

СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Оценка сейсмического
риска для
атомных
электростанций

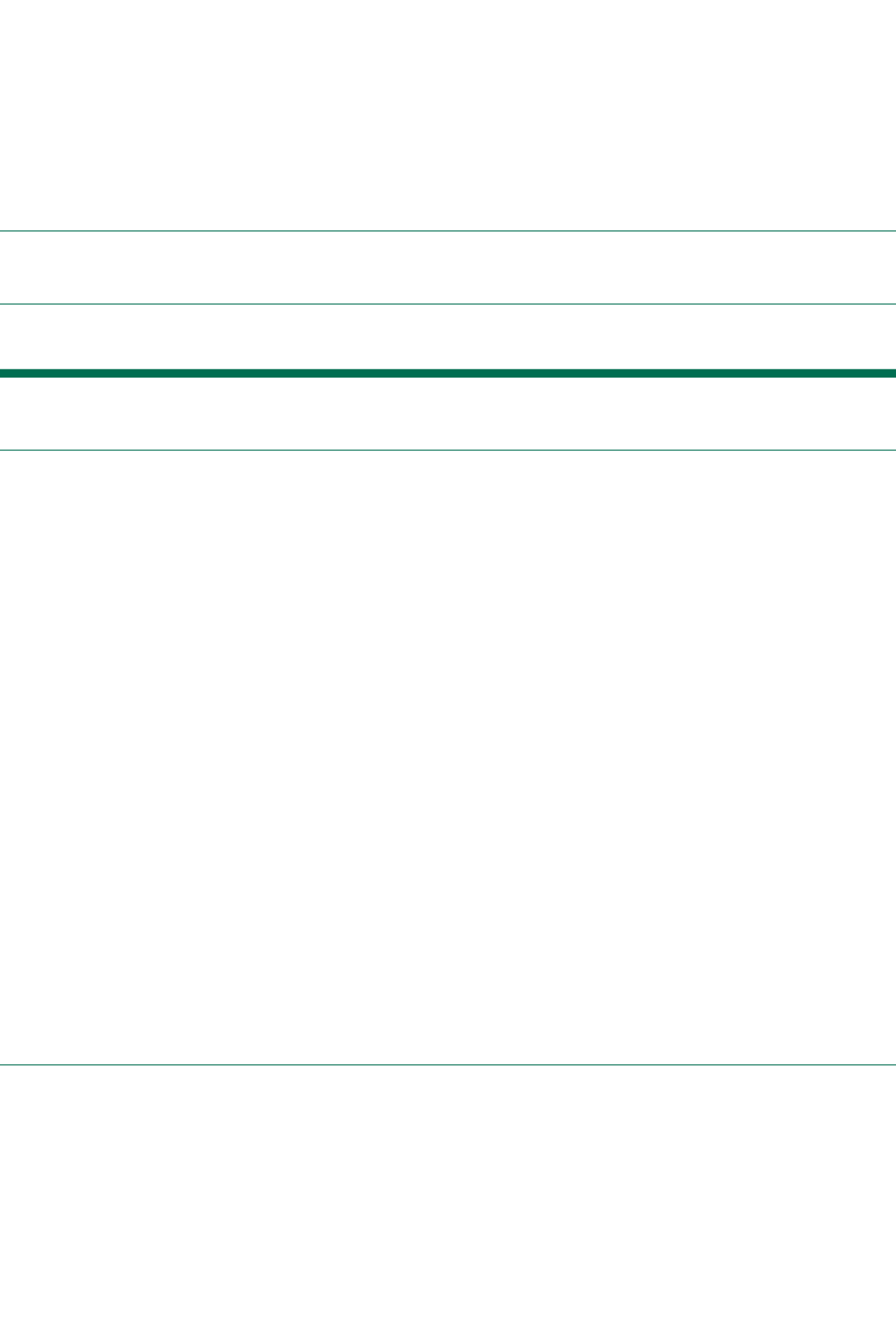
РУКОВОДСТВО

№ NS-G-3.3



IAEA

Международное агентство по атомной энергии



ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Членами Международного агентства по атомной энергии являются следующие государства:

АВСТРАЛИЯ	ЙЕМЕН	ПЕРУ
АВСТРИЯ	КАЗАХСТАН	ПОЛЬША
АЗЕРБАЙДЖАН	КАМЕРУН	ПОРТУГАЛИЯ
АЛБАНИЯ	КАНАДА	РЕСПУБЛИКА МОЛДОВА
АЛЖИР	КАТАР	РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
АНГОЛА	КЕНИЯ	РУМЫНИЯ
АРГЕНТИНА	КИПР	САЛЬВАДОР
АРМЕНИЯ	КИТАЙ	САУДОВСКАЯ АРАВИЯ
АФГАНИСТАН	КОЛУМБИЯ	СЕЙШЕЛЬСКИЕ ОСТРОВА
БАНГЛАДЕШ	КОРЕЯ, РЕСПУБЛИКА	СВЯТЕЙШИЙ ПРЕСТОЛ
БЕЛАРУСЬ	КОСТА-РИКА	СЕНЕГАЛ
БЕЛЬГИЯ	КОТ-Д'ИВУАР	СЕРБИЯ
БЕЛИЗ	КУБА	СИНГАПУР
БЕНИН	КУВЕЙТ	СИРИЙСКАЯ АРАБСКАЯ РЕСПУБЛИКА
БОЛГАРИЯ	КЫРГЫЗСТАН	СЛОВАКИЯ
БОЛИВИЯ	ЛАТВИЯ	СЛОВЕНИЯ
БОСНИЯ И ГЕРЦЕГОВИНА	ЛИБЕРИЯ	СОЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ И СЕВЕРНОЙ ИРЛАНДИИ
БОТСВАНА	ЛИВАН	СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ
БРАЗИЛИЯ	ЛИВИЙСКАЯ АРАБСКАЯ ДЖАМАХИРИЯ	СУДАН
БУРКИНА-ФАСО	ЛИТВА	СЬЕРРА-ЛЕОНЕ
БЫВШАЯ ЮГОСЛ. РЕСП. МАКЕДОНИЯ	ЛИХТЕНШТЕЙН	ТАДЖИКИСТАН
ВЕНГРИЯ	ЛЮКСЕМБУРГ	ТАИЛАНД
ВЕНЕСУЭЛА	МАВРИКИЙ	ТУНИС
ВЬЕТНАМ	МАВРИТАНИЯ	ТУРЦИЯ
ГАБОН	МАДАГАСКАР	УГАНДА
ГАИТИ	МАЛАВИ	УЗБЕКИСТАН
ГАНА	МАЛАЙЗИЯ	УКРАИНА
ГВАТЕМАЛА	МАЛИ	УРУГВАЙ
ГЕРМАНИЯ	МАЛЬТА	ФИЛИППИНЫ
ГОНДУРАС	МАРОККО	ФИНЛЯНДИЯ
ГРЕЦИЯ	МАРШАЛЛОВЫ ОСТРОВА	ФРАНЦИЯ
ГРУЗИЯ	МЕКСИКА	ХОРВАТИЯ
ДАНИЯ	МОНАКО	ЦЕНТРАЛЬНОАФРИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ДЕМОКРАТИЧЕСКАЯ РЕСПУБЛИКА КОНГО	МОНГОЛИЯ	ЧАД
ДОМИНИКАНСКАЯ РЕСПУБЛИКА	МОЗАМБИК	ЧЕРНОГОРИЯ
ЕГИПЕТ	МЬЯНМА	ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА
ЗАМБИЯ	НАМИБИЯ	ЧИЛИ
ЗИМБАБВЕ	НИГЕР	ШВЕЙЦАРИЯ
ИЗРАИЛЬ	НИГЕРИЯ	ШВЕЦИЯ
ИНДИЯ	НИДЕРЛАНДЫ	ШРИ-ЛАНКА
ИНДОНЕЗИЯ	НИКАРАГУА	ЭКВАДОР
ИОРДАНИЯ	НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ	ЭРИТРЕЯ
ИРАК	НОРВЕГИЯ	ЭСТОНИЯ
ИРАН, ИСЛАМСКАЯ РЕСПУБЛИКА	ОБЪЕДИНЕННАЯ РЕСПУБЛИКА ТАНЗАНИЯ	ЭФИОПИЯ
ИРЛАНДИЯ	ОБЪЕДИНЕННЫЕ АРАБСКИЕ ЭМИРАТЫ	ЮЖНАЯ АФРИКА
ИСЛАНДИЯ	ПАКИСТАН	ЯМАЙКА
ИСПАНИЯ	ПАЛАУ	ЯПОНИЯ
ИТАЛИЯ	ПАНАМА	
	ПАРАГВАЙ	

Устав Агентства был утвержден 23 октября 1956 года на Конференции по выработке Устава МАГАТЭ, которая состоялась в Центральных учреждениях Организации Объединенных Наций в Нью-Йорке. Устав вступил в силу 29 июля 1957 года. Центральные учреждения Агентства находятся в Вене. Главной целью Агентства является достижение "более скорого и широкого использования атомной энергии для поддержания мира, здоровья и благосостояния во всем мире".

