

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

ГОУ ВПО Кыргызско-Российский Славянский университет



УТВЕРЖДАЮ

Муксинов Р.М.

10 сентября 2018 г.

Обследование зданий и сооружений на сейсмоустойчивость и сейсмостойкость

рабочая программа дисциплины (модуля)

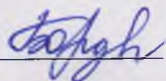
Закреплена за кафедрой	Защиты в чрезвычайных ситуациях			
Учебный план	b20030130_18_1тб зчс.plx	Направление	20.03.01	Техносферная безопасность
				профиль "Защита в чрезвычайных ситуациях"
Квалификация	бакалавр			
Форма обучения	очная			
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ			
Часов по учебному плану	144	Виды контроля в семестрах:		
в том числе:		экзамены	7	
аудиторные занятия	51			
самостоятельная работа	57			
экзамены	36			

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	16			
Неделя	уп	рпд	уп	рпд
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
В том числе	12	12	12	12
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Часы на	36	36	36	36
Итого	144	144	144	144

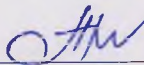
Программу составил(и):

к.т.н., профессор, Ордобаев Бейшенбек Сыдыкбекович



Рецензент(ы):

д.т.н., профессор, Тентиев Жумабек Тентиевич



Рабочая программа дисциплины

Обследование зданий и сооружений на сейсмостойчивость и сейсмостойкость

разработана в соответствии с ФГОС 3+:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 21.03.2016г. №246)

составлена на основании учебного плана:

Направление 20.03.01 Техносферная безопасность профиль "Защита в чрезвычайных ситуациях"
утвержденного учёным советом вуза от 26.06.2018 протокол № 12.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Защиты в чрезвычайных ситуациях

Протокол от 27 августа 2018 г. № 1

Срок действия программы: 2018-2024 уч.г.

Зав. кафедрой К.т.н., профессор Ордобаев Б.С.



Визирование РИД для исполнения в очередном учебном году

Председатель УМС,

от 02 сент 2020 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2019-2020 учебном году на заседании кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях

Протокол от 28 авг 2020 г. № 1
Зав. кафедрой к.т.н., профессор Ордобаев Б.С.

Визирование РИД для исполнения в очередном учебном году

Председатель УМС

от 27 авг 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2020-2021 учебном году на заседании кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях

Протокол от 25 авг 2021 г. № 1
Зав. кафедрой к.т.н., профессор Ордобаев Б.С.

Визирование РИД для исполнения в очередном учебном году

Председатель УМС

29.08.2022

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2021-2022 учебном году на заседании кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях

Протокол от 29.08.2022 № 1
Зав. кафедрой к.т.н., профессор Ордобаев Б.С.

Визирование РИД для исполнения в очередном учебном году

Председатель УМС

13.09

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях

Протокол от 28 август № 1
Зав. кафедрой к.т.н., профессор Ордобаев Б.С.

1.	
1.1	» « , .

2.	
() :	1. . .02
2.1	:
2.1.1	
2.1.2	
2.1.3	
2.1.4	
2.1.5	
2.2	: , ()
2.2.1	-
2.2.2	-
2.2.3	
2.2.4	-

3.	
()	
-12:	
:	
1	;
2	;
3	S -64;
:	
1	;
2	;
3	
:	
1	;
2	;
3	

3.1	:
3.1.1	- , ;
3.1.2	- ;
3.1.3	- ;
3.1.4	- S -64;
3.2	:
3.2.1	- ;
3.2.2	- , ;
3.2.3	-
3.3	:
3.3.1	- ;
3.3.2	- , ;
3.3.3	- - ;

4. ()							
	/ /	/		-		.	
	1.						
1.1	, - . ./ /	7	2	-12	1.1 2.1 2.2 1 2 3	0	
1.2	. ./ /	7	4		1.1 2.1 2.2 2	0	
1.3	« . « . »./ /	7	7	-12	1.1 2.1 1 2 3	0	
1.4	, ./ /	7	2		1.1 2.1 2	0	
1.5	, . ./ /	7	4		1.1 2.1 2	2	" "
1.6	. / /	7	7	-12	1.1 1 2 3	0	,
	2.						
2.1	/ /	7	2		1.1 1.2 2.1 3. 1 2 4	0	
2.2	- . - . ./ /	7	4	-12	1.1 1.2 2.1 3. 1 2 4	0	
2.3	. / /	7	7		1.1 1.2 2.1 3. 1 1 2 3 4	0	
2.4	- . / /	7	2		1.1 1.2 2.1 3. 1 2	0	
2.5	/ /	7	7		1.1 2.1 3. 2 2	0	
	3.						
3.1	. / /	7	2		1.1 1.2 2.2 3. 4 1	2	- " .

3.2		7	4		1.1 1.2 2.2 3. 4 2	2	" "
3.3	1927	7	7	-12	1.1 1.2 2.2 3. 4 2	0	
	4.						
4.1		7	4		1.1 1.2 2.1 3. 1 3.5 2	0	
4.2		7	2		1.1 1.2 2.1 3. 2 3.3 1 2 4	2	" - "
4.3		7	4		1.1 1.2 2.1 3. 2 3.3 1 2 3 4	2	" "
4.4		7	7	-12	1.1 1.2 2.1 3. 2 3.3 2	0	
4.5		7	2		1.1 1.2 2.1 3. 2 3.3 2	0	
4.6		7	4		1.1 1.2 2.1 3. 2 3.3 3.5 2 4	2	" " "

4.7	/ /	7	7		1.1 1.2 2.1 3. 2 3.3 4	0	
4.8	/ /	7	3		1.1 2.1 3. 2 3.3 4	0	
4.9	. / /	7	6		1.1 1.2 2.1 3. 2 3.3 3.5 4	0	
4.10	/ /	7	8	-12	1.1 1.2 2.1 3. 2 3.3 4	0	
4.11	/КрЭк/	7	0,3			0	

5.

5.1.

	()						
1.							
2.			9				
3.			9				
4.							
5.	(,)						
6.							
7.							
8.							
9.							
10.							
11.							
12.							
13.							
14.							
15.					7,8 9		
16.							
17.							
18.					7,8,9		
19.					7,8,9		
20.							
21.							
22.			7,8,9				
23.							
24.							
25.							
26.							
27.							
28.							
29.					7,8		
30.					7,8,9		
31.							
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							
7.							

8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.
16.
17.
18.
19.
20.
21.
22.
23.
24.

25.
26.
27.
28.
29.
30.

5.2. ()

5.3.

1. " 1 "

) - :
() ;
) - 500 ;
) 5 000 ;
() .

2. ?
) ;
) ;
)

3. ?
) ;) .

4.) ; ?
) ;
) , .
 5.) ;
) ;
) .
 6.) ;
) ;
) ;
) .
 7.) (,) ;
) ;
) .
 8.) , ;
) ;) ;) .
 9.) , ;) ;) ? ;) .
 10.) ;
) , 2- ;
) ;
) ;
) ;
) .
 11.) ;) ;) .
 12.) - : ;) .
) , , -
) (, , ,) ;
) .
 13.) - : ;) .
) - , , , ; ,
) , , , - ,
) ; , , , -
) , , ,
 " 2 "
 1.) - : ;
) , , ,
) ; , , , -
) , , ,
 2.) - : ;) .
) , , , .)
) , , , ,
 3.) , - , ?
) ;) - ;) .
 4.) - : ;) .
) , ;
) ;

1.1			: - 2015
1.2			, : 2013
6.1.2.			
2.1			: 2014
2.2			, ; 2011
6.1.3.			
3.1			, . 2007
3.2			: - 2011
3.3			: 2015
3.4			: 2014
3.5			: 2014
6.2.			
1	" 2006 N 650) 43 148 553 " 2006-2011 " N 733) (2 2012 2020 (N 357) , 29 2005 2010 (N 41)	- 11 7 2012 N 17 2011 (((toktom.kg
2			http://e.lanbook.com
3			https://seismo.kg
4			seismic-safety.ru
6.3.			
6.3.1			
6.3.1.1			:
6.3.1.2	-		, - ,
6.3.1.3	-		, □
6.3.1.4	-		, ,
6.3.1.5	-		, ,

• , ;

• , (, ,) , - ,

• () ;

• , . ;

• , ;

• , .

(. . .) , 0 100 .

60 100-

60 ,

1. , .

2. - 10-15

- 10-15

- 1

- 3 30 - 2 .

1. , ;

2. (10-15) .

3. (10-15) .

4. (1-) .

3. , « » ,

4.): ? , ? , (? .

« » ,

5.): ? , ? , (? .

5. - , .

1. , .

2. ; - , ,

3. , , .

(: ... , 2008) ... , 10 (, 2006) ...

4. : " 2400 ,

• .

5. , 11 ." (, 1995, .39).
 (-4).

6.).
 " " "

7. (),
 : " " " " " "

1. :
 . . :
 . . // :
 . . / : — — — — — —

2. (,)
 () (), ().

3. — .

4. :
 : ; : ()
); ()
). ()
 ; ; (,)
 ; ()
 ; ()
 ;

• : -3 , -1 , -2 .
• -1,5 . -1,8.
• « » , « » , « » , « » ,
• : «...», [1, .10],
• : (. 1).
• (, ,)
• .
• « » (.3).
• , . (.
•), ().
• « » , - ; ;
• « » . « » .
• « » , « » , , , .
• -1,5-2 .
• : 1 - ,
• « » , « » , « » ; 2- ; 3- .

ТЕМА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Землетрясение – это трясение земли. А точнее, землетрясение – это колебание земной поверхности при прохождении волн от подземного источника энергии.

Землетрясение (от греч. *seismos*) – означает, сейсмические явления, которые связаны с землетрясениями, а именно сейсмические волны, сейсмические приборы (сейсмографы), записи сейсмических колебаний (сейсмограммы), сейсмические станции.

Ученым известны землетрясения, которые происходили еще в Древнем Риме, Древнем Китае и в Средние века. Люди, попадавшие в зону землетрясений, записывали свои впечатления о них. Но в Средние века еще не было никаких сейсмических приборов. Люди описывали то, что они видели: оползни, разломы на склонах гор и разрушение зданий. Таким образом было описано Лиссабонское землетрясение 1 ноября 1755 г., которое разрушило столицу Португалии и привело к многочисленным человеческим жертвам.

Иногда подземные толчки сопровождаются хорошо различимым низким гулом, когда частота сейсмических колебаний лежит в диапазоне, воспринимаемом человеческим ухом, иногда такие звуки слышатся и при отсутствии толчков. В некоторых районах они представляют собой до-волно обычное явление, хотя ощутимые землетрясения происходят очень редко. Имеются также многочисленные сообщения о возникновении свечения во время сильных землетрясений. Объяснения таких явлений пока нет.

