiki/Магнитуда_землетрясения

4 <http://www.sciam.ru>

Материал подготовили: Брылева В.А., Войтецкая Е.Ф., Нарейко Л.М.

Адреса для контактов:

ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны» НАН Беларуси, 220109, Минск, ул. академика А.К. Красина, 99

тел.: 299-47-61, 299-45-56, факс: 299-43-55, E-mail: <http://www.sosny.bas-net.by>

E-mail: valentina.bryliova@yandex.by

Для получения данного информационного бюллетеня просим подать заявку в электронном виде с указанием своего электронного адреса

©При перепечатке ссылка обязательна

По заказу Министерства энергетики Республики Беларусь