Серия норм по безопасности, № NS-G-3.3

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2008 ГОД

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

Все научные и технические публикации МАГАТЭ защищены в соответствии с положениями Всемирной конвенции об авторском праве в том виде, как она была принята в 1952 году (Берн) и пересмотрена в 1972 году (Париж). Впоследствии авторские права были распространены Всемирной организацией интеллектуальной собственности (Женева) также на интеллектуальную собственность в электронной и виртуальной форме. Для полного или частичного использования текстов, содержащихся в печатных или электронных публикациях МАГАТЭ, должно быть получено разрешение, которое обычно является предметом соглашений о роялти. Предложения о некоммерческом воспроизведении и переводе приветствуются и рассматриваются в каждом отдельном случае. Вопросы следует направлять в Издательскую секцию МАГАТЭ по адресу:

Группа продажи и рекламы
Издательская секция
Международное агентство по атомной энергии
Wagramer Strasse 5
P.O. Box 100
1400 Vienna, Austria
факс: +43 1 2600 29302
тел.: +43 1 2600 22417
эл. почта: sales.publications@iaea.org
веб-сайт: <http://www.iaea.org/books>

© МАГАТЭ, 2008
Напечатано МАГАТЭ в Австрии
Апрель 2008

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ
АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ
МАГАТЭ, ВЕНА, 2008
STI/PUB 1144
ISBN 978-92-0-404708-0
ISSN 1020-5845

ПРЕДИСЛОВИЕ

Мохамед ЭльБарадей
Генеральный директор

Одна из уставных функций МАГАТЭ сводится к тому, чтобы устанавливать или применять нормы безопасности для охраны здоровья, жизни и имущества в деятельности по освоению и применению ядерной энергии в мирных целях, а также обеспечивать применение этих норм как в своей собственной работе, так и в работе, в которой оказывается помощь, и, по требованию сторон, в деятельности, проводимой на основании любого двустороннего или многостороннего соглашения, или, по требованию того или иного государства, к любому виду деятельности этого государства в области ядерной энергии.

Наблюдение за разработкой норм безопасности осуществляют следующие консультативные органы: Консультативная комиссия по нормам безопасности (ККНБ); Комитет по нормам ядерной безопасности (НУССК); Комитет по нормам радиационной безопасности (РАССК); Комитет по нормам безопасности перевозки (ТРАНССК); и Комитет по нормам безопасности отходов (ВАССК). Государства-члены широко представлены в этих комитетах.

Чтобы обеспечить широчайший международный консенсус, нормы безопасности направляются также всем государствам-членам для замечаний перед их одобрением Советом управляющих МАГАТЭ (в случае Основ безопасности и Требований безопасности) или, от имени Генерального директора, Комитетом по публикациям (в случае Руководств по безопасности).

Нормы безопасности МАГАТЭ не имеют юридически обязательной силы для государств-членов, но они могут приниматься ими по их собственному усмотрению для использования в национальных регулирующих положениях, касающихся их собственной деятельности. Эти нормы обязательны для МАГАТЭ в отношении его собственной работы и для государств в отношении операций, в которых МАГАТЭ оказывает помощь. Любое государство, желающее вступить в соглашение с МАГАТЭ, касающееся его помощи в связи с выбором площадки, проектированием, строительством, вводом в эксплуатацию, эксплуатацией или снятием с эксплуатации ядерной установки или любой другой деятельностью, должно будет выполнять те части норм безопасности, которые относятся к деятельности, охватываемой соглашением. Однако следует помнить, что ответственность за принятие окончательных решений и юридическая ответственность в любых процедурах лицензирования возлагается на государства.

Нормы безопасности устанавливают важнейшие основы для безопасности, однако может также потребоваться включение более детальных требований, отражающих национальную практику. Кроме того, будут включаться, как правило, специальные вопросы, которые должны оцениваться на индивидуальной основе.

Физическая защита делящихся и радиоактивных материалов и АЭС в целом упоминается в надлежащих случаях, но не рассматривается подробно; к обязательствам государств в этом отношении следует подходить на основе соответствующих договорно-правовых документов и публикаций, разработанных под эгидой МАГАТЭ. Нерадиологические аспекты техники безопасности на производстве и охраны окружающей среды также прямо не рассматриваются; признано, что государства должны выполнять свои международные обязательства и обязанности относительно них.

Требования и рекомендации, изложенные в нормах безопасности МАГАТЭ, возможно, не полностью соблюдаются на некоторых установках, построенных в соответствии с принятыми ранее нормами. Решения о том, как нормы безопасности должны применяться на таких установках, будут приниматься государствами.

Внимание государств обращается на тот факт, что нормы безопасности МАГАТЭ, не являясь юридически обязательными, разработаны с целью обеспечения того, чтобы мирные применения ядерной энергии и радиоактивных материалов осуществлялись таким образом, который дает возможность государствам выполнять свои обязательства в соответствии с общепринятыми принципами международного права и правилами, касающимися охраны окружающей среды. Согласно одному такому общему принципу территория государства не должна использоваться так, чтобы причинить ущерб в другом государстве. Государства, следовательно, обязаны проявлять должную осмотрительность и соответствующую меру заботливости.

Гражданская ядерная деятельность, осуществляемая в рамках юрисдикции государств, как и любая другая деятельность, подпадает под действие обязательств, которые государства могут принимать согласно международным конвенциям в дополнение к общепринятым принципам международного права. Государствам надлежит принимать в рамках своих национальных правовых систем такое законодательство (включая правила) и другие нормы и меры, которые могут быть необходимы для эффективного выполнения всех взятых на себя международных обязательств.

РЕДАКЦИОННОЕ ПРИМЕЧАНИЕ

Дополнение, если оно включено, представляет собой неотъемлемую часть норм и имеет тот же статус, что и основной текст. Приложения, сноски и списки литературы, если они включены, содержат дополнительную информацию или практические примеры, которые могут оказаться полезными для пользователя.

Формулировка “должен, должна, должно, должны” используется в нормах безопасности в случаях, когда речь идет о требованиях, обязанностях и обязательствах. Использование формулировки “следует” означает рекомендацию желательного варианта.

Официальным текстом является английский вариант.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	1
	Общие сведения (1.1–1.3)	1
	Цель (1.4)	2
	Область применения (1.5)	2
	Структура (1.6)	2
2.	ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (2.1–2.8)	2
3.	НЕОБХОДИМАЯ ИНФОРМАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ (БАЗА ДАННЫХ)	4
	Обзор (3.1–3.4)	4
	Геологическая, геофизическая и геотехническая база данных (3.5–3.21)	5
	Сейсмологическая база данных (3.22–3.31)	10
4.	ПОСТРОЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	12
	Введение (4.1–4.7)	12
	Сейсмогенные структуры (4.8–4.26)	14
	Зоны рассеянной сейсмичности (4.27–4.32)	18
5.	ОЦЕНКА РИСКА КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА	19
	Введение (5.1–5.2)	19
	Уровни риска колебаний грунта (5.3–5.8)	20
	Методы определения колебаний грунта (5.9–5.35)	21
6.	ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОГО СБРОСООБРАЗОВАНИЯ НА ПЛОЩАДКЕ	29
	Введение (6.1–6.2)	29
	Потенциальные тектонические нарушения (6.3–6.4)	30
	Исследования для определения потенциала нарушения (6.5–6.9) ...	31
7.	ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА (7.1–7.2)	32

СПОСОК ЛИТЕРАТУРЫ	32
ГЛОССАРИЙ ТЕРМИНОВ.....	33
СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ.....	35
ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ	37

1. ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство по безопасности подготовлено в рамках программы МАГАТЭ по разработке норм безопасности для атомных станций. Оно является дополнением к публикации по требованиям безопасности "Оценка площадки для ядерных установок", которой планируется заменить «Свод положений МАГАТЭ по безопасности атомных электростанций: выбор площадок для АЭС», Серия норм безопасности № 50-C-S (ред. 1), МАГАТЭ, Вена (1988 год). В настоящей публикации представлены указания и рекомендации относительно процедур оценки сейсмического риска для атомных станций. Данное Руководство заменяет документ Серии норм безопасности № 50-SG-S1 (ред. 1) «Учет землетрясений и связанных с ними явлений при выборе площадок для атомных электростанций», МАГАТЭ, Вена (1991 год).

1.2. В настоящей публикации учитываются следующие аспекты: необходимость применения кривых риска при проведении вероятностного анализа безопасности (ВАБ) внешних событий применительно к новым и действующим ядерным установкам, результаты работы МАГАТЭ по анализу исследований сейсмостойкости ядерных установок, проведенных за последние десять лет, сводная информация о последствиях значимых поздних землетрясений и новые аналитические подходы.

1.3. При оценке площадки для размещения АЭС, как правило, имеются технические решения для смягчения, за счет определенных особенностей конструкции, потенциального воздействия вибрации при землетрясении. Тем не менее, не всегда можно продемонстрировать, что такие решения являются подходящими для смягчения последствий явлений, связанных с постоянным смещением грунта, таких как дислокация, оседание почвы, оползень или разлом.

ЦЕЛЬ

1.4. Основной целью настоящего Руководства по безопасности является предоставление рекомендаций относительно определения рисков колебания грунта для АЭС, расположенной на конкретной площадке, возможности поверхностного сбросообразования, что может отрицательно сказаться на

реализуемости проекта строительства и безопасной эксплуатации станции на данной площадке.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.5. Руководящие принципы и инструкции, содержащиеся в настоящем Руководстве по безопасности, могут применяться при оценках пригодности площадки и сейсмической опасности для АЭС, размещаемых в местах с любыми сеймотектоническими условиями. Вероятностный анализ сейсмической опасности, рекомендуемый в настоящем Руководстве по безопасности, также решает задачи анализа сейсмической опасности ВАБ внешних событий, проводимого для АЭС. Многие из представленных методов и процессов могут быть использованы применительно к объектам использования атомной энергии, не являющимися АЭС. Другие явления, связанные с постоянным смещением грунта (ликвификация, подвижность склонов, оседание почвы и оползни), а также затопление в результате землетрясения, рассматриваются в Руководствах по безопасности, касающихся безопасности фундаментов [1] и затопления береговых объектов [2].

СТРУКТУРА

1.6. В Разделе 2 представлены рекомендации общего характера. В Разделе 3 рассматривается вопрос создания базы данных с информацией, необходимой для проведения оценки и учета всех рисков, связанных с землетрясениями. В Разделе 4 рассматривается применение этой базы данных при построении сеймотектонической модели. В Разделах 5 и 6 рассматриваются риски колебания грунта и оценки возможного поверхностного сбросообразования, соответственно. В Разделе 7 обсуждаются вопросы обеспечения качества при проведении оценки сейсмической опасности для АЭС.

2. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

2.1. Для каждой АЭС должен быть проанализирован риск колебаний грунта и сбросообразования, связанный с землетрясениями и геологическими явлениями. Исследования в этой области, которые закладывают основу технических оценок при оценке площадки для размещения станции,

рассматриваются в настоящем Руководстве по безопасности для всех уровней сейсмического риска.

2.2. Следует проводить анализ и оценку геологических, геофизических и сейсмологических характеристик региона вокруг площадки, а также геотехнических характеристик территории площадки, как представлено в настоящем Руководстве по безопасности.

2.3. При необходимости, регион размещения площадки должен включать в себя территории, выходящие за государственные границы, а в случае площадок, расположенных в прибрежных зонах, соответствующие зоны акватории. Другими словами, база данных для всего региона, насколько это возможно, должна быть согласованной или, по меньшей мере, достаточно полной для определения характеристик, с сеймотектонической точки зрения, специфических особенностей, относящихся к площадке, находящихся на территории других государств или в акваториях.

2.4. Размер региона, подлежащего анализу, тип информации, которую необходимо собрать, и уровень детализации анализа следует определять исходя из характера и сложности сеймотектонической обстановки.

2.5. Во всех случаях, объем и степень детализации собираемой информации, а также проводимого анализа, должны быть достаточными для определения риска колебаний грунта и сбросовых смещений.

2.6. Независимо от любого явно малого уровня сейсмической опасности, а также применения адекватных мер обеспечения безопасности, для всех АЭС следует принимать значение максимального ускорения грунта равное, как минимум, $0,1 g$ в качестве значения для определения масштаба соответствующих спектров реакции, которое соответствует землетрясению сейсмического уровня 2 (СУ-2), как определено в Разделе 5 (см. [3]).

2.7. При общем подходе к оценке сейсмической опасности следует стремиться к уменьшению неопределенностей на различных этапах процесса. Как показывает опыт, наиболее эффективным способом достижения этого является сбор достаточного объема достоверных и существенных данных. Как правило, необходим компромисс между объемом работы, которую необходимо выполнить для составления подробной, достоверной и существенной базы данных, и степенью неопределенности, которую следует учитывать аналитику на каждом шаге процесса.

2.8. Конечной целью сбора данных и анализа сейсмического риска, представленной в настоящем документе, является определение опасности колебаний грунта и сбросовых смещений для площадки АЭС. Каждый аспект выявления, анализа и определения характеристик сейсмических источников и оценки риска колебаний грунта может быть связан со значительной субъективной интерпретацией со стороны экспертов. Особое внимание следует уделять тому, как избежать такой необъективности в оценке. Экспертам не следует развивать какую-либо единственную гипотезу или модель. Им следует провести оценку всех жизнеспособных гипотез и моделей с использованием имеющихся данных, и затем разработать комплексную оценку, которая учитывает как информацию, так и неопределенности.

3. НЕОБХОДИМАЯ ИНФОРМАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ (БАЗА ДАННЫХ)

ОБЗОР

3.1. Следует создать всеобъемлющую и комплексную базу данных, содержащую последовательную информацию, необходимую для оценки и выработки решения по проблемам, касающимся всех видов риска, связанных с землетрясениями.

3.2. Следует обеспечить, чтобы каждый элемент каждой фактической базы данных был изучен наиболее полно до попытки интегрирования различных элементов. Комплексная база данных должна включать в себя всю относящуюся к делу информацию. Это не только геологические, геофизические, геотехнические и сейсмологические данные, а также любая другая информация, которая связана с оценкой колебаний грунта, сбросообразованием и геологической опасностью на площадке.

3.3. Исследование следует проводить на четырех уровнях: региональном, ближнерегиональном, района размещения площадки и территории самой площадки, что обеспечивает постепенное, более подробное исследование, данные и информацию. Степень детализации этих данных определяется различными уровнями. Первые три уровня исследования ведут, прежде всего, к постепенному получению более подробных геологических и геофизических данных и информации. Исследования территории площадки направлены на

создание геотехнической базы данных. Для обеспечения согласованности представления информации, такую базу данных следует составлять, насколько это возможно, в географической информационной системе (ГИС), а все данные, оценки и интерпретации результатов следует представлять в согласованном масштабе для упрощения сравнения.

3.4. Составление сейсмологической базы данных, как правило, в меньшей степени зависит от уровней: регионального, ближнерегионального и района размещения площадки. То есть, масштаб и уровень детализации информации, которая должна быть собрана, в основном не зависят от уровня самого региона размещения площадки. Тем не менее, сейсмогенные структуры в районе размещения и районе, непосредственно прилегающем к площадке, как правило, представляют большую важность с точки зрения оценки сейсмической опасности в зависимости от уровня активности, максимальной магнитуды и регионального затухания. В частности, в случае внутрипластовой тектонической обстановки следует обращать внимание на сбор сейсмологических данных по более отдаленным источникам, которые могут располагаться за стандартными границами региона. В случае акваторий, следует проводить соответствующие геофизические исследования с тем, чтобы компенсировать любое отсутствие, или недостатки, сейсмологических данных.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ, ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ И ГЕОТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ

Региональные исследования

3.5. Целью получения данных на региональном уровне является получение информации об общей тектонической обстановке в регионе, а также выявление и определение характеристик таких геологических особенностей, которые могут оказать влияние или быть связаны с сейсмической опасностью на площадке. Из этих геологических особенностей наибольшего внимания заслуживают структуры, демонстрирующие потенциал смещения и/или деформации на поверхности грунта или вблизи нее, т.е. вероятные тектонические нарушения. Как правило, эти данные получают из любых опубликованных и неопубликованных геологических и геофизических источников (например, данных об имеющихся проходках, выемках грунта под прокладку дорогу или скважинах на воду). Они должны быть представлены на картах с указанием соответствующих поперечных сечений. Размер рассматриваемого региона может изменяться в зависимости от геологической и тектонической обстановки; его форма может быть асимметричной с целью

включения в него удаленных значимых источников землетрясений. Его радиальная протяженность, как правило, составляет 150 км или больше.

3.6. В особом случае, когда исследования проводятся в отношении возможности наступления цунами (см. [2]), может потребоваться рассмотрение источников, которые находятся на большом расстоянии от площадки.

3.7. В тех случаях, когда имеющихся данных недостаточно для определения сейсмогенных структур с точки зрения их месторасположения, протяженности и степени текущего тектонизма, может оказаться необходимым провести проверку базы данных и ее дополнение новыми геологическими и геофизическими данными. При этом могут потребоваться исследования на ближнерегionalном (степени детализации) уровне и уровне прилегающего района площадки с тем, чтобы оценить возможные сейсмогенные источники, расположенные за ближнерегionalными границами. Для этой цели также полезно определить эффекты влияния земли уже имевших место землетрясений на геологическую и геоморфологическую среду (т.е. палеосейсмологию; см. п. 4.17).

3.8. Такие данные, как правило, представляются на картах масштаба 1:500000 с соответствующими поперечными сечениями.

Ближнерегionalные исследования

3.9. Ближнерегionalные исследования должны охватывать географическую территорию, как правило, не меньше 25 км в радиусе, хотя такой размер следует изменить для отражения местных условий. Целями исследований являются:

- определение сеймотектонических характеристик ближнего региона на основе более подробной базы данных, полученной при региональных исследованиях;
- определение крупнейших движений разломов и, для значимых разломов для оценки сейсмической опасности, объема и характера смещений, скорости активности и признаков сегментации.

3.10. С целью дополнения опубликованной и неопубликованной информации о ближнерегionalных зонах, стандартные исследования должны включать в себя, как правило, определение стратиграфии, структурной геологии и тектонической истории ближнего региона. Тектоническую историю следует очень тщательно определять для текущего тектонического режима, например, период верхнего плейстоцена-голоцена может подходить к межпластовым

регионам, а плиоцен-четвертичный период – к внутрипластовым регионам. Возрастные датировки следует проводить любым применимым методом. В дополнение к полевой съемке следует использовать различные источники данных, например:

- Подповерхностные данные, полученные при геофизических исследованиях (такие как отражение и рефракция сейсмической волны, а также данные гравиметрических, электрических и магнитных методов), для определения пространственных характеристик определенных структур, которые, как считается, имеют отношение к сейсмическому риску на площадке, с точки зрения их геометрии, протяженности и уровня тектонической активности. Может оказаться необходимым использование данных теплового потока. Эти данные имеют первостепенное значение при рассмотрении морских акваторий (для площадок, расположенных на береговой линии или вблизи нее).
- Данные о поверхности, полученные из исследований четвертичных образований или рельефа местности, таких как анализ террасы, а также почвоведческих и седиментологических исследований. Для решения этой задачи следует пользоваться снимками аэро- и спутниковой съемки.
- Для понимания текущего уровня и типа тектонической активности следует также использовать данные, полученные с помощью недавно разработанных технологий, таких как данные системы глобального позиционирования и интерферометрии, а также данные измерений скорости деформации.

3.11. Для некоторых важных структур, выявленных в ходе ближнерегиональных исследований может потребоваться провести дополнительные геологические и геофизические исследования на уровне района размещения площадки, чтобы получить желаемую подробную характеристику (см. также п. 4.17).

3.12. Исследования следует проводить с достаточной степенью детализации таким образом, чтобы причины каждого позднего (с точки зрения соответствующего временного периода для конкретной локальной тектонической среды) топографического и геоморфологического события, имеющего отношение к делу – например, линейные топографические или структурные особенности, представленные на фотографиях, дистанционных изображениях или в геофизических данных – могли бы надлежащим образом быть включены в обоснованную модель позднего геологического развития территории.

