МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ **СП 408.1325800.2018**

ДЕТАЛЬНОЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И СЕЙСМОМИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛЬ — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук» (ИФЗ РАН)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России)

4 УТВЕРЖДЕН Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 26 декабря 2018 г. № 873/пр и введен в действие с 27 июня 2019 г.

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в установленном порядке. Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте разработчика (Минстрой России) в сети Интернет

© Минстрой России, 2018
© Стандартинформ, оформление, 2019

Настоящий свод правил не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минстроя России

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Общие положения . . . 4
5 Состав, стадийность и сроки выполнения работ по детальному сейсмическому районированию . . . 4
6 Сейсмотектонические исследования . . . 5
6.1 Цели, задачи и этапы сейсмотектонических исследований . . . 5
6.2 Изучение активных разломов и оценка их параметров . . . 5
6.3 Разработка сейсмотектонической модели . . . 6
7 Сейсмологические исследования . . . 7
7.1 Цели сейсмологических исследований . . . 7
7.2 Разработка сводного каталога землетрясений . . . 7
7.3 Локальные сейсмологические наблюдения . . . 7
7.4 Оценка параметров сейсмического режима . . . 8
8 Расчет прогнозных сейсмических воздействий . . . 8
8.1 Общие положения расчета прогнозных сейсмических воздействий . . . 8
8.2 Расчет параметров исходных сейсмических воздействий в баллах шкалы сейсмической интенсивности (методом расчета сейсмической сотрясаемости) . . . 8
8.3 Уровень ускорений грунта . . . 9
8.4 Построение локального спектра и синтетической акселерограммы . . . 9
9 Построение карт детального сейсмического районирования для площадных объектов . . . 10
10 Проведение сейсмического микрорайонирования . . . 11
10.1 Общие правила проведения сейсмического микрорайонирования . . . 11
10.2 Инженерно-геологические исследования . . . 11
10.3 Инструментальные геофизические исследования . . . 12
10.4 Расчеты параметров сейсмических воздействий с учетом грунтовых условий . . . 12
Приложение А (рекомендуемое) Средние значения коэффициентов в уравнении макросейсмического поля для различных регионов . . . 14
Библиография . . . 15

Введение

Настоящий свод правил разработан в соответствии с требованиями Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [1].

Разработка свода правил выполнена авторским коллективом Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук» (руководитель разработки — д-р геол.-мин. наук, проф. *Е.А. Рогожин,* д-р физ.-мат. наук *А.С. Алешин*, д.-р физ.-мат. наук, проф. *Ф.Ф. Аптикаев,* д-р физ.-мат. наук *Р.Э. Татевосян*, канд. физ.-мат. наук *А.И. Лутиков,* канд. геол.-мин. наук *А.Н. Овсюченко*, канд. физ.-мат. наук *О.О. Эртелева*).

С В О Д П Р А В И Л

ДЕТАЛЬНОЕ СЕЙСМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И СЕЙСМОМИКРОРАЙОНИРОВАНИЕ ДЛЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Detailed seismic zoning and seismic microzoning for territorial planning

Дата введения — 2019—06—27

1 Область применения

1.1 Настоящий свод правил распространяется на работы по оценке сейсмической опасности, включающие сейсмотектонические, сейсмологические исследования, детальное сейсмическое районирование (ДСР), сейсмическое микрорайонирование (СМР) и оценку прогнозных сейсмических воздействий для площадных объектов: территорий городов, городских районов (для ДСР и СМР) и субъектов Российской Федерации — краев, областей, республик (для ДСР) в целях предоставления заказчиком всей необходимой информации для предварительного учета ожидаемых параметров сейсмического движения грунта, в том числе смещений по активным разломам.

1.2 Настоящий свод правил распространяется на ДСР и СМР для выполнения работ по территориальному планированию.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 57546—2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности

СП 14.13330.2018 «СНиП II-7—81* Строительство в сейсмических районах»

СП 47.13330.2016 «СНиП 11-02—96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

СП 283.1325800.2016 Объекты строительные повышенной ответственности. Правила сейсмического микрорайонирования

СП 286.1325800.2016 Объекты строительные повышенной ответственности. Правила детального сейсмического районирования

Примечание — При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем своде правил применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

акселерограмма (велосиграмма, сейсмограмма): Зависимость ускорения (скорости, смещения) от времени точки основания или сооружения в процессе землетрясения, имеющая одну, две или три компоненты.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.1]

3.2

активный разлом: Тектоническое нарушение с признаками постоянных или периодических перемещений бортов разлома в позднем плейстоцене — голоцене (за последние 100 000 лет), скорость которых представляет опасность для сооружений и требует специальных конструктивных и (или) компоновочных мероприятий для обеспечения их безопасности.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.3]

3.3

график (закон) повторяемости: Зависимость между числом событий и магнитудой землетрясения $N(M)$, закон повторяемости Гутенберга — Рихтера. Для целей сейсмического районирования число событий в каждом интервале магнитуд нормируется на свой период представительной регистрации T_{repr}, так что

$$\lg\left(\frac{N}{T_{repr}}\right) = -bM_s + A.$$

Параметр N/T_{repr} — это среднее число событий за год в соответствующем интервале магнитуд. График повторяемости оценивает средний период повторения землетрясений с данной магнитудой на территории ДСР.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.5]

3.4

детальное сейсмическое районирование; ДСР: Метод сейсмического районирования, который применяют для определения возможных сейсмических воздействий, в том числе в инженерных терминах, на конкретные существующие и проектируемые сооружения, территории населенных пунктов и отдельных районов. Масштаб карт ДСР — 1:500 000—1:200 000.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.6]

3.5

интенсивность землетрясения: Оценка воздействия землетрясения в баллах по 12-балльной шкале, определяемая по макросейсмическим описаниям разрушений и повреждений природных объектов, грунта, зданий и сооружений, движений тел, а также по наблюдениям и ощущениям людей.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.8]

3.6

матрица сейсмической активности $A_{3.3}$: Аналог сейсмической активности A_{10}, которую вместе с матрицей M_{max} используют для расчета сейсмической сотрясаемости, значения сейсмической активности в которой отнесены к центрам узлов координатной сетки.

