

## Содержание

<b>ГЛАВА 6. ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЯ В УСЛОВИЯХ ТЕКТОНИЧЕСКОГО СДВИГА .....</b>	<b>1</b>
6.1. Введение .....	1
6.1.1. Стили, масштабы и обстановки деформаций .....	3
6.1.2. Сегментация сдвигов. ....	9
6.1.3. Сейсмический деформационный цикл у сдвигов. ....	9
6.1.4. Исторические землетрясения-аналоги .....	11
6.2. Геоморфологические признаки палеоземлетрясений .....	16
6.2.1. Формы рельефа, используемые как маркирующие линии .....	17
6.2.2. Использование сдвиговых смещений для расчетов долговременных скоростей смещения .....	40
6.2.3. Пространственные и временные вариации в поверхностном смещении .....	44
6.2.4. Реконструкция смещений в результате отдельных землетрясений ...	48
6.3. Стратиграфические признаки палеоземлетрясений .....	54
6.3.1. Общий стиль деформаций у сдвиговых разломов в разрезе. ....	54
6.3.2. Осадконакопление и выветривание в зонах сдвигов .....	55
6.3.3. Траншейные методы исследований .....	60
6.3.4. Стратиграфические свидетельства палеоземлетрясений .....	65
6.3.5. Измерение латеральных смещений на основе стратиграфических данных .....	75
6.3.6. Распознавание криповых смещений и эпизодических смещений ...	85
6.4. Датирование палеоземлетрясений .....	87
6.5. Интерпретация истории палеоземлетрясений при помощи ретродеформаций .....	91
6.5.1. Ретродеформирование документации траншей .....	92
6.6. Распознавание сейсмогенных и несейсмогенных сдвигов .....	94
6.6.1. Тектонические, но несейсмогенные сдвиги .....	94
6.6.2. Нетектонические и несейсмогенные сдвиги. ....	94
<b>ГЛАВА 7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСЛОКАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С РАЗЖИЖЕНИЕМ И ДРУГИМИ ЯВЛЕНИЯМИ В РЫХЛЫХ ГРУНТАХ ПРИ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.....</b>	<b>96</b>
7.1. Введение .....	96
7.2. Обзор формирования различных проявлений разжижения водонасыщенных грунтов .....	100
7.2.1. Процесс разжижения и флюидизации. ....	105
7.2.2. Факторы, влияющие на разжижаемость и эффекты флюидизации ..	108
7.3. Критерии, указывающие на сейсмогенное разжижение. ....	112

7.4.	Избранные исторические и доисторические примеры разжижения водонасыщенных грунтов . . . . .	113
7.4.1.	Побережье Южной Каролины . . . . .	114
7.4.2.	Нью-Мадридская сейсмическая зона . . . . .	124
7.4.3.	Сейсмическая зона долины Вабаш . . . . .	144
7.4.4.	Прибрежные районы штата Вашингтон . . . . .	151
7.5.	Явления, в целом, несейсмогенной или неясной природы . . . . .	159
7.5.1.	Наземные проявления нарушений . . . . .	160
7.5.2.	Проявления, сформированные в подводных обстановках . . . . .	162
7.5.3.	Формы, образованные выветриванием . . . . .	173
7.5.4.	Формы, возникшие в перигляциальных условиях . . . . .	174
7.6.	Оценка силы палеоземлетрясений . . . . .	175
7.6.1.	Связь с интенсивностью землетрясений по модифицированной шкале Меркалли . . . . .	176
7.6.2.	Предел магнитуд . . . . .	176
7.6.3.	Приемы, основанные на инженерной практике . . . . .	179
7.6.4.	Обзор оценок магнитуды . . . . .	182
7.6.5.	Негативные свидетельства . . . . .	183
<b>Глава 8.</b>	<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПОЛЗНЕЙ ПРИ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ . . . . .</b>	<b>185</b>
8.1.	Введение . . . . .	185
8.2.	Распознавание оползней . . . . .	187
8.3.	Определение возраста оползней . . . . .	189
8.3.1.	Исторические методы . . . . .	189
8.3.2.	Дендрохронология . . . . .	190
8.3.3.	Радиометрическое и космогенное датирование . . . . .	191
8.3.4.	Лихенометрия . . . . .	192
8.3.5.	Корки выветривания . . . . .	192
8.3.6.	Палинологический анализ . . . . .	192
8.3.7.	Геоморфологический анализ . . . . .	193
8.4.	Установление сейсмического генезиса оползней . . . . .	194
8.4.1.	Региональный анализ оползней . . . . .	194
8.4.2.	Морфология оползней . . . . .	198
8.4.3.	Сакунги . . . . .	201
8.4.4.	Отложения сейсмогенных оползней . . . . .	204
8.4.5.	Оползни, перекрывающие разрывы . . . . .	205
8.4.6.	Неустойчивые останцы . . . . .	205
8.4.7.	Спелеосейсмология . . . . .	206
8.4.8.	Резюме . . . . .	208
8.5.	Анализ сейсмического происхождения оползней . . . . .	208
8.5.1.	Физические условия формирования оползней в Нью-Мадридской сейсмической зоне . . . . .	209
8.5.2.	Геотехнические исследования . . . . .	211