При многих сильных землетрясениях, помимо основных толчков, регистрируются форшоки (предшествующие землетрясения) и многочисленные афтершоки (землетрясения, следующие за основным толчком). Афтершоки обычно слабее, чем основной толчок, и могут повторяться в течение недель и даже лет, становясь все реже и реже.

К сожалению, на данный момент учёные не настолько хорошо изучили процессы, которые происходят в недрах нашей планеты, а потому прогноз землетрясений дают довольно приблизительный и неточный. Среди причин возникновения землетрясений специалисты выделяют тектонические, вулканические, обвальные, искусственные и техногенные колебания земной коры, моретрясения.

Тектонические

Большинство зафиксированных в мире землетрясений возникало в результате движений тектонических плит, когда происходит резкое смещение горных пород. Это может быть как столкновение друг с другом, так и опускание более тонкой плиты под другую.

Хотя этот сдвиг обычно невелик, и составляет лишь несколько сантиметров, в движение приходят расположенные над эпицентром горы, которые выделяют огромной силы энергию. В результате на земной поверхности образуются трещины, по краям которых начинают смещаться огромные участки земли вместе со всем, что на ней находится – полями, домами, людьми.

Вулканические

Вулканические колебания хоть и слабы, но продолжаются долго. Обычно особой опасности они не представляют, но катастрофические последствия зафиксированы всё же были. В результате мощнейшего извержения вулкана Кракатау в конце XIX столетия взрывом была уничтожена половина горы, а последующие за этим подземные толчки были такой силы, что раскололи остров на три части, погрузив две трети в пучину. Поднявшееся после этого цунами уничтожило абсолютно всех, кто сумел до этого выжить и не успел покинуть опасную территорию.

Обвальные

Обычно сотрясения эти несильны, но в некоторых случаях их последствия бывают катастрофичны. Так произошло в Перу, когда огромная лавина, вызвав землетрясение, на скорости 400 км/ч сошла с горы Ас-каран, и сровняв с землёй не одно поселение, погубила более восемнадцати тысяч человек.

Техногенные

В некоторых случаях причины и последствия землетрясений нередко связаны с человеческой деятельностью. Учёными было зафиксировано увеличение количества подземных толчков в районах крупных водохранилищ. Связано это с тем, что собранная масса воды начинает давить на ниже находящуюся земную кору, а проникающая сквозь грунт вода – разрушать её. Кроме того, увеличение сейсмической активности было замечено в местах добычи нефти и газа, а также в районе шахт и карьеров.

Искусственные

Землетрясения можно вызвать и искусственным путём. Например, после того как КНДР испытывало новое ядерное оружие, во многих местах планеты датчики зафиксировали землетрясения умеренной силы.

Моретрясение

Подводное землетрясение возникает во время столкновения тектонических плит на океаническом дне или недалеко от побережья. Если очаг расположен неглубоко, а магнитуда равняется 7 баллам, подводное землетрясение чрезвычайно опасно, поскольку вызывает цунами. Во время содрогания морской коры одна часть дна опускается, другая – приподнимается, в результате чего вода в попытках вернуться к первоначальному положению начинает двигаться по вертикали, порождая серию огромных волн, идущих по направлению к побережью. Подобное землетрясение вместе с цунами нередко могут иметь катастрофические последствия.

Контрольные вопросы:

1. Определение землетрясения.
2. Что такое форшок?
3. Что такое афтершоки?
4. Причины возникновения землетрясений.

ТЕМА 2. ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Основными критериями, определяющими характер землетрясения, являются глубина очага, продолжительность сотрясений грунта, сейсмическая энергия и интенсивность землетрясения.

Глубина гипоцентра землетрясения обычно бывает не больше 100 км, но иногда доходит до 700 км. По глубине гипоцентра различают: мелкофокусные или поверхностные – 70–80 км, среднефокусные – 80–300 км и глубоководные – более 300 км. Иногда глубина гипоцентра менее 30 км.

Область в литосфере, в которой начинается подвижка пород, называется фокусом или гипоцентром землетрясения. Проекция гипоцентра на земную поверхность именуется эпицентром. Зона, располагающаяся вокруг эпицентра, называется эпицентральной зоной (зона наиболее интенсивных колебаний грунта).

Продолжительность сотрясения грунта во время землетрясения обычно составляет от нескольких секунд до 40–50, и лишь наиболее разрушительные землетрясения могут продолжаться до 1–1,5 минут.

Под сейсмической энергией понимается энергия, излучаемая из гипоцентра землетрясения в форме сейсмических волн. Большая часть выделяющейся энергии расходуется на разламывание и дробление пород, образование тепла. Часть энергии излучается из очага землетрясения (гипоцентра) во всех направлениях в виде сейсмических волн, которые распространяются в земле, и, достигая ее поверхности, порождают ощущаемое нами движение грунта (колебание почвы) и вызывают повреждение зданий и сооружений. При этом одновременно распространяются три вида сейсмических волн:

- продольные волны (Р-волны) – сейсмические волны, распространяющиеся от очага землетрясения во всех направлениях с поочередным образованием зон сжатия и растяжения. Смещение частиц грунта при этом происходит вдоль направления распространения волн. Скорость распространения продольных волн около 8 км/с;
- поперечные волны (S-волны) – сейсмические волны, распространяющиеся от очага землетрясения во всех направлениях с образованием зон сдвига. Смещение частиц происходит перпендикулярно направлению распространения волн. Скорость распространения поперечных волн около 5 км/с;
- поверхностные волны R (волна Релея) и L (волна Лява) – сейсмические волны, распространяющиеся от эпицентра землетрясения в толще верхнего слоя земной коры. Смещение частиц грунта в R-волне происходит в вертикальной плоскости, а в L-волне – в горизонтальной плоскости перпендикулярно направлению распространения этих волн. Скорость распространения поверхностных волн – до 2 км/с.

Сейсмическая энергия оценивается по шкале Рихтера, в которой в качестве единицы измерения используется особая величина – магнитуда. **Магнитуда землетрясения** – это условная величина, характеризующая общую энергию упругих колебаний, вызванных землетрясениями или взрывами. Она позволяет сравнивать источники колебаний по их энергии. Рихтер определял магнитуду, как десятичный логарифм, выраженный в микронах, максимальной амплитуде записи толчка, сделанной стандартным крутильным сейсмографом на расстоянии 100 км от эпицентра. Практически запись колебаний грунта осуществляется сейсмографами стационарных сейсмических станций, расположенных на разном удалении от эпицентра, а затем данные приводятся к магнитуде, которая могла бы быть получена в 100-километровой эпицентральной зоне.

Таким образом, шкала Рихтера даёт оценку выхода сейсмической энергии в эпицентре землетрясения, а поэтому любому землетрясению соответствует одна единственная магнитуда. По этой шкале увеличение магнитуды на 1,0 соответствует увеличению амплитуды колебания в 10 раз и увеличению энергии в 32 раза.

Интенсивность сейсмических толчков характеризует степень ущерба, причиненного землетрясением.

Интенсивность является качественной характеристикой землетрясения и указывает на характер и масштаб воздействия землетрясения на поверхность земли, на людей, животных, а также на естественные и искусственные сооружения в районе землетрясения.

Сейсмическая энергия является лишь одной из составляющих интенсивности, поскольку объем разрушений и количество жертв зависит также от расстояния данного пункта от гипоцентра землетрясения и ряда других факторов. Интенсивность тем больше, чем ближе очаг расположен к поверхности, так, например, если очаг землетрясения с магнитудой, равной 8, находится на глубине 10 км, то на поверхности интенсивность составит 11–12 баллов; при той же магнитуде, но на глубине 40–50 км воздействие на поверхности уменьшается до 9–10 баллов. Для определения интенсивности силы толчков землетрясения не только в эпицентре, но и в районах, удаленных от него, используются шкалы интенсивности:

- в Европе – 12-балльная европейская макросейсмическая шкала (EMS);
- в США – 12-балльная шкала Меркалли;
- в Японии – 7-балльная шкала Японского метеорологического агентства;
- в России, Европе и СНГ – получила широкое распространение 12-балльная шкала MSK-64 (Медведева – Шпонхойера – Карника), разработанная в 1964 г. и являющаяся современной модификацией шкалы Меркалли (табл. 1).

С 1996 г. в странах Европейского союза применяется более современная Европейская макросейсмическая шкала (EMS). MSK-64 лежит в основе СНиП II-7-81 «Строительство в сейсмических районах» и продолжает использоваться в России и странах СНГ. В Казахстане в настоящее время используется СНиП РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах».

Таблица 1

12-балльная шкала интенсивности землетрясений MSK-64

Балл. Сила землетрясения	Краткая характеристика
I. Не ощущается	Не ощущается. Отмечается только сейсмическими приборами.
II. Очень слабые толчки	Отмечается сейсмическими приборами. Ощущается только отдельными людьми, находящимися в состоянии полного покоя на верхних этажах зданий, и очень чуткими домашними животными.

III. Слабое	Ощущается только внутри некоторых зданий, как сотрясение от грузовика.
IV. Интенсивное	Распознаётся по лёгкому дребезжанию и колебанию предметов, посуды и оконных стёкол, скрипу дверей и стен. Внутри здания сотрясение ощущает большинство людей.
V. Довольно сильное	Под открытым небом ощущается многими, внутри домов – всеми. Общее сотрясение здания, колебание мебели. Маятники часов останавливаются. Трещины в оконных стёклах и штукатурке. Пробуждение спящих. Ощущается людьми и вне зданий, качаются тонкие ветки деревьев. Хлопают двери.
VI. Сильное	Ощущается всеми. Многие в испуге выбегают на улицу. Картины падают со стен. Отдельные куски штукатурки откалываются.
VII. Очень сильное	Повреждения (трещины) в стенах каменных домов. Антисейсмические, а также деревянные и плетневые постройки остаются невредимыми.
VIII. Разрушительное	Трещины на крутых склонах и на сырой почве. Памятники сдвигаются с места или опрокидываются. Дома сильно повреждаются. Падают фабричные трубы.
IX. Опустошительное	Сильное повреждение и разрушение каменных домов. Старые деревянные дома кривятся.
X	Трещины в почве иногда до метра шириной. Оползни и обвалы со склонов. Разрушение каменных построек. Искривление железнодорожных рельсов.
XI	Широкие трещины в поверхностных слоях земли. Многочисленные оползни и обвалы. Каменные дома почти полностью разрушаются. Сильное искривление и выпучивание железнодорожных рельсов, разрушаются мосты.
XII	Изменения в почве достигают огромных размеров. Многочисленные трещины, обвалы, оползни. Возникновение водопадов, подпруд на озёрах, отклонение течения рек. Изменяется рельеф. Ни одно сооружение не выдерживает

Контрольные вопросы:

1. Основные критерии, определяющие характер землетрясения.
2. Продолжительность сотрясения грунта во время землетрясения.
3. Что понимают под сейсмической энергией?
4. Характеристика трех видов сейсмических волн.
5. Характеристика 12-балльной шкалы MSK-64.