Примечание — Магнитуда M_S, равная 3,3, соответствует землетрясениям с энергетическим классом K, равным 10, тем самым сохраняется преемственность в оценках величины сейсмической активности исследованиям прошлых лет и обеспечивается сопоставимость полученных результатов.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.11]

3.7

общее сейсмическое районирование; ОСР: Метод сейсмического районирования, заключающийся в оценке нормативной сейсмичности районов на территории всей страны для нормативных периодов повторяемости. Масштаб карт ОСР — 1:2 500 000—1:8 000 000. При ОСР гарантировано выделение структур, способных генерировать землетрясения с магнитудой выше 6.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.12]

3.8 **опасные геологические процессы:** Геологические процессы, активизирующиеся при сейсмических воздействиях.

3.9

палеосейсмодислокации: Следы на поверхности земли, оставленные палеоземлетрясениями. Выделяют первичные палеосейсмодислокации, к которым относятся сейсмотектонические разрывы, и вторичные, представляющие собой результат сейсмических колебаний — сейсмогенные оползни, обвалы, осыпи, каменные лавины, гравитационные и вибрационные трещины, выбросы разжиженных грунтов и проседания земной поверхности.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.13]

3.10

сейсмическая жесткость: Произведение скорости поперечной волны в грунте на плотность грунта.

[СП 283.1325800.2016, статья 3.11]

3.11

сейсмическая сотрясаемость B_I: Средняя частота повторения сейсмических воздействий балльности I в данной точке.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.18]

3.12

сейсмический режим: Под сейсмическим режимом определенной территории понимается пространственно-временное распределение землетрясений различных энергий (магнитуд).

[СП 286.1325800.2016, статья 3.20]

3.13

сейсмическое воздействие: Движение грунта, вызванное природными или техногенными факторами (землетрясения, взрывы, движение транспорта, работа промышленного оборудования), обусловливающее движение, деформации, иногда разрушение сооружений и других объектов.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.21]

3.14

сейсмическое микрорайонирование; СМР: Метод сейсмического районирования, оценивающий влияние локальных (сейсмотектонических, грунтовых, гидрогеологических, геоморфологических) особенностей геологического строения площадок. Масштаб карт СМР для площадных объектов — 1:50 000 и крупнее.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.22]

3.15

сейсмическое районирование; СР: Картирование ожидаемых сейсмических воздействий, основанное на выявлении зон возможных очагов землетрясений и определении сейсмического эффекта, создаваемого ими на земной поверхности. Карты СР служат для осуществления сейсмостойкого строительства, обеспечения безопасности населения, охраны окружающей среды и других мероприятий, направленных на снижение ущерба при сильных землетрясениях.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.23]

3.16 **сейсмоактивный слой:** Интервал глубин, в котором сосредоточено наибольшее количество очагов сильных сейсмических событий с $M > 5$.

3.17

сейсмотектонический разрыв (сейсморазрыв): Разрыв дневной поверхности, имеющий все признаки тектонического и связанный с выходом сейсмического очага на земную поверхность.

[СП 286.1325800.2016, статья 3.27]

3.18

спектральные характеристики грунтовой толщи: Спектры Фурье, спектры реакции и коэффициенты динамичности грунтового массива.

[СП 283.1325800.2016, статья 3.17]

4 Общие положения

4.1 Настоящий свод правил предназначается для описания методов детального сейсмического районирования ДСР площадных территорий — городов, республик, краев, областей Российской Федерации, а также городов и районов, к которым применимы в данном контексте работы по СМР.

4.2 Детальное сейсмическое районирование является самостоятельным видом работ.

4.3 При оценке сейсмической опасности для объектов территориального планирования необходимо учитывать все зоны возможных очагов землетрясений (ВОЗ), представляющие опасность для объектов предполагаемого строительства, в том числе с магнитудным потенциалом $M \leq 6{,}0$. Выделение зон ВОЗ базируется на использовании результатов полевых работ. Цель ДСР для территориального планирования — предоставление инженерам, проектировщикам и другим заинтересованным лицам детальных данных о прогнозных сейсмических воздействиях и смещениях по активным разломам, необходимых для планируемого размещения объектов согласно СП 47.13330.

Сейсмическое микрорайонирование для объектов территориального планирования (городов, городских районов) выполняют в целях количественной оценки влияния местных условий (состав и свойства грунтов, особенности рельефа, наличие опасных геологических процессов и явлений и др.) на сейсмичность с указанием изменения интенсивности в баллах и (или) инструментальных параметров сейсмических колебаний. Работы по СМР выполняются на участках, изучение которых дает важную информацию для решения задач территориального планирования (участки разломов, распространения специфических грунтов, потенциального разжижения грунтов, склоны, жильные льды и т. п.). Выделение таких участков должно быть обосновано в программе работ.

Согласно [2] сейсмотектонические и сейсмологические исследования выделены в отдельный вид работ в составе инженерно-геологических изысканий.

Согласно СП 14.13330 при определении возможных сейсмических воздействий для конкретных существующих и проектируемых сооружений предусмотрено проведение ДСР в масштабе 1:500 000 и крупнее.

4.4 Карты ДСР для соответствующих территорий после утверждения в установленном порядке заменяют карты ОСР. Значения ожидаемой интенсивности приводят для грунтов категории II по сейсмическим свойствам согласно СП 14.13330.