3.13. Как правило, данные представляются на картах в масштабе 1:50000 с соответствующими поперечными сечениями.

Исследования района размещения площадки

3.14. Исследования района размещения площадки, как правило, должны охватывать географическую территорию радиусом 5 км. Помимо составления еще более подробной базы данных для этой меньшей территории, целью этих исследований является более подробное определение неотектонической истории разломов, особенно для определения потенциала для поверхностного сбросообразования (способности к сбросообразованию), и определение условий потенциальной геологической нестабильности территории площадки.

3.15. Исследования района размещения площадки, как правило, должны включать в себя геоморфологическо-геологическую съемку, геофизическую разведку, бурение и бороздковое опробование (см. также п. 4.17) с получением следующих данных:

- геологическая карта с поперечными сечениями;
- возраст, тип и объем смещений всех разломов на территории;
- выявление и определение характеристик мест проявлений потенциальной опасности, инициируемой природными явлениями (например, карст, осадка, оползень) и деятельностью человека. Особое внимание следует уделять возможности сейсмической активности, вызванной в результате подпора крупных плотин или водоемов, или большим поступлением или извлечением воды из земли.

3.16. Как правило, данные представляются на картах в масштабе 1:5000 с соответствующими поперечными сечениями.

Исследования территории площадки

3.17. Исследования территории площадки должны включать в себя всю площадь, занимаемую станцией, которая, как правило, составляет один квадратный километр. Основной целью этих исследований является получение подробной информации о возможности постоянного смещения грунта и предоставление информации о динамических свойствах материалов оснований (таких как скорость распространения поперечной и продольной волны) для использования в анализе реакция участка на землетрясение при отсутствии платформы.

3.18. Базу данных следует составлять на основе подробных геологических, геофизических и геотехнических исследований и дополнять ее результатами испытаний, проведенных на месте и в лаборатории.

3.19. Следует проводить следующие исследования территории площадки геологическими, геофизическими, сейсмологическими и геотехническими методами:

- 1) Геологические и геотехнические исследования: Исследования посредством бурения или тестовой выемки грунта (включая испытания на месте), геофизических методов и лабораторных испытаний следует проводить с целью определения стратиграфии и структуры территории площадки и с целью определения толщины, глубины, уклона, а также статических и динамических свойств различных подповерхностных слоев, насколько это необходимо для построения технических моделей (коэффициент Пуассона, модуль Юнга, модуль сдвига, плотность, относительная плотность, сила сдвига, характеристики консолидации и разбухания, механический состав грунта).
- 2) Гидрогеологические исследования: Исследования посредством бурения и других методов следует проводить для определения геометрии, физических и химических свойств, а также стационарного поведения (пополнение, коэффициент прохождения) всех водных объектов территории площадки с конкретной целью: определить, как они взаимодействуют с основаниями.
- 3) Исследования воздействий со стороны площадки: Следует проводить оценку динамического поведения скальных пород и грунта на площадке, руководствуясь имеющимися историческими данными и данными, полученными при измерениях.

3.20. В ходе этих исследований следует производить сбор всех данных, необходимых для оценки динамического взаимодействия «грунт-конструкция» (см. [1]). Для обеспечения полноты и эффективности исследования, представленные в п. 3.19, следует объединять с исследованиями, необходимыми для определения динамического взаимодействия «грунт-конструкция», как представлено в [1].

3.21. Как правило, данные представляются на картах в масштабе 1:500 с соответствующими поперечными сечениями.

СЕЙСМОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА ДАННЫХ

3.22. Должны быть собраны данные по всем зафиксированным землетрясениям, которые имели место в регионе.

Исторические данные о землетрясениях

3.23. Должны быть собраны все «до-инструментальные» исторические данные о землетрясениях (т.е. о событиях, которые невозможно было зафиксировать инструментальными средствами); временной период должен в максимально возможной степени охватывать прошлые периоды. Следует также учитывать палеосейсмологическую информацию об исторических землетрясениях (см. п. 4.17).

3.24. Насколько возможно, информация о каждом землетрясении должна включать в себя:

- дату и время события;
- местонахождение макросейсмического эпицентра;
- оцененную глубину очага;
- оцененную магнитуду;
- максимальную интенсивность и, если отличается, интенсивность в макросейсмическом эпицентре, с описанием местных условий;
- изосейсмы;
- оценки неопределенности для всех указанных выше параметров;
- интенсивность землетрясения на площадке, вместе с любыми имеющимися подробными данными о воздействии на грунт;
- оценка качества и количества данных, по которым проводилась оценка указанных выше параметров.

Следует указать масштаб интенсивности, используемый в каталоге, поскольку уровни могут в значительной степени различаться в зависимости от используемого масштаба. Оценки магнитуды и глубины применительно к таким землетрясениям должны основываться на соответствующих эмпирических отношениях инструментальных данных и макросейсмической информации, которые могут быть получены из данных, указанных в п. 3.23. Если составлен каталог соответствующих данных по историческим землетрясениям, следует провести оценку его полноты и достоверности.

3.25. Если составлен каталог исторических и инструментальных данных о землетрясениях, то оценка полноты содержащейся в нем информации,

особенно в части макросейсмической интенсивности, магнитуды, даты, местонахождения и глубины очага, будет основополагающей для надлежащего проведения оценки сейсмического риска. Как правило, в каталогах не содержится полной информации о событиях с небольшой магнитудой, что обусловлено длительными интервалами их повторяемости (и относительно короткими периодами времени, отраженными в каталогах). Для учета такой неполноты информации следует применять соответствующие методы.

Инструментальные данные о землетрясениях

3.26. Следует проводить сбор всех имеющихся инструментальных данных о землетрясениях. Информация, собираемая по каждому землетрясению, должна включать в себя:

- время возникновения;
- местонахождение эпицентра и гипоцентра;
- все определения магнитуды, включая определение в разных масштабах, а также любую информацию о сейсмическом моменте и падении напряжений;
- размеры и геометрию дошочковых и афтершоковых зон;
- прочую информацию, которая может оказаться полезной при понимании сеймотектонического режима, такую как механизм очага, падение напряжений и другие параметры источника;
- оценки неопределенности для каждого из указанных выше параметров;
- подробную макросейсмическую информацию, как представлено в п. 3.24.

Если составлен каталог соответствующих инструментальных данных по землетрясениям, то следует провести оценку его полноты и достоверности.

3.27. Следует отметить, что в дополнение к каталогам, ведущимся отдельными государствами и сопредельными государствами, различные организации также ведут всемирные каталоги землетрясений, например, Всемирный сейсмологический центр, Национальный информационный центр США по землетрясениям и Европейско-средиземноморский сейсмологический центр во Франции.

Инструментальные данные по конкретной площадке

3.28. С целью дополнения имеющихся данных о землетрясениях более подробной информацией о потенциальных сейсмических источниках, часто оказывается полезным применять сеть чувствительных сейсмографов с

возможностью регистрации микроземлетрясений. Минимальный период контроля, необходимый для получения представительных данных для сейсмологической интерпретации, составляет несколько лет для регионов с высокой сейсмической активностью и может быть длиннее для регионов с низкой сейсмической активностью.

3.29. Землетрясения, зарегистрированные в пределах действия такой сети или вблизи нее, следует тщательно анализировать совместно с проведением сеймотектонических исследований в прилегающем регионе.

3.30. Где возможно, следует проводить сбор зарегистрированных данных о региональных сильных колебаниях грунта, и использовать эти данные для построения соответствующих функций затухания сейсмической волны и при разработке спектров реакции, как представлено в Разделе 5.

3.31. На территории площадки следует устанавливать и постоянно поддерживать в рабочем состоянии акселерографы сильных колебаний с целью регистрации небольших и крупных событий (см. [3]).

4. ПОСТРОЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕЙМОТЕКТОНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

ВВЕДЕНИЕ

4.1. Связь между базой данных и любой расчетной моделью для определения уровней риска представляет собой региональную сеймотектоническую модель, которая должна основываться на последовательной консолидации региональных баз данных. При построении такой модели следует учитывать все существующие интерпретации сеймотектонических явлений в регионе, которые могут быть получены из опубликованных источников. Более того, для построения достоверной сеймотектонической модели особую важность представляет основательная база данных. Следует отметить, что даже наиболее всеобъемлющие методы не помогут составить удовлетворительную модель, если база данных является неудовлетворительной или недостаточной.

4.2. Типовая процедура заключается в интеграции элементов сейсмологической, геофизической и геологической баз данных (см. раздел 3)

для построения логически последовательной сейсмотектонической модели (или альтернативных моделей), состоящей из дискретного набора сейсмогенных структур.

4.3. Возможно, выявленные сейсмогенные структуры не смогут объяснить все наблюдаемые землетрясения. Это вызвано тем, что сейсмогенные структуры могут существовать без заметных поверхностных или подповерхностных проявлений и из-за применяемых временных рамок; например, сбросовые смещения могут иметь длительные интервалы повторяемости с точки зрения периодов сейсмологических наблюдений.

4.4. Соответственно, любая сейсмотектоническая модель, в большей или меньшей степени, состоит из двух сейсмических источников:

- тех сейсмогенных структур, которые можно выявить с помощью имеющейся базы данных;
- рассеянной сейсмичности (как правило, но не всегда, состоящей из землетрясений в диапазоне от слабых до умеренных), которая не применима к конкретным структурам, определенным с помощью имеющейся базы данных.