ТЕМА 3. ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Сложно себе представить, но ежегодно на нашей планете происходит около миллиона землетрясений! Разумеется, в основном это слабые подземные толчки. Землетрясения разрушительной силы случаются значительно реже, в среднем раз в две недели. К счастью, большинство из них происходят на дне океанов и не приносят никаких неприятностей современному человеку, если только в результате сейсмических смещений не возникают цунами. О катастрофических последствиях землетрясений знает каждый: тектоническая активность пробуждает вулканы, гигантские приливные волны смывают в океан целые города, разломы и оползни разрушают строения, вызывают пожары и наводнения и уносят сотни и тысячи человеческих жизней. Поэтому люди во все времена стремились изучить землетрясения и предотвратить их последствия. Так, Аристотель в IV в. до н. э. считал, что атмосферные вихри внедряются в землю, в которой много пустот и щелей. Вихри усиливаются огнем и ищут выход, вызывая землетрясения и извержения вулканов. Также Аристотель наблюдал за движениями почвы при землетрясениях и попытался дать их классификацию, выделив шесть типов движений: вверх-вниз, из стороны в сторону и т. п.

Прогноз землетрясений – предположение о том, что землетрясение определённой магнитуды произойдет в определённом месте в определённое время (или в определённом диапазоне времени). Несмотря на значительные усилия сейсмологов в исследованиях, пока невозможно дать такой прогноз с точностью до дня или месяца.

Учёные до сих пор не знают всех деталей физических процессов, связанных с землетрясениями, и методы, какими их можно точно предсказывать. Ряд явлений рассматриваются сейчас как возможные предвестники землетрясений: изменения в ионосфере, различные типы электромагнитных индикаторов, включая инфракрасные и радиоволны. Многим землетрясениям, особенно крупным, предшествовали некоторые явления, не характерные для данной местности. В результате систематизации данных по крупным землетрясениям XVII–XXI веков, а также по летописям, в которых упоминаются события, связанные с землетрясениями, был установлен ряд некоторых типичных явлений, которые могут служить оперативными предвестниками землетрясений. Так как землетрясения имеют различные механизмы возникновения, происходят в разных геологических условиях, в разное время суток и года, сопутствующие явления, служащие предвестниками, тоже могут быть различными.

Практически все явления-предвестники по состоянию на начало 2010-х годов имеют научное объяснение. Тем не менее использовать их для оперативного оповещения удается крайне редко, поскольку явления-предвестники не являются специфическими именно для землетрясений. Например, атмосферные световые явления в атмосфере могут возникать в периоды геомагнитных бурь или иметь техногенную природу, а беспокойство животных может быть вызвано надвигающимся циклоном.

В настоящее время выделяют следующие явления, которые могут служить предвестниками землетрясений: форшоки, аномальные атмо-сферные явления, изменение уровня грунтовых вод, беспокойное поведение животных.

Форшоки – умеренные землетрясения, которые предшествуют сильному. Высокая форшоковая активность в сочетании с другими явлениями может служить оперативным предвестником. Так, например, Ки-тайское сейсмологическое бюро на этом основании начало эвакуацию миллиона человек за день до сильного землетрясения в 1975 году.

Хотя половине крупных землетрясений предшествуют форшоки, из общего числа землетрясений форшоками являются только 5–10 %. Это часто порождает ложные предупреждения.

Оптические явления в атмосфере

С давних времен замечено, что многим крупным землетрясениям предшествуют необычные для данной местности оптические явления в атмосфере: сполохи, похожие на полярные сияния, световые столбы, облака странной формы. Появляются они непосредственно перед толчками, но иногда могут происходить и за несколько суток. До массового появления мобильных фото- и видеоприборов анализ такой информации был весьма сложен. Лишь в последнее десятилетие, с развитием спутникового мониторинга атмосферы, мобильной фотографии и автомобильных видеорегистраторов необычные оптические явления перед землетрясением были надежно зафиксированы, в частности перед Сычуаньским землетрясением.

По современным представлениям, необычные оптические явления

в атмосфере связаны с такими процессами в зоне будущего землетрясения, как выход в атмосферу газов из паров напряженных горных пород. Вид и характер явлений зависят от исходящих газов: горючие метан и сероводород могут давать факелы пламени, что наблюдалось, например, перед Крымскими землетрясениями, радон под действием собственной радиоактивности флюоресцирует голубым светом и вызывает флюоресценцию других атмосферных газов, сернистые соединения могут вызывать хемилюминисценцию.

Электризация напряженных горных пород вызывает электрические разряды на поверхности земли и в атмосфере в районе будущего очага.

Изменение уровня грунтовых вод

Постфактум установлено, что многим крупным землетрясениям предшествовало аномальное изменение уровня грунтовых вод как в колодцах и скважинах, так в ключах и родниках. В частности, перед Чуйским землетрясением, местами, на поверхности почвы, внезапно появились ключи, из которых стала достаточно быстро поступать вода. Тем не менее значительная часть землетрясений не вызвала предшествующих изменений в водоносных горизонтах.

Беспокойное поведение животных

Достоверно засвидетельствовано, что основным толчкам многих сильных землетрясений предшествует необъяснимое беспокойство животных на значительной территории. Такое наблюдалось, например, при Крымских землетрясениях 1927 г., перед Ашхабадским землетрясением

и перед Чуйским землетрясением. Но перед Спитакским землетрясением

и землетрясением в Нефтегорске массового аномального поведения животных замечено не было.

Контрольные вопросы:

1. Прогноз землетрясений.
2. Виды прогнозов землетрясений.
3. Признаки возможных землетрясений.

ТЕМА 4. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Первая известная попытка изготовить прибор, предсказывающий землетрясения, принадлежит китайскому философу и астроному Чжан Хэну. В Китае эти стихийные бедствия случались и случаются чрезвычайно часто, более того, три из четырех крупнейших в истории человечества землетрясений произошли в Китае. В 132 г. Чжан Хэн изобрел устройство, которому дал имя Хоуфэн «флюгер землетрясений» и которое могло фиксировать колебания земной поверхности и направления их распространения. Хоуфэн стал первым в мире сейсмографом (от греч. *seismos* – колебание и *grapho* – пишу) для обнаружения и регистрации сейсмических волн.

Строго говоря, прибор был скорее сейсмоскопом (от греч. *skopeo* – смотрю), потому что запись его показаний велась не автоматически, но рукою наблюдателя. Хоуфэн был сделан из меди в форме сосуда для вина диаметром 180 см с тонкими стенками. Снаружи сосуда располагались восемь драконов. Головы драконов указывали на восемь направлений: во-сток, юг, запад, север, северо-восток, юго-восток, северо-запад и юго-запад. Каждый дракон держал во рту медный шарик, а под его головой сидела жаба с открытым ртом. Предполагается, что внутри сосуда был вертикально установлен маятник с тягами, которые прикреплялись к головам драконов. Когда в результате подземного толчка маятник приходил в движение, тяга, соединенная с головой, обращенной в сторону толчка, раскрывала пасть дракона, и шар из нее выкатывался в рот соответствующей жабы. Если выкатывались два шарика, можно было предположить силу землетрясения. Если прибор находился в эпицентре, то выкатывались все шарики. Наблюдатели инструмента могли немедленно сделать запись о времени и направлении землетрясения. Прибор был весьма чувствительным: он улавливал даже слабые подземные толчки, эпицентр которых находился за 600 км от него. В 138 г. этот сейсмограф точно указал на землетрясение, которое произошло в области Луньси.

Сейсмология как наука начала развиваться только с повсеместным появлением и внедрением в практику приборов для регистрации колебаний почвы, т. е. с появлением научной сейсмометрии. В 1855 г. итальянец Луиджи Пальмиери изобрел сейсмограф, способный регистрировать удаленные землетрясения.

Сейсмограф (от др.-греч. *σεισμός* – землетрясение и др.-греч. *γράφω* – записывать) или сейсмометр – специальный измерительный прибор, который используется в сейсмологии для обнаружения и регистрации всех типов сейсмических волн.

Прибор для определения силы и направления землетрясения. Действовал он по такому принципу: при землетрясении ртуть проливалась из шарообразного объема в специальный контейнер в зависимости от направления колебаний. Индикатор

контакта с контейнером останавливал часы, указывая точное время, и запускал запись колебаний земли на барабан. В 1875 г. еще один итальянский ученый, Филиппо Секи, сконструировал сейсмограф, который включал часы в момент первого толчка и записывал первое колебание. Первая дошедшая до нас сейсмическая запись сделана именно с помощью этого прибора в 1887 г. После этого начался быстрый прогресс в области создания инструментов для регистрации колебаний почвы. В 1892 г. группа английских ученых, работавших в Японии, создала первый достаточно удобный в обращении прибор – сейсмограф Джона Милна. Уже в 1900 г. функционировала мировая сеть из 40 сейсмостанций, оборудованных приборами Милна.

Сейсмограф состоит из маятника той или иной конструкции и системы регистрации его колебаний. По способу регистрации колебаний маятника сейсмографы можно разделить на приборы с прямой регистрацией, преобразователи механических колебаний и сейсмографы с обратной связью. Сейсмографы с прямой регистрацией используют механический или оптический способ записи. Первоначально при механическом способе записи на конце маятника помещалось перо, процарапывавшее линию на закопченной бумаге, которую потом покрывали закрепляющим составом. Но на маятник сейсмографа с механической регистрацией сильное влияние оказывает трение пера о бумагу. Чтобы уменьшить это влияние, необходима очень большая масса маятника. При оптическом способе записи на оси вращения укреплялось зеркальце, которое освещалось через объектив, а отраженный луч попадал на фотобумагу, намотанную на вращающийся барабан. Способ прямой регистрации до сих пор используется в сейсмически активных зонах, где движения почвы достаточно велики. Но для регистрации слабых землетрясений и на больших расстояниях от очагов требуется усиливать колебания маятника. Это осуществляется различными преобразователями механических перемещений в электрический ток.

Сейсмографы бывают чувствительными к вертикальным колебаниям земли или к горизонтальным. Чтобы наблюдать движение почвы во всех направлениях, обычно используют три сейсмографа: один с вертикальным маятником и два с горизонтальными, ориентированными на восток

и на север. Вертикальный и горизонтальный маятники различаются по своей конструкции, поэтому оказывается достаточно сложным добиться полной идентичности их частотных характеристик. С появлением компьютеров и аналого-цифровых преобразователей функциональность сейсмоизмерительного оборудования резко повысилась.

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.

Сейсмические волны проходят внутри земного шара в тех местах, которые недоступны наблюдению. Все, что они встречают на пути, так или иначе их изменяет. Поэтому анализ сейсмических волн помогает выяснить внутреннее строение Земли.