5 Состав, стадийность и сроки выполнения работ по детальному сейсмическому районированию

Детальное сейсмическое районирование для территориального планирования начинается на первых стадиях инженерно-изыскательских работ, но завершается не менее чем через 2 мес после получения результатов геодезических, инженерно-геологических, сейсмологических и геофизических изысканий. При оценке сейсмической опасности необходимо использование результатов всех значимых сейсмотектонических, палеосейсмологических, инженерно-геологических, геолого-геофизических и геодезических работ, проведенных ранее применительно к объекту территориального планирования. Сюда входят обзорные и детальные геологические, тектонические, сейсмотектонические карты, карты новейшей тектоники, карты разломов, топографические планы, результаты дистанционного зондирования (аэро-, космосъемки, лазерного сканирования и др.), инженерно-геологические и геофизические разрезы, несущие сведения о структурно-тектонических и сейсмогеологических особенностях района, результаты бурения и т. д.

ДСР проводится в три этапа:

1-й этап — сбор и обобщение литературного и фондового материала;

2-й этап — дистанционные и полевые исследования, в частности выявление и прослеживание на местности, а также картирование активных геологических структур (разломов, молодых складок, блоков коры), геофизическое изучение их глубинного строения, регистрация проявлений местной сейсмичности;

3-й этап — обработка всех собранных материалов, разработка заключения об уровне сейсмической активности и основных морфолого-кинематических характеристиках выявленных сейсмогенерирующих структур, построение детальной сейсмотектонической карты (в масштабах 1:500 000, 1:200 000 или крупнее), построение детальной карты сейсмических воздействий, написание отчета о выполненных работах.

Основные виды работ ДСР (раздел 5 СП 286.1325800.2016):

1) сейсмотектонические исследования;

2) сейсмологические исследования;

3) расчет сейсмических воздействий.

Полевые сейсмотектонические исследования могут проводиться только в определенные сезоны (весна — лето — осень).

По результатам проведенных сейсмотектонических и сейсмологических исследований составляется детальная карта сейсмогенерирующих структур с указанием их сейсмического потенциала (M_{max}), морфолого-кинематических характеристик, глубины залегания потенциальных очагов землетрясений. На основании всех этих данных выполняются расчеты прогнозных сейсмических воздействий и составляется детальная карта сейсмического районирования в терминах сейсмической интенсивности [в баллах шкалы интенсивности ГОСТ Р 57546 и (или) в кинематических параметрах движения грунта].

Результаты ДСР в виде карт сейсмической опасности используются в качестве исходных при проведении сейсмического микрорайонирования объектов территориального планирования, то есть оценки сейсмической опасности с учетом грунтовых условий.

6 Сейсмотектонические исследования

6.1 Цели, задачи и этапы сейсмотектонических исследований

Цель сейсмотектонических исследований заключается в составлении детальной сейсмотектонической карты для всей площади объекта территориального планирования как основы для оценки опасности проявлений сейсмических и тектонических явлений. К опасным явлениям относятся собственно сейсмические сотрясения, отражаемые на картах ДСР, а также вторичные эффекты (порожденные землетрясением гравитационные и вибрационные трещины, оползни, обвалы, осыпи, каменные лавины, выбросы разжиженных грунтов и проседания земной поверхности), сейсмотектонические разрывы, возникающие моментально, и медленные смещения по разломам. Положение и характеристики сейсмотектонических разрывов отражаются на детальной сейсмотектонической карте для объекта территориального планирования. Сейсмотектонические разрывы и медленные смещения в зонах активных разломов связаны с разрывными выходами сейсмических очагов на земную поверхность (сейсморазрывами). Ожидаемая амплитуда смещений земной поверхности по сейсморазрывам должна быть отражена на сейсмотектонической карте.

В задачи сейсмотектонических исследований согласно СП 286.1325800 входят:

- выявление активных разломов и картирование их на территории региона с оценкой параметров прогнозных смещений;
- разработка сейсмотектонической модели и построение карты зон ВОЗ в детальном масштабе, опасных для площадных объектов изучения.

Указанные задачи определяют два основных направления сейсмотектонических исследований и тесно взаимосвязаны между собой. Отражение на сейсмотектонической карте параметров прогнозных смещений по активным разломам необходимо для прогноза возможных разрушений строительных объектов. Материалы полевого изучения активных разломов и вторичных палеосейсмодислокаций, наряду с другими сейсмотектоническими и сейсмологическими данными, ложатся в основу карты зон ВОЗ в детальном масштабе.

В качестве первого шага в сейсмотектонических исследованиях принимается сейсмотектоническая основа ОСР.

Сейсмотектонические исследования проводят в три этапа.

На первом этапе проводится сбор исходного материала. На этой основе создается и анализируется региональная сейсмотектоническая база данных в виде серии результирующих карт соответствующего содержания в масштабе 1:500 000 и крупнее.

Второй этап подразумевает проведение полевых сейсмотектонических исследований на всей площади объекта территориального планирования и сопредельных территориях.

Третий этап включает обобщение всех собранных материалов, разработку сейсмотектонической модели и составление карты зон ВОЗ в детальном масштабе.

6.2 Изучение активных разломов и оценка их параметров

Методика выявления и изучения активных разломов приведена в СП 286.1325800.

Необходимо выполнить дешифрирование материалов ДЗЗ для всей территории объекта территориального планирования в камеральных условиях. Дешифрирование помимо непосредственного использования материалов ДЗЗ (космических снимков высокого разрешения, аэрофотоснимков и цифрового рельефа) включает в себя сведение всех картографических материалов (разномасштабных топографических,

геологических, тектонических, геоморфологических и других карт) в единую детальную карту сейсмолинеаментов в общей системе координат, с дальнейшим их всесторонним сопоставительным анализом.