4.5. Порядок выявления, оценки и определения характеристик сейсмогенных структур описан в Разделе 3. Оценка и определение характеристик обоих типов сейсмических источников связаны с оценками неопределенности. Тем не менее, второй тип, рассеянная сейсмичность, представляет собой особенно сложную проблему при оценке сейсмической опасности и, как правило, связан с большей неопределенностью, поскольку не существует достаточно полного понимания источников землетрясений. Получение полного представления об этих источниках связано с интерпретацией экспертами, которая не является точной. Неопределенность интерпретаций следует оценивать надлежащим образом, что включать их в оценку риска колебаний грунта на площадке. При такой оценке, как правило, должны быть представлены альтернативные интерпретации и анализ каждой альтернативы в соответствии со степенью обоснованности интерпретации имеющимися данными.

4.6. Несмотря на то, что следует пытаться определить все параметры каждого элемента сейсмотектонической модели, построение самой модели должно осуществляться по данным; также следует избегать любых тенденций к такой интерпретации данных, которая делается лишь для того, чтобы обосновать некоторую предварительную концепцию.

4.7. Если возможно построить альтернативные модели, которые в достаточной степени объясняют зарегистрированные сейсмологические, геофизические и геологические данные, а различия не могут быть устранены посредством дополнительных исследований в разумные сроки, окончательная оценка риска должна учитывать все такие модели, при соответствующем взвешивании, чтобы в полной мере отразить неопределенность, заложенную в сеймотектонической модели.

СЕЙСМОГЕННЫЕ СТРУКТУРЫ

Порядок определения

4.8. В конечном итоге, необходимость выявления сейсмогенных структур обусловлена их значимостью для определения риска колебаний грунта или поверхностного сбросообразования на площадке.

4.9. В части риска колебаний грунта, озабоченность связана с такими сейсмогенными структурами, у которых сочетание месторасположения и способности вызывать землетрясения могут оказать влияние на колебание грунта на площадке.

4.10. В части риска поверхностного сбросообразования озабоченность вызывают такие сейсмогенные структуры, расположенные близко к площадке, у которых имеется потенциал для относительного смещения на или около поверхности (т.е. склонных к сбросообразованию, см. Раздел 6).

4.11. Сейсмогенные структуры выявляются на основе геологических, геофизических и сейсмологических данных, предоставляющих прямые или косвенные свидетельства того, что эти структуры являются источником землетрясений при существующих тектонических условиях. При выявлении сейсмогенных структур особенно важна корреляция исторических и инструментальных показаний для землетрясений с геологическими и геофизическими специфическими особенностями. Отсутствие такой корреляции не всегда указывает на то, что структура не является сейсмогенной.

4.12. В тех случаях, где исследований, представленные в Разделе 3 показывают, что гипоцентр или группа гипоцентров землетрясения могут быть потенциально связаны с какой-либо геологической особенностью, обоснование такой связи следует проводить с учетом характеристик этой особенности, ее

геометрии и географической протяженности, а также структурных взаимосвязей с регионально тектонической системой.

4.13. Другая имеющаяся сейсмологическая информация, такая как гипоцентрические неопределенности, механизмы очага, условия напряжений, а также дошоковые и афтершоковые распределения, также должна использоваться при рассмотрении любой связи гипоцентров землетрясения с геологическими особенностями.

4.14. Если конкретные данные отсутствуют или разрозненны, то особую важность имеет подробное сравнение любой из данных геологических особенностей с другими особенностями в регионе с точки зрения их возраста возникновения, направления движения и истории движения.

4.15. Включение сейсмогенных структур в сеймотектоническую модель должно прочно основываться на имеющихся данных и включать в себя неопределенности при определении этих структур. Необоснованные допущения в части связей между землетрясениями и геологическими особенностями не следует считать подходящей оценкой неопределенности, особенно если рассматриваемая геологическая особенность находится на удалении от площадки.

Определение характеристик

4.16. Для сейсмогенных структур, которые были определены, как необходимые для оценки степени опасности для площадки, исходящей от землетрясений, как говорилось выше, следует определять соответствующие характеристики. При этом следует использовать размеры структуры, объем и направление смещения, максимальное историческое землетрясение, палеосейсмологические данные, данные о землетрясениях и сравнения с подобными структурами, для которых имеются исторические данные.

4.17. Землетрясения ведут к последствиям для окружающей среды, которые также описываются шкалами интенсивности. Некоторые из этих последствий (например, сброс, ликвифакция, подъем береговой линии), или их совокупное воздействие, могут быть использованы для распознавания землетрясений, имевших место в прошлом. Изучение геологических записей о прошлых землетрясениях называется палеосейсмологией. Палеосейсмологические исследования могут быть полезными применительно к регионам, для которых не имеется исторических записей о землетрясениях. Палеосейсмологические

исследования следует проводить с использованием базы данных, представленной в Разделе 3, в следующих целях:

- Выявление сейсмогенных структур на основании признаков последствий землетрясений прошлых периодов в регионе.
- Дополнение каталогов землетрясений для крупных событий с использованием выявления и определения возраста ископаемых землетрясений, в основном бороздовым опробованием; например, прокладка канав через выявленные потенциальные сбросы может быть полезным при оценке магнитуд смещения (например, по толщине коллювиальных клиньев) и повторяемости (с помощью датировок проходимых осадочных пород).
- Оценка максимального сейсмического потенциала данной сейсмогенной структуры, обычно на основе смещения на событие (бороздовое опробование), а также кумулятивный эффект (сейсмический ландшафт).
- Проверка результатов вероятностных анализов риска с использованием интервалов повторяемости крупных землетрясений.

4.18. Если имеется достаточная информация о сейсмологической и геологической истории движения разлома или структуры (такая как сегментация, среднее уменьшение напряжений и ширина разлома), чтобы позволить проводить оценки максимальных размеров разрыва и/или сдвига при будущих землетрясениях, то для оценки потенциальной максимальной магнитуды могут быть использованы прямые эмпирические зависимости.

4.19. При отсутствии данных подходящего уровня детализации потенциальная максимальная магнитуда сейсмогенной структуры может быть оценена по общим размерам этой структуры. Однако чтобы использовать этот подход, следует применять долю общей длины структуры, которая может смещаться при одном землетрясении. Используемая доля будет зависеть от характеристик разлома, в частности, от его сегментации.

4.20. При использовании любого из двух подходов следует помнить, что магнитуда землетрясения является функцией от размеров и падения напряжений обоих источников. Падение напряжений, как правило, не известно, но здесь могут быть использованы обоснованные оценки, основанные на имеющихся опубликованных результатах исследований.

4.21. Для оценки потенциальных максимальных магнитуд имеются и другие подходы, основанные на статистическом анализе повторяемости зависимости магнитуда-частота для землетрясений, связанных с конкретной структурой. В

этих подходах допускается связь между структурой и всеми используемыми данными по землетрясениям. Во всех случаях результаты, полученные с помощью этих методов, должны находиться в согласовании с выведенными данными.

4.22. Независимо от используемого подхода или сочетания подходов, определение максимальной магнитуды землетрясения является в значительной степени неопределенным, и такая неопределенность должна быть описана в полном объеме. Результат должен соответствовать геологическим и геоморфологическим свидетельствам.

4.23. Повторяемость землетрясений следует оценивать для каждой сейсмогенной структуры, представленной в сеймотектонической модели площадки. Помимо максимальной магнитуды землетрясения такая оценка должна включать в себя зависимость степени сейсмической активности и повторяемости. Адекватная модель повторяемости любой сеймотектонической структуры и параметры модели связаны с интерпретацией неопределенностей, которые следует оценивать и включать в определение опасности смещения грунта для площадки.

4.24. Пригодность модели повторяемости часто зависит от типа сейсмического источника. Модель повторяемости может быть наиболее пригодна для источников, привязанных к конкретной структуре или сейсмическому источнику.

4.25. В случае сейсмических источников, у которых повторяемость лежит в пределах от умеренной до высокой, интенсивность сейсмической активности, как правило, может определяться непосредственно с использованием инструментального или исторического каталога землетрясений. Активность таких источников можно определить с приемлемой достоверностью (низкая неопределенность).

4.26. Помимо сейсмической активности сейсмического источника, следует определять параметр распределения для модели повторяемости. Как и в случае интенсивности сейсмической активности, для сейсмических источников с высокими значениями сейсмической активности этот параметр и его неопределенность, могут, обычно, определяться по каталогу землетрясений.

ЗОНЫ РАССЕЯННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

Порядок определения

4.27. Сейсмотектонические области можно определять в сейсмотектонической модели, как представляющие рассеянную сейсмичность с целью оценки сейсмического риска, причем для каждой сейсмотектонической области предполагается, что она охватывает территорию с таким же сейсмическим потенциалом. В противном случае может применяться неравномерное распределение, но при условии, что это допущение подкреплено имеющимися данными.

4.28. При проведении оценок сейсмической опасности следует использовать знания о глубине, на которой образуется рассеянная сейсмичность. Оценки максимальной глубины очагов могут делаться на основании того факта, что землетрясения, как известно, возникают в зоне хрупко-пластичного перехода земной коры.

4.29. Значительное различие в степени сейсмичности может предполагать различные тектонические условия и может быть использовано при определении границ. Большие различия в гипоцентральной глубине (например, земная кора или глубже) могут использоваться для разграничения зон.

Определение характеристик

4.30. Оценку максимального потенциального землетрясения, не связанного с выявленными сейсмогенными структурами, следует проводить на основании исторических данных и сейсмотектонических характеристик зоны. Может оказаться полезным сравнение с подобными регионами, по которым имеются исчерпывающие исторические данные, однако при такой оценке следует в большой степени применять экспертное мнение. Часто в это значение заложена большая неопределенность за счет относительно короткого периода исторических данных в отношении процессов происходящей в настоящее время тектонической активности. Эту неопределенность следует описывать представительным распределением или в предположении уместно консервативного значения, в зависимости от того, какой вид оценки риска используется – детерминистский или вероятностный.