При помощи сейсмографа можно оценить энергию землетрясения. Сравнительно слабые землетрясения высвобождают энергию порядка 10 000 кг/м, т. е. достаточную, чтобы поднять груз весом 10 тонн на высоту 1 м. Этот энергетический уровень принимается за ноль, землетрясению имеющему в 100 раз больше энергии соответствует 1, еще в 100 раз более сильному соответствуют 2 единицы шкалы. Такая шкала называется шкалой Рихтера в честь известного американского сейсмолога из Калифорнии Ч. Рихтера. Число в такой шкале называется магнитудой и обозначается М. В самой шкале верхний предел не предусмотрен, по этой причине шкалу Рихтера называют открытой. В действительности сама Земля создает практический верхний предел. Самые сильные из зарегистрированных землетрясений имели магнитуду 8,9. Таких землетрясений

с начала инструментальных наблюдений зарегистрировано два, оба под океаном. Одно произошло в 1933 г. у берегов Японии, другое – в 1906 г. у берегов Эквадора. Таким образом, магнитуда землетрясения характеризует количество энергии, выделяемой очагом во все стороны. Эта величина не зависит ни от глубины очага, ни от расстояния до пункта наблюдения. Сила проявления землетрясения зависит не только от магнитуды, но и от глубины очага (чем ближе очаг к поверхности, тем больше сила его проявления), от качества грунтов (чем более рыхлый и неустойчивый грунт, тем больше сила проявления). Имеет значение, конечно, и качество наземных построек. Сила проявления землетрясения на земной поверхности определяется по шкале Меркалли в баллах. Баллы отмечаются цифрами от I до XII.

Тектометр – прибор, разработанный в России и запатентованный в Государственном патентном бюро Японии (регистрационный номер N 07PO369). Согласно патенту прибор позволяет регистрировать землетрясение за 40 часов до момента его начала.

Контрольные вопросы:

1. Кому принадлежит первая известная попытка изготовить прибор, предсказывающий землетрясения?
2. Что такое сейсмограф?
3. Из чего состоит сейсмограф?
4. Характеристика тектометра.

ТЕМА 5. СИЛЬНЕЙШИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ПЛАНЕТЫ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

По какому критерию определяют самое сильное землетрясение? Чаще всего это делают по внешним признакам разрушения: количество погибших и раненых, число разрушенных зданий, ущерб от разрушения коммуникаций. Иногда материальный ущерб бывает огромным, а число человеческих жертв мало, как, например, при землетрясении в Ташкенте 1966 г. В других случаях землетрясения забирают десятки и сотни тысяч человеческих жизней. К самым сильным землетрясениям, если отталкиваться от материального ущерба, можно отнести землетрясение в Лос-Анджелесе в 1971 г. Ущерб от него повлек потерю около миллиарда долларов. Землетрясение в Сан-Франциско в 1906 г. вызвало пожары в городе, что увеличило материальный ущерб, который достиг 425 млн. К самым «убыточным» можно отнести и землетрясение в Чили, которое произошло в том же году.

Землетрясение, которое забрало больше всего человеческих жизней – это, бесспорно, Великое китайское землетрясение 1556 г. Тогда погибло около 830 тысяч человек. Второе по числу жертв, также произошло в Китае

– в 1920 г., оно унесло жизни 200 тыс. человек. Землетрясения в Азии почти всегда приносят большое количество жертв, связано это с повышенной плотностью населения. Так, землетрясение в Токио в 1923 г. оборвало жизни более 100 тыс. японцев. Причиной большого количества жертв в бедных азиатских странах является и низкая сейсмоустойчивость зданий.

Именно поэтому число жертв в Ашхабадском землетрясении 1948 г. достигло 160 тыс. Было разрушены города Ашхабад, Батир и Безмеин.

27 марта 1995 г. землетрясение силой в 9 баллов обрушилось на Сахалин и унесло жизни двух тысяч человек.

8 октября 2005 г. в 8:50 по местному времени мощное землетрясение было зафиксировано в Пакистане. Магнитуда подземных толчков составляла 7,6. По официальным данным, погибли более 74 тысяч человек,

в том числе 17 тысяч детей, еще около трех миллионов пакистанцев остались без крыши над головой. Эпицентр землетрясения располагался в пакистанском регионе Кашмира, в 95 километрах от Исламабада. Очаг подземных толчков залегал на глубине 10 километров. Землетрясение ощутили жители нескольких стран. Стихия вызвала крупные разрушения в северо-восточном Пакистане, Афганистане и в северной Индии. Множество деревень были разрушены до основания. На сегодняшний день землетрясение в Кашмире является самым тяжёлым в Южной Азии за последние 100 лет.

Самым опустошающим землетрясением XXI века можно считать природную катастрофу, произошедшую 26 декабря 2004 г. в акватории Индийского океана недалеко от острова Суматра. В результате землетрясения образовалось цунами. Погибли 225 тыс. человек, пострадали 2,2 млн.

Как показывает неутешительная статистика, чаще всего землетрясениям подвержены страны Восточной и Юго-Восточной Азии. В китайской провинции Сычуань 12 мая 2008 г. мощное землетрясение силой 7,8 баллов унесло жизни 69 тысяч человек, 18 тысяч считаются пропавшими без вести и около 370 тысяч получили травмы. Эпицентр землетрясения был зафиксирован в 75 километрах от столицы провинции Сычуань города Чэнду, очаг подземных толчков залегал на глубине 19 километров. После основного землетрясения последовали свыше десяти тысяч вторичных подземных толчков. Отголоски землетрясения дошли и до Пекина, который находился на расстоянии полутора тысяч километров от эпицентра. Также подземные толчки почувствовали жители Индии, Пакистана, Таиланда, Вьетнама, республики Бангладеш, Непала, Монголии и России.

В 2010 г. разрушительное землетрясение произошло на Гаити. 12 января в 22 км от столицы, Порт-о-Пренса, на глубине 13 км начались мощные толчки. Главный из них имел магнитуду 7 баллов, после чего было зарегистрировано множество более мелких, в том числе и 15 с магнитудой более 5. Это землетрясение стало результатом движений земной коры и контакта Карибской и Североамериканской литосферных плит. Такое сильное землетрясение здесь уже было в 1751 г., однако число жертв было не таким большим. В 2010 г. только по официальным данным погибло 222 570 человек, получило ранение около 311 тысяч. В Порт-о-Пренсе стихия разрушила несколько тысяч жилых домов и практически все больницы, без крыши над головой осталось около трех миллионов человек. Материальный ущерб стране оценили в 5,6 миллиардов долларов.

11 марта 2011 года в 14:46 по местному времени у восточного побережья острова Хонсю в Японии произошло мощное землетрясение. Магнитуда подземных толчков достигала 9,1. Стихия унесла жизни 15 870 человек, еще 2 846 числятся пропавшими без вести.

Эпицентр подземных толчков находился в 373 километрах к северо-востоку от Токио, очаг залегал в тихом океане на глубине 32 километров. После основного толчка магнитудой 9,0 последовала серия афтершоков, всего их было более 400. Землетрясение вызвало цунами, которое распространилось по всему Тихому океану, волна дошла и до России.

По официальным данным, число погибших в результате землетрясения и цунами в 12 префектурах Японии составило 15 870 человек, еще 2 846 человек числятся пропавшими без вести, более шести тысяч человек пострадали. Разгул стихии привел к аварии на АЭС «Фукусима-1».

Землетрясение и цунами вывели из строя внешние средства электроснабжения и резервные дизельные генераторы, это привело к поломке всех систем нормального и аварийного охлаждения, что в свою очередь послужило причиной расплавления активной зоны реакторов на трех энергоблоках.

«Фукусима-1» была официально закрыта в декабре 2013 г. На территории атомной электростанции по сей день продолжаются работы по ликвидации последствий аварии. По оценкам экспертов, приведение объекта в стабильное состояние может занять до 40 лет.

Контрольные вопросы:

1. Землетрясение, которое забрало больше всего человеческих жизней.
2. Крупное землетрясение на территории Российской Федерации.
3. Самое опустошающее землетрясение 21 века.
4. Последствия землетрясений в Японии.

ТЕМА 6. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

В Кыргызской Республике ежегодно происходит 3,5 тысячи малых и средних землетрясений, и связано это с тем, что Кыргызстан входит в число сейсмоопасных зон планеты. Наиболее сейсмически активны два региона страны: район Алайской впадины – Ошская, Баткенская области и северо-восточная часть Иссык-Кульской впадины около села Тюп. В республике сложно спрогнозировать землетрясение на краткосрочный период.

В исторической памяти людей первые сведения о катастрофической стихии относятся к тем временам, когда в долине реки Чон-Кемин был полностью уничтожен древний город (название которого неизвестно). Более определённые данные относятся к концу 18 века (в 1770 г. около села Беловодское «было засыпано озеро») и к началу следующего века (в 1807 г. в р-не г. Алматы произошла «страшная катастрофа, отзвуки которой докатились до Кыргызстана»). Подробные систематические сведения о землетрясениях начинаются с описания Беловодской катастрофы 1885 г. (9–10 баллов). В результате этого землетрясения были полностью разрушены сёла Беловодское, Кара-Балта, на склонах Кыргызского хребта имели место обвалы, оползни и осыпи, в предгорьях образовалась трещина длиной до 20 км, шириной до 2 м. В Бишкеке, Сокулукте, Чалды-баре, где землетрясение ощущалось силой 7–8 баллов, были разрушены ветхие дома, пострадали многие строения. В 1911 г. в Северном Тенир-Тоо произошла грандиозная сейсмическая катастрофа (Кеминское землетрясение силой 10–11 баллов), в результате которой погибло более 1500 чел., были разрушены посёлки в долине реки Чон-Кемин и на северном

берегу озера Ыссык-Кол. Протяжённость зоны крупных нарушений земной поверхности (трещины, обвалы, оползни и др.) достигла 250 км. В июне 1938 г. произошло землетрясение с силой толчков до 8 баллов с эпицентром близ станции Жел-Арык (восточная оконечность Чуйской впадины). 9–10 балльное Чаткалское землетрясение в 1946 г. охватило огромную территорию. В городах на юге Кыргызстана и в соседних гос-ударствах (Оше, Жалал-Абаде, Андижане, Ташкенте) сильно пострадали многие сооружения и здания. В груды развалин были превращены посёлки, расположенные в эпицентральной зоне (протяжённость до 100 км, ширина 15–20 км), в долинах и предгорных районах произошли значительные обвалы, срывы. Открылись крупные трещины, часть озера Сары-Челек была перекрыта завалом. Чаткалское землетрясение вызвало массу повторных толчков (за последующий месяц после главного удара их было зарегистрировано более 230). В 1970 г. в восточной части Иссык-кульской впадины произошло 8–9-балльное Сарыкамьшское землетрясение. По размерам очага и выделенной энергии оно является крупнейшим на северных склонах хребта Тескей Ала-Тоо. Зона максимальных сотрясений (20x10 км²) охватила несколько сёл, где пострадали или частично были разрушены многие жилые дома. В горах отмечались массовые обвалы, оползни, камнепады. В 1978 г. произошло Тюпское землетрясение, интенсивность которого в эпицентре достигла 8–9 баллов. Были повреждены и разрушены более 50 населённых пунктов Тюпского района.