Наиболее информативными для этих целей являются материалы лазерного сканирования. Цель работ заключается в выявлении и точной привязке к картам в детальном масштабе (1:10 000—1:100 000) специфических морфоструктурных элементов, прямо или косвенно указывающих на наличие молодых тектонических деформаций и следов сильных землетрясений. В общем случае в качестве активных выделяются нарушения, отчетливо выраженные в рельефе в виде закономерно ориентированных уступов, ложбин и валов разной протяженности, которые пересекают и смещают различные формы рельефа позднеплейстоцен-голоценового возраста (долины водотоков, речные или морские террасы, конусы выноса, поверхности выравнивания и др.), а также синхронные им отложения.

Дистанционные исследования позволяют предварительно наметить положение активных разломов и вторичных палеосейсмодислокаций на детальной сейсмотектонической карте. Для детальной характеристики активных разломов, непосредственно затрагивающих площадные объекты изучения, дешифрирование проводится на площади, составляющей не менее 20 км в каждую сторону от границ объекта территориального планирования.

Наличие и параметры активных разломов следует определять по результатам полевых исследований на всей площади объекта территориального планирования. Состав полевых сейсмотектонических исследований приведен в СП 286.1325800.

Маршрутное картирование выполняется на всей площади объекта территориального планирования в целях заверки и прослеживания по простиранию молодых тектонических деформаций, выявленных по дистанционным данным, оценки возраста и генетической принадлежности смещенных по разлому отложений и форм рельефа, величины и направленности этих деформаций, оценки ширины зон разломов по геоморфологическим и геологическим данным, а также для выявления других признаков возможной сейсмической активизации — вторичных палеосейсмодислокаций для ключевых участков объекта территориального планирования. Данные о строении разреза молодых отложений в процессе выбора мест для проходки горных выработок позволяют целенаправленно провести геофизические исследования (сейсморазведка, электроразведка, георадарное зондирование). Они же дают возможность оценить проникновение на глубину зоны разлома в разрезе и общую его ширину в плане.

Горные выработки проходятся в целях исследования проявлений разломных зон в молодых отложениях согласно СП 286.1325800.

На сейсмотектонической карте для объекта территориального планирования по результатам полевых сейсмотектонических исследований должны быть указаны характеристики выделенных активных разломов:

1) местоположение в масштабе 1:10 000—1:25 000, ширина зоны разлома;

2) кинематический тип разлома (направление смещений);

3) ориентировка и падение поверхности сместителя;

4) сейсмический потенциал в терминах M_{max}.

Наряду с другими сейсмотектоническими и сейсмологическими данными материалы полевого изучения активных разломов и вторичных палеосейсмодислокаций ложатся в основу детальной карты зон ВОЗ для площади, охватывающей все источники сейсмических воздействий, оказывающие влияние на площадь объекта территориального планирования.

6.3 Разработка сейсмотектонической модели

Для установления точного местоположения активных разломов и построения сейсмотектонической модели и детальной карты зон ВОЗ для всей площади объекта территориального планирования и окружающих районов на расстоянии 50 км от границ объекта исследований используются результаты полевых исследований согласно СП 286.1325800.

Основные элементы сейсмотектонической модели и карты зон ВОЗ приведены в пункте 6.3 СП 286.1325800.2016.

Конечным итогом сейсмотектонических исследований являются:

1) разработка сейсмотектонической модели региона;

2) построение карты зон ВОЗ масштаба 1:200 000—1:500 000;

3) выделение активных разломов, оценка их параметров и точная привязка в масштабе 1:10 000—1:25 000.

Важнейшей составляющей карты зон ВОЗ является расчет прогнозных магнитуд землетрясений. Оценка максимально возможных магнитуд ожидаемых землетрясений (M_{max}) проводится по комплексу

геолого-геофизических, сейсмологических, палеосейсмологических и сейсмотектонических данных. Наиболее надежным является комплексный подход с использованием взаимно дополняющих методов: традиционного, формализованного и палеосейсмологического.

Традиционный метод основан на суммировании геологических, неотектонических, геофизических и сейсмологических данных в виде карты сейсмогенерирующих структур.

Второй метод оценки сейсмического потенциала — формализованный, основанный на численном моделировании геолого-геофизических критериев сейсмичности, с выявлением количественных связей между различными сейсмогеологическими параметрами, наиболее полно на уровне современных знаний отражающими уровень современной активизации той или иной структуры.

Оценка M_{max} по комплексу палеосейсмологических данных основывается на корреляционных связях между магнитудой землетрясения, протяженностью разрыва и величиной подвижки по нему. Уравнения имеют вид:

$$M = a + b \lg L, \quad (6.1)$$

$$M = c + d \lg D, \quad (6.2)$$

где L — длина сейсморазрыва, км;

D — величина одноактного смещения, м;

a, b, c и d — коэффициенты.

Коэффициенты a, b, c и d существенно варьируют в разных регионах и для Земли в целом, и по данным разных авторов. В связи с этим необходим подбор наиболее представительных региональных коэффициентов. Эти соотношения позволяют оценить магнитуду зоны ВОЗ по конкретным деформациям молодых отложений сейсморазрывами, параметры которых получаются в результате проведения полевых сейсмотектонических исследований. В случае отсутствия ярко выраженных активных разломов на поверхности силу древних землетрясений можно восстановить по параметрам вторичных палеосейсмодислокаций (обвалов, оползней, структур разжижения грунтов и др.). К таковым в первую очередь относятся размеры области, охваченной одновозрастными палеосейсмодислокациями. Кроме линейных зон ВОЗ, связанных с активными разломами и сейсмолинеаментами, на основании анализа проявлений рассеянной сейсмичности выделяют площадные домены, для которых характеристиками являются:

1) местоположение в масштабе 1:10 000—1:25 000;

2) глубина заложения;

3) сейсмический потенциал в терминах M_{max}.