4.31. Определение степени сейсмической активности для сейсмических источников с небольшим количеством землетрясений, которые могут иметь место во внутрипластовых тектонических регионах, может вести к большой

неопределенности. Для таких источников определение параметра наклона может быть связано с другим подходом, который может включать в себя допущение значения, представляющего региональные тектонические условия сейсмического источника, например, стабильные континентальные тектонические условия. Этот подход может быть вполне применимым поскольку, как показано, параметр наклона (значение b) может варьироваться в пределах лишь узкого диапазона тектонической обстановки. Независимо от подхода, применяемого для определения параметра наклона распределения повторяемости, неопределенность этого параметра следует оценивать соответствующим образом и включать в анализ сейсмического риска.

4.32. Повторяемость землетрясений следует оценивать для каждой зоны рассеянной сейсмичности. Такая оценка должна включать в себя выбор соответствующей модели повторяемости землетрясения и параметров модели, а также оценку неопределенности модели и параметров. Как правило, для зон рассеянной сейсмичности наиболее подходящей является экспоненциальная модель Пуассона. Тем не менее, для любого типа сейсмических источников могут быть использованы альтернативные модели повторяемости с соответствующим взвешиванием значений для выражения неопределенности оценки.

5. ОЦЕНКА РИСКА КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА

ВВЕДЕНИЕ

5.1. В настоящем разделе представлены указания и процедуры, касающиеся уровней и характеристик риска колебаний грунта. Рекомендации относительно соответствующего уровня колебаний грунта – сейсмический уровень 1 или сейсмический уровень 2 (СУ-1 или СУ-2) – который следует принять в проекте каждой конструкции, системы или компонента станции, представлены в [3], в котором также рекомендуются сочетания нагрузок, применимые к проектным уровням колебаний грунта. Определение риска колебаний грунта следует основывать на сеймотектонической модели, полученной, как представлено в Разделе 4.

5.2. При принятии решений относительно риска уровня колебаний грунта, как представлено пп. 5.3–5.8, и параметров, используемых для описания колебаний

грунта, следует обеспечить тесное взаимодействие специалистов по сейсмическому риску и инженера-конструктора.

УРОВНИ РИСКА КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА

5.3. Как правило, для каждой станции проводится оценка двух уровней риска колебания грунта (СУ-1 и СУ-2). Пояснения относительно применения этих уровней в проекте станции даны в [3]¹.

5.4. Уровень СУ-2 непосредственно соответствует конечным требованиям безопасности. Этот уровень колебаний грунта должен иметь очень низкую вероятность² в течение срока службы станции; он представляет собой максимальный уровень колебаний грунта, допускаемый при проектировании. Его определение должно основываться на результатах сеймотектонической оценки и подробном знании геологии и инженерных параметров слоев под территорией площадки.

5.5. Независимо от степени подверженности сейсмическому риску для каждой станции следует принимать проектное колебание грунта, соответствующее уровню СУ-2. Рекомендуемым минимальным уровнем является максимальное горизонтальное ускорение грунта 0,1 g, соответствующее нулевому периоду проектного спектра реакции.

5.6. Уровень СУ-1 соответствует менее тяжелому, более частому³ землетрясению, которое имеет различные последствия с точки зрения безопасности по сравнению с СУ-2. Факторами, которые могут повлиять на принятие решений относительно уровня колебаний грунта, выбранного для СУ-1, являются:

- сеймотектоническая оценка: относительная подверженность площадки воздействию от многочисленных источников сейсмической активности; частота землетрясений от каждого такого источника с точки зрения срока службы станции;

¹ В некоторых государствах лицензирующие органы требуют представить только оценку уровня СУ-2.

² В некоторых странах СУ-2 соответствует уровню, превышающему среднюю частоту от 1×10^{-3} до 1×10^{-4} в год.

³ В некоторых странах СУ-1 соответствует уровню, превышающему среднюю частоту 1×10^{-2} в год.

- проектные проработки: последствия для безопасности от требуемых сочетаний нагрузок и пределов по напряжениям; тип станции;
- ситуация после землетрясения: последствия согласованного требуемого порядка действий после СУ-1; потребность региона в продолжении безопасной эксплуатации станции после землетрясения, которое могло нанести ущерб другим электростанциям;
- результаты инспектирования станции: стоимость и последствия с точки зрения безопасности при проектировании и/или сооружении станции с более высоким СУ-1 по сравнению с возможностью проведения более частых проверок при уровне ниже, чем СУ-1.

5.7. Независимо от метода, используемого для оценки риска колебаний грунта, как СУ-1, так и СУ-2 следует выводить из соответствующих спектров реакции и временных последовательностей. Колебание определяется для свободных состояний на поверхности грунта, на уровне основания и скальной породы. Следует задавать колебания грунта для референтной скальной породы при условии наличия адекватной базы данных. Тогда можно вычислить колебания на уровне оснований и поверхности с учетом функций переноса поверхностных слоев. Следует рассматривать соответствующее взаимодействие определенного референтного колебания грунта и результатов анализа реакции площадки.

5.8. Как для СУ-1, так и для СУ-2 следует определять характеристики колебания грунта, которые позволяют вычислить поведение станции, используя методы, заложенные в проект. Может потребоваться определить колебания грунта с различными характеристиками в соответствии с различными типами землетрясений, которые могут оказать воздействие на площадку.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА

5.9. Как правило, колебания грунта характеризуются спектрами реакции в трех перпендикулярных направлениях и несколькими величинами затухания, а также соответствующими временными последовательностями. Спектры реакции применительно к конкретной площадке следует рассчитывать непосредственно для СУ-1 и СУ-2. Альтернативным способом является выбор стандартной формы спектра в масштабе установленного уровня ускорения произвольного поля (или скорости, или смещения).

5.10. При использовании этого метода для какого-либо отдельного региона следует в полной мере использовать имеющуюся базу данных (например,

данные по относительному преобладанию исторических землетрясений или зафиксированные данные о сильных колебаниях).

5.11. Оценка соответствующих уровней колебания грунта для СУ-1 и СУ-2 может включать в себя анализы, основанные на детерминистских и/или вероятностных методах.

Использование данных по интенсивности и магнитуде

5.12. В дополнение к сеймотектонической информации о сейсмогенных структурах и зонах рассеянной сейсмичности в регионе для оценки характеристик колебаний грунта – затухание, спектры реакции и продолжительность - могут оказаться полезными данные об интенсивности и магнитуде.

5.13. Данные по интенсивности могут применяться для оценки магнитуды землетрясений, которые имели место до того, как начали систематически применяться сейсмологические приборы. Они также могут быть использованы для оценки колебаний грунта в тех регионах мира, где приборы для фиксации сильных колебаний грунта не эксплуатировались в течение достаточно продолжительного периода времени, чтобы предоставить зарегистрированные данные о затухании. Посредством сравнения полученной зависимости затухания и данных по регионам, где имеются зафиксированные данные по интенсивности и сильным колебаниям грунта, можно получить откорректированные зависимости для колебаний грунта.

Детерминистские методы

5.14. Оценка СУ-2 детерминистскими методами включает в себя:

- 1) разделение сеймотектонической модели на две сеймотектонические области, соответствующие зонам рассеянной сейсмичности и сейсмогенных структур;
- 2) определение максимального возможного землетрясения, связанного с каждой сейсмогенной структурой и с каждой сеймотектонической областью;
- 3) проведение оценки следующим образом:
 - (a) для каждой сейсмогенной структуры следует принять максимальное возможное землетрясение, которое может иметь место в точке структуры, наиболее близко расположенной к территории площадки,

с учетом физических размеров источника. Если площадка находится в границах сейсмогенной структуры, следует допустить, что максимальное возможное землетрясение будет иметь место под площадкой. В этом случае следует обратить особое внимание на демонстрацию того, что сейсмогенная структура не является склонной к сбросообразованию (см. Раздел 6);

- (b) следует допустить, что максимальное возможное землетрясение в зоне рассеянной сейсмичности, которая включает в себя площадку, может иметь место на некотором определенном конкретном расстоянии от площадки, на основе исследований, обеспечивающих, что в пределах данного расстояния не имеется сейсмогенных структур и что, следовательно, вероятность наступления землетрясений внутри нее пренебрежимо мала. Это расстояние может находиться в пределах от нескольких километров до 20 км и будет зависеть от наилучших оценок глубины очага землетрясений в данной сеймотектонической области. При выборе подходящего расстояния следует учитывать физические размеры источника;
- (c) следует принимать, что максимальное возможное землетрясение, связанное с зонами рассеянной сейсмичности в каждой прилегающей сеймотектонической области, произойдет в точке границы области, наиболее близко расположенной к площадке;
- (d) следует применять подходящую зависимость затухания для определения колебаний грунта, которые могут быть вызваны каждым из этих землетрясений для площадки, с учетом местных условий на площадке;
- (e) характеристики колебания грунта следует получать с использованием рекомендаций, приведенных в пп. 5.19–5.35.

Вероятностные методы

5.15. На практике вероятностные методы разработаны в такой степени, что с их помощью можно определять риск колебания грунта. Результаты анализа вероятности сейсмического риска, полученные вероятностными методами, необходимы для проведения ВАБ внешних событий, которые выполняются для АЭС. Как правило, кривые сейсмического риска, которые используются в качестве исходных для сейсмических ВАБ, необходимо распространять на уровни с меньшей частотой в год, чем используются при проектировании. Это следует принимать во внимание.

5.16. При вероятностных расчетах следует использовать все элементы и параметры сеймотектонической модели. Зоны рассеянной сейсмической

активности могут быть смоделированы как источники однородной сейсмичности с допусками, сделанными для всего диапазона магнитуд землетрясений, связанных с каждым сейсмогенным источником, т.е. зоной или структурой. Вероятностные методы, разработанные в последнее время, включают в себя все переменные и параметры сеймотектонической модели. Подобный метод допускает неопределенности, заложенные в параметрах сеймотектонической модели, а также альтернативные интерпретации моделей, которые будут в явном виде включены в анализ риска, и распространены на результаты этого анализа. Различными экспертами или группами экспертов могут быть предложены и формально включены в вероятностные расчеты риска и альтернативные модели. В подобном случае следует анализировать и учитывать результаты применения в разных странах такой многосторонней оценки для вероятностного анализа сейсмического риска.