В приводораздельных частях хребта Кюнгёй Ала-Тоо зафиксировано широкое развитие небольших по объёму масс обвалов, осыпей, камнепадов и образование трещин в скальных грунтах. В 1977 г. на территории Баткенского района Ошской области (юго-восточная часть Ферганской долины) произошло 8–9-балльное землетрясение, которое ощущалось на большей части Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана, а так же в юго-западных районах Казахстана. Максимальное сотрясение проявилось между реками Сох и Исфара, где были разрушены населённые пункты (более 8 сёл). Такой же силы (8–9 баллов) землетрясение произошло в юго-западной части Алайской впадины, оно обозначено как Дароот-Коргонское. В пределы эпицентральной зоны крупные населённые пункты не попали, но полностью разрушились чабанские дома и глинобитные загон для скота, имелись человеческие жертвы. В мае 1992 г. на юге Кыргызстана произошло Кочкоратинское землетрясение (7–8 баллов). Эпицентральная область распространилась до 40 км в длину и 5–7 км в ширину. Были разрушены Кочкор-Ата и близлежащие селения, произошёл сход оползней.

Одно из сильнейших землетрясений последних лет – Суусамырское (август 1992 г.), которое охватило территорию от Казахских степей до Северного Памира на юге. Зона максимальных сотрясений покрыла южный и северный склоны Суусамырского хребта, Суусамырскую, Арамзинскую, Кетмен-Тюбинскую и Таласскую впадины. В её пределах пострадали все населённые пункты, они были разрушены на 60–80 %. Обвалы и оползни в горах привели к людским жертвам и многочисленной гибели скота. Значительный ущерб нанесла стихия автомобильной дороге Бишкек – Ош. В январе 1997 г. в горах Жаман-Даван Нарынской области зафиксировано 7–7,5-балльное землетрясение, которое ощущалось на всей территории Северного Тенир-Тоо.

26 декабря 2006 года, Кочкорский район Нарынской области

В 02.00 в этом районе произошло землетрясение магнитудой 6,6 по шкале Рихтера. В Бишкеке колебания почвы ощущались в пределах 4,5 балла, полностью разрушено 10 домов, ещё 518 жилых строений разрушились частично. Волна докатилась до города Балыкчи, в котором частично разрушились 12 жилых домов.

5 октября 2008 г., село Нура Алайского района Ошской области Ночь стала роковой для южного села Нура. Тогда об этом поселении на юге Кыргызстана узнал весь мир.

В 21.52 по местному времени подземные толчки силой 8 баллов по шкале Рихтера унесли жизни 75 человек, из которых 42 оказались детьми. Было разрушено 144 здания.

В больницы попали 93 ребенка и 49 взрослых. Землетрясение также ощущалось в Таджикистане, Узбекистане и Китае.

14 февраля 2011 года, село Нура Алайского района Ошской области Через три года в Нуре снова проснулись силы природы, человеческих и материальных потерь не было. Сила землетрясения составила

5 баллов по шкале MSK-64, эпицентр находился в 10 километрах от села.

20 июля 2011 года, село Кан Кадамджайского района Баткенской области

Два подземных толчка силой 8 баллов по 12-балльной шкале MSK-64 не дали спокойно спать в ту ночь жителям четырёх стран. Они были зафиксированы на юге страны – в Баткенской области. Эпицентр землетрясения находился юго-восточнее посёлка Кан (Советский) Баткенской области, на границе с Узбекистаном. Толчки ощущались также в Таджикистане и южных областях Казахстана. Самый большой ущерб понес Узбекистан, где, по оценкам МЧС, погибли 13 человек, 86 гражданам была оказана первая медицинская помощь. В КР же зафиксировали частичное разрушение 83 зданий по Кадамджайскому району.

28 января 2013 г., Тюпский район Иссык-Кульской области Тогда трясло сразу несколько районов. Сила толчков достигла

6,5 баллов по шкале MSK-64, эпицентр находился в Казахстане, в 100 километрах от Чолпон-Аты. В Тюпском районе пострадало 103 жилых дома. Тогда на компенсацию последствий землетрясения было выделено 303 миллиона сомов.

14 ноября 2014 г., посёлок Каджи-Сай Тонского района Иссык-Кульской области

По данным МЧС, эпицентр землетрясения силой 7 баллов зарегистрировали в 07.24 по местному времени в 17 км северо-восточнее посёлка Каджи-Сай и в 60 км от села Тон. Второй толчок зафиксировали в 08.09. Очаг стихии находился

в 5 км от села Каджи-Сай и в 16 км от села Тон. Сила толчка достигла 4-х баллов. По области были зафиксированы трещины в домах и зданиях социального значения. Погибших, по данным МЧС, не было.

Пострадавшим отправили гуманитарный груз, собранный жителями республики и органами местного самоуправления.

17 ноября 2015 года, Ошская область

По данным Европейского средиземного сейсмологического центра EMSC, эпицентр землетрясения располагался в Кыргызстане – в 45 км к востоку от Оша, в 42 км к юго-востоку от Узгена, в 272 км – к юго-западу от Бишкека, в 73 км – к юго-востоку от Жалал-Абада. По координатам это почти Кара-Кульджа. Земля проснулась в 23.29 по бишкекскому времени. Магнитуда землетрясения в эпицентре составляла 5,9, глубина – 10 километров. После происшествия Комиссия по гражданской защите

Ошской области обследовала 3 381 жилой дом, из них разрушения I степени зафиксированы в 897 домах, II – 1 401, III – 856 и IV – 227. 570 домов признаны аварийными в селах Ошской области. По официальной информации, жертв вследствие землетрясения нет.

Контрольные вопросы:

1. Сколько в Кыргызской Республике ежегодно происходит малых и средних землетрясений?
2. Одно из сильнейших землетрясений последних лет.
3. Характеристика землетрясений в селе Нура Ошской области.

ТЕМА 7. СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Сейсмостойкое строительство – строительство, осуществляемое

в районах, подверженных землетрясениям, с учётом воздействия на здания и сооружения сейсмических (инерционных) сил. Наряду с термином «С. с.» получил распространение более точный термин «антисейсмическое строительство». Дополнительные требования к объектам, строящимся в сейсмических районах, устанавливаются соответствующими нормами (правилами).

Интенсивность землетрясений в разных странах оценивается по различным сейсмическим шкалам. По принятой в СССР шкале (ГОСТ 6249–52) опасными для зданий и сооружений считаются землетрясения, интенсивность которых достигает 7 баллов и более. В районах, где прогнозируемая максимальная интенсивность землетрясений (сейсмичность, сейсмическая активность) не превышает 6 баллов, проведение специальных антисейсмических мероприятий (при проектировании и строительстве), как правило, не предусматривается. Сейсмичность районов, подверженных землетрясениям, определяется по картам сейсмического районирования. Для уточнения сейсмичности площадки (участка) строительства проводятся соответствующие изыскания. Строительство в районах с сейсмичностью, превышающей 9 баллов, весьма неэкономично. По-этому в нормах указания ограничены районами 7–9-балльной сейсмичности. Обеспечение полной сохранности зданий во время землетрясений обычно требует больших затрат на антисейсмические мероприятия, а в некоторых случаях практически неосуществимо. Учитывая, что землетрясения (особенно сильные) происходят сравнительно редко, нормами допускается возможность повреждения элементов конструкций, не представляющего угрозы для безопасности людей или сохранности ценного оборудования.

Степень сейсмического воздействия на здания (сооружения) в значительной мере зависит от грунтовых условий. Наиболее благоприятными в сейсмическом отношении считаются прочные скальные грунты. Сильно выветренные или нарушенные геологическими процессами породы, просадочные грунты, районы осыпей, пльвунов, горных выработок неблагоприятны, а иногда и непригодны для устройства оснований сооружений; в тех случаях, когда строительство всё же осуществляется в таких геологических условиях, прибегают к усилению оснований и осуществляют дополнительные мероприятия по сейсмозащите сооружений. Это приводит к значительному удорожанию строительства.

Сейсмостойкость сооружения обеспечивается как выбором благоприятной в сейсмическом отношении площадки строительства, так и разработкой наиболее рациональных конструктивной и планировочной схем сооружения, специальными конструктивными мероприятиями, повышающими прочность и монолитность несущих конструкций, создающих возможность развития в конструктивных элементах и узлах пластических деформаций, значительно увеличивающих сопротивляемость сооружений действию сейсмических сил. Большое значение для повышения сейсмостойкости сооружений имеет высокое качество строительных материалов и работ.

Правильность выбора конструктивных систем и размеров сечений определяется соответствующим расчётом конструкций. Согласно действующим нормам, расчёт сейсмостойких сооружений, как правило, производится по несущей способности и предусматривает нахождение расчётных сейсмических нагрузок. Точно определить величины сейсмических сил и направления их действия на сооружение не представляется возможным, т. к. движение земной коры во время землетрясения зависит от многих факторов, количественная оценка которых возможна лишь при известных допущениях. Применяются различные приближённые методы оценки сейсмических сил. Получивший распространение в 1-й половине

XX в. статический метод определения сейсмических сил исходит из предположения о том, что сооружение представляет собой абсолютно жёсткое тело, все точки которого имеют сейсмические ускорения, равные ускорению основания, и что, следовательно, развивающиеся в сооружении инерционные силы равны произведениям соответствующих масс на ускорение основания. Более совершенным является динамический метод определения сейсмических сил, применяемый в современной практике проектирования и расчёта сейсмостойких сооружений в СССР, США и других странах. Однако и этот метод предполагает ряд допущений, необходимость которых вызвана главным образом отсутствием надёжной исходной информации о максимальных величинах и законах изменения во времени при землетрясениях основных характеристик движения оснований зданий и других сооружений (смещений, скоростей, ускорений и др.).

Учитывая приближённый характер методов расчётной оценки сейсмостойкости сооружений, нормы вводят ряд обязательных конструктивных ограничений и требований. К их числу относится, например, ограничение размеров зданий в плане и по высоте. Так, высота зданий с кирпичными стенами из кладки 2-й категории (установлены 3 категории сейсмостойкости кладки: 1-я обладает наибольшей прочностью и монолитностью, 3-я – наименьшей), возводимых в районах с 7-балльной сейсмичностью, не должна превышать 4-х этажей, а с 9-балльной – 2-х этажей. Для кирпичных и каменных стен нормами определены минимальные размеры сечений простенков и расстояний между стенами, требуется обязательное введение поэтажных железобетонных поясов и т. п. Высота зданий, сооружаемых из наиболее надёжных конструкций и материалов (например, каркасных – из стали и железобетона с монолитными железобетонными стенами), нормами не ограничивается.