Сейсмотектонические исследования позволяют проводить детальное картирование уровня сейсмической опасности на всей площади объекта территориального планирования. В ряде случаев это приводит к существенному сокращению участков с высокой (8—9 баллов) сейсмической опасностью по сравнению с ОСР. В других случаях могут быть найдены новые, ранее неизвестные источники сейсмических воздействий. Тогда уровень сейсмической опасности может быть повышен на локальных участках по сравнению с данными ОСР.

7 Сейсмологические исследования

7.1 Цели сейсмологических исследований

Основными задачами сейсмологических исследований являются: составление базы сейсмологических данных района исследований для разработки каталога землетрясений, оценка средних периодов повторения землетрясений различных магнитуд, определение мощности и глубины залегания сейсмоактивного слоя.

Размер области исследований определяется в соответствии с пунктом 7.1 СП 286.1325800.2016.

7.2 Разработка сводного каталога землетрясений

Сводный каталог землетрясений составляется в соответствии с пунктом 7.2 СП 286.1325800.2016.

7.3 Локальные сейсмологические наблюдения

Для обеспечения исходными сейсмологическими данными организуется локальная сеть сейсмических наблюдений. Параметры сети и методику наблюдений принимают в соответствии с пунктом 7.3 СП 286.1325800.2016.

7.4 Оценка параметров сейсмического режима

В результате сейсмологических исследований модель зон ВОЗ, разработанная по сейсмотектоническим данным, уточняется. Возможно также построение альтернативной модели. Параметры режима определяются в соответствии с пунктом 7.4 СП 286.1325800.2016.

8 Расчет прогнозных сейсмических воздействий

8.1 Общие положения расчета прогнозных сейсмических воздействий

Прогнозные сейсмические воздействия при работах по ДСР для объектов территориального планирования выражаются в терминах интенсивности сотрясений в баллах макросейсмической шкалы.

В случае включения в техническое задание дополнительно требования картирования прогнозных сейсмических воздействий в количественных параметрах сейсмических колебаний в каждой точке предварительно выбранной для картирования сетки при определении сейсмических воздействий следует руководствоваться требованиями СП 286.1325800. Как и для карт интенсивности, карты в ускорениях строятся для грунтов категории II по сейсмическим свойствам согласно СП 14.13330.

Сейсмотектоническими и сейсмологическими наблюдениями при ДСР определяются:

а) ожидаемая магнитуда землетрясения, соответствующая категории объекта на данной площади;

б) глубина очага;

в) тип подвижки в очаге (взброс, сдвиг, сброс и их комбинации);

г) кратчайшее расстояние до поверхности разлома.

Расчет сейсмических воздействий основывается на окончательной модели зон ВОЗ, в которой согласуются сейсмотектонические и сейсмологические данные. Если для объяснения всей совокупности существующих данных могут быть предложены различные модели, среди которых нельзя однозначно выделить единственную достоверную, то в расчеты должны включаться все альтернативные модели по принципу логического «дерева».

Предпочтительным является проведение расчетов сейсмических воздействий как вероятностным, так и детерминистским методом анализа.

При расчетах вероятностным методом следует указать, для какой вероятности превышения рассчитаны воздействия 5 % за 50 лет (период повторяемости один раз в 1000 лет), 10 % за 50 лет (период повторяемости один раз в 500 лет) или 22 % за 50 лет (период повторяемости один раз в 200 лет).

8.2 Расчет параметров исходных сейсмических воздействий в баллах шкалы сейсмической интенсивности (методом расчета сейсмической сотрясаемости)

Расчет сейсмической сотрясаемости в данной точке (ячейке матрицы сотрясаемости) позволяет получать вероятностные оценки исходной интенсивности в этой точке.

Первичными материалами для оценки сейсмической сотрясаемости, то есть исходной интенсивности и ее повторяемости, служат:

1) матрица M_{max}, являющаяся формализованным цифровым аналогом схемы зон ВОЗ;

2) матрица сейсмической активности $A_{3,3}$, которая позволяет для каждой зоны ВОЗ определить присущую ей повторяемость землетрясений различных магнитуд $M \le M_{max}$; при этом в используемой при расчетах сейсмической сотрясаемости матрице сейсмической активности в пределах каждой зоны ВОЗ принимается одно и то же значение сейсмической активности;

3) наклон графика повторяемости b, определяющий вместе с сейсмической активностью повторяемость землетрясений различных магнитуд;

4) данные о средних глубинах очагов землетрясений, источником которых служат распределения по глубине гипоцентров сильных и умеренных землетрясений, при этом за среднюю глубину очагов, как правило, принимают глубину кровли слоя, в котором наблюдается максимум распределения по глубине гипоцентров сильных и умеренных землетрясений;

5) уравнение макросейсмического поля (УМП), дающее эмпирическую корреляционную связь между наблюдаемой макросейсмической интенсивностью, магнитудой землетрясения, эпицентральным расстоянием и глубиной очага.

При расчетах сейсмической сотрясаемости используется УМП в форме Блейка — Шебалина, параметры которого получены относительно грунтов категории II по сейсмическим свойствам:

$$I = aM_S - v \cdot \lg R + c, \quad (8.1)$$

где R — расстояние между гипоцентром землетрясения и точкой наблюдения, то есть $R = \sqrt{(\Delta^2 + h^2)}$.

Здесь Δ и h — эпицентральное расстояние и глубина очага в километрах соответственно, a, v, c — коэффициенты.