8.5.3. Статический (асейсмический) анализ устойчивости склона . . . . .	212
8.5.4. Динамический (сейсмический) анализ устойчивости склона . . . . .	214
8.6. Интерпретация результатов палеосейсмологического изучения оползней . . . . .	229
8.6.1. Характеристика сейсмогенных оползней . . . . .	229
8.6.2. Определение магнитуды и положения эпицентра землетрясения . . .	233
8.7. Заключительные комментарии . . . . .	235
<b>ГЛАВА 9. ПРИМЕНЕНИЕ ПАЛЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРИ ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ И НЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ. . . . .</b>	<b>237</b>
9.1. Введение . . . . .	237
9.1.1. Оценка сейсмической опасности: краткое описание . . . . .	241
9.2. Оценка магнитуды палеоземлетрясения. . . . .	244
9.2.1. Методы, использующие первичные дислокации . . . . .	246
9.2.2. Методы, использующие вторичные сейсмодислокации . . . . .	267
9.3. Средние скорости палеосейсмического смещения по разломам и повторяемость палеоземлетрясений . . . . .	268
9.3.1. Построение графиков истории смещения временные вариации смещения в данной точке. . . . .	269
9.3.2. Средние скорости смещений . . . . .	274
9.3.3. Графики распределения смещения вдоль разрыва совместное отображение пространственных и временных изменений величины подвижки вдоль простирания разрыва . . . . .	280
9.3.4. Оценка повторяемости с использованием средних скоростей смещения. . . . .	284
9.3.5. Оценка повторяемости с помощью абсолютного датирования палеоземлетрясений . . . . .	286
9.3.6. Построение пространственно-временных диаграмм. . . . .	288
9.3.7. Интерпретация пространственно-временных диаграмм для установления синхронности палеоземлетрясений и выявления многосегментных разрывов . . . . .	293
9.4. Сегментация разрывов . . . . .	295
9.4.1. Сейсмогенерирующие сегменты . . . . .	298
9.4.2. Сегменты разломов . . . . .	299
9.4.3. Границы сегментов . . . . .	301
9.4.4. Поведение границ сегментов . . . . .	302
9.4.5. Сегментация исторических поверхностных разрывов . . . . .	304
9.4.6. Полезна ли концепция сегментации? . . . . .	304
9.5. Модели поведения разломов . . . . .	308
9.5.1. Модели с изменяющимся смещением. . . . .	310
9.5.2. Модели с одинаковым смещением. . . . .	310
9.6. Модели повторяемости землетрясений . . . . .	313
9.6.1. Статистический анализ хронологии палеоземлетрясений . . . . .	316
9.6.2. Временная кластеризация, «влияние» разлома и механизмы, приводящие к нерегулярной повторяемости . . . . .	323

9.6.3. Использование данных о повторяемости для оценки условной вероятности будущей подвижки по разлому . . . . .	328
9.7. Использование палеосейсмологических данных при детерминистском и вероятностном анализе сейсмической опасности . . . . .	332
9.7.1. Детерминистская оценка сейсмической опасности . . . . .	332
9.7.2. Вероятностная оценка сейсмической опасности в виде Национальных карт сейсмической опасности . . . . .	336
9.7.3. Вероятностный анализ сейсмической опасности для участков и регионов: искусство логических деревьев . . . . .	338
9.7.4. Вероятностная опасность подвижки по разлому . . . . .	356
9.8. Изучение возможности поверхностного разрывообразования на участке строительства . . . . .	359
9.8.1. Выявление четвертичных разломов на площадке . . . . .	360
9.8.2. Тщательное выделение разломов и определение их положения . . . . .	360
9.8.3. Определение возраста последней подвижки по поверхностному разрыву и класса активности разлома . . . . .	364
9.8.4. Использование палеосейсмологических данных о величине подвижки для выработки рекомендаций о ширине зоны вдоль разлома, запретной для строительства . . . . .	368
9.9. Применение палеосейсмологических данных при неотектонических исследованиях . . . . .	371
9.10. Существующие проблемы в палеосейсмологии и ее дальнейшее развитие . . . . .	372
9.10.1. Распознавание палеоземлетрясений . . . . .	373
9.10.2. Оценка смещения/магнитуды . . . . .	375
9.10.3. Оценка возраста/повторяемости . . . . .	375
9.10.4. Проверка моделей поведения разломов . . . . .	376
9.10.5. Научная стратегия . . . . .	377
<b>Приложение 1. МАГНИТУДНЫЕ ШКАЛЫ . . . . .</b>	<b>379</b>
A.1.1. Локальная (Рихтеровская) Магнитуда ( $M_L$ ) . . . . .	379
A.1.2. Магнитуда по поверхностным волнам ( $M_S$ ) . . . . .	380
A.1.3. Магнитуда по объемным волнам ( $m_{bLg}$ ) . . . . .	381
A.1.4. Моментная магнитуда ( $M_w$ ИЛИ $M$ ) . . . . .	381
<b>Приложение 2. МЕТОДЫ ОТБОРА ОБРАЗЦОВ НА <math>^{14}C</math> . . . . .</b>	<b>383</b>
A.2.1. Сколько отбирать . . . . .	383
A.2.2. Предварительная обработка образцов . . . . .	383
<b>Приложение 3. ПОЛЕВОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЖИЖАЕМОСТИ ГРУНТОВ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ МЕЛКИХ ФРАКЦИЙ . . . . .</b>	<b>385</b>