Величины сейсмических нагрузок и все конструктивные требования устанавливаются нормами в зависимости от сейсмичности площадки строительства и назначения здания (сооружения). Для большинства зданий их расчётная сейсмичность принимается равной сейсмичности строительной площадки. Для особо ответственных сооружений их расчётная сейсмичность повышается по сравнению с сейсмичностью строительной площадки (как правило, на один балл, что соответствует увеличению сейсмических нагрузок вдвое), а для временных сооружений (например, складов), разрушение которых не связано с человеческими жертвами, – снижается.

Контрольные вопросы:

1. Что такое сейсмостойкое строительство?
2. Как обеспечивается сейсмостойкость сооружений?
3. Как устанавливаются величины сейсмических нагрузок и все конструктивные требования?

ТЕМА 8. СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Сильные землетрясения почти всегда влекут за собой разрушения искусственных сооружений и гибель людей, поэтому перед сейсмической службой и геологическими организациями страны стоит задача свести к минимуму возможные потери и жертвы в сейсмоопасных областях и рай-онах. В настоящее время эта ответственная задача решается двумя пу-тями: путем сейсмического районирования территории и путем разра-ботки способов предсказания землетрясений.

Сейсмическое районирование – деление территории на районы с разной степенью интенсивности ожидаемых землетрясений. Данные сей-смического районирования используются при проектировании и строи-тельстве сейсмостойких сооружений и решении других практических за-дач на сейсмически опасной территории. Для составления карт сейсмиче-ского районирования используются исторические данные и инструмен-тальные наблюдения за землетрясениями, геолого-тектонические и гео-физические карты, данные о движениях блоков земной коры.

Детальное изучение сейсмических, геологических и геофизиче-ских особенностей территории позволяет заранее наметить те области, зоны, районы, где в будущем возможны землетрясения, а также оценить их максимальную интенсивность и возможные последствия для тех или иных искусственных сооружений. В этом состоит сущность сейсмиче-ского районирования, т. е. разделения данной территории на участки и районы, в которых в силу особенностей их геологического строения, гео-логической истории и проявления различных современных геологиче-ских процессов (обвалы, оползни, карст и т. д.) вероятна та или иная ин-тенсивность будущих землетрясений. Вероятная балльность будущих землетрясений изображается на специальных картах, которые носят название карт сейсмического районирования.

На первом этапе выделяются зоны возможного возникновения оча-гов землетрясения (зоны ВОЗ) с различными глубинами очагов. Наиболь-шую опасность представляют землетрясения с очагами в пределах земной коры (на глубине от 3 до 30–50 км). Зоны ВОЗ классифицируются по мак-симальным возможным магнитудам (энергиям) землетрясений.

Эффект землетрясений на поверхности Земли обычно выражают в баллах сейсмической шкалы или в количественных характеристиках ин-тенсивности колебаний (в величинах ускорений и скорости колебаний ча-стиц грунта). На картах сейсмического районирования выделяются зоны с интенсивностью землетрясений 9, 8, 7, 6, 5 и менее баллов или прово-дятся изолинии с амплитудами эффективных пиковых значений ускоре-ний 0,05g, 0,10g, 0,20g, 0,40g (g – ускорение силы тяжести).

Карты сейсмического районирования для всей страны составляются в масштабе 1:5000000 – 1:1000000, для отдельных регионов карты детального сейсмического районирования в масштабе 1:500000–1:100000.

Эффект проявления интенсивности землетрясений сильно зависит от инженерно-геологических условий строительства и от соотношения собственных периодов колебаний сооружений с резонансными колеба-ниями слоёв грунта в основании сооружения. Эти особенности не учитыва-ются на мелкомасштабных картах сейсмического районирования. По-этому для городов и пунктов строительства отдельных ответственных со-оружений составляются карты сейсмического микрорайонирования.

За последние 100 лет на территории Кыргызстана произошло мно-жество катастрофических землетрясений, разрушивших посёлки и го-рода, унёсших тысячи человеческих жизней. Предотвратить землетрясе-ние ещё никому не удалось, но возможность многократно уменьшить неизбежные потери существует. Решающую роль в этом играют меропр-ятия, обеспечивающие сейсмостойкость строительных объектов жилищ-ного и промышленного назначения. Они базируются на картах сейсмиче-ского районирования, которые действуют в качестве нормативного доку-мента при строительстве.

Первая такая карта по Кыргызстану была составлена в 1964 г. Од-нако в её основе лежал сравнительно ограниченный материал, что сни-зило надёжность карты по данным сейсмоопасности. В 1979 г. Институт сейсмологии НАН КР опубликовал карту сейсмического районирования республики, составленную в масштабе 1:250000. На этой карте были обо-значены не только эффекты, вызванные уже прошедшими землетрясени-ями, но определены места и сила будущих землетрясений, их вероятная повторяемость. Цикл работ, отражающих результаты исследований по разработке научных и методических основ оценки степени сейсмической опасности за последние 15 лет, а также потребность строительных орга-низаций в получении карты сейсмического районирования более круп-ного масштаба привели к необходимости создания новой карты масштаба 1:1000000, которая была составлена в 1995 г. (издана в 1996 г.). На этой карте выделено 3 типа зон исходной балльности: 1) зоны с силой 9 баллов

и магнитудой 7, 5, в которых наиболее вероятно возникновение остаточ-ных деформаций как сейсмогравитационного, так и сейморазрывного характера; 2) зоны с силой 8 баллов и магнитудой 6,5–7,0, которые рас-пространены почти по всей территории Кыргызстана; 3) зоны с силой ме-нее 8 баллов и магнитудой менее 7, к которым отнесён лишь самый се-веро-западный угол территории Кыргызстана, находящийся в низовьях рек Ак-Суу, Кара-Балта, Аспара. К первому типу в пределах Северо-Во-сточного Тенир-Тоо относятся субширотно вытянутые Северо-Тенир-То-оская и южнее расположенные Суусамырская и Жумгало-Тескейская зоны. Северо-Тенир-Тооская зона включает северные склоны Кыргыз-ского хребта, Кюнгёй Ала-Тоо, их стык – Боомское ущелье, часть Чуй-ской и Ысык-Кёлской впадин. Суусамырская зона вытянута почти ши-ротно вдоль одноимённых хребта и впадины. В пределах Юго- Западного Тенир-Тоо к этим зонам относятся: полоса Таласо-Ферганского разлома (с её расщеплением с северо-западной части на несколько субпараллель-ных ветвей), Тарско-Южно-Ферганская и Ысаро-Какшаалская. Таласо-Ферганская зона вытянута вдоль одноимённого разлома и Ферганского хребта. Северо-западнее долины реки Нарын от Таласо-Ферганской зоны к юго-западу отходят: Северо-Ферганская, Ат-Ойнокская и Чандалаш-ская ветви. Тарско- Южно-Ферганская зона, распространяющаяся на юго-восточное замыкание Ферганской впадины, образована двумя пересека-ющимися зонами: субширотной

Южно-Ферганской и Тарской северо-западной. Биссаро-Какшаалская зона проходит на крайнем юге республики через Алайский, Заалайский хребты и Алайскую впадину.

Контрольные вопросы:

1. Сейсмическое районирование.
2. Какие землетрясения представляют наибольшую опасность?
3. В каком масштабе составляются карты сейсмического районирования?

ТЕМА 9. СЕЙСМИЧЕСКАЯ РАЗВЕДКА

Сейсмическая разведка, сейсморазведка – совокупность геофизических методов разведки, основанных на возбуждении и регистрации сейсмических волн разных типов с целью изучения строения, вещественного состава и напряжённого состояния земных недр.

Искусственно возбуждённые сейсмические волны, распространяясь вглубь Земли, встречают на своём пути границы пород разного состава и с различными физико-механическими свойствами. На каждой границе часть сейсмической энергии отражается, а часть преломляется и уходит на большие глубины. Отражённые волны возвращаются к поверхности вблизи пункта возбуждения (ПВ), а преломлённые, проходя по слоям с повышенной скоростью, – на значительных удалениях от ПВ. Возбуждение сейсмических колебаний осуществляется на суше с помощью взрывов, механических ударов или вибраторов, на море – пневматических или электромагнитных источников (см. Невзрывные источники сейсмических колебаний). Регистрация колебаний производится группами сейсмоприёмников. Источники и приёмники располагаются вдоль прямолинейных или изломанных профилей, либо по площади. Наибольшее распространение получили системы наблюдений, в которых многоканальная расстановка сейсмоприёмников с большим перекрытием перемещается вдоль профиля после каждого цикла возбуждения и приёма колебаний. Механические колебания почвы, преобразованные сейсмоприёмниками в электрический сигнал, по соединительным линиям (сейсмическим косам) или по радио передаются на передвижную сейсморазведочную станцию. Здесь они усиливаются, частично отфильтровываются от помех и записываются в цифровом виде на магнитную плёнку. Затем эти плёнки обрабатываются на ЭВМ в экспедиционных и региональных вычислительных сейсмических центрах. По серии последовательно зарегистрированных и обработанных сейсмических волн строится сейсмический разрез земной коры в месте наблюдения, по картам отдельных сейсмических границ выявляются погребённые структуры с амплитудами до нескольких десятков метров. Измерение амплитуд, частот и других параметров колебаний позволяет определять свойства, вещественный состав и состояние пород. В основном при сейсмической разведке используются продольные волны, реже – поперечные и обменные волны. Наибольшее распространение получил метод отражённых волн (МОВ), позволяющий картировать границы с точностью до 1–2% на глубинах до 7–10 км. Метод преломлённых волн (МПВ) обладает большей глубинностью, но меньшей точностью и разрешающей способностью, позволяя изучать только слои с повышенной скоростью сейсмических волн. Корреляционный метод преломлённых волн (КМПВ) и глубинное сейсмическое зондирование (ГСЗ) стали основными при региональных исследованиях континентов и океанов. Для поисков и разведки полезных ископаемых применяются модификации

МОВ в виде суммирования полезных сигналов, отразившихся от общей глубинной точки (ОГТ); объёмной сейсморазведки, базирующейся на использовании площадных систем наблюдений; многоволновой сейсморазведки, в которой комплексуют возбуждение и регистрацию волн разных типов и др. Методика применения этих способов имеет свою специфику в нефтегазовой, угольной и рудной сейсмической разведке. Условно к сейсмической разведке относят также пьезоэлектрический метод (ПЭМ), основанный на изучении электромагнитного поля, возникающего вследствие пьезоэлектрического эффекта, возбуждаемого проходящими сейсмическими волнами. ПЭМ используется для поисков пегматитов. Для увеличения надёжности геологической интерпретации, увеличения разрешающей способности и точности сейсмической разведки привлекаются данные других геофизических методов разведки (гравиметрической, магнитной и электрической).