Параметры УМП (коэффициенты a, v, c) для некоторых регионов Российской Федерации приведены в приложении А. При необходимости в случае особо ответственных объектов параметры УМП могут уточняться.

Расчет сейсмической сотрясаемости в данной точке (ячейке матрицы сотрясаемости) осуществляется путем численного интегрирования сейсмических воздействий в этой точке от всех сейсмических источников (ячейки матрицы M_{max}) на рассматриваемой территории с учетом средней частоты повторения в них землетрясений различных магнитуд (ячейки матрицы сейсмической активности) от низшей представительной вплоть до M_{max}. Средняя частота повторения землетрясений с магнитудами $M \le M_{max}$ определяется в каждой ячейке матрицы M_{max} по величине сейсмической активности $A_{3,3}$ в этой ячейке и наклону графика повторяемости.

При этом в каждой зоне ВОЗ принимается единое значение $A_{3,3}$, равное максимальному наблюденному значению $A_{3,3}$ в этой зоне. Проблема неточечности больших очагов при численном интегрировании решается соответствием площадей зон ВОЗ величине принятой для них M_{max}.

При расчете параметров исходных сейсмических воздействий в баллах макросейсмической шкалы допускается применять и иные методы.

8.3 Уровень ускорений грунта

В случае включения в техническое задание дополнительного требования на производство работ по картированию прогнозных значений уровней ускорений грунта для последующего использования их при применении динамического метода расчета на сейсмостойкость в каждой точке предварительно выбранной для картирования сетки при расчетах уровня ускорений грунта следует руководствоваться требованиями пункта 8.3 СП 286.1325800.2016.

Примечание — При расчетах пиковых ускорений грунта следует принимать во внимание, что при $I > 7{,}5$, где I — интенсивность в баллах, амплитуды колебаний на рыхлых грунтах меньше, чем на скальных (в пределах стандартных отклонений), но сейсмическая интенсивность возрастает за счет резкого увеличения продолжительности колебаний. При $I = 7{,}0$ половина приращения интенсивности относится к амплитуде, а половина — к продолжительности колебаний.

8.4 Построение локального спектра и синтетической акселерограммы

В случае включения в техническое задание дополнительного требования создания набора прогнозных сейсмических воздействий в виде локальных спектров и акселерограмм в отдельных пунктах на исследуемой территории при построении локальных спектров реакции и соответствующих акселерограмм следует руководствоваться требованиями пунктов 8.8—8.9 СП 286.1325800.2016. Для расчета преобладающего периода колебаний грунта следует руководствоваться требованиями пункта 8.4 СП 286.1325800. Для расчета продолжительности колебаний грунта следует руководствоваться требованиями пункта 8.5 СП 286.1325800.2016. Для расчета частотного состава колебаний следует руководствоваться требованиями пункта 8.6 СП 286.1325800.2016. Для выбора значения коэффициента динамического усиления следует руководствоваться требованиями пункта 8.7 СП 286.1325800.2016. Список пунктов (населенных пунктов и др.) должен быть приведен в техническом задании.

В случае применения при расчетах количественных параметров сейсмических воздействий эмпирического метода согласно пунктам 8.3—8.9 СП 286.1325800.2016 поправки в спектр, описанные в 10.4, не вводятся, поскольку в принятой методике отбор материала для составления эмпирических формул проводился с учетом грунтовых условий.

В случае применения теоретических расчетов количественных параметров сейсмических воздействий, проводимых для случая скального грунта с последующим пересчетом на локальные грунтовые условия, необходимо проведение процедуры, описанной в 10.4, или аналогичной.

Примечание — Следует принимать во внимание, что теоретические методы обладают меньшей точностью, так как вблизи строительных площадок в Российской Федерации, как правило, записи сильных движений отсутствуют.

9 Построение карт детального сейсмического районирования для площадных объектов

При построении карт ДСР для площадных объектов состав работ принимается в соответствии с 8.2.

Итогом этих работ является картирование исходного сейсмического балла применительно к грунтам категории II по сейсмическим свойствам согласно СП 14.13330 в рамках карт сейсмической опасности с вероятностями возможного превышения исходного балла 22, 10 и 5 % в течение 50 лет.

Для территории с объектами пониженной ответственности принимают вероятность превышения 22 % в течение 50 лет, что соответствует среднему периоду повторяемости один раз в 200 лет; для территории с объектами нормальной ответственности принимают вероятность превышения 10 % в течение 50 лет, что соответствует среднему периоду повторяемости один раз в 500 лет; для территории с объектами повышенной ответственности принимают вероятность превышения 5 % в течение 50 лет, что соответствует среднему периоду повторяемости один раз в 1000 лет.

Картографической основой для разработки карт ДСР является составленная на предыдущем этапе карта зон ВОЗ для всей изучаемой территории.

Для каждой из зон ВОЗ указывают максимальную ожидаемую магнитуду M_{max}, глубину заложения сейсмического очага, характер подвижек в очагах ожидаемых землетрясений, кратчайшее расстояние до поверхности. Для площадных зон ВОЗ (доменов) указывают максимальную ожидаемую магнитуду M_{max}, глубину заложения сейсмического слоя, кратчайшее расстояние до поверхности.

От каждой из зон ВОЗ согласно 8.2 методом расчета сейсмической сотрясаемости проводится оценка сейсмических воздействий в баллах шкалы сейсмической интенсивности для системы ячеек матрицы, полностью покрывающих всю территорию объекта территориального планирования.

При построении карт сейсмической интенсивности для территорий используют матрицу интенсивности, численно подбираемую из матриц сотрясаемости при фиксированных средних периодах повторения сейсмических воздействий (один раз в 200, 500, 1000 лет) или других периодов повторяемости при включении в техническое задание дополнительного требования построения таких карт в баллах шкалы сейсмической интенсивности согласно ГОСТ Р 57546.