5.17. Применение вероятностного метода включает в себя следующие этапы:

- 1) Оценка сеймотектонической модели для района размещения площадки с точки зрения источников сейсмической активности, включая неопределенность границ источника.
- 2) По каждому источнику, оценка максимальной магнитуды землетрясения, периода повторения землетрясения и модель повторяемости землетрясения, вместе с неопределенностью, связанной с каждой оценкой.
- 3) Оценка затухания колебания грунта, вызванного землетрясением для района размещения площадки, и оценка неопределенности как для среднего затухания, так и вариативности колебания в пределах средних значений как функции от магнитуды землетрясения и расстояния от источника.

5.18. Результаты анализов риска колебаний грунта, как правило, представлены в виде среднегодовой частоты превышения, которая часто называется ежегодной вероятностью, мер сотрясаемости грунта, которые представляют собой диапазон периодов времени, важных для сооружений станции (например, максимальное ускорение и соответствующий диапазон ускорений спектров реакции как для горизонтального, так и для вертикального направлений движения). Обычно составляются средние, 15-, 50- и 80%-ные кривые распределения риска с тем, чтобы отразить неопределенность риска по каждой мере колебаний грунта. Используя эти результаты анализа риска, могут быть построены унифицированные спектры риска (т.е. амплитуды с одинаковой ежегодной частотой превышения для рассматриваемого диапазона структурных

периодов) для любого выбранного уровня риска (ежегодная частота превышения).

5.19. Часто, для облегчения определения характеристик колебания грунта на площадке, полезно разделить вероятностный анализ сейсмического риска. Такое разделение следует проводить с целью получения ежегодной частоты превышения, что, как правило, является значением, выбранным для определения максимального проектного колебания грунта на площадке. Такое разделение следует проводить, по меньшей мере, для двух частот спектров реакции; это, как правило, 1 Гц и 10 Гц. Разделение можно использовать для определения средней магнитуды и расстояния землетрясений, которые контролируют колебания грунта на этих частотах спектра реакции.

Характеристики колебаний грунта

5.20. Характеристики колебаний грунта, соответствующие СУ-1 и СУ-2 должны быть выражены в виде спектров реакции для диапазона значений затухания и должны соответствовать временным рядам, причем надлежащее внимание следует уделять референтным условиям (см. п. 5.7).

Спектры реакции

5.21. Характеристики спектров реакции колебаний грунта определяются в соответствии с величинами относительного влияния характеристик сейсмогенного источника и характеристик затухания в геологических слоях, по которым проходят сейсмические волны от гипоцентров к территории площадки. В слоях, расположенных выше подстилающей породы, сейсмические волны изменяются в соответствии с характеристиками реакции этих слоев, как функция от уровня напряжения, вызванного сейсмическими волнами.

5.22. В дополнение к равномерным спектрам риска, полученным при вероятностном анализе сейсмического риска (п. 5.18), спектры реакции можно получить несколькими методами.

Типовой спектр реакции

5.23. Типовой спектр реакции может применяться, когда в общей схеме необходимо представить вклад множественных сейсмических источников. Заданная форма типового спектра реакций выводится из различных спектров реакций, полученных из зарегистрированных данных о землетрясениях. Такой

типовой спектр реакций приводится к соответствующему для конкретной площадки удельному значению ускорения грунта, скорости и/или смещения. Вполне возможно иметь значения магнитуды ближнего землетрясения от низких до средних, которые имеют относительно высокую частотную составляющую и короткую продолжительность, но которые могут вызывать пиковые ускорения, превышающие нулевой период типового спектра реакции. В таких случаях эти спектры реакции следует разделять для целей проектирования.

Спектр реакции применительно к конкретной площадке

5.24. Спектр реакции применительно к конкретной площадке можно получить из временных диаграмм сильных колебаний, зафиксированных на площадке. Тем не менее, как правило, для фактического временного интервала нельзя получить адекватную выборку временных диаграмм сильного колебания на площадке. Поэтому, для определения спектра реакции для конкретной площадки необходимы спектры реакций, полученные в местах с подобными сейсмическими, геологическими и почвенными характеристиками, и подтвержденных воздействию колебаний грунта подобного типа.

Спектр реакции равной обеспеченности

5.25. В подходе равной обеспеченности применяются результаты исследований регрессии затухания ординат спектров реакции, соответствующих различным периодам колебаний, с тем, чтобы получить спектр реакции с координатами, обладающими такими же значениями обеспеченности, что и все рассматриваемые периоды.

5.26. Независимо от того, какой подход принят для конкретизации спектра реакции, следует учитывать неопределенности, связанные со спектральными ординатами⁴.

Временные диаграммы

5.27. Временные диаграммы должны в удовлетворительной степени отражать все установленные параметры колебаний грунта, включая продолжительность.

⁴ Во многих государствах, когда используются детерминистские методы, указанные спектральные ординаты принимаются равными их медианным значениям плюс одно стандартное отклонение.

Количество временных диаграмм для подробного анализа и процедуры, используемой при составлении этих временных диаграмм, зависит от типа проводимого анализа. Для определения необходимости в проведении конкретного анализа и его проведения следует надлежащим образом проконсультироваться с конструктором АЭС [3].

5.28. Продолжительность колебаний грунта при землетрясении, в основном, определяется длиной и скоростью сбросового разрыва. Последствия на площадке и, в особенности, скользящие волны в глубоких бассейнах, также могут увеличить продолжительность колебаний грунта. Продолжительность также может соотноситься с магнитудой. В ходе оценки следует последовательно подходить к определению продолжительности. Например, продолжительность ускорения можно определять различными способами, такими как:

- временной интервал между наступлением колебаний грунта и временем, когда ускорение снизилось до 5% от его максимального значения;
- временной интервал между 95%-ной и 5%-ной обеспеченностью интеграла среднеквадратичного значения ускорения;
- временной интервал, для которого ускорение превышает 5% от g .

5.29. При определении продолжительности временных диаграмм следует надлежащим образом взвешивать любые экспериментальные доказательства, представленные в региональной базе данных. В случае некоторых площадок, относительно низкие по амплитуде колебания, вызванные удаленными, сильными землетрясениями могут нести в себе опасность ликвификации. Если применяется это условие, то временные диаграммы, используемые для ликвификации, должны включать в себя такие временные диаграммы с низкими амплитудами при соответствующей продолжительности.

5.30. Временные диаграммы могут быть составлены с использованием различных данных, таких как:

- искусственные временные диаграммы с применением методов сопоставления спектров, которые учитывают фазовые характеристики сейсмической волны;
- зафиксированные данные о сильных колебаниях в окрестности площадки или их соответствующие изменения, полученные с помощью масштабирования максимального ускорения при использовании соответствующих частотных фильтров или комбинирования зафиксированных данных;

- зафиксированные данные о сильных колебаниях по другим местам с подобными сейсмическими, геологическими и почвенными характеристиками; в некоторых случаях для этих данных также могут потребоваться изменения амплитуды и частоты для обеспечения их применимости;
- искусственные временные диаграммы, которые следует составлять для нескольких значений затухания с тем, чтобы в удовлетворительной степени отразить характеристики колебаний грунта.

В последнее время был достигнут значительный прогресс в теоретическом моделировании колебаний грунта, включая источник, распространения и воздействия на площадку (например, применение эмпирической функции Грина). Полученные таким образом колебания грунта для регионов, для которых имеются соответствующие параметры, можно применять в дополнение к указанным выше методам. Эти новые подходы следует применять осмотрительно, особенно когда ожидаются крупные нелинейности в поверхностных слоях площадки.

5.31. Проектные спектры реакции и временные диаграммы должны совпадать независимо от процедуры составления временных диаграмм. При использовании функций спектральной плотности распределения мощности следует обеспечить, чтобы временные диаграммы включали в себя оцениваемую соответствующую энергетическую составляющую колебаний грунта, и чтобы были указаны приемлемые уровни отклонения.

Отношение движения в вертикальном и горизонтальном направлении

5.32. Если не имеется конкретной информации о максимальном ускорении вертикальных колебаний грунта в окрестности площадки, то может оказаться целесообразным принять в качестве допущения заданное значение отношения максимального ускорения в вертикальном и горизонтальном направлениях (например, $2/3$). Экспериментальные результаты показывают, что это отношение, обычно, варьируется в пределах от $1/2$ до 1 , и может иметь самое высокое значение в ближней зоне, в зависимости от характеристик источника и площадки, помимо прочих факторов.

5.33. Спектры реакции и временные диаграммы, соответствующие вертикальному колебанию грунта, следует оценивать также, как и горизонтальные спектры и временные диаграммы. При наличии, документально зафиксированные вертикальные временные диаграммы следует использовать в качестве основы для такой оценки.

5.34. Методика определения риска колебаний грунта (уровни СУ-1 и СУ-2) разработана для сооружений станции с изолированным фундаментом. В случае сооружений, в которых могут применяться системы изолированных оснований для защиты от сейсмических событий, могут потребоваться дополнительные исследования и анализы. Как правило, это долговременные воздействия, которые могут привести к избыточным остаточным смещениям элементов изолирующей системы фундамента. В случае стационарных сооружений, для которых предусматривается система изоляции фундамента, следует проводить анализ временных диаграмм и, при необходимости, вносить в них изменения с тем, чтобы учесть такие воздействия (см. также [3]).

5.35. В случае заглубленных сооружений, таких как каналы коммуникаций и трубопроводы, соответствующие спектры реакций и временные диаграммы следует составлять при консультации с проектировщиком (см. также [3]).

6. ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОГО СБРОСООБРАЗОВАНИЯ НА ПЛОЩАДКЕ

ВВЕДЕНИЕ

6.1. В настоящем разделе представлены указания и процедуры оценки потенциального поверхностного сбросообразования (способности), которое может угрожать безопасности станции. Здесь также представлен объем исследований, необходимых для проведения такой оценки.

6.2. Следует учитывать, что сбросообразование также может иметь место при отсутствии значимых выбросов сейсмической энергии. Например, тектоническое нарушение типа ползучести может быть значимым, если простирается вдоль некоторых сегментов основных разломов с горизонтальным смещением, что относительно часто происходит в вулканическо-тектонических условиях, а при обыкновенных сбросах связи оно иногда вызывается извлечением подземных жидких сред. Обычно, тектоническая ползучесть наблюдается в зонах, характеризующихся высокой тектонической и сейсмической активностью. Стабильный сдвиг, разрыв под воздействием тектонического нарушения и сейсмогенное поверхностное сбросообразование

могут считаться режимами сброса, который может иметь место как по времени, так и по месту вдоль потенциальных мест сбросообразования.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ

6.3. Основной вопрос в отношении поверхностного сбросообразования – это является ли разлом (в глубоком залегании или выходящий на поверхность) на площадке или вблизи нее способным к сбросообразованию. Основой для получения ответа на этот вопрос должна быть база данных (см. Раздел 3), включенная в сеймотектоническую модель (см. Раздел 4) вместе с дополнительными конкретными данными, в которых может возникнуть необходимость.

6.4. Разлом следует считать потенциальным с точки зрения тектонических нарушений на основе геологических, геофизических, геодезических и сейсмологических данных, если:

- он указывает на наличие прошлого сдвига или подвижек (таких как значительные деформации и/или смещения) повторяющегося характера в пределах такого периода времени, для которого целесообразно предположить, что могут иметь место дальнейшие подвижки на площадке или вблизи нее. В зонах повышенной сейсмической активности, где как данные о землетрясениях, так и геологические данные последовательно указывают на короткие интервалы повторяемости землетрясений, для оценки потенциальных тектонических нарушений могут быть применимы периоды порядка десятков тысяч лет. Для менее сейсмоактивных зон более уместными могут быть более продолжительные периоды;
- структурные взаимосвязи с известным потенциальным тектоническим нарушением показывают, что такое смещение одного нарушения может привести к смещению другого на площадке или вблизи нее;
- если максимальное потенциальное землетрясение, связанное с сейсмогенной структурой, как определено в Разделе 4, достаточно велико и такой силы, что целесообразно предположить, что, в геодинамической обстановке станции, может иметь место смещение на или вблизи поверхности.

ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА НАРУШЕНИЯ

6.5. Для того чтобы продемонстрировать, что на площадке или вблизи нее отсутствует возможность тектонических нарушений или, если нарушения имеют место, указать направление, протяженность и историю смещений на них, а также достоверно определить возраст наиболее поздних смещений, следует собрать достаточное количество данных о поверхности и подповерхностном слое посредством исследований на уровнях: региональном, ближнерегиональном, вблизи площадки и на площадке (см. Раздел 3).

6.6. Как указано в Разделе 3, особое внимание следует уделять тем геологическим и геоморфологическим особенностям площадки и прилегающей территории, которые могут быть особенно полезны при выявлении тектонических нарушений и при подтверждении возраста сбросовых движений.

6.7. Если известно, что сбросообразование имеет место, или есть подозрение, что оно имеет место, то следует проводить исследования территории, прилегающей к площадке с точки зрения ее масштаба и типа, включающие в себя подробную геолого-геоморфологическую съемку, топографический анализ, геофизические обследования (включая, при необходимости, геодезию), опробование канавами, бурение, датировку отложений или тектонических брекчий, местные сейсмологические обследования, а также любые другие применимые методы для подтверждения того, когда имело место последнее смещение.

6.8. Следует учитывать возможность того, что тектонические нарушения, которые не проявились в последнее время в виде поверхностного смещения, могут вновь активизироваться за счет большой нагрузки на водоем, поступления влаги, истечения влаги или других явлений.

6.9. В тех случаях, когда достоверные данные показывают, что может иметь место потенциальное тектоническое нарушение с возможностью негативных последствий для безопасности площадки станции, то на данном этапе следует пересмотреть возможность сооружения и безопасной эксплуатации АЭС на этой площадке и, при необходимости, рассмотреть альтернативную площадку.

7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

7.1. В отношении всей деятельности по сбору и обработки данных, полевых и лабораторных исследований, анализов и оценок должна быть создана система обеспечения качества в рамках действия настоящего Руководства по безопасности. Более подробные рекомендации и указания по обеспечению качества представлены в [4].

7.2. Исходя из многообразия проводимых исследований (полевые, лабораторные, камеральные) и необходимости экспертной оценки в процессе принятия решений, следует разрабатывать процедуры применительно к конкретному проекту, с целью облегчения проведения и верификации данных задач, а также экспертной оценки всего процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Aspects of the Foundations of Nuclear Power Plants, Safety Series No. 50-SG-S8, IAEA, Vienna (1986) (to be superseded by Geotechnical Aspects of Nuclear Power Plant Site Evaluation and Foundations, Safety Standards Series, IAEA, Vienna (in preparation)).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Flood Hazards for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites, Safety Standards Series, IAEA, Vienna (to be published).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Seismic Design and Qualification
- [4] for Nuclear Power Plants, Safety Standards Series, IAEA, Vienna (to be published).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Quality Assurance for Safety in
- [6] Nuclear Power Plants and Other Nuclear Installations, Safety Series No. 50-C/SG-Q,
- [7] Code and Safety Guides Q1–Q14, IAEA, Vienna (1996).

ГЛОССАРИЙ ТЕРМИНОВ

вероятное тектоническое нарушение. Тектоническое нарушение, при котором имеется значительный потенциал относительного смещения на поверхности или вблизи нее.

интенсивность (землетрясения). Показатель физических воздействий землетрясения на человека или сооружения, построенные человеком, и на поверхность Земли. Показатель состоит из набора численных индексов, основывающихся на субъективных суждениях, а не на зарегистрированных измерениях.

колебание грунта в свободном пространстве. Колебание, которое может иметь место в данной точке грунта в результате землетрясения, если на вибрационные характеристики не влияют сооружения и установки.

макросейсмичность. Сейсмическая активность до уровня, при котором подразумевается значительная, когерентная, устойчивая тектоническая активность⁵.

поверхностное сбросообразование. Постоянный сброс или разрыв поверхности движением с различной скоростью через разлом при землетрясении.

реакция грунта. Поведение скального грунта или почвы на площадке при заданной нагрузке колебания грунта.

сейсмогенные структуры. Структуры, указывающие на сейсмическую активность, или в которых имеются проявления исторических разрывов поверхности или палеосейсмических последствий. Считается, что сейсмогенные структуры являются вероятными возбудителями макроземлетрясений в течение рассматриваемого периода времени.

⁵ Макросейсмичность, как правило, представляется как сейсмическая активность более сильных землетрясений по сравнению с микро-землетрясениями. Тем не менее, такая сейсмическая активность может вызывать различные вопросы в разных областях. Определение уровня сейсмической активности микросейсмичности в данном регионе проводится после рассмотрения общей сейсмической активности этого региона.

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Celebi, M.	United States Geological Survey, Соединенные Штаты Америки
Gürpinar, A.	Международное Агентство по атомной энергии
Mohammadioun, B.	консультант, Франция
Serva, L.	Agenzia Nazionale per la Protezione dell' Ambiente, Италия
Stepp, C.	Earthquake Hazards Solutions, Соединенные Штаты Америки

ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ

Комитет по нормам ядерной безопасности

Аргентина: Sajaroff, P.; Бельгия: Govaerts, P. (председатель); Бразилия: Salati de Almeida, I.P.; Канада: Malek, I.; Китай: Zhao, Y.; Франция: Saint Raymond, P.; Германия: Wendling, R.D.; Индия: Venkat Raj, V.; Италия: Del Nero, G.; Япония: Hirano, M.; Республика Корея: Lee, J.-I.; Мексика: Delgado Guardado, J.L.; Нидерланды: de Munk, P.; Пакистан: Hashimi, J.A.; Российская Федерация: Баклушин, Р.П.; Испания: Mellado, I.; Швеция: Jende, E.; Швейцария: Aberli, W.; Украина: Миколойчук, О.; Соединенное Королевство: Hall, A.; Соединенные Штаты Америки: Murphy, J.; МАГАТЭ: Hughes, P. (координатор); Европейская комиссия: Gómez-Gómez, J.A.; Международная организация по стандартизации: d'Ardenne, W.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Royen, J.

Комиссия по нормам безопасности

Аргентина: D'Amato, E.; Бразилия: Caubit da Silva, A.; Канада: Bishop, A., Duncan, R.M.; Китай: Zhao, C.; Франция: Lacoste, A.-C., Gauvain, J.; Германия: Renneberg, W., Wendling, R.D.; Индия: Sukhatme, S.P.; Япония: Suda, N.; Республика Корея: Kim, S.-J.; Российская Федерация: Вишневский, Ю.Г.; Испания: Martín Marquínez, A.; Швеция: Holm, L.-E.; Швейцария: Jeschki, W.; Украина: Смышляев, О.Ю.; Соединенное Королевство: Williams, L.G. (председатель), Pape, R.; Соединенные Штаты Америки: Travers, W.D.; МАГАТЭ: Karbassioun, A. (координатор); Международная комиссия по радиологической защите: Clarke, R.H.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Shimomura, K.

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА
ISBN 978-92-0-404708-0
ISSN 1020-5845