По условиям проведения наблюдений различают наземную, морскую, скважинную, шахтную сейсмическую разведку. Детальным изучением строения геологического разреза на малых глубинах и свойств грунтов занимается инженерная сейсморазведка.

Сейсмическая разведка применяется для сейсмогеологического районирования территории и комплексов горных пород; картирования геологических границ в осадочном чехле и консолидированной коре; изучения рельефа поверхности кристаллического фундамента; поиска структурных и других ловушек нефти и газа; поисков рудных тел; прогнозирования строения геологического разреза, состава и флюидного насыщения пород; выявления тектонических нарушений и карстовых полостей; определения уровня подземных вод и разведки их месторождений; изучения напряжённого состояния и изменений свойств геологической среды во времени и др.

Применение отражённых сейсмических волн предложено американским учёным Р. Фессенденом в 1913 г., а также независимо советским инженером В. С. Воюцким в 1923 г. Практическое использование МОВ началось с конца 20-х гг. XX в. Модификация ОГТ предложена американским геофизиком Г. Мейном в 1962 г. Преломлённые волны предложил использовать немецкий геофизик Л. Минтроп в 1919 г., КМПВ и ГСЗ разработаны советским учёным Г. А. Гамбурцевым в 1939 г. Применение ПЭМ предложено в 1959 г. советскими геофизиками М. П. Воларовичем, Э. И. Пархоменко и др.

Контрольные вопросы:

1. Сейсмическая разведка.
2. Виды сейсмической разведки.
3. Сферы применения сейсмической разведки.

Технологическая карта дисциплины «Основы сейсмической защиты зданий и сооружений»

Курс 4, семестр 7. Количество 4Е – 4. Отчетность – экзамен

Название модулей дисциплины согласно РПД	Контроль	Форма контроля	зачетный минимум	зачетный максимум	график контроля
Модуль 1					
Модуль 1. Основные сведения о параметрах землетрясений и зданиях.	Текущий контроль	Самостоятельная работа студента, посещаемость и активность на занятиях	4	8	5 неделя
	Рубежный контроль	Тест	7	10	
Модуль 2					
Модуль 2. Антисейсмические мероприятия	Текущий контроль	Самостоятельная работа студента, посещаемость и активность на занятиях	4	8	8 неделя
	Рубежный контроль	Контрольная работа	6	10	
Модуль 3					
Модуль 3. Сильнейшие землетрясения планеты и их последствия	Текущий контроль	Самостоятельная работа студента, посещаемость и активность на занятиях	4	8	14 неделя
	Рубежный контроль	Тест	6	10	
Модуль 4					
Модуль 4. Сейсмостойкое строительство.	Текущий контроль	Самостоятельная работа студента, посещаемость и активность на занятиях	3	8	16 неделя
	Рубежный контроль	Устный опрос, рефераты	6	10	
ВСЕГО за семестр			40	70	17
Промежуточный контроль (Зачет с оценкой)		Устный опрос, письменное решение задачи	20	30	
Семестровый рейтинг по дисциплине			60	100	

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ (текущий контроль)

Оцениваются в процентах от выполненных и защищенных практических заданий согласно методическим указаниям по их выполнению.

- 85-100 % – выполнены и защищены все 5 практических задания;
- 75-84 % – выполнены все 5 и защищены 4 практических задания;
- 60-74 % – выполнены все 5 и защищены 3 практических задания;
- 0-59 % – выполнены 5 и защищены 2 практических задания.

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ РЕФЕРАТА (рубежный контроль)

№№ п/п	Наименование показателя	Отметка в %
1	Во введении четко сформулирован тезис, соответствующий теме реферата, выполнена задача заинтересовать читателя.	85-100
2	Деление текста на введение, основную часть и заключение.	
3	В основной части логично, связно и полно доказывается выдвинутый тезис.	
4	Заключение содержит выводы, логично вытекающее из содержания основной части.	
5	Правильно (уместно и достаточно) используются разнообразные средства связи.	
6	Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.	
7	При защите реферата демонстрирует полное понимание темы и для выражения своих мыслей не пользуется упрощенно-примитивным языком.	
1	Во введении четко сформулирован тезис, соответствующий теме реферата, в известной мере выполнена задача заинтересовать читателя.	70-84
2	В основной части логично, связно, но не достаточно полно доказывается выдвинутый тезис.	
3	Заключение содержит выводы, логично вытекающее из содержания основной части.	
4	Уместно используются разнообразные средства связи.	
5	При защите реферата демонстрирует понимание темы и для выражения своих мыслей не пользуется упрощенно-примитивным языком.	
1	Во введении тезис сформулирован не четко и не вполне соответствует теме реферата.	60-69
2	В основной части выдвинутый тезис доказывается недостаточно логично (убедительно) и последовательно.	
3	Заключенные выводы не полностью соответствуют содержанию основной части.	
4	Недостаточно или, наоборот, избыточно используются разнообразные средства связи.	
5	При защите реферата демонстрирует не полное понимание темы и язык работы в целом не соответствует уровню 3 курса.	
1	Во введении тезис отсутствует или не соответствует теме реферата.	31-59
2	Деление текста на введение, основную часть и заключение.	
3	В основной части нет логичного последовательного раскрытия темы.	
4	Выводы не вытекают из основной части.	
5	Средства связи не обеспечивают связность изложения материала.	
6	Отсутствует деление текста на введение, основную часть и заключение.	
7	При защите реферата демонстрирует полное непонимание темы и язык работы можно оценить, как «примитивный».	
1	Реферат подготовлен не по теме.	0-30

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ПО ТЕСТИРОВАНИЮ (рубежный контроль)

Оцениваются в процентах от выполненных и защищенных практических заданий согласно методическим указаниям по их выполнению.

- 85-100 % – ответы на 12-13 заданий правильные;
- 75-84 % – ответы на 8-11 заданий правильные;
- 60-74 % – ответы на 6-9 заданий правильные;
- 0-59 % – ответы на 3-5 заданий правильные.

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ЭКЗАМЕНА (промежуточный контроль)

№№ п/п	Наименование показателя	Отметка в %
1	Ответ к вопросам написан логично, связно и полно приводятся определения.	85-100
2	Уместно и достаточно полно приведены и используются соответствующие прямые формулы.	
3	Все требования, предъявляемые к экзамену выполнены.	

1	В ответе к вопросам логично, связно, но не достаточно полно приводятся определения.	70-84
2	Уместно, но не достаточно полно приведены и используются соответствующие прямые формулы.	
3	Выполнены не все требования, предъявляемые к экзамену.	
1	В ответе к вопросам логично, но не связно и не достаточно полно приводятся определения.	60-69
2	Уместно, но не достаточно полно приведены и используются соответствующие прямые формулы.	
3	Выполнены не все требования, предъявляемые к экзамену.	
1	В ответе к вопросам определения приведены на «примитивном» языке изложения.	31-59
2	Недостаточно используются прямые формулы или, наоборот, избыточно используются косвенные формулы, не предусмотренные для ответа, что привело к искажению ответа.	
3	Выполнены не все требования, предъявляемые к экзамену.	
1	Нет теоретических ответов на вопросы.	0-30
2	Были попытки привести формулы, но нет результатов.	
3	Требования предъявляемые к экзамену не выполнены.	

ГЛОССАРИЙ

АКСЕЛЕРОГРАММА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – запись во времени однокомпонентного процесса изменения ускорения (в виде графика или оцифровки) для фиксированного направления: север-юг (N-S), запад-восток (W-E), вертикали (V). Угловые ускорения не фиксируются и не рассматриваются.

АФТЕРШОК (от англ. after – после, shock – толчок) – толчок после основного землетрясения в его очаговой области. Афтершоки возникают практически сразу же после произошедшего землетрясения в результате продолжающихся подвижек пород, снимающих оставшиеся упругие напряжения в раздробленном сейсмическом очаге. Магнитуда самого крупного афтершока обычно на единицу меньше магнитуды основного толчка, однако, даже менее крупные афтершоки могут причинить существенный ущерб, располагаясь на меньшей глубине и ближе к тому или иному объекту.

АНТИСЕЙСМИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ – в строительстве – совокупность действий, направленных на приспособление планировки населенных пунктов и промышленных узлов, зданий и сооружений к возможному сейсмическому воздействию.

ГИПОЦЕНТР – центральная точка очага землетрясения. В случае протяженного очага под гипоцентром понимают точку начала вспарывания разрыва.

ГЛУБИНА ОЧАГА – расстояние от гипоцентра до его проекции на земную поверхность (эпицентра).

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ – подземные толчки и колебания земной поверхности, возникающие в результате внезапных смещений и разрывов с возникновением тектонической деформации в земной коре или верхней части мантии Земли и передающиеся на большие расстояния в виде упругих колебаний.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ (I – intensity) – сейсмический эффект, оцениваемый в баллах по описательной шкале интенсивности сотрясений земной поверхности, основанной на реакции людей, строительных объектов и на изменениях природных объектов. Сейсмический эффект определяется в основном тремя параметрами: уровнем амплитуд, преобладающим периодом и продолжительностью колебаний. Последний фактор может оказаться решающим для нарушения устойчивости сооружений, для которых кратковременная нагрузка даже с весьма высокой амплитудой (ускорением) может быть неопасной. В Российской Федерации используется сейсмическая шкала MSK-64. Максимальное значение интенсивности в этой шкале, как и в большинстве других аналогичных шкал, составляет 12 баллов. Более современной шкалой сейсмической интенсивности является 12-балльная Европейская макросейсмическая шкала – EMS-98. Инженеры-строители при проектировании зданий и сооружений обычно учитывают информацию об интенсивности, начиная с 7 баллов или выше.

ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – комплекс аварийно-спасательных и других неотложных работ, проводимых после возникновения землетрясений и направленных на спасение жизни людей, снижение размеров ущерба и материальных потерь.

МАГНИТУДА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ (M – от лат. magnitudo – величина) – условная логарифмическая величина, определенная по инструментальным наблюдениям сейсмическими станциями и характеризующая общую энергию упругих колебаний,

вызванных землетрясениями или взрывами. Магнитуда позволяет сравнивать источники колебаний по их энергии. Максимальное значение – около 9.

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ – сейсмологические исследования, основанные на изучении проявления землетрясений на поверхности Земли. Макросейсмические исследования позволяют оценивать конфигурацию зон той или иной балльности, давать информацию о сейсмическом режиме, судить о параметрах очага и строении среды.

МИГРАЦИЯ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ – последовательное возникновение в пространстве и во времени очагов близких по магнитуде землетрясений (обычно в интервале $\pm 0,2$ при шаге 0,5 единицы магнитуды) вдоль сейсмогенерирующих геологических структур соответствующих рангов (иерархическая система разломов). Чем глубиннее и протяженнее структура, тем выше магнитуда мигрирующих вдоль нее очагов землетрясений. Очаг очередного землетрясения в конкретном интервале магнитуд обычно удален от аналогичного очага на расстояние, примерно равное четырехкратному его размеру (протяженности), а время его возникновения примерно соответствует периоду повторяемости таких землетрясений вдоль всей сейсмогенной структуры.

МОДЕЛЬ ЗОН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ – физическое описание явлений и процессов в геологических структурах, генерирующих землетрясения. В основу модели зон возникновения очагов землетрясений (зон ВОЗ) положен совместный анализ геоморфологических, геодинамических, геофизических и сейсмологических данных.

ОЧАГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – объем геологической среды, где происходят разрывы пород и высвобождение упругих напряжений. Размер области очага и величина сбрасываемых упругих напряжений обуславливает энергию сейсмических волн и магнитуду землетрясения. Мерой величины очага является также сейсмический момент – произведение модуля сдвига горных пород на площадь разрыва и амплитуду смещения.

ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – определение или уточнение места и района вероятного землетрясения, интервалов времени и энергии или магнитуды, в пределах которых ожидается землетрясение.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОЧАГИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (ПОЗ) – наиболее опасные в сейсмическом отношении участки сейсмогенерирующих зон, которые проявляли себя сейсмическими подвижками большой магнитуды в очень далеком прошлом (палеосейсмодислокации, археологические данные и др.), отстоящим от настоящего времени на число лет, превышающее среднесреднегодный период повторяемости землетрясений такой магнитуды. По тектоническим и геодинамическим признакам могут быть выделены и менее явные потенциальные очаги, о сейсмической истории которых пока ничего не известно.

ПРОИЗВОДНАЯ СЕЙСМОГРАММА – запись сейсмоперемещений во времени, полученная двойным численным интегрированием акселерограммы при корректировке (установлении) нулевой линии перемещений. Такие сейсмограммы отличаются от инструментальных сейсмограмм, записанных на сейсмографах, значительными (до десятков и даже более сотни сантиметров) размахами перемещений, на регистрацию которых не рассчитан ни один сейсмограф. Обратным численным дифференцированием производной сейсмограммы получают скорректированную в области сверхнизких частот спектра ответа акселерограмму,

позволяющую корректно рассчитывать подвесные низкочастотные системы (котлы, грузы на стропах, сейсмоизоляционные платформы) и скользящекачущиеся объекты. **ПРОЕКТНОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ (ПЗ)** – землетрясение заданной сейсмичности со средней повторяемостью один раз в 500 лет.

РАЙОНИРОВАНИЕ – деление территории или акватории на части (районы), различающиеся между собой и в чем-то однородные внутри себя. Признаки, по которым выделяются районы, могут быть различны по характеру, по широте охвата признаков, по цели районирования. В начале исследования территории или акватории часто проводится ее предварительное районирование, позволяющее правильно построить работы.

СЕЙСМИЧНОСТЬ – подверженность Земли или отдельных территорий землетрясениям. Характеризуется территориальным распределением очагов землетрясений, их магнитудами и частотой возникновения (сейсмический режим), интенсивностью и другими параметрами.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ШКАЛА – шкала оценки интенсивности колебаний на поверхности Земли при землетрясениях. В России принята 12-балльная шкала MSK-64, аналогичная европейской шкале Меркалли-Канкани-Зиберга 1917 г., или американской модифицированной шкале MMI 1931 г.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ – сохранность жизни людей, состояние защищенности населения, инфраструктуры, объектов народного хозяйства и окружающей среды от опасностей, возникающих в результате землетрясения.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА – комплекс правовых, социальных, экономических, образовательных, организационных, научных, инженерно-технических и других специальных мероприятий, направленных на обеспечение сейсмической безопасности и устойчивого развития государства и общества.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА (СЕЙСМОНАГРУЗКА) – динамическая нагрузка объекта, возникающая при сейсмозодействии; представляется инерционными силами и моментами, вызываемыми переносными и относительными ускорениями объекта при колебаниях.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ – максимальные сейсмические воздействия, возникающие с определенной вероятностью на заданной территории в заданном интервале времени и связанные с повторяемостью землетрясений. Оценка сейсмической опасности – первый шаг к сейсмическому районированию и оценке сейсмического риска. Сейсмическая опасность обуславливается явлениями, сопровождающими землетрясения (сотрясения грунта, поверхностные разрывы, оползни, обвалы, цунами и т. п.) и влияющими на нормальную жизнедеятельность.

СЕЙСМИЧЕСКАЯ УЯЗВИМОСТЬ – отношение ожидаемых затрат на восстановление объектов, которые могут быть подвержены разрушающему воздействию землетрясения заданной интенсивности к их первоначальной стоимости. Уязвимость изменяется от 0 (отсутствие повреждений) до 1.0 (не подлежит восстановлению). Зная текущую стоимость объекта можно определить ущерб в денежном выражении. Зависимость уязвимости от сейсмического воздействия (например, в баллах) называется функцией уязвимости.

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ – способность зданий и сооружений переносить сейсмические воздействия, сохраняя свои эксплуатационные качества в пределах, предусмотренных положениями действующих норм и технических регламентов.

СЕЙСМОАКТИВНАЯ ЗОНА – зона в пределах сейсмоактивного региона, выделяемая по комплексу сейсмологических и геолого-геофизических признаков.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЛНЫ – упругие колебания, распространяющиеся в Земле от очагов землетрясений, взрывов и других сейсмических источников.

СЕЙСМИЧЕСКИЕ КАРТЫ – карты, отображающие различные проявления землетрясений: силу подземных толчков, эпицентры землетрясений, глубину очагов и др.

СЕЙСМИЧЕСКИЙ ПОЯС – глобальные протяженные зоны концентрации очагов землетрясений. На земном шаре основными сейсмоактивными поясами являются: Тихоокеанский, Средиземноморско-Азиатский и Монголо-Байкальский.

СЕЙСМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ – сейсмическая активность (частота) возникновения во времени очагов землетрясений разных магнитуд, обусловленная особенностями пространственно-временного и энергетического развития глубинных сейсмогеодинамических процессов и структурой сейсмоактивных регионов. Характеризуется среднесуточными периодами повторяемости землетрясений разных магнитуд, миграцией сейсмической активизации, возникновением периодов повышенной активности и затишья и т. п.

СЕЙСМИЧЕСКИЙ РИСК – вероятность социально-экономического ущерба от возможных землетрясений в соответствии с расчетной сейсмической опасностью территории и уязвимостью строительных и природных объектов (тип зданий и инфраструктур, качество строительных объектов, плотность населения, оползни, сели, экология и т. д.). На основании оценок сейсмической опасности и оценок уязвимости зданий и сооружений населенных пунктов могут быть составлены карты сейсмического риска, на основании которых, зная стоимость объектов, можно оценить ожидаемый ущерб в денежном исчислении.

СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ – картирование потенциальной сейсмической опасности в баллах макросейсмической шкалы или в других параметрах (ускорение, скорости колебаний грунта и др.), которые необходимо учитывать при строительстве в сейсмических районах.

СЕЙСМИЧЕСКОЕ ЗАТИШЬЕ – пространственно-временная область недостатка слабых толчков или землетрясений средней силы по сравнению со средним фоном. Нередко сейсмическое затишье встречается перед сильным землетрясением.

СЕЙСМОГЕОДИНАМИКА – в отличие от сейсмо тектоники, характеризующей преимущественно статику и геометрическую связь сейсмических очагов с глубинным строением, рассматривает природу сейсмичности как результат движений земной коры и всей литосферы с учетом их иерархической структуры, прочностных свойств, напряженно-деформированного состояния, процессов разрушения на разных масштабных уровнях – от локальных очагов отдельных землетрясений до региональных и глобальных сейсмогенерирующих структур, а также пространственно-временного развития сейсмической активности (миграция очагов и др.). Термин «сейсмогеодинамика» был введен В. И. Уломовым в начале 70-х гг. XX в. и получил широкое распространение, в том числе и за рубежом.

СЕЙСМОГРАФ – прибор, предназначенный для записи колебаний земной поверхности, вызываемых сейсмическими волнами.

СЕЙСМОМЕТРИЯ – раздел сейсмологии, разрабатывающий приборы и методы регистрации (записи) колебаний грунтов, сооружений и др. объектов, главным образом при воздействии на них сейсмических волн. Сейсмометрия начала развиваться с начала XX в. Приборы для записи сейсмических колебаний называются сейсмографами, результаты записи – сейсмограммами. Регистрация сейсмических

волн, возникающих при землетрясениях, ядерных взрывах и от других источников упругих волн, ведётся на сейсмических станциях автоматически и непрерывно.

СЕЙСМОВОЗДЕЙСТВИЕ – колебательное принудительное движение условной платформы (основания), сообщающей закреплённому на ней объекту переносное (во внешней неподвижной системе отсчета) ускорение, заданное акселерограммами в общем случае в трех ортогональных направлениях движения.

СЕЙСМОУСТОЙЧИВОСТЬ – способность построек и конструкций выдерживать землетрясения с минимальными повреждениями.

СИЛА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – степень проявления землетрясения на земной поверхности; оценивается в баллах. В большинстве стран принята международная 12-балльная шкала, в Японии – 7-балльная. Обычно сила землетрясения уменьшается по мере удаления от эпицентра. Сила землетрясения зависит также от свойств горных пород, наличия подземных вод и т. д.

СОБСТВЕННАЯ ЧАСТОТА КОЛЕБАНИЙ – число колебательных циклов, совершаемых динамической системой за секунду в процессе её свободных колебаний по одной из собственных форм (циклических взаимосогласованных перемещений). Последние определяются распределением в системе характеристик жесткости и инерции, её динамических степеней свободы.

СЦЕНАРИЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – система прогнозирования, наблюдения и характеристики землетрясения, поведения людей, а также план действия ликвидации последствий землетрясения.

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ – землетрясения, обусловленные тектоническими процессами и возникающие в результате внезапного высвобождения энергии, накопившейся в недрах Земли при деформации больших объемов горных пород.

УДАЛЕННОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ – землетрясение, эпицентральное расстояние которого составляет более 1000 км.

ЭНЕРГИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ – потенциальная энергия среды, которая при землетрясении идет на разрушение материала среды, трение при подвижке и образование сейсмических волн.

ЭПИЦЕНТР – центральная поверхностная точка очага землетрясения;

ЭПИЦЕНТРАЛЬНАЯ ЗОНА – зона вблизи эпицентра сильного землетрясения, подвергающаяся существенному воздействию; зона наиболее интенсивных колебаний грунта.

ЭПИЦЕНТРАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ – расстояние от эпицентра землетрясения до точки наблюдения.