Расчет матрицы интенсивности ведется по координатной сетке для ячеек размерами 10' (0,167°) по широте и 15' (0,25°) по долготе, совпадающих с координатной сеткой ячеек, для которых рассчитывалась матрица сейсмической активности и была оцифрована матрица M_{max}, полученная из схемы зон ВОЗ.

Картирование интенсивности сейсмических воздействий проводят методом построения изолиний балльности путем осреднения значений балльности, рассчитанных для каждой ячейки. Выбор типа картирования сейсмической интенсивности в цельночисленных или дробных значениях осуществляют в соответствии с требованиями технического задания.

Картирование сейсмических воздействий в терминах пиковых ускорений грунта осуществляют только на карте ДСР с периодом повторяемости один раз в 1000 лет для грунтов II категории по сейсмическим свойствам согласно СП 14.13330, без учета локальных грунтовых условий, получаемых при проведении работ по СМР.

В каждом узле выбранной координатной сетки проводят расчет пиковых ускорений грунта от выделенных зон ВОЗ. Для картирования выбирают максимальное из рассчитанных пиковое ускорение, и его значение присваивают узлу сетки.

Методику расчета пикового ускорения выбирают в зависимости от применяемого метода расчета на сейсмостойкость. При использовании линейно-спектрального метода расчета на сейсмостойкость в качестве входных данных принимают оценки сейсмической интенсивности и последующий пересчет в эффективные ускорения проводят согласно СП 14.13330. При использовании динамического метода расчета на сейсмостойкость расчет пикового ускорения проводят в соответствии с требованиями пункта 8.3 СП 286.1325800.

Изолинии проводят для значений PGA = 45; 70; 110; 175; 280; 440; 700 см/с^2, что соответствует интенсивностям I = 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0 баллам согласно ГОСТ Р 57546.

Карта служит для построения синтетических акселерограмм при динамическом методе расчета на сейсмостойкость.

При включении в техническое задание дополнительного требования расчета ускорения с вероятностью, отличной от 0,5, используют стандартное отклонение σ(PGA) = 60 %.

10 Проведение сейсмического микрорайонирования

10.1 Общие правила проведения сейсмического микрорайонирования

Работы СМР являются частью инженерно-геологических изысканий на площадках строительства объектов территориального планирования.

Сейсмическое микрорайонирование для объектов территориального планирования (городов, городских районов) выполняется в целях оценки влияния местных условий (состав и свойства грунтов, особенности рельефа, наличие опасных геологических процессов и явлений и др.) на сейсмичность с указанием изменения интенсивности в баллах и (или) инструментальных параметров сейсмических колебаний. Работы по СМР выполняются на ключевых участках, изучение которых дает важную информацию для решения задач территориального планирования (участки разломов, участки распространения специфических грунтов, потенциального разжижения грунтов, склоны, жильные льды и т. п.). Выделение таких участков должно быть обосновано в программе работ.

Параметры сейсмических колебаний соответствуют распределению сейсмических свойств грунтов на площадке изысканий, полученных в результате комплексных инженерно-геологических работ.

В результате работ по СМР для площадных объектов должна составляться карта СМР. Масштаб карты СМР площадных объектов в зависимости от категории сложности инженерно-геологических условий и площади СМР принимают по таблице 10.1.

Таблица 10.1

Категория сложности инженерно-геологических условий	Масштаб при площади объекта, км^2			
	более 100	от 20 до 100	от 5 до 20	менее 5
I	1:25 000	1:25 000	1:10 000	1:5000
II	1:25 000	1:10 000	1:5000	1:5000
III	1:10 000	1:10 000	1:5000	1:5000

Параметры исходной сейсмичности на площадных объектах территориального планирования определяются по результатам ДСР. В случае если на территории планирования строительства не проводилось ДСР, допускается проводить уточнение исходной сейсмичности (УИС) с использованием материалов сейсмотектонических исследований, руководствуясь положениями, изложенными в СП 286.1325800.

Ввиду большого объема и сложности перечисленных инженерно-геологических и инструментальных геофизических исследований, необходимых для выполнения СМР, эти работы допускается проводить для небольших площадных объектов — площадок строительства, городов и их частей. Обширные площадные объекты (например, области, края, республики) не могут быть охвачены СМР в силу большой сложности сбора и обобщения необходимой информации для его качественного выполнения.

10.2 Инженерно-геологические исследования

10.2.1 Инженерно-геологические изыскания являются главным элементом комплексных работ на площади объекта территориального планирования при проведении СМР.

Основные задачи, решаемые при инженерно-геологических исследованиях в комплексе работ по СМР на площади объекта территориального планирования, определяются в соответствии с пунктом 5.2 СП 283.1325800.

Основные методы изучения инженерно-геологических свойств грунтового массива на площади объекта территориального планирования определяются в соответствии с пунктом 5.3 СП 283.1325800.

Слоистость грунтовой толщи при инженерно-геологических изысканиях определяется по данным бурения. При лабораторных и полевых методах изучения керна определяют физико-механические параметры каждого слоя, в частности плотность грунта и модуль деформации.

10.2.2 При СМР в рамках инженерных изысканий на площадных объектах территориального планирования помимо сейсмической опасности учитывают также геологическую опасность, то есть опасность активизации геологических явлений в связи с сейсмическими воздействиями.

К опасным геологическим процессам и явлениям относятся:

1) тектонические разрывы;

2) карстовые проявления;

3) склоновые процессы;

4) разжижение и просадки грунта при сильных сейсмических воздействиях;

5) предпостроечное замачивание просадочных грунтов;

6) криогенные процессы в дисперсных грунтах.

10.2.3 Грунтовые условия при наличии опасных геологических процессов разделяют на две категории — худшие и нормальные. К худшим грунтовым условиям следует отнести:

1) участки с просадочными и свежезамоченными лессовыми грунтами;

2) участки, сложенные мерзлыми грунтами, с возможным оттаиванием;

3) участки вблизи тектонических нарушений, перекрытых слоем рыхлых осадков незначительной (не более 10 м) мощности;

4) участки, представленные скоростными разрезами с резким контрастом свойств рыхлого чехла, лежащего на скальном основании, способствующими образованию резонансных явлений;

5) участки на крутых склонах;

6) обводненные участки проявления опасных геологических явлений, поскольку обводнение способствует активизации опасных геологических процессов;

7) участки, в разрезе которых встречаются включения жильных льдов.

10.2.4 Основным результатом инженерно-геологических работ на площадном объекте является инженерно-геологическая модель на расчетную глубину, равную 30 м.

10.2.5 Картирование опасных геологических процессов требуется осуществлять на прилегающей к площадному объекту территории. Конкретное удаление от объекта СМР зависит от физической природы опасных явлений. Если опасные явления отмечены в окрестности площадки изысканий, то существует вероятность проявления их в будущем непосредственно на данном объекте территориального планирования.

10.3 Инструментальные геофизические исследования

Инструментальные геофизические исследования проводят в целях получения данных о сейсмических свойствах грунтовой толщи. При этом решают следующие задачи:

1) получение сейсмических разрезов грунтовой толщи;

2) определение мощности рыхлого чехла;

3) сопоставление инженерно-геологических и сейсмических разрезов;

4) изучение спектральных характеристик грунтовой толщи.

Комплекс инструментальных исследований включает применение сейсморазведочных, сейсмологических, в том числе микросейсмических, электроразведочных и других геофизических методов.

При СМР объектов территориального планирования важнейшей задачей является картирование инженерно-геологических моделей грунта, дополненных значениями сейсмической жесткости каждого инженерно-геологического элемента, различающихся реакцией грунтовой толщи на сейсмические воздействия, подходящие к ним со стороны упругого (скального) полупространства. Каждый отдельный участок районируемой территории характеризуется набором параметров сейсмических воздействий, определяемых совокупным влиянием как исходного сейсмического воздействия, так и локальных свойств грунтовой толщи.

Для характеристики сейсмических свойств массива грунтов, влияющих на параметры сейсмических воздействий, принимают значения средних сейсмических жесткостей, то есть произведения средних плотностей и средних скоростей поперечных волн, определяемые в соответствии с требованиями пункта 6.18 СП 283.1325800.2016.

10.4 Расчеты параметров сейсмических воздействий с учетом грунтовых условий

Исходное сейсмическое воздействие выражается в макросейсмических баллах. В случае включения в техническое задание дополнительного требования картирования прогнозных сейсмических воздействий в количественных параметрах сейсмических колебаний исходное сейсмическое воздействие выражается в инструментальных характеристиках — ускорениях, периодах (частотах) и длительностях. Интенсивность исходных сейсмических воздействий определяется в соответствии с требованиями пункта 7.3 СП 283.1325800.2016.

Расчеты параметров сейсмических воздействий включают в себя учет влияния локальных грунтовых условий на интенсивность и спектральные характеристики сейсмических воздействий.

Для СМР использование макросейсмического балла предполагает учет локальных, грунтовых и гидрогеологических условий с помощью аддитивной поправки или приращения к значению исходной сейсмической интенсивности в баллах (или долях балла) в соответствии с содержанием пунктов 7.6—7.7 СП 283.1325800.2016.

В случае, когда сейсмические воздействия характеризуются инструментальными величинами, исходные сейсмические воздействия в виде спектров реакции, коэффициентов динамичности и акселерограмм возможных землетрясений определяются по результатам ДСР. В этом случае следует руководствоваться требованиями пунктов 7.9—7.12 СП 283.1325800.2016.

Учет спектральных особенностей грунтовых толщ и расчет соответствующих акселерограмм осуществляют с использованием компьютерных программ, где в качестве входных данных помимо исходных акселерограмм используют полученные при СМР районируемых площадок параметры моделей грунтовой толщи (скорости поперечных волн, плотности, мощности, а также данные о нелинейных свойствах каждого слоя), а выходными данными являются спектры реакции, коэффициенты динамичности и акселерограммы, учитывающие локальные условия районируемой площадки.

Приложение А
(рекомендуемое)

Средние значения коэффициентов в уравнении макросейсмического поля для различных регионов

Таблица А.1

Регион	Значения коэффициентов		
	a	*b*	*c*
Калининградская область	1,4	2,7	3,4
Ленинградская область	1,4	2,7	3,4
Северный Кавказ	1,6	3,1	2,2
Дагестан	1,5	3,6	3,1
Прибайкалье	1,5	4,0	4,0
Камчатка	1,5	2,6	2,5
Курильские острова	1,5	4,5	4,5
Сахалин	1,6	4,3	3,3
Примечание — Значения коэффициентов могут различаться в различных направлениях.			

Библиография

[1] Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

[2] Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 624 «Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства» (зарегистрирован в Министерстве юстиции Российской Федерации 15 апреля 2010 г., регистрационный № 16902)

УДК [69+699.841] ОКС 91.100.10

Ключевые слова: землетрясение, карты сейсмического районирования, каталог землетрясений, сейсмичность, балл, сейсмическое воздействие, спектр реакции (ответа), акселерограмма землетрясения, ускорение, уровень ускорения, скорость, сейсмическая жесткость, грунт

Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Ю.В. Поповой*

Сдано в набор 19.02.2019. Подписано в печать 15.03.2019. Формат 60 × 84$^{1}/_{8}$. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 2,10.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком свода правил

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru