

Нормы безопасности МАГАТЭ

для защиты людей и охраны окружающей среды

Учет метеорологических и гидрологических опасностей при оценке площадок для ядерных установок

Разработано совместно
МАГАТЭ, ВМО



IAEA



WMO

Специальное руководство по безопасности
№ SSG-18



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ И ДРУГИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

В соответствии со статьей III своего Устава МАГАТЭ уполномочено устанавливать или принимать нормы безопасности для защиты здоровья и сведения к минимуму опасностей для жизни и имущества и обеспечивать применение этих норм.

Публикации, посредством которых МАГАТЭ устанавливает нормы, выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ. В этой серии охватываются вопросы ядерной безопасности, радиационной безопасности, безопасности перевозки и безопасности отходов. **Категории публикаций в этой серии — это Основы безопасности, Требования безопасности и Руководства по безопасности.**

Информацию о программе по нормам безопасности МАГАТЭ можно получить на сайте МАГАТЭ в Интернете

www.iaea.org/ru/resursy/normy-bezopasnosti

На этом сайте содержатся тексты опубликованных норм безопасности и проектов норм безопасности на английском языке. Тексты норм безопасности выпускаются на арабском, испанском, китайском, русском и французском языках, там также можно найти глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности и доклад о ходе работы над еще не выпущенными нормами безопасности. Для получения дополнительной информации просьба обращаться в МАГАТЭ по адресу: Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria.

Всем пользователям норм безопасности МАГАТЭ предлагается сообщать МАГАТЭ об опыте их использования (например, в качестве основы для национальных регулирующих положений, для составления обзоров безопасности и учебных курсов) в целях обеспечения того, чтобы они по-прежнему отвечали потребностям пользователей. Эта информация может быть направлена через сайт МАГАТЭ в Интернете или по почте (см. адрес выше), или по электронной почте по адресу Official.Mail@iaea.org.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ

МАГАТЭ обеспечивает применение норм и в соответствии со статьями III и VIII.C своего Устава предоставляет сведения и способствует обмену информацией, касающейся мирной деятельности в ядерной области, и служит в этом посредником между своими государствами-членами.

Доклады по вопросам безопасности в ядерной деятельности выпускаются в качестве **докладов по безопасности**, в которых приводятся практические примеры и подробные описания методов, которые могут использоваться в поддержку норм безопасности.

Другие публикации МАГАТЭ по вопросам безопасности выпускаются в качестве публикаций по **аварийной готовности и реагированию, докладов по радиологическим оценкам, докладов ИНСАГ** — Международной группы по ядерной безопасности, **технических докладов** и документов серии **ТЕСДОС**. МАГАТЭ выпускает также доклады по радиологическим авариям, учебные пособия и практические руководства, а также другие специальные публикации по вопросам безопасности.

Публикации по вопросам физической безопасности выпускаются в **Серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности**.

Серия изданий МАГАТЭ по ядерной энергии состоит из информационных публикаций, предназначенных способствовать и содействовать научно-исследовательской работе в области ядерной энергии, а также развитию ядерной энергии и ее практическому применению в мирных целях. В ней публикуются доклады и руководства о состоянии технологий и успехах в их совершенствовании, об опыте, образцовой практике и практических примерах в области ядерной энергетики, ядерного топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами и снятия с эксплуатации.

УЧЕТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И
ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ
ПРИ ОЦЕНКЕ ПЛОЩАДОК ДЛЯ
ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

Устав Агентства был утвержден 23 октября 1956 года на Конференции по выработке Устава МАГАТЭ, которая состоялась в Центральном учреждении 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 БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ, № SSG-18

УЧЕТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЛОЩАДОК ДЛЯ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

СПЕЦИАЛЬНОЕ РУКОВОДСТВО ПО БЕЗОПАСНОСТИ

РАЗРАБОТАНО СОВМЕСТНО
МЕЖДУНАРОДНЫМ АГЕНТСТВОМ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
И
ВСЕМИРНОЙ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА, 2023 ГОД

УВЕДОМЛЕНИЕ ОБ АВТОРСКОМ ПРАВЕ

Все научные и технические публикации МАГАТЭ защищены положениями Всемирной конвенции об авторском праве, принятой в 1952 году (Берн) и пересмотренной 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 оформляется соглашениями типа роялти. Предложения о некоммерческом воспроизведении и переводе приветствуются и рассматриваются в каждом случае в отдельности. Вопросы следует направлять в Издательскую секцию МАГАТЭ по адресу:

Группа маркетинга и сбыта (Marketing and Sales Unit)
Издательская секция
Международное агентство по атомной энергии
Венский международный центр,
а/я 100,
А1400 Вена, Австрия
Факс: +43 1 26007 22529
Тел.: +43 1 2600 22417
Эл. почта: sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/ru/publikacii>

© МАГАТЭ, 2023

Отпечатано МАГАТЭ в Австрии
Декабрь 2023 года
STI/PUB/1506

УЧЕТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И
ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ ПРИ ОЦЕНКЕ
ПЛОЩАДОК ДЛЯ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК
МАГАТЭ, ВЕНА, 2023 ГОД
STI/PUB/1506
ISBN 978–92–0–407223–5 (печатный формат)
ISBN 978–92–0–407323–2 (формат pdf)
ISSN 1020–5845

ПРЕДИСЛОВИЕ

Устав МАГАТЭ уполномочивает Агентство «устанавливать или применять ... нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества» — нормы, которые МАГАТЭ должно использовать в своей собственной работе и которые государства могут применять посредством их включения в свои регулирующие положения в области ядерной и радиационной безопасности. МАГАТЭ осуществляет это в консультации с компетентными органами Организации Объединенных Наций и с заинтересованными специализированными учреждениями. Всеобъемлющий свод высококачественных и регулярно пересматриваемых норм безопасности наряду с помощью МАГАТЭ в их применении является ключевым элементом стабильного и устойчивого глобального режима безопасности.

МАГАТЭ начало осуществлять свою программу по нормам безопасности в 1958 году. Значение, уделяемое качеству, соответствию поставленной цели и постоянному совершенствованию, лежит в основе широкого применения норм МАГАТЭ во всем мире. Серия норм безопасности теперь включает единообразные основополагающие принципы безопасности, которые выработаны на основе международного консенсуса в отношении того, что должно пониматься под высоким уровнем защиты и безопасности. При твердой поддержке со стороны Комиссии по нормам безопасности МАГАТЭ проводит работу с целью содействия глобальному признанию и использованию своих норм.

Однако нормы эффективны лишь тогда, когда они надлежащим образом применяются на практике. Услуги МАГАТЭ в области безопасности охватывают вопросы проектирования, выбора площадки и инженерно-технической безопасности, эксплуатационной безопасности, радиационной безопасности, безопасной перевозки радиоактивных материалов и безопасного обращения с радиоактивными отходами, а также вопросы государственной основы, регулирования и культуры безопасности в организациях. Эти услуги в области безопасности содействуют государствам-членам в применении норм и позволяют обмениваться ценным опытом и данными.

Ответственность за деятельность по регулированию безопасности возлагается на страны, и многие государства принимают решения применять нормы МАГАТЭ по безопасности в своих национальных регулирующих положениях. Для сторон различных международных конвенций по безопасности нормы МАГАТЭ являются согласованным и надежным средством обеспечения эффективного выполнения обязательств, вытекающих из этих конвенций. Эти нормы применяются также

регулирующими органами и операторами во всем мире в целях повышения безопасности при производстве ядерной энергии и применении ядерных методов в медицине, промышленности, сельском хозяйстве и научных исследованиях.

Безопасность — это не самоцель, а необходимое условие защиты людей во всех государствах и охраны окружающей среды в настоящее время и в будущем. Риски, связанные с ионизирующими излучениями, должны оцениваться и контролироваться без неоправданного ограничения вклада ядерной энергии в справедливое и устойчивое развитие. Правительства, регулирующие органы и операторы во всем мире должны обеспечивать, чтобы ядерный материал и источники излучения использовались для всеобщего блага, в условиях безопасности и с учетом мнения общественности. Для содействия этому предназначены нормы МАГАТЭ по безопасности, которые я призываю применять все государства-члены.

ПРИМЕЧАНИЕ СЕКРЕТАРИАТА

Нормы МАГАТЭ по безопасности отражают международный консенсус в отношении того, что является основой высокого уровня безопасности для защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. В процессе разработки, рассмотрения и установления норм МАГАТЭ участвуют Секретариат МАГАТЭ и все государства-члены, многие из которых представлены в четырёх комитетах МАГАТЭ по нормам безопасности и в Комиссии МАГАТЭ по нормам безопасности.

Нормы МАГАТЭ, которые являются ключевым элементом глобального режима безопасности, регулярно пересматриваются Секретариатом, комитетами по нормам безопасности и Комиссией по нормам безопасности. Секретариат собирает информацию об опыте применения норм МАГАТЭ и информацию, полученную в связи с реагированием на произошедшие события, с целью обеспечения соответствия этих норм потребностям пользователей. В настоящей публикации нашли отражение информация и опыт, накопленные до 2010 года, и она была серьезно переработана в рамках процесса рассмотрения норм.

Уроки, которые могут быть извлечены из аварии на АЭС «Фукусима-дайити» в Японии, произошедшей после катастрофического землетрясения и цунами 11 марта 2011 года, будут учтены в будущих пересмотренных выпусках настоящей публикации норм МАГАТЭ по безопасности.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее Руководство по безопасности было разработано с целью оказания помощи государствам-членам в выполнении требований к ядерным установкам, установленных в публикации МАГАТЭ категории Требования безопасности «Оценка площадок для ядерных установок» в отношении оценки метеорологических и гидрологических опасностей. Оно таким образом дополняет другие руководства по безопасности, посвященные вопросам защиты ядерных установок от внешних природных явлений и событий техногенного происхождения посредством анализа выбора площадки и оценки площадки, а также соответствующих конструктивных особенностей и мер по защите площадки.

Метеорологические опасности связаны с экстремальными метеорологическими условиями и с редко встречающимися опасными метеорологическими явлениями. Гидрологические опасности связаны с внешними наводнениями, включая ряд сопутствующих явлений, и условиями низкого уровня воды. Опасности, которые могут повлиять на безопасность ядерных установок, должны быть должным образом учтены при выборе и оценке площадок, при проектировании новых установок и на этапах эксплуатации существующих установок. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации по определению соответствующих проектных основ для этих природных опасностей и рекомендует меры по защите площадки от опасностей этого типа, включая последние данные об изменениях этих опасностей со временем, в частности, в связи с эволюцией климата.

При выполнении своих функций, описанных в статье III.A.6 своего Устава: «устанавливать или применять...нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества», МАГАТЭ действует в консультации и, в надлежащих случаях, в сотрудничестве с компетентными органами Организации Объединенных Наций и с заинтересованными специализированными учреждениями.

В связи с этим Всемирная метеорологическая организация (ВМО) участвовала совместно с МАГАТЭ в разработке данной публикации. ВМО предоставляет научно-технические руководящие материалы по доступу к метеорологической и гидрологической информации об опасностях, ее анализу, интерпретации и использованию, включая соответствующие аспекты изменчивости и изменения климата, с целью поддержки оценки соответствующего воздействия на безопасность ядерных установок, а также соответствующих усилий по планированию и менеджменту риска.

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Радиоактивность — это естественное явление, и в окружающей среде присутствуют природные (естественные) источники излучения. Ионизирующие излучения и радиоактивные вещества с пользой применяются во многих сферах — от производства энергии до использования в медицине, промышленности и сельском хозяйстве. Радиационные риски, которым в результате этих применений могут подвергаться работники, население и окружающая среда, подлежат оценке и должны в случае необходимости контролироваться.

Поэтому такая деятельность, как медицинское использование излучения, эксплуатация ядерных установок, производство, перевозка и использование радиоактивных материалов и обращение с радиоактивными отходами, должна осуществляться в соответствии с нормами безопасности.

Ответственность за регулирование в области безопасности возлагается на государства. Однако радиационные риски могут выходить за пределы национальных границ, и в рамках международного сотрудничества принимаются меры по обеспечению и укреплению безопасности в глобальном масштабе посредством обмена опытом и расширения возможностей для контроля опасностей, предотвращения аварий, реагирования в случае аварийных ситуаций и смягчения любых вредных последствий.

Государства обязаны проявлять должную осмотрительность и соответствующую осторожность, и предполагается, что они будут выполнять свои национальные и международные обязательства.

Международные нормы безопасности содействуют выполнению государствами своих обязательств согласно общим принципам международного права, например, касающимся охраны окружающей среды. Кроме того, международные нормы безопасности укрепляют и обеспечивают уверенность в безопасности и способствуют международной торговле.

Глобальный режим ядерной безопасности постоянно совершенствуется. Нормы безопасности МАГАТЭ, которые поддерживают осуществление имеющих обязательную силу международных договорно-правовых документов и функционирование национальных инфраструктур безопасности, являются краеугольным камнем этого глобального режима.

Нормы безопасности МАГАТЭ представляют собой полезный инструмент, с помощью которого договаривающиеся стороны оценивают свою деятельность по выполнению этих конвенций.

НОРМЫ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Статус норм безопасности МАГАТЭ вытекает из Устава МАГАТЭ, которым МАГАТЭ уполномочивается устанавливать и применять, в консультации и в надлежащих случаях в сотрудничестве с компетентными органами Организации Объединенных Наций и с заинтересованными специализированными учреждениями, нормы безопасности для охраны здоровья и сведения к минимуму опасности для жизни и имущества и обеспечивать применение этих норм.

В целях обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения нормы безопасности МАГАТЭ устанавливают основополагающие принципы безопасности, требования и меры для обеспечения контроля за радиационным облучением людей и выбросом радиоактивного материала в окружающую среду, ограничения вероятности событий, которые могут привести к утрате контроля за активной зоной ядерного реактора, ядерной цепной реакцией, радиоактивным источником или любым другим источником излучения, и смягчения последствий таких событий в случае, если они будут иметь место. Нормы касаются установок и деятельности, связанных с радиационными рисками, включая ядерные установки, использование радиационных и радиоактивных источников, перевозку радиоактивных материалов и обращение с радиоактивными отходами.

Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности¹ преследуют общую цель защиты жизни и здоровья людей и охраны окружающей среды. Меры по обеспечению безопасности и физической безопасности должны разрабатываться и осуществляться комплексно таким образом, чтобы меры по обеспечению физической безопасности не осуществлялись в ущерб безопасности, и наоборот, чтобы меры по обеспечению безопасности не осуществлялись в ущерб физической безопасности.

¹ См. также публикации в серии изданий МАГАТЭ по физической ядерной безопасности.

Нормы безопасности МАГАТЭ отражают международный консенсус в отношении того, что является основой высокого уровня безопасности для защиты людей и охраны окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. Они выпускаются в Серии норм безопасности МАГАТЭ, которая состоит из документов трех категорий (см. рис. 1).

Основы безопасности

Основы безопасности содержат основополагающие цели и принципы защиты и безопасности и служат основой для требований безопасности.

Требования безопасности

Комплексный и согласованный свод требований безопасности устанавливает требования, которые должны выполняться с целью обеспечения защиты людей и охраны окружающей среды в настоящее время и в будущем. Эти требования устанавливаются в соответствии с целями и принципами, изложенными в Основах безопасности. Если требования не выполняются, то должны приниматься меры для



РИС. 1. Долгосрочная структура Серии норм безопасности МАГАТЭ.

достижения или восстановления требуемого уровня безопасности. Формат и стиль требований облегчают их гармоничное использование для создания национальной основы регулирования. Требования, включая пронумерованные всеобъемлющие требования, выражаются формулировками «должен, должна, должно, должны». Многие требования конкретно не адресуются, а это означает, что за их выполнение отвечают соответствующие стороны.

Руководства по безопасности

В руководствах по безопасности содержатся рекомендации и руководящие материалы, касающиеся выполнения требований безопасности, и в них выражается международный консенсус в отношении необходимости принятия рекомендуемых мер (или эквивалентных альтернативных мер). В руководствах по безопасности представлена международная надлежащая практика, и они во все большей степени отражают наилучшую практику, помогающую пользователям достичь высокого уровня безопасности. Рекомендации, содержащиеся в руководствах по безопасности, формулируются с применением глагола «следует».

ПРИМЕНЕНИЕ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Основными пользователями норм безопасности в государствах — членах МАГАТЭ являются регулирующие и другие соответствующие государственные органы. Кроме того, нормы безопасности МАГАТЭ используются другими организациями-спонсорами и многочисленными организациями, которые занимаются проектированием, сооружением и эксплуатацией ядерных установок, а также организациями, участвующими в использовании радиационных и радиоактивных источников.

Нормы безопасности МАГАТЭ применяются в соответствующих случаях на протяжении всего жизненного цикла всех имеющихся и новых установок, используемых в мирных целях, и на протяжении всей нынешней и новой деятельности в мирных целях, а также в отношении защитных мер, применяемых с целью уменьшения существующих радиационных рисков. Они могут использоваться государствами в качестве основы для национальных регулирующих положений в отношении установок и деятельности.

Согласно Уставу МАГАТЭ нормы безопасности являются обязательными для МАГАТЭ применительно к его собственной деятельности, а также для государств применительно к работе, выполняемой с помощью МАГАТЭ.

Кроме того, нормы безопасности МАГАТЭ формируют основу для услуг МАГАТЭ по рассмотрению безопасности, и они используются МАГАТЭ для повышения компетентности, включая разработку учебных планов и проведение учебных курсов.

Международные конвенции содержат требования, которые аналогичны требованиям, изложенным в нормах безопасности МАГАТЭ, и являются обязательными для договаривающихся сторон. Нормы безопасности МАГАТЭ, подкрепляемые международными конвенциями, отраслевыми стандартами и подробными национальными требованиями, создают прочную основу для защиты людей и охраны окружающей среды. Существуют также некоторые особые вопросы безопасности, требующие оценки на национальном уровне. Например, многие нормы безопасности МАГАТЭ, особенно нормы, посвященные вопросам планирования или разработки мер по обеспечению безопасности, предназначаются, прежде всего, для применения к новым установкам и видам деятельности. На некоторых существующих установках, сооруженных в соответствии с нормами, принятыми ранее, не возможно выполнять в полном объеме требования, установленные в нормах безопасности МАГАТЭ. Вопрос о том, как нормы безопасности МАГАТЭ должны применяться на таких установках, решают сами государства.

Научные соображения, лежащие в основе норм безопасности МАГАТЭ, обеспечивают объективную основу для принятия решений по вопросам безопасности; однако органы, отвечающие за принятие решений, должны также выносить обоснованные суждения, а также должны определять, как обеспечить оптимальный баланс между пользой от принимаемых мер или осуществляемых мероприятий и связанными с ними радиационными рисками и любыми иными негативными последствиями применения этих мер или мероприятий.

ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Подготовкой и рассмотрением норм безопасности занимаются Секретариат МАГАТЭ и пять комитетов по нормам безопасности, охватывающих аварийную готовность и реагирование (ЭПРеСК), ядерную безопасность (НУССК), радиационную безопасность (РАССК), безопасность радиоактивных отходов (ВАССК) и безопасную перевозку радиоактивных материалов (ТРАНССК), а также Комиссия по нормам безопасности (КНБ), которая осуществляет надзор за программой по нормам безопасности МАГАТЭ (см. рис. 2).



РИС. 2. Процесс разработки новых норм безопасности или пересмотр существующих норм.

Все государства — члены МАГАТЭ могут назначать экспертов в комитеты по нормам безопасности и представлять замечания по проектам норм. Члены Комиссии по нормам безопасности назначаются Генеральным директором, и в ее состав входят старшие правительственные должностные лица, несущие ответственность за установление национальных норм.

Для осуществления процессов планирования, разработки, рассмотрения, пересмотра и установления норм безопасности МАГАТЭ создана система управления. Особое место в ней занимают мандат МАГАТЭ, видение будущего применения норм, политики и стратегий безопасности и соответствующие функции и обязанности.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДРУГИМИ МЕЖДУНАРОДНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

При разработке норм безопасности МАГАТЭ учитываются выводы Научного комитета ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) и рекомендации международных экспертных органов, в частности, Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ). Некоторые нормы безопасности разрабатываются в сотрудничестве с другими органами системы Организации Объединенных Наций или другими специализированными учреждениями, включая Продовольственную и сельскохозяйственную организацию Объединенных Наций, Программу Организации Объединенных Наций по окружающей среде, Международную организацию труда, Агентство по ядерной энергии ОЭСР, Панамериканскую организацию здравоохранения и Всемирную организацию здравоохранения.

ТОЛКОВАНИЕ ТЕКСТА

Относящиеся к ядерной и физической безопасности термины следует понимать в соответствии с определениями, приведенными в Глоссарии МАГАТЭ по ядерной и физической безопасности (см. <https://www.iaea.org/resources/publications/iaea-nuclear-safety-and-security-glossary>). Во всех остальных случаях в издании на английском языке слова используются с написанием и значением, приведенными в последнем издании Краткого оксфордского словаря английского языка. Для руководств по безопасности аутентичным текстом является английский вариант.

Общие сведения и соответствующий контекст норм в Серии норм безопасности МАГАТЭ, а также их цель, сфера применения и структура приводятся в разделе 1 «Введение» каждой публикации.

Материал, который нецелесообразно включать в основной текст (например, материал, являющийся вспомогательным или отдельным от основного текста, дополняет формулировки основного текста или описывает методы расчетов, процедуры или пределы и условия), может быть представлен в дополнениях или приложениях.

Дополнение, если оно включено, рассматривается в качестве неотъемлемой части норм безопасности. Материал в дополнении имеет тот же статус, что и основной текст, и МАГАТЭ берет на себя авторство в отношении такого материала. Приложения и сноски к основному тексту, если они включены, используются для предоставления практических примеров или дополнительной информации или пояснений. Приложения и сноски не являются неотъемлемой частью основного текста. Материал

в приложениях, опубликованный МАГАТЭ, не обязательно выпускается в качестве его авторского материала; в приложениях к нормам безопасности может быть представлен материал, имеющий другое авторство. Посторонний материал, публикуемый в приложениях, приводится в виде выдержек и адаптируется по мере необходимости, с тем чтобы быть в целом полезным.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	1
	Общие сведения (1.1–1.5)	1
	Цель (1.6–1.7)	2
	Область применения (1.8–1.13)	3
	Структура (1.14)	5
2.	ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ	6
	Общие соображения (2.1–2.27)	6
	Общие рекомендации (2.28–2.39)	13
3.	НЕОБХОДИМЫЕ ИНФОРМАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ (БАЗЫ ДАННЫХ)	17
	Общие рекомендации по сбору данных (3.1–3.10)	17
	Метеорологические данные (3.11–3.26)	20
	Гидрологические данные (3.27–3.40)	26
4.	ОЦЕНКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ	33
	Общая процедура (4.1–4.3)	33
	Экстремальные метеорологические явления (4.4–4.31)	34
	Редкие метеорологические явления (4.32–4.62)	41
	Другие метеорологические явления (4.63–4.73)	49
5.	ОЦЕНКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ	52
	Штормовые нагоны (5.1–5.16)	52
	Ветровые волны (5.17–5.35)	57
	Цунами (5.36–5.69)	62
	Сейши (5.70–5.77)	73
	Экстремальные осадки (5.78–5.103)	75
	Наводнения вследствие внезапного сброса запруженной воды (5.104–5.127)	82
	Боры (приливные волны) и волны, вызванные механическим воздействием (5.128–5.132)	89
	Высокие уровни грунтовых вод (5.133–5.137)	90

6.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ.....	92
	Метеорологические проектные параметры (6.1–6.3).....	92
	Гидрологические проектные параметры (6.4–6.16).....	93
7.	МЕРЫ ПО ЗАЩИТЕ ПЛОЩАДКИ	97
	Общие положения (7.1–7.4)	97
	Типы защиты площадки (7.5–7.7)	98
	Анализ защиты площадки (7.8–7.12).....	100
	Устойчивость береговой линии (7.13–7.21)	101
	Дренаж площадки (7.22–7.23)	104
	Транспортно-коммуникационные пути (7.24–7.25)	105
8.	ИЗМЕНЕНИЯ ОПАСНОСТЕЙ СО ВРЕМЕНЕМ.....	105
	Общие положения (8.1).....	105
	Изменения, связанные с климатической эволюцией (8.2–8.5) ...	106
	Прочие изменения опасностей со временем (8.6–8.11).....	107
9.	СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ УСТАНОВОК	108
	Общие рекомендации (9.1–9.7).....	108
	Системы мониторинга и системы предупреждения о метеорологических и гидрологических опасностях (9.8–9.21).....	110
10.	ЯДЕРНЫЕ УСТАНОВКИ, НЕ ОТНОСЯЩИЕСЯ К АТОМНЫМ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМ (10.1–10.10).....	113
11.	СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА ДЛЯ ОЦЕНОК ОПАСНОСТЕЙ	117
	Конкретные аспекты организации проекта (11.1–11.13).....	117
	Инженерное использование и выходная спецификация (11.14) ..	120
	Независимая экспертная оценка (11.15–11.17).....	120
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	123

ПРИЛОЖЕНИЕ I	ПРИМЕРЫ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ.....	125
ПРИЛОЖЕНИЕ II	ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЦУНАМИ: СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА В НЕКОТОРЫХ ГОСУДАРСТВАХ.....	132
ПРИЛОЖЕНИЕ III	СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ	149
ПРИЛОЖЕНИЕ IV	ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА	154
СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ.....		163
ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ		165

1. ВВЕДЕНИЕ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство по безопасности дополняет требования к ядерным установкам, установленные в публикации МАГАТЭ категории Требования безопасности «Оценка площадок для ядерных установок» [1] в отношении оценки метеорологических и гидрологических опасностей, и содержит рекомендации по их выполнению. Оно таким образом дополняет другие руководства по безопасности, посвященные вопросам защиты ядерных установок от внешних природных явлений и событий техногенного происхождения посредством анализа выбора площадки и оценки площадки, а также соответствующих конструктивных особенностей и мер по защите площадки [2–5].

1.2. В публикации МАГАТЭ «Основополагающие принципы безопасности» [6] говорится, что «основополагающая цель безопасности — защита людей и охрана окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения» (пункт 2.1). При этом изложенный в ней принцип 8 касается предотвращения аварий и устанавливает, что «главным средством предотвращения и смягчения последствий аварий является «глубокоэшелонированная защита»» (пункт 3.31). Глубокоэшелонированная защита обеспечивается благодаря соответствующему сочетанию мер, одной из которых является «надлежащий выбор площадки и внедрение передовых проектных и инженерно-технических средств, обеспечивающих запас, разнообразие и избыточность в области безопасности...» (пункт 3.32). Для применения этого принципа требуется (пункт 2.1, [1]), чтобы пригодность площадки для размещения ядерной установки оценивалась с учетом воздействия внешних событий, которые могут повлиять на ее безопасность и могут иметь естественное или антропогенное происхождение.

1.3. Настоящее Руководство по технике безопасности заменяет два предыдущих руководства по безопасности: «Учет метеорологических явлений при оценке площадок для атомных электростанций» (NS-G-3.4, 2005 год) и «Оценка риска наводнения на прибрежных площадках АЭС» (NS-G-3.5, 2008 год). Его целью является обобщение руководящих материалов по выполнению требований в отношении явлений с причинно-следственной связью и связанных с ними эффектов. Например, последствия воздействия штормового нагона и сильного ветра могут в совокупности приводить к событиям, представляющим опасность для

безопасности установки. Кроме того, засуха может сочетаться с событиями, сопровождаемыми очень высокой температурой, которые увеличивают потребность в обеспечении охлаждения.

1.4. За последние несколько лет были получены значительные новые знания и опыт по метеорологическим и гидрологическим темам, освещенным в двух предыдущих руководствах по безопасности. Конкретные области включают следующее:

- возникновение экстремальных метеорологических и гидрологических явлений;
- разработка или совершенствование новых методов оценки (например, опасностей, связанных с цунами) и необходимость предоставления более полных и подробных руководящих материалов по определению характеристик и оценке потенциальных событий, связанных с цунами;
- недавний опыт применения государствами норм безопасности МАГАТЭ;
- модернизация существующих ядерных установок с целью обеспечения соответствия новым требованиям и опыту, связанному с недавними экстремальными природными событиями;
- потенциальное воздействие изменения климата, принятие мер по смягчению этого воздействия и необходимость периодического обновления руководящих материалов в свете новых событий в этой области;
- оценка условий маловодья, например эффектов понижения уровня воды вследствие воздействия цунами и связанного с этим риска потери водоснабжения, необходимого для охлаждения, связанного с обеспечением безопасности.

1.5. Существует также необходимость интеграции подходов, используемых при оценке метеорологических и гидрологических опасностей для всех типов ядерных установок, а не только атомных электростанций. Некоторые государства уже разрабатывают такой интегрированный подход.

ЦЕЛЬ

1.6. Метеорологические опасности связаны с экстремальными метеорологическими условиями и с редко встречающимися опасными метеорологическими явлениями. Гидрологические опасности связаны с внешними наводнениями, включая ряд сопутствующих явлений, и

условиями низкого уровня воды. Целью настоящего Руководства по безопасности является предоставление рекомендаций и руководящих материалов по соблюдению требований безопасности при оценке таких опасностей, связанных с метеорологическими и гидрологическими явлениями. Опасности, которые могут повлиять на безопасность ядерных установок, должны быть учтены при выборе и оценке площадок, при проектировании новых установок и на этапах эксплуатации существующих установок. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендации по определению соответствующих проектных основ для этих природных опасностей и рекомендует меры по защите площадки от опасностей этого типа.

1.7. Настоящее Руководство по безопасности предназначено для использования регулирующими органами, ответственными за установление регулирующих требований, проектировщиками ядерных установок и эксплуатирующими организациями, несущими прямую ответственность за обеспечение безопасности установок, а также за защиту людей и охрану окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.8. Настоящая публикация содержит руководящие материалы по оценке опасностей, связанных с метеорологическими и гидрологическими явлениями, внешними по отношению к ядерным установкам и на протяжении всего их жизненного цикла, от стадий обследования и подробного исследования площадки в процессе выбора площадки, на основе которых формируются проектные основы, и до конца периода их эксплуатации.

1.9. Выбор площадки — это процесс выбора подходящей площадки для сооружения ядерной установки, включающий подготовку необходимых обоснований и определение соответствующих проектных основ. Процесс выбора площадки подразделяется на две стадии. На первой стадии, называемой «обследование площадки», площадки-кандидаты выбираются на основе имеющихся данных. Вторая стадия — это собственно определение предпочтительной площадки. Эту стадию можно рассматривать как часть оценки площадки с целью подтверждения приемлемости предпочтительной площадки и определения параметров, необходимых для проектирования ядерной установки. Оценка площадки продолжается в течение всего жизненного цикла установки с учетом изменений характеристик площадки,

данных эксплуатационной документации, подходов к регулированию, методологий оценки и норм безопасности. На стадии оценки площадки после стадии выбора площадки проводится подтверждение приемлемости площадки и полное определение характеристик площадки.

1.10. Метеорологические и гидрологические опасности, рассматриваемые в настоящем Руководстве по безопасности, вызваны внешними событиями. Внешние события — это события, не связанные с эксплуатацией установки или осуществлением деятельности, которые могут повлиять на безопасность установки или деятельности. Концепция «внешних по отношению к установке» опасностей включает в себя не только внешнюю зону¹, так как, помимо территории, непосредственно окружающей площадку, на территории самой площадки могут находиться объекты, способные создавать опасность для установки, такие как водоем.

1.11. Вопросы, касающиеся переноса радиоактивных материалов в атмосфере, поверхностных и подземных водах и их рассеивания в окружающей среде, рассмотрены в [3] и не входят в область применения настоящего Руководства по безопасности.

1.12. Настоящее Руководство по безопасности охватывает широкий круг ядерных установок, как определено в [7], к которым относятся: наземные стационарные атомные электростанции, исследовательские реакторы, заводы по изготовлению ядерного топлива, заводы по обогащению, заводы по переработке и пункты хранения отработавшего топлива. Методологии, рекомендуемые здесь для использования в отношении атомных электростанций, применимы к другим ядерным установкам с использованием дифференцированного подхода. Дифференцированный подход означает, что рекомендации могут быть адаптированы для ядерных установок различных типов в соответствии с тяжестью потенциальных радиологических последствий их отказа. Рекомендуемое направление дифференциации — начинать с атрибутов, относящихся к атомным электростанциям, и по возможности переходить к установкам, с которыми

¹ Внешняя зона — это зона, непосредственно окружающая территорию предполагаемой площадки, в которой распределение и плотность населения, использование земли и воды рассматриваются с точки зрения их воздействия на возможное осуществление аварийных мероприятий. Это территория, которая становится аварийной зоной, если установка смонтирована на площадке.

связаны меньшие радиологические последствия². Поэтому, если дифференциация не проводится, рекомендации, относящиеся к атомным электростанциям, применимы и к другим типам ядерных установок. В таких случаях положения раздела 10 не применяются.

1.13. Для целей настоящего Руководства по безопасности под существующими ядерными установками понимаются установки, которые находятся: а) на стадии эксплуатации (в том числе долгосрочной эксплуатации и длительных временных периодов останова); б) на предэксплуатационной стадии, на которой работы по сооружению конструкций, изготовлению, монтажу и/или сборке элементов и систем, а также работы по вводу в эксплуатацию находятся в значительно продвинутом состоянии или в полной мере выполнены; или с) на стадии временного или постоянного останова, пока ядерное топливо все еще находится на установке (в активной зоне или бассейне). На существующих ядерных установках, находящихся на стадии эксплуатации или предэксплуатационной стадии, как правило, изменение первоначальных проектных основ может приводить к существенному влиянию на конструкцию и, следовательно, к важным модификациям оборудования. Кроме того, на ряде существующих площадок АЭС рассматривается вопрос о строительстве и эксплуатации дополнительных энергоблоков. Повторная оценка существующей площадки может выявить различия между проектными основами существующей установки и новой установки, которая будет построена на этой площадке. Такие различия могут возникать вследствие наличия новых данных, методов или требований. Они могут указывать на необходимость оценки безопасности существующих установок на подвергнутых повторной оценке площадках на предмет обнаружения вновь выявленных внешних опасностей, как это рекомендовано в настоящем Руководстве по безопасности.

СТРУКТУРА

1.14. В разделе 2 приведены общие рекомендации по оценке опасностей для ядерных установок, связанных с метеорологическими и гидрологическими явлениями. В разделе 3 изложены требования к данным (для сбора данных и проведения изысканий). Раздел 4 содержит рекомендации по оценке метеорологических опасностей. В разделе 5 подробно описано проведение оценки гидрологических опасностей. В разделе 6

² В случае площадок, на которых размещены ядерные установки различных типов, применению дифференцированного подхода следует уделять особое внимание.

представлены соображения по определению проектных параметров. Раздел 7 содержит рекомендации относительно мер по защите площадки. В разделе 8 рассматриваются изменения опасностей во времени. Раздел 9 содержит рекомендации по выполнению требований к мониторингу и предупреждению в целях защиты станции. В разделе 10 представлены рекомендации по применению дифференцированного подхода к оценке ядерных установок, не относящихся к атомным электростанциям (со ссылками в соответствующих случаях на другие разделы). Раздел 11 содержит рекомендации по системам менеджмента, которые необходимо внедрить для выполнения всех видов деятельности. Определения и пояснения используемых технических терминов см. в Глоссарии МАГАТЭ по вопросам безопасности [7]. Объяснения технических терминов, характерных для настоящего Руководства по безопасности, приведены в сносках.

2. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ

2.1. Метеорологические и гидрологические явления могут приводить к возникновению ряда опасностей, которые по отдельности или в сочетании могут влиять на безопасность ядерных установок [1]. Для защиты ядерных установок от таких опасностей следует принимать надлежащие меры, использующие концепцию глубокоэшелонированной защиты. К опасностям, рассматриваемым в настоящем Руководстве по безопасности, относятся опасности, связанные с воздействием ветра, воды, снега, льда или града, переносимых ветром материалов; экстремальным уровнем воды (высоким и/или низким) вокруг площадки или на ней; динамическими воздействиями воды (например, волнами, цунами, внезапными наводнениями); экстремальными температурами и влажностью воздуха; экстремальной температурой воды; и экстремальными уровнями грунтовых вод.

2.2. Метеорологические и гидрологические явления могут одновременно воздействовать на все важные для безопасности конструкции, системы и элементы на площадке ядерной установки. Это может приводить к риску отказа по общей причине систем, важных для безопасности, таких как системы аварийного электроснабжения, с соответствующей возможностью потери внешнего электроснабжения, отказа системы отвода остаточного

тепла и других жизненно важных систем. Возможность возникновения эффектов и повреждений по общей причине на всей площадке является важным фактором при анализе возможных последствий для площадки, в том числе с точки зрения включения новых, модернизированных или соответствующим образом расположенных систем, связанных с безопасностью. Эти соображения более важны, когда рассматривается многоблочная или содержащая несколько установок площадка, и, в частности, если конструкции, системы и элементы, важные для безопасности, являются общими для нескольких энергоблоков.

2.3. Метеорологические и гидрологические явления могут также повлиять на коммуникационные и транспортные сети вокруг площадки ядерной установки. Их последствия могут поставить под угрозу выполнение операторами мер, связанных с обеспечением безопасности, и могут затруднить аварийное реагирование, сделав пути эвакуации непроходимыми и приводя к изоляции площадки в аварийной ситуации с последующими трудностями в отношении связи и снабжения. Например, наводнение, нарушившее дорожную сеть в окрестностях ядерной установки, может помешать реализации планов аварийного реагирования. Пыльные бури, песчаные бури, молнии и осадки также могут препятствовать аварийному реагированию, замедляя меры по эвакуации или перемещению и/или создавая помехи связи и передаче смен операторов.

2.4. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются опасности, связанные с воздействием высоких температур и низких уровней воды, а также с понижением уровня воды, с тем чтобы учесть условия, которые могут повлиять на способность систем, связанных с безопасностью, и, в частности, конечного поглотителя тепла, адекватно выполнять свои функции. В некоторых случаях может потребоваться оценка низкого расхода воды и низкого уровня воды в результате самой сильной засухи, которая считается разумно возможной в регионе. Причинами таких условий являются испарение воды, дефицит осадков, блокирование русел рек, выход из строя гидротехнических сооружений ниже по течению и антропогенные воздействия, такие как откачка грунтовых вод. В других случаях понижение уровня моря может быть результатом нагона, сейши или цунами.

2.5. К метеорологическим аспектам внешних опасностей, подлежащих рассмотрению, относятся экстремальные значения метеорологических параметров, а также редко возникающие опасные метеорологические явления. Редко возникающие опасные явления могут приводить к

экстремальным значениям некоторых важных параметров. Нормальный диапазон значений метеорологических параметров и нормальная повторяемость метеорологических явлений зависят от региона. Их можно оценивать с помощью анализа исторических данных, которые являются репрезентативными для площадки и географического региона, в котором она находится.

Метеорологические опасности

2.6. В настоящем Руководстве по безопасности конкретно рассматриваются следующие метеорологические переменные:

- температура воздуха;
- скорость ветра;
- осадки (жидкий эквивалент);
- снежный покров.

2.7. Опасные, редко возникающие метеорологические явления, рассматриваемые для целей настоящего Руководства по безопасности в соответствии с пунктом 2.9, таковы³ (см. пункты 3.11–3.17 [1]):

- молнии;
- тропические циклоны, тайфуны и ураганы;
- торнадо;
- водяные смерчи.

2.8. Другими возможными явлениями, которые могут быть причиной неблагоприятного воздействия на безопасность ядерных установок и которые связаны с метеорологическими явлениями, являются следующие (см. пункт 3.52, [1]):

- пыльные и песчаные бури;
- град;
- замерзающие осадки и явления, связанные с заморозками.

³ В зависимости от условий на конкретной площадке может потребоваться рассмотрение других метеорологических явлений, которые не рассматриваются в настоящем Руководстве по безопасности (например, образование соляного тумана при воздействии морских ветров).

2.9. В контексте настоящего Руководства по безопасности экстремальные значения метеорологических параметров определяются посредством статистического анализа зарегистрированных параметров, которые периодически измеряются на постоянной основе (например, экстремальной температуры). Маловероятно, что редко возникающие явления будут измеряться в каком-либо конкретном месте ввиду очень низкой частоты их возникновения в каком-либо одном месте и разрушительного воздействия явлений, которое может приводить к повреждению стандартных измерительных приборов.

2.10. Сильные ветры могут оказывать существенное влияние на безопасность ядерной установки и могут приводить к исходному событию, которое должно быть включено в анализ безопасности установки. Ветер может быть частой причиной отказов. Сильные ветры, особенно в случае тропических штормов и торнадо, могут быть причиной появления разлетающихся обломков и летящих предметов.

Гидрологические опасности

2.11. В настоящем Руководстве по безопасности рассматриваются гидрологические явления, возникающие на соответствующих водоемах и способные приводить к затоплению или маловодью. Такими водоемами являются все океаны, моря, эстуарии, озера, водохранилища, реки и каналы, которые могут вызывать затопление или повлиять на него на площадке установки или рядом с ней. К наиболее важным явлениям относятся:

- штормовые нагоны;
- волны;
- цунами;
- сейши;
- экстремальные осадки;
- внезапные сбросы воды из естественных или искусственных водоемов.

2.12. К другим гидрологическим явлениям, которые могут представлять опасность для установки, относятся:

- повышение уровня воды вверх по течению или его падение вниз по течению, вызванное, например, засорением русла реки оползнями или заторами, вызванными льдом, бревнами, мусором или вулканическими материалами;
- оползни или сход лавин в водоемы;

- водяные смерчи⁴;
- ухудшение параметров или выход из строя сооружений на площадке или рядом с ней (например, каналов, водозадерживающих сооружений или труб);
- вспучивание воды в русле вследствие резкого изменения скорости потока; происхождение может быть естественным, например вызванным приливной волной, или искусственным, как в случае перекрытия поступления воды на гидроэлектростанцию;
- изменение уровней грунтовых вод;
- подповерхностное замерзание переохлажденной воды (шуга).

2.13. Инфильтрация воды во внутренние зоны установки может наносить значительный ущерб конструкциям, системам и элементам, связанным с безопасностью. Давление воды на стены и фундамент может ставить под угрозу их конструктивную прочность или устойчивость. Грунтовые воды могут влиять на стабильность почвы или засыпочных материалов. В случае некоторых типов ядерных установок следует также учитывать влияние воды на критичность делящихся материалов.

2.14. Дефекты или закупорка дренажных систем площадки также могут приводить к затоплению площадки. Речной паводок, переносящий льдины в очень холодную погоду или отложения и мусор всех видов, могут приводить к физическому повреждению конструкций, блокированию водозаборов или повреждению дренажной системы.

2.15. Динамическое воздействие воды может нанести ущерб конструкциям и фундаментам ядерной установки, а также многим системам и элементам, расположенным на площадке. В таких случаях может возникать эрозия на границах площадки, размыв грунта вокруг конструкций или внутренняя эрозия засыпочных материалов вследствие воздействия грунтовых вод.

2.16. Затопление также может способствовать рассеиванию радиоактивного материала в окружающей среде при аварии [3].

2.17. Рекомендации, касающиеся причин и последствий явлений, связанных с наводнениями, содержатся в других руководствах по безопасности, в которых рассматриваются, соответственно, землетрясения [5], извержения вулканов [8] и рассеивание радиоактивных материалов в воздухе, поверхностных и грунтовых водах [3].

⁴ Описание водяного смерча см. в пунктах 4.59–4.61.

Изменения опасностей со временем

2.18. Климатическая изменчивость и изменение климата могут влиять на возникновение экстремальных метеорологических и гидрологических условий. В течение жизненного цикла установки климат на площадке может претерпевать значительные изменения.

Методы оценки опасностей

2.19. Методы оценки опасностей часто делятся на два широких подхода: детерминированные методы и вероятностные методы. Как поясняется в следующих пунктах, в метеорологической и гидрологической областях применяются эти два подхода.

2.20. Несмотря на принятую терминологию, вероятностный подход не позволяет охарактеризовать такие события, как вероятная максимальная сейша или вероятный максимальный штормовой нагон. Тем не менее, терминология предполагает, что следует оценивать годовую «частоту превышения», связанную с проектными сценариями, даже когда они исследуются с помощью детерминированных подходов.

2.21. Оценка опасностей предполагает необходимость учета неопределенностей в ее процессе. Общая неопределенность будет включать в себя как алеаторную неопределенность (т. е. неопределенность, которая является внутренней или случайной по своей природе), так и эпистемическую неопределенность (т. е. неопределенность, которая является внешней по своей природе или связана с моделированием), которая возникает вследствие различий в интерпретациях, сформулированных информированными экспертами, участвующими в оценке опасности. Каждый аспект выявления, анализа и определения характеристик источников рассматриваемых явлений и оценки соответствующих опасностей и связанных с ними параметров может включать субъективную интерпретацию экспертов. Принимая это во внимание, такие интерпретации можно трактовать единообразно. Это обеспечивает соответствующее представление современного понимания конкретного вопроса, что позволяет избежать предвзятости в интерпретациях и оценивать все жизнеспособные гипотезы и модели с использованием собранных данных⁵.

⁵ В некоторых государствах с целью оценки значимости неопределенностей при моделировании и неопределенностей данных проводятся официальные мероприятия по сбору соответствующей информации.

Детерминированные методы

2.22. Детерминированные методы основаны на использовании физических или эмпирических моделей с целью определения характеристик воздействия события на систему в конкретном сценарии. Для заданного отдельного входного значения или набора входных значений, включая начальные условия и граничные условия, модель обычно позволяет получить одно значение или набор значений для описания конечного состояния системы. В этом случае нет явного учета какой-либо годовой частоты превышения. Для учета неопределенностей или получения консервативных оценок обычно используются соответствующие экстремальные или консервативные значения входных параметров.

2.23. В некоторых случаях, когда существует физический предел (например, количество водяного пара, необходимое для достижения насыщения в объеме воздуха), детерминированные методы могут обеспечивать получение рациональных пределов статистической экстраполяции с помощью концепции «физического предела», то есть верхнего предела интересующей переменной, такой как уровень затопления или скорость ветра, независимо от частоты возникновения.

Статистические и вероятностные методы

2.24. При проведении статистического анализа обычно используется анализ и синтез временных рядов⁶. Предполагается, что ряд представляет собой как детерминированные компоненты, так и неизвестное количество случайных компонент, и что случайные компоненты достаточно независимы. При использовании этих методов следует надлежащим образом учитывать пробелы, отсутствующие данные и выпадающие показатели в имеющемся наборе данных.

2.25. Обычно используются два различных статистических метода анализа рядов данных. При использовании этих методов на основе таких данных получают экстремальные значения, соответствующие различным частотам превышения, а также связанные с ними доверительные интервалы. В подходе с обобщенным экстремальным значением для выполнения расчета статистики экстремальных значений идентифицируется и заносится в

⁶ В этом контексте временной ряд представляет собой хронологическую таблицу значений данной переменной, измеряемых непрерывно или через определенные промежутки времени.

таблицу для каждого года одно экстремальное событие за год. С другой стороны, в методе пиков превышения порога сохраняются все значения выше заданного порога вместо одного максимального значения в год, с тем чтобы компенсировать большее значение неопределенности, возникающее вследствие меньшей выборки.

2.26. Нестационарные характеристики набора данных⁷, обусловленные долговременными изменениями переменных (например, вследствие изменения климата) можно учесть, допустив изменение параметров распределения экстремальных значений (обобщенного экстремального значения, пикового превышения порогового значения) во времени в течение всего периода регистрации данных.

2.27. При вероятностной оценке опасности для определения частоты превышения любого параметра, такого как высота волны цунами, используются вероятностные описания всех соответствующих явлений. В ней явным образом учитываются алеаторные неопределенности и эпистемические неопределенности.

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

2.28. Как установлено в публикации категории Требования безопасности «Оценка площадок для ядерных установок» [1]:

- «Должны быть изучены и оценены характеристики площадки, которые могут влиять на безопасность ядерной установки. Должны изучаться характеристики окружающей природной среды в данном районе, который может попадать под воздействие потенциальных радиологических последствий в эксплуатационных состояниях и

⁷ Распространенным предположением во многих методах временных рядов является то, что данные являются стационарными. Стационарный процесс — это случайный процесс, совместное распределение вероятностей которого не меняется при сдвиге во времени или пространстве. Такой процесс обладает тем свойством, что такие параметры, как среднее значение и дисперсия, не меняются со временем или положением. Это свойство стационарности означает в общих чертах, что существует плоский временной ряд без тренда, с постоянной дисперсией во времени, постоянной структурой автокорреляции во времени и отсутствием периодических колебаний.

аварийных условиях. Все эти характеристики должны наблюдаться и контролироваться в течение всего жизненного цикла установки». (См. пункт 2.4, [1].)

— «Предполагаемые площадки для ядерных установок должны быть исследованы в том, что касается частоты возникновения и серьезности последствий внешних природных явлений и техногенных событий, а также явлений, которые могут повлиять на безопасность установки». (См. пункт 2.5, [1].)

— «Должны быть определены опасности, связанные с внешними событиями, которые необходимо учитывать при проектировании ядерной установки. Для внешнего события (или сочетания событий) параметры и значения параметров, применяемых для определения характеристик опасностей, следует выбирать так, чтобы их можно было легко использовать при проектировании установки». (См. пункт 2.7, [1].)

— «Для площадки любой установки должны исследоваться экстремальные значения метеорологических параметров и редкие метеорологические явления, указанные ниже. Должны быть изучены метеорологические и климатологические характеристики района площадки». (См. пункт 3.8, а более подробные требования в пунктах 3.9–3.17 в [1].)

— «Район должен быть оценен для определения вероятности возникновения наводнения вследствие одной или нескольких естественных причин, таких, как сток воды в результате выпадения осадков или таяния снега, высокая вода, штормовой нагон, сейш и ветровые волны, которые могут повлиять на безопасность ядерной установки». (См. пункт 3.18, [1], а более подробные требования в пунктах 3.19–3.23.)

— «Район должен быть оценен для определения вероятности возникновения цунами или сейшей, которые могут влиять на безопасность ядерной установки на площадке». (См. пункт 3.24, [1], а более подробные требования в пунктах 3.25–3.28.)

— «Должна быть проанализирована информация о расположенных выше по течению защитных гидросооружениях, чтобы определить, в состоянии ли ядерная установка выдержать воздействия, вызванные выходом из строя одного или нескольких расположенных выше по течению сооружений». (См. пункт 3.29, [1], а более подробные требования в пунктах 3.30–3.32.)

Подробные требования в отношении опасностей затопления вследствие осадков, волн в водной среде, вызванных землетрясениями или другими геологическими явлениями, а также по другим причинам, приведены в пунктах 3.18–3.32 [1].

2.29. Метеорологические и гидрологические характеристики района вокруг площадки установки следует исследовать, как описано в настоящем Руководстве по безопасности. Размер исследуемого района, тип собираемой информации, а также объем и детализацию исследований следует определять на основе характера и сложности метеорологических и гидрологических условий района, в котором находится площадка. Во всех случаях следует обеспечивать, чтобы объем и детализация собираемой информации и проводимых изысканий были достаточными для определения гидрологических и метеорологических опасностей (см. пункт 2.19, [1]). В отношении явлений, связанных с цунами, в разделе 3 (пункт 3.34) и разделе 5 (пункт 5.48) приводятся особые соображения относительно размера исследуемого района.

2.30. Когда исследуемый район выходит за пределы национальных границ или когда площадка расположена на береговой линии, в базу данных следует включать данные по всему району.

2.31. При проведении статистического анализа следует должным образом учитывать скачки, тенденции, пробелы, недостающие данные и выбросы в наборе данных.

2.32. При вероятностной оценке опасностей, когда предлагается несколько моделей, их следует формально включать в вероятностный расчет опасностей. Результаты вероятностных методов следует проверять на соответствие результатам упрощенного детерминированного анализа. При применении вероятностных методов в отношении каждой конкретной опасности следует четко и ясно идентифицировать любое использование инженерно-технической оценки и следует в соответствующих случаях оценивать все связанные с этим неопределенности.

2.33. Следует предусматривать, чтобы общий подход к метеорологическим и гидрологическим оценкам был направлен на уменьшение неопределенностей на различных стадиях процесса оценки, с тем чтобы получать надежные результаты, основанные на данных. Наиболее эффективным способом достижения этого является сбор достаточного количества надежных и актуальных данных. Как правило, существует

компромисс между временем и усилиями, необходимыми для составления подробной, надежной и релевантной базы данных, и степенью неопределенности, которую аналитику следует учитывать на каждом этапе процесса. Сбор данных по конкретной площадке, как правило, снижает неопределенность. Однако некоторые данные, которые используются при оценке метеорологических и гидрологических опасностей, могут не относиться к конкретной площадке; поэтому следует должным образом оценивать остающуюся неопределенность исследований на конкретной площадке.

2.34. Во всех случаях, независимо от того, используется ли детерминированный подход, статистический подход или вероятностный подход, следует проводить количественную оценку неопределенностей результатов оценки опасности. Какой бы подход ни был выбран, следует проводить инженерно-техническую оценку в отношении выбора подхода и соответствующих параметров, которые будут использоваться, а также при определении численных значений, связанных с параметрами.

2.35. При детерминированном и статистическом подходах неопределенность следует определять путем проведения исследования чувствительности. Это можно сделать, например, путем оценки возможного диапазона и уровня неопределенности входных параметров и данных, которые используются моделями, а также путем проверки того, в какой степени изменение значений соответствующих параметров в их возможных диапазонах влияет на прогнозы опасностей. При детерминированном подходе неопределенности обычно рассматриваются с использованием консервативного процесса на каждом этапе оценки. Следует обеспечивать, чтобы консерватизм, встроенный в детерминистический процесс, был таким, чтобы должным образом учитывались все неопределенности. При статистическом подходе может быть уместным использование верхних граничных значений доверительных уровней.

2.36. При вероятностном анализе опасностей рассмотрение неопределенностей следует явно включать в процедуру. Общая неопределенность будет включать как алеаторные, так и эпистемические неопределенности, возникающие вследствие различий в интерпретации данных экспертами, участвующими в процессе оценки опасностей. Эти неопределенности следует выявлять и должным образом учитывать при оценке опасностей. Следует обеспечивать, чтобы трактовка неопределенностей вместе с надлежащим учетом мнения экспертов позволяла проводить объективную оценку.

2.37. Изменение климата вносит дополнительную неопределенность в метеорологический и гидрологический анализ, и его следует учитывать. Неопределенности при моделировании изменения климата включают предположения в отношении будущих выбросов парниковых газов, вызывающих глобальные изменения температуры, в рамках различных социально-экономических сценариев, а также расхождения между различными моделями глобального климата (см. раздел 8).

2.38. Остальная часть настоящего Руководства по безопасности, за исключением раздела 10, посвящена сбору данных, методам и критериям в связи с оценкой опасностей для атомных электростанций. Объем информации, подлежащей сбору, используемые методы и критерии, подлежащие применению, следует пропорционально (или дифференцированно) изменять для других ядерных установок с использованием руководящих материалов, представленных в разделе 10.

2.39. Оценку метеорологических и гидрологических опасностей следует проводить в рамках конкретного проекта, для которого определены четкие и подробные цели, и в соответствии с планом работы, рекомендованным в разделе 11 настоящего Руководства по безопасности.

3. НЕОБХОДИМЫЕ ИНФОРМАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ (БАЗЫ ДАННЫХ)

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СБОРУ ДАННЫХ

3.1. При проведении исследования на площадке и сбора данных следует позаботиться о том, чтобы была получена вся информация, необходимая для анализа и оценки значений параметров метеорологических и гидрологических опасностей на конкретной площадке. Всю собранную информацию следует объединять в специальных каталогах или базах данных по каждой из рассматриваемых опасностей. Для того чтобы обеспечить возможность разработки масштабируемых баз данных в течение всего жизненного цикла установки, структуру базы данных следует по возможности стандартизировать, с тем чтобы имелась возможность проведения воспроизводимого анализа третьей стороной. Следует учитывать, что последствия изменения климата могут потребовать

пересмотра анализа в последующие годы, результаты которого, возможно, потребуется сравнить с данными первоначального базового анализа. Результаты оценки площадки следует использовать при проектировании станции, как описано в публикации категории Требования безопасности «Безопасность атомных электростанций: проектирование» [9] и связанных с ней руководствах по безопасности.

3.2. Следует проводить подробные исследования и изыскания с целью сбора всех требуемых и необходимых метеорологических и гидрологических данных и информации, касающихся опасностей, обсуждаемых в настоящем Руководстве по безопасности. Если в ходе предварительного изыскания было убедительно показано, что опасность может быть исключена из дальнейшего рассмотрения, следует документировать причины этого.

3.3. Собранные подробные данные следует использовать для определения соответствующих проектных параметров станции. Для проверки того, что полученные от региональных сетей данные, которые использовались для оценки опасностей на площадке, являются репрезентативными для конкретных характеристик вблизи площадки, следует использовать данные, собранные системами мониторинга площадки, действовавшими начиная с предварительного этапа оценки площадки, хотя они и были получены в течение короткого периода времени.

3.4. Во всех случаях следует обеспечивать, чтобы размер района проведения изыскания, объем и детализация собираемой информации, а также проводимые изыскания были достаточными для определения проектных основ защиты атомной электростанции от метеорологических и гидрологических опасностей. С целью учета воздействия различных входных переменных следует также получать информацию о временном распределении этих переменных⁸.

3.5. Сбор данных и информации следует продолжать в течение всего жизненного цикла атомной электростанции и вплоть до завершения связанных с безопасностью задач на этапе вывода из эксплуатации, с тем чтобы можно было проводить периодические рассмотрения безопасности.

⁸ Для получения информации о временном распределении различных входных переменных желательно характеризовать все входные параметры как случайные процессы с заданными функциями автокорреляции и взаимной корреляции. Однако при установлении адекватных критериев сочетания нагрузок могут оказаться полезными упрощенные подходы.

3.6. Данные следует представлять наглядно, с использованием карт соответствующего масштаба, графиков и таблиц. Как правило, все имеющиеся данные, собранные на стадии оценки площадки, следует с самого начала систематизировать с помощью географической информационной системы. По мере необходимости для оценки опасностей следует создать географическую информационную систему, с тем чтобы внедрить оцифрованную систему для всех данных, связанных с площадкой, включая цифровую модель высот, распространенную на соответствующий район, окружающий территорию площадки.

3.7. Следует обеспечивать, чтобы долгосрочные данные, используемые для оценки экстремальных значений метеорологических и гидрологических переменных, охватывали период, соизмеримый с периодом повторяемости, используемым при оценке соответствующей проектной основы⁹. В некоторых случаях, когда существующая сеть сбора данных в регионе не отвечает требованиям, следует как можно раньше создать и ввести в действие дополнительные станции наблюдения. Хотя время, отведенное для сбора дополнительных данных, обычно относительно невелико, информация, которую можно таким образом получить, является ценной.

3.8. Для оценки опасности цунами имеющихся периодов наблюдения, как правило, недостаточно. Поэтому следует рассмотреть другие подходы, такие как анализ палеопаводков на площадке.

3.9. Исторические и неофициальные документы часто содержат важную и иначе недоступную информацию, которая необходима для повышения полноты и надежности оценок опасностей. Как при сборе, так и при анализе такой информации следует проявлять осторожность. Такие сведения получают путем тщательного поиска в таких источниках информации, как, например, газеты, исторические записи, опубликованные и неопубликованные каталоги событий, личные рассказы, измерения заплеска и измерения зон затопления, отчеты о полевых изысканиях,

⁹ Например, для значения ежегодной повторяемости превышения опасности 10^{-2} , обычно принимаемого при определении проектных параметров в метеорологии, минимальный период непрерывного наблюдения должен составлять не менее 30 лет, так как опасность не может быть оценена с достаточной точностью для значений, более чем в три-четыре раза превышающих продолжительность периода выборки. Более того, при определении характеристик изменчивости климата ВМО, которая полагает, что 30 лет достаточно для того, чтобы исключить годовые вариации с целью получения точного среднего значения и оценки его изменчивости, использует референтное значение, называемое «климатической нормой».

модификации речных русел, кино- или видеозаписи и архивы. На основе данных этого типа и с использованием эмпирической системы классификации для каждого явления можно собрать набор событий и сведения об их интенсивности в регионе. Оценки, основанные только на этих данных, могут быть необъективными. Это может быть связано с нехваткой данных в области малоинтенсивных явлений, зависимостью данных от плотности населения в данный момент времени (например, явление могло не наблюдаться в сельских регионах). Данные также могли быть субъективно и непоследовательно классифицированы в то время, что затрудняло присвоение соответствующего уровня интенсивности согласно стандартному методу классификации. Исторические данные могут использоваться для проверки некоторых допущений детерминированной оценки или в качестве основы для вероятностной оценки.

3.10. Необходимой мерой в ответ на наблюдаемые последствия изменения климата является непрерывный долгосрочный мониторинг данных об окружающей среде и корреляция данных с региональными тенденциями.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Общие рекомендации

3.11. Для оценки экстремальных значений метеорологических переменных и редко возникающих опасных метеорологических явлений следует собирать конкретную и подробную информацию. В связи с этим следует учитывать, что:

- a) метеорологическую обстановку характеризуют климатические нормальные и экстремальные значения параметров, таких как атмосферное давление, температура воздуха (или температура по сухому термометру¹⁰) и его влажность, а также скорость и направление ветра. Они регулярно измеряются национальными метеорологическими службами, а также, возможно, международными, местными или частными организациями. ВМО также осуществляет координацию всемирного обмена данными измерений, произведенных, собранных, архивированных и предоставленных национальными метеорологическими службами. «Важнейшая»

¹⁰ Температура по сухому термометру означает температуру окружающего воздуха.

метеорологическая информация архивируется в мировых центрах данных и предоставляется ими. ВМО поддерживает стандарты и наилучшую практику для приборов, их размещения и измерений (например, измерения температуры окружающего воздуха и скорости ветра). Все эти данные, стандарты и практика могут использоваться с надлежащим учетом конкретных целей ядерной безопасности, а также критериев и методологий, рекомендуемых при оценке опасностей для ядерных установок. В число параметров, сбор которых производится с целью определения характеристик метеорологической обстановки, следует включать температуру по влажному термометру¹¹, которую можно рассчитать как функцию температуры по сухому термометру, температуры точки росы (или относительную влажность) и атмосферного давления. Эти сведения обычно используются для получения следующих статистических данных:

- i) годовых экстремальных значений скорости ветра, осадков (жидкого эквивалента) и снежного покрова, связанных с годовой частотой превышения для оценки расчетных нагрузок на конструкции, системы и элементы, важные для безопасности;
- ii) частоты, с которой возникают определенные температурные условия воздуха, с точки зрения количества часов в году для установления тепловых нагрузок при проектировании систем теплоотвода атомной электростанции, систем отвода тепла из защитной оболочки после аварии и систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха на станции. Для таких целей требуются статистические данные о температуре по влажному термометру;
- iii) исторических наихудших метеорологических условий, представляющих максимальные потери на испарение и унос, а также минимальное водяное охлаждение, для проектирования определенных типов конечного поглотителя тепла;

¹¹ Температура по влажному термометру, температура точки росы и относительная влажность являются показателями влажности атмосферы. Температура по влажному термометру — это самая низкая температура, которую можно получить при испарении воды в воздухе. Точка росы — это температура, до которой необходимо охладить воздух, чтобы достичь насыщения, при условии, что давление воздуха и содержание влаги постоянны. Относительная влажность — это отношение количества присутствующей атмосферной влаги к ее количеству, которое присутствовало бы, если бы воздух был насыщенным.

- б) редко возникающие опасные метеорологические явления лучше всего оценивать на основе региональных метеорологических данных и источников информации. Интенсивность таких явлений обычно масштабируется с точки зрения серьезности или характера воздействий (повреждений) для данного метеорологического параметра (например, скорости ветра при торнадо).

3.12. Климатологическую статистику, включая экстремальные значения, следует, насколько это возможно, определять на основе записей наблюдений, сделанных в стандартных условиях и с использованием стандартных процедур. В связи с этим в публикациях ВМО имеются спецификации для измерений, включая стандарты и наилучшую практику для приборов — размещение приборов, наблюдения, управление данными, систему менеджмента качества и гомогенизацию.

3.13. Могут быть доступны и другие источники соответствующих метеорологических данных и информации; например данные исторического анализа (или наборы данных повторного метеорологического анализа) или описания местных или региональных проектов развития, которые включают соответствующую метеорологическую информацию.

Источники данных и информации за пределами площадки

3.14. Для оценки экстремальных значений метеорологических переменных данные следует собирать непрерывно через соответствующие промежутки времени в течение длительного периода времени. Поскольку для большинства площадок местные зарегистрированные данные обычно недоступны, следует провести оценку данных, имеющихся на метеорологических станциях, установленных и действующих в районе, окружающем площадку, и эксплуатируемых национальной метеорологической службой, с которой следует предварительно проконсультироваться. Размер района исследований следует определять исходя из конкретных характеристик метеорологической и географической обстановки в районе, где расположена площадка. Для того чтобы обеспечить более надежные оценки необходимых статистических параметров, следует обрабатывать наборы долгосрочных данных со станции, условия площадки которой являются наиболее репрезентативными для рассматриваемых параметров, или, в качестве альтернативы, записи различных соседних метеорологических станций, принадлежащих к одной и той же климатической зоне. Первый подход может быть реализован путем сравнения с аналогичными данными, полученными в программе сбора метеорологических данных на площадке.

3.15. Как правило, предпочтительно выбирать начальную дату годового интервала времени для анализа данных в то время года, когда рассматриваемая метеорологическая переменная не находится на пике или минимуме цикла.

3.16. Большинство национальных метеорологических служб публикуют каталоги с перечнем собранных ими конкретных метеорологических и климатических данных, включая данные о ветре, температуре и осадках. Национальные метеорологические службы публикуют или предоставляют данные в цифровой форме вместе с определенным базовым анализом ежемесячной и годовой климатологической статистики, включая экстремальные значения. Пользователям этих данных следует знать, что, хотя национальные метеорологические службы обычно следуют стандартам измерений, установленным ВМО, полевые измерения, проводимые различными организациями для удовлетворения различных требований, не обязательно соответствуют требованиям таких же стандартов. Например:

- a) стандартные высота 10 м и выставление приборов для измерения скорости и направления ветра могут не соблюдаться ввиду логистики установки приборов;
- b) методы измерения максимальной скорости ветра варьируются от государства к государству. Общей тенденцией является регистрация средних значений для заданной постоянной продолжительности, таких как 3-секундные порывы ветра, 60-секундные средние значения или 10-минутные средние значения (период усреднения является характеристикой базы данных);
- c) температура воздуха (например, температура по сухому термометру и точка росы) постоянно регистрируется на некоторых станциях регистрации и через короткие интервалы на других станциях. В некоторых второстепенных местах регистрируются только суточные максимальные и минимальные температуры воздуха;
- d) данные, которые регулярно собираются и используются для анализа экстремальных максимальных осадков, обычно включают максимальное количество осадков за 24 часа. Записи, основанные на более коротком периоде усреднения, содержат больше информации и при определенных обстоятельствах их следует предпочитать¹².

¹² Следует учитывать, что при коротких периодах усреднения иногда могут наблюдаться очень интенсивные осадки из определенных систем скоплений облаков, которые были бы сглажены, если бы использовался 24-часовой период усреднения. Это может иметь место, в частности, в районах, где вследствие орographicеских условий выпадают экстремальные осадки.

Это изменение требует тщательной оценки и, если возможно, корректировки данных перед обработкой. Такую информацию, включая информацию об используемых методах обработки данных, следует документировать.

3.17. В отчет о результатах анализа следует включать описание каждой метеорологической станции и программы мониторинга, в том числе: типы приборов, историю поверки, географическое положение, выставление и высоту прибора над уровнем моря, период(ы) регистрации данных и качество данных.

3.18. Для моделирования атмосферной циркуляции и других местных метеорологических параметров в региональном и локальном масштабах применимы численные мезомасштабные модели с пространственным разрешением, достаточным для определения региональных и местных геофизических особенностей площадки. Если такие модели доступны, проверены и должным образом поддерживаются, их следует использовать как часть оценки метеорологических характеристик площадки, включая оценку для улучшения понимания метеорологических условий на площадке по сравнению с условиями региона.

Программа наблюдений на площадке

3.19. Как можно раньше после выбора площадки-кандидата для ядерной установки следует организовать программу метеорологических наблюдений на площадке. Реализацию такой программы сбора данных и мониторинга следует согласовывать с национальной метеорологической службой в отношении соответствующих стандартов и наилучшей практики для приборов, сбора данных и мониторинга, а также для обмена наборами данных¹³. В число метеорологических параметров следует включать температуру воздуха, скорость и направление ветра, осадки и влажность, измеренные при стандартных высотах и выставлении для переменных [3].

3.20. Программу метеорологических наблюдений на площадке следует использовать как часть программы наземного мониторинга вертикального профиля для оценки атмосферной дисперсии на площадке, как того требуют публикации [1, 3].

¹³ Некоторыми государствами выпущены свои собственные руководящие материалы и критерии для программ метеорологического мониторинга на площадках атомных электростанций.

3.21. Могут иметься косвенные доказательства того, что долгосрочные измерения, произведенные на близлежащих метеорологических станциях, могут считаться репрезентативными для данной площадки. Тем не менее, данные на площадке, полученные за короткий период записи при оценке площадки, следует использовать для анализа и оценки возможного влияния конкретных условий на площадке в совокупности с экстремальными значениями метеорологических параметров, оцененных на основе данных близлежащих станций.

Редкие метеорологические явления

3.22. События, характеризуемые как редко возникающие опасные метеорологические явления, вряд ли будут зарегистрированы в каком-либо отдельном месте или стандартной сетью приборов ввиду низкой частоты их возникновения. Кроме того, такие события могут повреждать стандартные приборы или приводить к ненадежным измерениям. Для редко возникающих явлений, например явлений, вызывающих экстремальные скорости ветра, оценку интенсивности явления следует определять на основе концептуальных или численных моделей явления в сочетании со статистическими методами, соответствующими частоте возникновения и интенсивности события на площадке. Размер района проведения исследования следует определять на основе конкретных характеристик метеорологической и географической обстановки территории, на которой расположена площадка, и рассматриваемой опасности (например, торнадо или ураганов).

3.23. В случае редких метеорологических явлений следует проводить сбор данных двух типов, которые, как правило, предоставляются национальными метеорологическими службами:

- а) данные и информация, систематически собираемые, обрабатываемые и анализируемые в последние годы, могут включать больше событий меньшей интенсивности и могут быть более надежными, чем исторические (неофициальные) данные;
- б) исторические данные, упомянутые в пункте 3.9.

3.24. Иногда может быть доступен полный набор данных и информации, полученных вскоре после возникновения редкого метеорологического события. Он может включать измеренные значения переменных, свидетельства очевидцев, фотографии, описания повреждений и другую качественную информацию, доступную вскоре после события. Такие

детальные исследования реальных редких метеорологических событий следует использовать при построении модели их возникновения, и они должны вместе с известной климатологией для конкретного региона способствовать определению проектного события для этого региона. Часто фактическая площадь, затронутая каким-либо редким метеорологическим явлением (например, торнадо), сравнительно невелика, что в некоторых случаях может затруднить получение соответствующих и адекватных данных.

3.25. После сбора данных о редких метеорологических явлениях следует составить специальный специализированный каталог с соответствующей проверкой на полноту.

Дистанционное зондирование

3.26. Во многих государствах национальные метеорологические службы эксплуатируют сети метеорологических радиолокаторов или располагают средствами для проведения космических наблюдений за приземными метеорологическими параметрами. Некоторые из этих наборов данных могут относиться к значительно длительному периоду регистрации и могут включать оценки скорости приземного ветра, температуры воздуха и осадков. Эти данные следует использовать надлежащим образом.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Общие рекомендации

3.27. В гидрологические данные следует включать, в зависимости от площадки, сведения о:

- гидрологических характеристиках грунтовых вод и всех соответствующих водоемов, а также расположении поверхностных водоемов. Кроме того, следует получить информацию о геологических условиях, касающихся грунтовых вод;
- расположении и описания существующих и предлагаемых гидротехнических сооружений, как вверх, так и вниз по течению от площадки, которые могут повлиять на условия на площадке.

3.28. Для тех площадок, которые расположены в прибрежных районах, подверженных воздействию океанских и морских приливов, следует определять диапазон приливных уровней воды. Этот диапазон может сильно различаться от места к месту. При расчете приливов используется гармонический анализ, при котором приливные колебания разделяются на гармонические составляющие. Гармонические постоянные для прогнозирования приливов получаются из данных, собранных на прибрежных гидрометрических станциях рядом с площадкой, и могут поступать от национальных компетентных органов.

3.29. Диапазон уровней воды для неприливных явлений следует получать с учетом следующих соображений:

- следует получать записи об уровне воды для всех соответствующих водоемов на площадке и/или на всех водомерных станциях, которые представляют¹⁴ условия на площадке для возможных явлений. Следует стремиться получать записи об уровне воды за наиболее продолжительные периоды времени. Следует уделять внимание частоте сбора данных, с тем чтобы гарантировать, что сбор данных измерения уровня воды производится с надлежащей периодичностью. Например, измерения уровней воды, связанных с явлениями, вызываемыми сейшмами и цунами, могут выполняться с периодичностью от десятков секунд до нескольких минут, в то время как измерения уровней воды, связанных с речным паводком, могут проводиться с периодичностью от нескольких часов до нескольких суток;
- следует сообщать данные о характеристиках волн (направлении, амплитуде и периоде, количестве волн и продолжительности волнения). Измерения прибрежных волн и волн в открытом море следует проводить с помощью мареографов, цунаметров или волновых буев и/или по спутниковым данным;
- в полевые обследования после значительных затоплений следует включать сбор данных о высоте волн, волновом заплеске, понижении уровня воды и горизонтальном заплеске, периоде и продолжительности. Кроме того, необходимо собирать сведения о воздействии затопления на регион (в радиусе 50 км) наряду с его датой, местоположением и информацией о затронутых объектах (например, лодках, домах, причалах);

¹⁴ При определении гидрологических данных площадки с использованием имеющихся данных другой площадки может использоваться гидрологическая модель.

- следует получать данные об уровнях воды в ходе значительных исторических событий вблизи площадки, если таковые имеются. Они включают исторические отметки наводнений, высоты заплеска цунами и исторические низкие уровни воды в периоды засухи. В дополнение к данным об уровнях воды следует сообщать другие параметры затопления (горизонтальное расстояние, период), дату возникновения и точность измерений;
- особое внимание следует уделять наблюдениям за борами. Боры возникают в некоторых эстуариях, реках и каналах в результате смены приливов, цунами или резкого изменения расхода воды через гидротехнические сооружения.

3.30. Следует получать данные измерений, связанных с расходом, и соответствующую информацию из следующих источников:

- записи о расходе для всех соответствующих водоемов вблизи площадки и/или на всех водомерных станциях, которые являются репрезентативными для условий на площадке;
- кривые расхода, связывающие уровень воды с расходом, для водомеров рядом с площадкой. Для установления связи уровня воды с расходом могут также использоваться численные модели. Следует обращать внимание на дату построения кривой расхода, поскольку антропогенные и батиметрические и/или топографические изменения могут резко изменять связь между уровнем и расходом.

3.31. В непосредственной близости от площадки следует производить сбор гидрогеологических данных, получаемых из геологических сред и засыпных материалов, таких как данные о проницаемости и пористости. Данные измерений подземных вод следует получать описанным ниже образом:

- на площадке следует установить пьезометры для контроля уровня и давления грунтовых вод в соответствующих водоносных горизонтах. Следует предусматривать достаточно продолжительный период сбора данных, с тем чтобы фиксировать как сезонные, так и годовые колебания. Наборы данных высокой частоты полезны для наблюдения за последствиями штормовых явлений, особенно для водоносных горизонтов, состоящих из трещиноватых или карстовых систем. Дальнейшие руководящие материалы в связи с этим см. в [3];

- следует получать информацию об антропогенных воздействиях, таких как места и объемы добычи подземных вод, искусственного пополнения и обратной засыпки. Следует учитывать предполагаемые будущие тенденции на основе изменений и увеличения численности населения;
- на основе данных об уровнях воды в скважинах в том же регионе и в сопоставимых гидрогеологических условиях следует получать долгосрочные записи уровней подземных вод, с тем чтобы можно было оценить влияние экстремальных метеорологических условий на уровни подземных вод и изучить долгосрочные тенденции, такие как тенденции, связанные с крупномасштабной добычей подземных вод.

3.32. Данные других измерений и информацию следует собирать из следующих источников:

- исторические сведения о наличии ледяного покрова, а также протяженность, толщина и продолжительность ледяного покрова на площадке и вблизи нее. Особое внимание следует уделять возможности возникновения вблизи площадки рыхлого льда;
- измерения прибрежных и вдольбереговых течений, вызванных приливами и ветрами (см. [3]).

Геофизические, геологические и сейсмологические данные

3.33. Следует рассмотреть два различных набора геофизических и геологических данных в отношении: а) геологии конкретной площадки и б) источников явлений, связанных с цунами, если это применимо к данной площадке. Конкретные геологические данные, сбор которых следует производить вблизи площадки, включают данные относительно:

- устойчивости и «эрозийности» береговой линии;
- характеристик отложений, таких как гранулометрический состав и химический состав, особенно вблизи водозаборных сооружений атомной электростанции;
- гидрогеологических характеристик, таких как проницаемость и пористость;
- вероятности возникновения оползней.

Следует рассмотреть и идентифицировать три следующих типа «цунамигенных» источников, как прибрежных, так и подводных:

- крупные «сейсмогенные» структуры;
- оползни;
- вулканическая активность.

3.34. Следует производить сбор данных о параметрах источника цунами и о цунамигенном потенциале соответствующего водоема, где расположена площадка атомной электростанции. Для использования при определении характеристик источников потенциальных генераторов сильных цунами, как ближних, так и удаленных, а также расчетной годовой частоты их возникновения, следует производить сбор указанных ниже геофизических, геологических и сейсмологических данных:

- для цунами, вызванных землетрясением: дата и время возникновения, положение эпицентра, глубина, магнитуда, сейсмический момент, механизм очага (угол простирания, падения и наклона плоскости разлома) и параметры зоны разрыва (ширина, длина, подвижка, жесткость, скорость, время нарастания) (см. руководящие материалы в [4]);
- для цунами, вызванных оползнями: характеристики оползней и обрывов, включая местоположение, тип и реологию геологических слоев, геометрию (например, уклон, размер, объем);
- для цунами, вызванных вулканическими явлениями: полная характеристика вулкана, который может вызвать цунами, как указано в [8].

3.35. Все данные, относящиеся к оценке потенциальной опасности цунами и определению параметров опасности цунами, следует обобщить в каталоге цунами, характерных для данной площадки. В этом каталоге следует рассмотреть всю историческую информацию и палеонтологические свидетельства цунами на основе стратиграфических и других геологических исследований.

Топографические и батиметрические данные

3.36. Следует производить сбор указанных ниже топографических данных:

- опорные вертикальная точка отсчета и горизонтальная точка отсчета. Особое внимание следует обратить на возможность того, что съемки, проведенные в разное время, могли быть выполнены с использованием разных геодезических сеток или точек отсчета. Следует явно указывать сетку или точку отсчета, используемую в каждом наборе данных;
- общий рельеф в окрестностях площадки (в типовом радиусе 5 км) с интервалом изолиний 5–10 м;
- подробная топография территории площадки и территории, непосредственно окружающей площадку, которая может быть затоплена, в том числе в период подготовки к строительству и после строительства станции, с шагом горизонталей (разрешением) 1 м и соответствующей точностью;
- границы водораздела;
- характеристики поймы, включая любую шероховатость, связанную с землепользованием, растительностью и т. д.;
- исторические явления миграции русел, в том числе обрывы, опускания и подъемы. Следует проверять региональные топографические данные, с тем чтобы оценить возможность изменений русла в будущем;
- высоты и описания береговых валов и других берегоукрепительных сооружений вблизи площадки;
- недавние изменения топографии, вызванные, например, сильным землетрясением.

3.37. В подлежащие сбору батиметрические данные площадки атомной электростанции следует включать:

- общие опорные вертикальную точку отсчета и горизонтальную точку отсчета для топографических данных;
- батиметрию соответствующих водоемов и, в частности, подробную батиметрию по береговой линии вблизи площадки станции. Для прибрежных площадок, где предлагается моделирование цунами или штормовых нагонов, следует производить сбор батиметрических данных для района, простирающегося от берега до глубины воды примерно 100 м, с интервалом пространственных измерений не более 10 м;

- следует описать дренажные сети, включая каналы и дренажные сооружения (как искусственные, так и естественные), в том числе боковой уклон, ширину и глубину основного русла, шероховатость дна и характеристики наносов;
- данные о долгосрочной и краткосрочной эрозии и/или осаждении (из таких источников, как старые съемки, карты, аэрофотоснимки и спутниковые изображения);
- сведения о недавнем изменении батиметрии, связанном, например, с сильным землетрясением.

Особое внимание следует уделить сопоставлению наборов топографических и батиметрических данных.

Данные об антропогенной деятельности

3.38. Следует производить сбор соответствующих данных для оценки потенциального влияния антропогенной деятельности на гидрологические опасности. Вдоль побережья следует учитывать воздействие морских и прибрежных сооружений, таких как гавани, волнорезы, волноломы и водные затворы, а также землепользования (например, жилищного строительства, лесного хозяйства и сельского хозяйства), как существующего, так и планируемого. Для этих сооружений следует получить даты строительства, общие размеры и/или планы строительства и сведения об ответственности за административный и/или оперативный контроль.

3.39. В речном бассейне антропогенная деятельность влияет на гидрологические процессы в основном за счет двух типов изменений деятельности: изменений в землепользовании и модификаций существующих русел и долин, связанных с существующими или новыми гидротехническими сооружениями. Следует собирать информацию о соответствующей прошлой и вероятной будущей деятельности человека, включая:

- изменение землепользования в речном бассейне, особенно изменение растительного покрова, обрабатываемых площадей и методов ведения сельского хозяйства; лесозаготовительные площади и практика (вырубка лесов); урбанизированные районы; методы ливневого водоотвода; транспортные сети и характеристики; добыча полезных ископаемых и разработка карьеров и связанные с ними месторождения;

- изменения в руслах и долинах, связанные с сооружениями следующих типов: плотины и водохранилища; водосливы и шлюзы; защитные насыпи и другие противопаводковые сооружения вдоль рек; отводы в бассейн или из него; паводковые пути; улучшения и модификации русла; мосты и транспортные насыпи.

3.40. Для соответствующих гидротехнических сооружений следует предоставлять указанную ниже информацию:

- даты строительства, ввода в эксплуатацию и начала эксплуатации;
- ответственность за административный и оперативный контроль;
- характер и тип основных сооружений и важных вспомогательных агрегатов;
- характеристики водохранилища, данные о расчете паводка и коэффициенты безопасности, учитываемые при оценке максимального, нормального и среднего повышения уровня и объема воды в водохранилище;
- борьба с наводнениями и порядок действий в аварийных ситуациях;
- гидрографы расчетного притока;
- сейсмические проектные основы;
- размеры и расположение охраняемых территорий;
- воздействие на поток воды, лед, отложения и обломки;
- влияние на речную эрозию или наносы.

4. ОЦЕНКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ

ОБЩАЯ ПРОЦЕДУРА

4.1. Общая процедура оценки опасности, связанной с экстремальным значением метеорологического параметра или возникновением редких опасных явлений, включает следующие этапы:

- а) изучение ряда репрезентативных данных, имеющихся по анализируемому региону, и оценка их качества (репрезентативность, полнота, эффективность программы обеспечения качества и однородность);

- b) выбор наиболее подходящего статистического распределения для имеющегося набора данных;
- c) обработка данных с целью оценки моментов функции распределения вероятностей рассматриваемого параметра (ожидаемого значения, стандартного отклонения и других, если необходимо), по которым можно оценить средний интервал повторения и связанные с ним доверительные интервалы.

4.2. Экстремальные годовые значения метеорологических параметров представляют собой выборки случайных величин, которые могут характеризоваться определенными вероятностными распределениями. В принципе, набор данных следует анализировать с помощью функций распределения вероятностей, соответствующих изучаемым наборам данных. Среди них широко используются обобщенные распределения экстремальных значений: Фишера — Типпета типа I (Гамбла), типа II (Фрешета) и типа III (Вейбулла).

4.3. Следует проявлять осторожность, пытаясь подогнать распределение экстремальных значений к набору данных, представляющему записи всего за несколько лет. Если экстраполяции выполняются на очень длительные периоды времени с помощью статистического метода, следует уделить должное внимание физическим ограничениям интересующей переменной. Следует также проявлять осторожность при экстраполяции на временные интервалы, значительно превышающие продолжительность имеющихся записей (например, для периодов «повторения», превышающих продолжительность выборки более чем в четыре раза). Метод экстраполяции следует документировать.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

4.4. Как указано в разделе 2, метеорологические переменные, для которых следует определять экстремальные значения, таковы:

- температура воздуха;
- скорость ветра;
- осадки (жидкий эквивалент);
- снежный покров.

Все данные следует сопровождать пояснительной информацией о данных (метаданными).

4.5. При обработке данных следует учитывать возможную нестационарность рассматриваемого стохастического процесса, которая может отражать, наряду с прочими явлениями, климатическую изменчивость и изменение климата. До появления опасений по поводу глобального потепления тренды метеорологических переменных не учитывались. В критериях для целей проектирования следует описывать это возможное нестационарное поведение.

Температура воздуха

Оценка опасности

4.6. Из проведенной программы измерений на площадке (см. пункты 3.19–3.21) следует собрать данные для конкретной площадки и провести сравнение с данными существующих метеорологических станций за пределами площадки (см. пункты 3.14–3.18) в регионе. Посредством проведения такого сравнения следует получить возможность определить станции, для которых метеорологические условия аналогичны условиям на площадке и для которых имеются долгосрочные записи. Это сходство следует проверять с помощью программы измерений на площадке.

4.7. Для выявления экстремальных годовых значений следует использовать набор данных о максимальных и минимальных суточных температурах воздуха (экстремальных значениях мгновенной температуры за сутки), собранных в программах мониторинга за пределами площадки. Эти экстремальные годовые значения следует получать путем применения статистических методов, как описано в пунктах 2.24–2.26. Эти экстремальные значения необходимы для целей проектирования станции (например, для структурного анализа тепловых нагрузок на здания и конструкции).

4.8. Набор данных о почасовых значениях температуры окружающего воздуха по сухому и влажному термометрам, собранных в рамках программы дистанционного мониторинга, следует использовать для определения различных годовых значений процентилей температур по сухому и влажному термометрам¹⁵, которые превышаются в среднем

¹⁵ Почасовая температура по влажному термометру может быть рассчитана на основе одновременных измерений температуры по сухому термометру, температуры точки росы (или относительной влажности) и атмосферного давления.

на указанный процент общего количества часов в году (т. е. 8760)¹⁶. Эти годовые процентильные значения необходимы для целей проектирования станции (например, для проектирования оборудования для отопления, вентиляции, кондиционирования и осушения воздуха). Оценки периода времени, в течение которого температура окружающего воздуха по сухому и влажному термометрам остается выше или ниже заданных значений (т. е. постоянно), также могут быть необходимы для целей проектирования станции, и это следует учитывать при анализе данных.

4.9. В случае атомных электростанций, в которых в качестве конечного поглотителя тепла используются конструкции, основанные на испарении (например, градирни с принудительной тягой), набор данных о почасовых значениях температуры окружающего воздуха по сухому и влажному термометрам, собранный в рамках программы мониторинга за пределами площадки, следует использовать для определения метеорологических условий, представляющих: а) максимальный потенциал испарения и б) минимальное водяное охлаждение (например, охлаждающая способность градирни). Эти метеорологические условия необходимы для обеспечения того, чтобы конструкции конечного поглотителя тепла, основанные на испарении, имели достаточный запас охлаждающей воды и чтобы не превышались проектные базовые температуры узлов оборудования, важного для безопасности.

4.10. В отчет об анализе, выполненном с целью оценки опасности, следует включать описание каждой метеорологической станции, от которой получены данные, и ее географического положения.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

4.11. Результаты оценки опасности экстремальных температур воздуха включают определение максимальных температур по сухому термометру и совпадающих температур по влажному термометру, максимальных несовпадающих температур по влажному термометру и минимальных температур по сухому термометру. Соответствующие экстремальные температуры следует характеризовать годовой частотой превышения

¹⁶ Например, типичными расчетными условиями являются значения 1,0% и 2,0%, превышаемые в среднем 88 и 175 часов в год за анализируемый период записи. Аналогично, значения 98% и 99% представляют собой параметры холодной погоды, для которых соответствующий элемент погоды ниже проектного условия в течение 175 и 88 часов.

заданных пороговых значений с соответствующим доверительным интервалом. Фактором, который следует учитывать, также может быть постоянство очень высоких или очень низких температур.

Скорость ветра

4.12. Сильные ветры могут вызываться несколькими различными метеорологическими явлениями, такими как протяженные барические системы¹⁷, некоторые образования кучево-дождевых облаков (грозы и связанные с ними нисходящие потоки), фронтальные проходы и линии шквалов, метели, «фён», воздушные потоки, вызванные гравитацией (например, стоковые ветры) и другие локальные явления.

Оценка опасности

4.13. Из выполненной программы измерений на площадке (см. пункты 3.19–3.21) следует выполнить сбор данных для конкретной площадки и провести сравнение с данными (например, месячными или сезонными данными и годовым совместным частотным распределением скорости и направления ветра) от существующих метеостанций за пределами площадки (см. пункты 3.14–3.18) в регионе. Посредством проведения такого сравнения следует получить возможность определить станции, для которых метеорологические условия аналогичны условиям на площадке станции и для которых имеются долгосрочные записи.

4.14. Обработку данных для оценки статистики экстремальных ветров следует стандартизировать с точки зрения: а) одинаковых периодов усреднения, б) одинаковых высот и шероховатости поверхности почвы и, если возможно, с) поправок на местные топографические эффекты. Следует использовать значения скорости ветра, связанные с периодами времени, определенными как критические для проекта.

4.15. Сбор данных о ветре не всегда производится на одной и той же высоте над землей. Высота может варьироваться от станции к станции; даже на одной и той же станции в разные периоды данные могут собираться на разных высотах. В этих случаях данные следует нормировать по

¹⁷ В зависимости от источников и национальной практики или соглашений протяженные барические системы могут также обозначаться как «внетропические» штормы, «внетропические» депрессии или «внетропические» циклоны.

стандартной высоте (обычно 10 м над уровнем земли) с использованием профилей с регулируемым коэффициентом, соответствующим локальной шероховатости.

4.16. Для определения экстремальных годовых значений следует использовать набор данных о скорости ветра, собранных в рамках программ мониторинга за пределами площадки. Эти экстремальные годовые значения следует получать путем применения статистических методов, как описано в пунктах 2.24–2.26.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

4.17. Результаты оценки опасности экстремальной скорости ветра включают определение максимальной скорости ветра, соответствующей установленной годовой частоте превышения заданных порогов с доверительным интервалом, соответствующим цели задания проектных параметров станции. Эти значения обычно необходимы для целей проектирования станции (например, для структурного анализа ветровой нагрузки на здания и конструкции).

Осадки (жидкий эквивалент)

4.18. В этом подразделе в целом рассматриваются осадки в жидкой фазе или жидкий эквивалент твердых осадков, и не делается различий между твердой и жидкой фазами.

*Оценка опасности*¹⁸

4.19. Следует провести региональную оценку режима осадков, с тем чтобы выяснить, является ли данная площадка климатологически аналогичной площадкам окружающих метеорологических станций. Такая оценка проводится для того, чтобы выбрать метеорологические станции, наиболее подходящие для предоставления долгосрочных рядов данных для анализа. В процессе отбора следует охватывать, наряду с прочим, микрометеорологические характеристики, мезомасштабные

¹⁸ В некоторых государствах экстремальные значения осадков определяются с использованием существующих вероятностных максимальных характеристик осадков, которые были получены национальной метеорологической службой с помощью детерминированного подхода.

системы и топографические влияния. Следует также учитывать любые дополнительные данные, собранные в рамках программы измерений на площадке.

4.20. При оценке опасности экстремальных максимальных осадков следует предпочтительно использовать данные тех станций за пределами площадки, которые оборудованы осадкомером с непрерывной записью, таким как осадкомер взвешивающего или самопрокидывающегося типа. Эти данные могут быть дополнены данными метеорадаров. Для определения экстремальных значений следует использовать полный набор данных об осадках, собранных в рамках программ дистанционного мониторинга. Эти экстремальные значения следует получать путем применения статистических методов, как описано в пунктах 2.24–2.26. Эти экстремальные значения необходимы для целей проектирования станции (например, для дренажной системы площадки).

4.21. В тех случаях, когда в окрестностях площадки нет сети непрерывной регистрации, но известны общие суммы осадков за фиксированные интервалы для станций, климатологически не отличающихся от площадки, можно использовать концепции подобия. В этом методе общая статистическая взаимосвязь применяется для оценки максимального события, которое произойдет за указанный период усреднения, например 24 часа, по известному набору последовательных измерений, сделанных в течение другого интервала усреднения, например 3, 6 или 12 часов, с использованием зависимости между слоем осадков и их продолжительностью.

4.22. При сообщении результатов анализа экстремальных осадков следует включать описание метеорологических станций и их географического положения. Вместе с результатами анализа следует сообщать о любых корректировках данных.

4.23. Следует также составить полную историю маловодья на площадке и в ее окрестностях. В нее следует включить подробный перечень типов явлений, мест и продолжительности этих событий, а также описания гидрометеорологических характеристик, сопровождающих эти события. Следует обеспечивать, чтобы эти перечни и описания позволяли установить историю засух в окрестностях площадки.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

4.24. Результаты оценки опасности экстремальных максимальных осадков включают определение максимального количества осадков, накопленных за различные периоды времени, обычно в пределах от 5 минут до 24 часов или более. Для целей проектирования станции соответствующие суммы экстремальных осадков за каждый период времени следует характеризовать годовой частотой превышения заданных пороговых значений с соответствующим доверительным интервалом.

4.25. В результаты оценки опасности экстремального минимального количества осадков следует включать определение самой сильной засухи, которая считается разумно возможной в регионе.

Снежный покров

4.26. Нагрузка на конструкцию из-за снежного покрова будет зависеть как от глубины снега, так и от степени его уплотнения. Эти два параметра можно удобно объединить, выразив высоту снежного покрова в единицах глубины водного эквивалента.

Оценка опасности

4.27. Если в регионе происходят значительные снегопады, следует провести оценку распределения снегопадов. В решении этой задачи могут помочь данные дистанционного зондирования, полученные после метелей на площадке. К переменным, которые необходимо учитывать, относятся интенсивность осадков и высота снежного покрова, степень уплотнения и снежная масса.

4.28. В холодных регионах, где снег может лежать на земле в течение длительного времени, следует проявлять осторожность при оценке расчетного снежного покрова, поскольку толщина и плотность снега будут варьироваться от места к месту. Следует предусматривать, чтобы выбранная метеорологическая станция имела такое же топографическое положение, что и предлагаемая площадка для установки (например, данные метеорологической станции на южном склоне не следует использовать при рассмотрении вопроса о размещении станции на северном склоне).

4.29. В горных районах, где плотность метеорологической сети такова, что значения, измеренные на метеорологической станции, могут значительно отличаться от значений на площадке станции, следует проводить оценку для конкретной площадки. Площадки станции следует оценивать в каждом конкретном случае с учетом любых местных факторов (таких как соседние сооружения и топография), которые могут оказывать влияние на снеговую нагрузку.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

4.30. В результаты оценки опасности экстремального снежного покрова следует включать определение водного эквивалента и годовой частоты превышения. Для целей проектирования станции соответствующий экстремальный снежный покров для каждого периода времени следует характеризовать годовой частотой превышения заданных пороговых значений с соответствующим доверительным интервалом.

4.31. Еще одним фактором, который следует учитывать при оценке опасности экстремального снежного покрова, является дополнительный вес дождя на предыдущем снежном покрове; поэтому вес водного эквивалента снежного покрова следует дополнять уровнем осадков, соответствующим низкой частоте превышения.

РЕДКИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

4.32. К редко возникающим опасным метеорологическим явлениям, для которых следует проводить оценку, относятся:

- молнии;
- тропические циклоны, тайфуны и ураганы;
- торнадо;
- водяные смерчи.

Молнии

Общее описание явления

4.33. Молния — это видимый электрический разряд, чаще всего возникающий во время грозы. Переходные процессы молнии характеризуются чрезвычайно высокими напряжениями, токами и

скоростями нарастания тока. Ущерб обычно классифицируется как прямой или индуцированный (косвенный). Сильное электрическое поле, создаваемое при определенных обстоятельствах, вызывает точечные разряды и может вызвать пробой (проводящий путь) во всех изоляторах, кроме самых надежных. После того, как путь обратного хода установлен, по нему текут токи от десятков до сотен килоампер.

4.34. Хотя в настоящее время невозможно предсказать, когда и где ударит молния, статистическая информация может давать некоторое представление о районах, подверженных грозовой активности, а также о сезонах и времени суток, когда такая активность наиболее вероятна. Следует отметить, что молния представляет собой непредсказуемое переходное явление, характеристики которого широко варьируются от вспышки к вспышке и измерение которых затруднено.

Оценка опасности

4.35. Частота ударов молнии в заданный период времени представляет собой произведение эквивалентной площади стягивания молний в сооружение или объект (определяемой как функция длины, ширины и высоты сооружения) и плотности вспышек в данной области в данный период там, где находится сооружение.

4.36. Предпочтительным методом определения плотности вспышек является использование карты плотности вспышек молнии, полученной из сетей обнаружения молний, которые в настоящее время действуют в нескольких государствах. Если карта плотности вспышек молний недоступна, альтернативным методом получения данных о возникновении молний является изокерауническая карта. На этой карте нанесены контурные линии, показывающие количество грозовых дней в месяц или год, которое может ожидаться в конкретном регионе. Изокераунические карты основаны на записях метеорологической службы за длительный период времени (например, 30 лет). Грозовой день определяется как любой день, в течение которого обученный наблюдатель хотя бы один раз слышит гром. Как правило, на основе большого количества данных, полученных со всего мира, средняя плотность земных вспышек оценивается как 1–2 вспышки от облаков до земли за 10 грозовых дней на квадратный километр. Изокераунические карты являются плохим индикатором фактической грозовой активности, потому что один грозовой день будет

отмечен независимо от того, был ли слышен в этот конкретный день один удар или 100 ударов грома. Кроме того, недавние исследования показывают, что гром не был слышен в 20–40% случаев обнаруженных вспышек молний.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

4.37. В качестве результата оценки опасности молнии следует указывать расчетную годовую частоту превышения числа ударов молнии для планируемой атомной электростанции.

Тропические циклоны, тайфуны и ураганы

Общее описание явления

4.38. Тропический циклон представляет собой крупномасштабную циркуляцию ветров вокруг центральной области низкого атмосферного давления с теплым ядром. Тайфуны — это тропические циклоны, происходящие в западной части Тихого океана; ураганы — это тропические циклоны, возникающие в Атлантическом океане, Карибском море, Мексиканском заливе и восточной части Тихого океана. Тропические циклоны могут вызывать чрезвычайно сильные ветры и проливные дожди, а также высокие волны и штормовые нагоны.

4.39. В настоящем подразделе рассматривается определение характерной скорости ветра тропического циклона на площадке атомной электростанции для целей проектной основы. Рассмотрение штормовых нагонов и распределения проливных дождей в тропических циклонах включено в разработку оценок опасностей наводнений, как описано в разделах настоящего Руководства по безопасности, посвященных гидрологическим вопросам.

Оценка опасности

4.40. Следует оценивать вероятность возникновения метеорологических явлений этого типа на площадке. Если площадка подвержена воздействию тропических циклонов, то при определении проектных значений скорости ветра, вызванной тропическими циклонами, используется комбинация статистического и детерминированного подходов. При статистическо-детерминированном подходе рассмотрение сильных ветров, возникающих в результате тропических циклонов, было включено в определение опасностей экстремальных ветров. Статистические свойства климатических

тропических циклонов в сочетании с детерминированными численными моделями позволяют генерировать тысячи имитаций траекторий штормов с целью определения вероятностного распределения скорости ветра в конкретном месте.

4.41. Методы оценки параметров тропических циклонов зависят от результатов теоретических исследований структуры тропических циклонов и объединяют большие объемы данных от синоптических сетей, спутников и воздушных судов, а также данные, полученные в результате моделирования. Существуют общие методы оценки соответствующих параметров тропических циклонов.

4.42. Об особенностях движения тропических циклонов и их влиянии на сушу и море известно многое. Однако следует учитывать, что метеорологические измерения у поверхности и в верхних слоях атмосферы в тропических циклонах в ряде регионов все еще недостаточны с точки зрения охвата площади или периода регистрации. Когда тропический циклон перемещается над сушей, он обычно находится в стадии ослабления, и наблюдения даже с помощью относительно плотной наземной наблюдательной сети могут не отражать характеристики интенсивной стадии тропического циклона, когда он пересекает береговую линию.

4.43. В последние годы для многих национальных метеорологических служб стали легко доступны изображения высокого разрешения, поступающие с орбитальных и геостационарных метеорологических спутников. Такие изображения предоставляют ценную информацию для обнаружения и отслеживания тропических возмущений, оценки их интенсивности и получения поля ветра на уровне облаков. Тем не менее, для тропических циклонов количество параметров, которые могут быть точно измерены, все еще слишком мало, чтобы можно было дать надежное описание основных физических процессов, которые необходимы для процесса оценки их максимальных значений.

4.44. Важную дополнительную информацию о тропических циклонах содержат сообщения с самолетов-разведчиков. Данные из таких сообщений широко использовались в сочетании с обычными синоптическими данными для того, чтобы пролить свет на трехмерную структуру областей ядра тропических циклонов. Наблюдения силами авиационной разведки за интенсивными тропическими циклонами проводятся у берегов Японии,

Тайваня (Китай) и Филиппин, а детальный анализ всех экстремальных штормов проводится вдоль Мексиканского залива и восточного побережья США.

4.45. В случае тропических циклонов следует производить сбор указанных ниже данных о параметрах штормов:

- минимальное давление в центре;
- максимальная скорость ветра;
- горизонтальный профиль приземного ветра;
- форма и размер центра циклона;
- вертикальные профили температуры и влажности внутри центра циклона;
- характеристика тропопаузы над центром циклона;
- положения тропического циклона с регулярными интервалами, предпочтительно с интервалом в шесть часов;
- температура поверхности моря.

4.46. Для определения «экстремальных» значений некоторых переменных следует установить «самые высокие» и «самые низкие» зарегистрированные значения. Поскольку синоптические наблюдения проводятся через дискретные промежутки времени, некоторые из этих значений могут быть определены с использованием специальных метеорологических сводок с наземных точек или судов в море или дополнительной информации, полученной из синоптических карт.

4.47. Следует получить общую картину нормальных или «невозмущенных» условий, преобладающих в регионе, когда возникает циклон. С этой целью следует изучить климатологические карты или анализы, отображающие следующие области:

- давление на уровне моря;
- температура поверхности моря;
- температура воздуха, высота и влажность (точки росы) при стандартных уровнях давления и в тропопаузе.

4.48. Большинство данных, используемых для оценки параметров тропических циклонов, связаны со штормами над открытыми водами, и, строго говоря, эти методы применимы только к открытым площадкам на побережье. Для внутренних районов следует изучать и количественно оценивать влияние топографии и трения о землю. Кроме того, известно, что

штормы, движущиеся к полюсам, обычно теряют свои квазисимметричные тропические характеристики и эволюционируют в сторону структуры протяженных барических систем с хорошо выраженными тепловыми контрастами. При рассмотрении оценки площадок для станций в более высоких широтах следует вносить изменения в критерии, разработанные для площадок в более низких широтах.

4.49. Несмотря на наличие данных авиационной разведки, накопленных за последние 20 лет, временные вариации некоторых соответствующих параметров тропических циклонов за период в несколько часов все еще малоизвестны. В некоторых зрелых тропических циклонах от часа к часу отмечаются существенные изменения во внутренней области ядра, и эти изменения следует учитывать.

4.50. Для того чтобы определить применимость модели к конкретной площадке станции, следует тщательно оценивать местные условия, особенности площадки и исторические данные. Когда это возможно, следует проводить тематические исследования для определения характеристик тропических циклонов, пронесшихся по окрестностям. В исследование следует включить все известные тропические циклоны, прошедшие в пределах 300–400 км от площадки.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

4.51. В качестве результата оценки опасности тропических циклонов, ураганов или тайфунов следует указывать максимальную скорость ветра, соответствующую установленной годовой частоте превышения. Следует также описывать другие характеристики, представляющие интерес для проектирования, такие как вертикальный профиль скорости ветра, продолжительность интенсивности ветра выше установленных уровней и переносимые ветром летящие предметы.

Торнадо

Общее описание явления

4.52. Торнадо обычно описывают как сильно вращающиеся столбы воздуха, обычно связанные с грозой. Если торнадо поражает здания или конструкции станции, ущерб может быть причинен по следующим причинам:

- a) разрушительное воздействие очень сильных ветров;

- b) внезапный перепад давления, сопровождающий прохождение центра торнадо;
- c) ударное воздействие переносимых торнадо летящих предметов на конструкции и оборудование станции.

Кроме того, торнадо могут вызывать наводнения и, следовательно, могут быть причиной дополнительного косвенного ущерба.

Оценка опасности

4.53. Явления торнадо документально зарегистрированы во всем мире. При определении того, существует ли вероятность возникновения торнадо в регионе, следует проводить сбор информации за как можно более длительный период времени.

4.54. Если возможность возникновения торнадо в регионе подтверждается, следует провести более подробное исследование с целью получения соответствующих данных для оценки проектного торнадо.

4.55. Следует выбрать схему классификации интенсивности, аналогичную той, что была разработана Фуджитой — Пирсоном, или недавно внедренной улучшенной шкале Фуджиты. Эта система представляет собой комбинацию оценки скорости ветра по шкале Фуджиты, шкалы Пирсона для длины траектории и шкалы Пирсона для ширины траектории. Классификация каждого торнадо основана на типе и степени ущерба. Дополнительным ориентиром для классификации торнадо служат описания и фотографии зон повреждений. Как правило, базы данных о торнадо, архивированные национальными метеорологическими службами, включают схему классификации интенсивности, аналогичную шкале Фуджиты — Пирсона и улучшенной шкале Фуджиты.

4.56. Годовую частоту превышения, с которой скорости ветра торнадо на конкретной площадке станции будут превышать заданное значение, следует получать на основе изучения перечня зарегистрированных торнадо. Для составления перечня зарегистрированных торнадо следует рассмотреть однородную область с центром на площадке. Как правило, подходит область площадью около 100 000 км².

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

4.57. В качестве результата оценки опасности торнадо следует указывать годовую частоту превышения, с которой скорости ветра торнадо на конкретной площадке будут превышать установленное значение.

4.58. После определения проектного торнадо, масштабируемого по скорости ветра, следует выбрать модель торнадо для определения максимального ожидаемого перепада давления и максимальной скорости падения давления. Следует также указывать массу и скорость летящих предметов, переносимых торнадо.

Водяные смерчи

Общее описание явления

4.59. Водяные смерчи обычно делятся на две категории: «торнадообразные» смерчи и смерчи при хорошей погоде.

- Торнадообразные водяные смерчи — это торнадо, которые образуются над водой или перемещаются с суши на воду. Они имеют те же характеристики, что и наземные торнадо. Они связаны с сильными грозами, часто сопровождаются сильным ветром и большими волнами, сильным градом и частыми опасными молниями.
- Водяные смерчи при хорошей погоде, как правило, более распространены. Обычно это менее интенсивные явления, формирующиеся чаще всего летом в ясную и относительно безветренную погоду. Водяные смерчи при хорошей погоде обычно образуются вдоль темных плоских оснований линии развивающихся кучевых облаков. Обычно они движутся медленно, если вообще движутся, поскольку облако, к которому они прикреплены, как правило, статично в горизонтальном направлении. Хотя многие водяные смерчи образуются в тропиках, в местах, расположенных севернее (или южнее), также сообщается о водяных смерчах в умеренных зонах, таких как район Великих озер в Северной Америке и Европа.

4.60. Водяные смерчи способны переносить на сушу большое количество воды из близлежащих водоемов.

Оценка опасности

4.61. Следует оценивать вероятность возникновения водяных смерчей на площадке. Во многих государствах национальные метеорологические службы начали выявлять и регистрировать водяные смерчи и оценивать их интенсивность и другие основные характеристики. Национальные метеорологические службы обычно получают информацию о водяных смерчах от различных источников, таких как морские и воздушные суда, метеорологи, береговая охрана и общественность. Недавние исследования показали, что если сеть мониторинга недостаточна, информирование о возникновении этого явления может быть неполным.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

4.62. Если в данном регионе уже были водяные смерчи, следует использовать оценку опасности водяных смерчей с целью определения годовой частоты превышения и диапазона интенсивности. При проектировании дренажной системы следует учитывать сопутствующие осадки.

ДРУГИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

4.63. К другим явлениям, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на безопасность атомной электростанции, относятся:

- пыльные и песчаные бури;
- град;
- замерзающие осадки и явления, связанные с заморозками.

Если возможность их возникновения подтверждается, следует оценить опасность и определить проектную основу для таких событий.

Пыльные и песчаные бури

Общее описание явления

4.64. Пыльные и песчаные бури являются обычным явлением в засушливых и полузасушливых регионах. Они возникают, когда силы воздействия ветра превышают пороговое значение, при котором рыхлый песок и пыль отрываются от сухой поверхности и переносятся по воздуху. Термин «пыльная буря» чаще всего используется, когда мелкие частицы разносятся

ветром на большие расстояния¹⁹, тогда как термин «песчаная буря» чаще используется, когда помимо мелких частиц, ухудшающих видимость, в воздух поднимается значительное количество более крупных частиц песка, которые переносятся вблизи поверхности.

Оценка опасности

4.65. Следует оценивать вероятность возникновения метеорологических явлений этого типа на площадке. Частоту пыльных и песчаных бурь следует определять на основе ежечасных наблюдений за погодой при видимости 10 км и менее, скорости ветра выше порогового значения (например, 5,8 м/с) и относительной влажности ниже порогового значения (например, менее 70%). Соответствующие значения концентрации пыли или песка следует рассчитывать на основе эмпирических соотношений с использованием наблюдений за видимостью.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

4.66. Если это имеет отношение к площадке, в результаты оценки опасности пыльных и песчаных бурь следует включать совокупную нагрузку, создаваемую пылью или песком ($\text{мг}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$), продолжительность (ч) и среднюю нагрузку, создаваемую пылью или песком ($\text{мг}/\text{м}^3$) для зарегистрированной в прошлом пыльной или песчаной бури, которая имела наибольшее расчетное время суммарной нагрузки, создаваемой пылью или песком.

Град

Общее описание явления

4.67. Град — это форма осадков, состоящая из шарообразных кусочков льда неправильной формы (градин). Градины состоят в основном из водяного льда и имеют диаметр от 5 до 150 мм. Конечная скорость града (скорость, с которой град падает на землю) зависит от диаметра градин, трения о воздух и скорости ветра. Известно, что град повреждает автомобили и валит деревья, что может приводить к отключению внешнего энергоснабжения атомной электростанции.

¹⁹ Пыльные бури из пустыни Сахара в Северной Африке периодически наблюдаются в Европейском, Североамериканском и Карибском регионах.

Оценка опасности

4.68. Следует оценивать вероятность возникновения метеорологических явлений этого типа на площадке станции. Частоту выпадения града и размер самых крупных градин в районе площадки следует получать из записей данных, которые ведутся национальной метеорологической службой.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

4.69. Если это имеет отношение к площадке, в результаты оценки опасности града следует включать оценку максимального размера градин на основе исторических данных для окрестностей площадки и оценку одновременной конечной скорости.

Замерзающие осадки и явления, связанные с заморозками

Общее описание явления

4.70. Замерзающие осадки — это осадки, выпадающие, когда температура на поверхностях и над ними оказывается ниже точки замерзания. Капли переохлаждаются и замерзают при ударе о грунт или любую поверхность, в результате чего образуется слой льда. Известно, что лед, образующийся вследствие ледяного дождя, снега, изморози и обледенения в облаках вызывает увеличение статической нагрузки и реакции конструкций. Важные эффекты связаны со значительным увеличением статической и динамической реакции на воздействие ветра на провода линий электропередачи. Подобные, но обычно менее выраженные эффекты следует часто ожидать на стальных фермах в зимних условиях. Кроме того, образование льда в системах охлаждения может повлиять на их эффективность.

Оценка опасности

4.71. Следует оценивать вероятность возникновения метеорологических явлений этого типа на площадке станции. При установлении расчетной толщины льда и скорости сопутствующего ветра следует учитывать местные записи и опыт; однако может иметься лишь небольшое число источников прямой информации или наблюдений за естественными ледяными наростами. В некоторых государствах ассоциации железнодорожных, электроэнергетических и телефонных компаний опубликовали отчеты, в которых собрана информация об обледенении электрических проводов.

В других государствах могут иметься отраслевые стандарты, содержащие рекомендации в отношении атмосферных ледовых нагрузок, которые следует учитывать при проектировании чувствительных к обледенению конструкций.

4.72. При определении эквивалентной радиальной толщины льда на основе исторических данных о погоде следует учитывать качество, полноту и точность данных, а также надежность алгоритмов нарастания.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

4.73. Если это имеет отношение к площадке станции, в результаты оценки опасности замерзающих осадков и явлений, связанных с заморозками, следует включать номинальную толщину льда и скорость сопутствующего ветра.

5. ОЦЕНКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ

ШТОРМОВЫЕ НАГОНЫ

Общие рекомендации

5.1. Штормовые нагоны — это аномальные подъемы уровня водной поверхности в прибрежных зонах водоемов. Штормовые нагоны вызываются сильным ветром вместе со снижением атмосферного давления, которое происходит в сочетании с сильным метеорологическим возмущением. Оценка опасности обычно проводится для трех различных типов территории: открытая прибрежная зона, полузакрытый водоем и закрытый водоем. В открытой прибрежной зоне подъем уровня воды обычно может быть представлен одним пиком нагонного гидрографа, который соответствует метеорологическому возмущению, прошедшему над исследуемой точкой. В замкнутом или полузакрытом водоеме, таком как озеро или гавань, метеорологические возмущения могут вызывать колебания водной поверхности, что может привести к многопиковому нагонному гидрографу. Это длиннопериодное колебание водоема часто называют сейшей.

5.2. При расчете опасности штормового нагона следует исходить из того, что исходный уровень воды, такой как прилив или высокий уровень озера, совпадает со штормовым нагоном. Соображения, касающиеся комбинированных событий, обсуждаются в разделе 6.

5.3. Возможность штормовых нагонов на площадке следует оценивать на основе метеорологической и гидрологической информации. Если на площадке существует вероятность штормовых нагонов, следует провести предварительную оценку штормовых нагонов на площадке. При определении указанных ниже характеристик критического шторма, которые будут вызывать нагоны на площадке с заданной (достаточно низкой) частотой превышения, следует использовать тематические исследования реальных сильных штормов в регионе:

- минимальное давление в центре и связанное с ним периферическое давление;
- максимальная установившаяся скорость ветра и его направление;
- область разгона ветра²⁰;
- продолжительность шторма и связанных с ним ветров;
- направление и скорость движения шторма;
- траектория шторма, и в частности точка, в которой траектория шторма находится ближе всего к побережью или пересекает его.

Оценка опасности

Вероятностные методы

5.4. При оценке опасности штормового нагона, для оценки отметки уровня спокойной воды²¹ следует использовать вероятностные методы. Она зависит от наличия надежных данных о штормовых нагонах (по разнице между уровнем прилива и окончательным уровнем воды), охватывающих достаточно длительный период времени и для достаточного количества гидрометрических станций в регионе. Следует обеспечивать

²⁰ По отношению к ветровым волнам область разгона ветра — это максимальное беспрепятственное расстояние, которое ветер может пройти над водоемом в постоянном направлении.

²¹ Использование термина «спокойная вода» не означает, что вода находится в состоянии покоя. Скорее, этот термин используется для определения результатов оценки опасностей до того, как ветровое волнение или другие опасные воздействия были объединены с целью получения проектных параметров площадки (см. раздел 6).

наличие данных о нагонах в виде уровней спокойной воды, исключая влияние высокочастотных волн и астрономических приливов. Обычно это происходит, когда имеются приборные данные о нагонах для определенного региона.

5.5. В этом случае следует осуществить корреляцию временных рядов данных по нескольким местоположениям, обеспечивая основу для разработки синтетического временного ряда, который действителен в течение более длительного интервала, чем временной интервал местных наблюдений. Использование временных рядов данных от других репрезентативных гидрометрических станций расширит основу анализа и сделает его более надежным.

5.6. При работе с фактическими уровнями нагонов в качестве основных параметров неявным образом учитываются различные факторы, относящиеся к интенсивности, траектории и продолжительности штормов, если записи охватывают достаточно длительные периоды времени. Этот подход имеет свои преимущества и его следует применять в максимально возможной степени. Это особенно относится к регионам, подверженным внетропическим штормам. Это связано с тем, что внетропические штормы могут быть очень обширными и сложными, и их трудно моделировать в форме, которая позволит получить соответствующие данные для детерминированного метода.

Детерминированные методы

5.7. При оценке опасности штормового нагона для оценки максимальной отметки спокойной воды также могут использоваться детерминированные методы. Для того чтобы вычислить максимальную высоту штормового нагона с использованием детерминированного метода, следует создать набор максимизированных гипотетических штормов с учетом информации, знаний и результатов оценки метеорологических опасностей, как рекомендовано в разделах 3 и 4. Эти максимизированные гипотетические штормы следует размещать в таких местах, чтобы они создавали максимальное воздействие высоких уровней воды на предлагаемую площадку. Применение детерминированного метода не является единственным процессом, а представляет собой сочетание процедур транспонирования, максимизации и оценки, в которых гидрологу и метеорологу следует применять свои экспертные суждения. Эта процедура легко применима к тропическим циклонам, но может вызвать некоторые трудности при ее применении в отношении внетропических штормов. В эту процедуру следует включать

выбор вероятного максимального шторма, который будет использоваться для оценки нагона, и оценку нагонов для открытых прибрежных районов, а также для полужамкнутых и закрытых водоемов.

5.8. Анализ заключается в выборе надлежащих параметров шторма и других соответствующих параметров (например, максимальной скорости ветра, перепада атмосферного давления, коэффициентов трения о дно и давления ветра), которые будут использоваться в качестве входных данных в одномерной или двумерной модели штормового нагона, которая рассчитывает максимальную потенциальную возможность затопления. Все параметры следует оценивать консервативно и обосновывать.

5.9. При анализе штормовых нагонов следует обеспечивать получение указанных ниже результатов:

- поля ветра и градиентов давления над водой для начального положения каждого шторма и для определенных более поздних периодов времени;
- сводки расчетов штормовых нагонов, включая общее увеличение глубины воды на каждой заданной глубине в горизонтальной плоскости, начиная с «глубокой воды»²² и продолжая движение к берегу в начальный момент времени и в указанные более поздние моменты времени;
- сводные таблицы и графики суммарных гидрографов штормовых нагонов для указанных мест.

Открытые прибрежные районы

5.10. При расчете высоты штормового нагона следует выбрать соответствующую проверенную модель. Опыт показал, что обычно двумерная модель оказывается предпочтительнее одномерной. Результатом метеорологического анализа являются экстремальные поле ветра и градиент давления. Затем следует осуществлять перемещение по различным траекториям с оптимальной скоростью движения вперед для создания нагона, с тем чтобы определить самый экстремальный нагон для конкретного места.

²² «Глубокая вода» — это вода глубиной более $L/2$, где L — длина рассматриваемой поверхностной волны.

5.11. Возможно, что циклон или внетропический шторм, создающие пиковый уровень воды для высоты штормового нагона, могут не представлять собой критические условия для проектирования. Другие циклоны или штормы могут вызывать более низкие пиковые нагоны, но могут вызывать более продолжительные высокие уровни воды или могут вызывать более высокие скорости ветра и волн. Волновая активность, связанная с этими циклонами или штормами, предположительно может приводить к более высоким проектным уровням воды. Кроме того, для площадок станций, расположенных в заливе, циклоны или штормы, которые вызывают более низкие пиковые нагоны, но более продолжительные на открытом побережье, могут вызывать более высокие пиковые нагоны и более тяжелые волновые условия в заливе, что приводит к более высоким проектным уровням воды. Поэтому следует учитывать циклоны или штормы, отличные от тех, которые вызывают пиковый нагон на открытом побережье, но которые могут вызывать эффекты, подобные только что описанным.

Полузакрытые водоемы

5.12. При анализе штормовых нагонов в полузамкнутых водоемах обычно сначала оценивают нагон на открытом берегу, а затем направляют его через вход и вверх по заливу или реке к площадке станции с помощью численной модели. Комбинация параметров, создающая самый высокий нагон на открытом берегу, не обязательно приводит к самому высокому нагону в месте, расположенном в заливе или эстуарии; однако существует критический набор параметров, в частности, направление шторма и его поступательная скорость при движении вверх по заливу или реке, которые будут генерировать высоту нагона на площадке. При оценке движения воды в полузамкнутом бассейне обычно необходим гидродинамический анализ двумерных переходных процессов, с тем чтобы зафиксировать батиметрические изменения и отражения волн в бассейне. Параметры, выбранные для использования в численной модели, следует выбирать или оценивать консервативным образом.

5.13. В случае площадок, расположенных в заливах с низкими бермами и низкими маршами, возможно переливание воды через бермы, а также затопление. Нагоны на открытом побережье с большей продолжительностью, но пиками ниже максимальных могут приводить к самым высоким уровням нагонов в таких местах. В случае полузамкнутых водоемов следует также принимать во внимание эрозию береговых уступов и входов в заливы, которая может ухудшать паводковые условия.

5.14. В результаты анализа нагонов для полужамкнутого водоема следует включать расчетные временные характеристики соответствующих нагонов на открытом берегу, сбросы воды через вход, профили нагонов вверх по заливу или реке, вклады боковых ветров в волновой накат²³ и, если применимо, вклады, обусловленные стоком и течением реки.

Закрытые водоемы

5.15. В случае закрытых водоемов штормовой нагон, как правило, связан с колебаниями водной поверхности (т. е. сейшами). Для расчета опасности как нагона, так и сейши в закрытых водоемах следует использовать методы, описанные в пунктах 5.70–5.77 (сейши).

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

5.16. В результаты анализа нагона следует включать оценки максимальной высоты спокойной воды²⁴ (детерминированные методы) или распределение уровней спокойной воды с соответствующей годовой частотой превышения (вероятностные методы).

ВЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ

Общее описание явления

5.17. Трение ветра о поверхность водоема²⁵ приводит к образованию ветровых волн с типичными периодами волны от 1 до 10 с. Вследствие трения о дно большое влияние на распространение волн оказывает глубина воды. По мере приближения волны к берегу формируется каскад

²³ «Волновой накат» — это временное повышение уровня воды на морском берегу вследствие прибоа, которое должно быть добавлено к высоте нагона.

²⁴ Использование термина «спокойная вода» не означает, что вода находится в состоянии покоя. Скорее, этот термин используется для определения результатов оценки опасностей до того, как ветровое волнение или другие опасные воздействия были объединены с целью получения проектных параметров площадки (см. раздел б).

²⁵ Водоем — это озеро, река, лиман, море или канал.

из трех областей, группируемых по глубине воды. Эти три группы волн представляют собой волны на глубокой воде²⁶, на переходной воде²⁷ и на мелкой воде²⁸.

Общие рекомендации

5.18. Ветровые волны следует рассматривать одновременно с опасностью приливов, нагонов, сейш и цунами, поскольку этот процесс является нелинейным и линейное наложение частичных эффектов нецелесообразно.

Оценка опасности

5.19. Для определения воздействия ветрового волнения вблизи площадки станции сначала следует определить спектры волн в открытом море на основе генерирующего поля ветра или вероятностного исследования наблюдаемых морских волн. Затем необходимо рассчитать спектры прибрежных волн, возникающих в результате трансформации волн в открытом море. Эти спектры вместе с результирующими волновыми нагрузками затем рассчитываются для связанных с безопасностью конструкций на площадке. Спектры волн описываются с точки зрения их высоты и периода, при этом высоты обычно характеризуются значимой высотой волны и высотой 1% волн²⁹. Максимальная высота и период волн будут варьироваться в зависимости от скорости, продолжительности ветра и протяженности области разгона ветра.

5.20. При расчете опасности ветровых волн следует исходить из того, что исходный уровень воды, такой как уровень полного прилива или высокий уровень воды в озере, совпадает с событием ветровой волны. Соображения, касающиеся параметров комбинированного события, представлены в приложении I.

²⁶ «Глубокая вода» — это вода глубиной более $L/2$, где L — длина рассматриваемой поверхностной волны.

²⁷ «Переходная вода» — это вода глубиной менее $L/2$, но более $L/25$, где L — длина рассматриваемой поверхностной волны.

²⁸ «Мелкая вода» — вода глубиной менее $L/25$, где L — длина рассматриваемой поверхностной волны.

²⁹ Значимая высота волны H_s — это средняя высота верхней трети высот волн в волновой записи; высота 1% волн H_1 — это средняя высота верхнего 1% высоты волн в волновой записи. В некоторых государствах используется приближение $H_1 = 1,67 H_s$.

5.21. В число воздействий ветровых волн на площадке следует включать как нагрузку, связанную с волнами, так и любое локальное затопление, которое может произойти. Кроме того, при проектировании следует учитывать переливание воды через бермы и/или береговые валы, в том числе вследствие брызгообразования под действием ветра.

Поле ветра

5.22. Для оценки ветровых волн следует сначала охарактеризовать поле ветра, порождающее волны, с точки зрения скорости, направления и продолжительности ветра.

5.23. Скорость ветра следует оценивать с использованием вероятностных методов, описанных в разделе 4. Затем следует оценить область разгона ветра и соответствующую ориентацию ветра путем изучения данных региональной метеорологии и характеристик штормов, с тем чтобы определить консервативные значения для данной площадки. Если волну рассматривать вместе с нагоном, то тип шторма, аналогичный тому, который вызывает нагон, можно рассматривать как устанавливающий поле ветра для использования согласованных параметров шторма в отношении образования волн и нагона.

5.24. При использовании детерминированного подхода для установления критического поля ветра векторы ветра вдоль критической области разгона ветра следует рассчитывать для различных моментов времени во время движения шторма вблизи площадки станции.

5.25. В некоторых прибрежных районах опасные ветровые волны являются доминирующим фактором в отношении затопления. В этом случае следует проявлять осторожность при выборе соответствующих входных характеристик для штормов с целью получения максимальных эффектов на площадке.

Образование волн в открытом море

5.26. Характеристики волн в открытом море могут быть рассчитаны детерминированным образом по выбранному полю ветра. При применении для такой оценки упрощенных методов ветер обычно считается однонаправленным. Эти методы основаны на полуэмпирических соотношениях и используют в качестве входных данных область разгона ветра, скорость ветра и продолжительность ветра. Там, где эти

предположения не действуют, следует применять двумерную спектральную волновую модель. С целью проверки результатов анализа характеристик волн в открытом море следует рассмотреть имеющиеся исторические данные (данные наблюдений, «ретроспективный прогноз» (в отличие от обычного прогноза) и/или измеренные данные, включая спутниковые данные) об экстремальных волнах в регионе.

5.27. Характеристики волн в открытом море следует вычислять с помощью вероятностных методов, если имеются надежные данные о волнах в открытом море и они охватывают достаточно длительный период времени. В анализ следует включить имеющиеся данные наблюдений (данные с приливных буев, спутниковые измерения и т. д.) о спектре волнения для района вблизи площадки станции. Затем следует выполнить экстраполяцию, чтобы вычислить значимую высоту волн для заранее выбранной годовой частоты возникновения. Поскольку высоты волн и периоды волн коррелируют, можно использовать эмпирическое соотношение для определения периода волн на основе высоты волн для выбранной годовой частоты возникновения.

Прибрежные волны и их взаимодействие с сооружениями

5.28. По мере продвижения морских волн к прибрежной зоне площадки станции они будут подвергаться эффектам рассеяния и модификации вследствие изменения глубины воды, помех от островов и сооружений и других факторов, а также дополнительного поступления энергии от ветра. Следует оценить трансформацию и распространение этих морских волн в прибрежную зону. Для ситуаций с регулярной батиметрией и береговой линией может быть оправдано использование полуэмпирических моделей. Однако для ситуаций с более сложной геометрией следует использовать двумерную численную или физическую модель.

5.29. В частности, волновые явления, которые имеют отношение к этой оценке и которые следует учитывать, включают трение, обмеление, преломление, дифракцию, отражение, разрушение и регенерацию. При расчетах волнения также следует охватывать: местную структуру водных течений, местные ветры и возможные изменения батиметрии вследствие воздействия волн.

5.30. Прибрежные волны, критичные для проекта станции, следует определять путем сравнения истории различных высот набегающих глубоководных волн, переходных волн и мелководных волн и предельных опрокидывающихся волн с учетом гидрографа спокойной воды для штормового нагона.

5.31. С целью проверки результатов анализа прибрежных волн следует рассмотреть имеющиеся исторические данные о наблюдаемых экстремальных волнах в регионе.

5.32. Для каждой конструкции, системы или элемента, важных для безопасности и потенциально подверженных воздействию волн, следует оценивать характеристики расчетной волны для основания конструкции. Для анализа следует использовать двумерную модель. Следует обеспечивать, чтобы эта оценка состояла из:

- a) выбора соответствующего спектра падающих волн, верхнего предела волн (высота, период волн), продолжительности взаимодействия волн с конструкциями и исследования чувствительности параметров численной модели, включая направление ветра;
- b) оценки любого дополнительного повышения расчетного уровня спокойной воды при штормовом нагоне вследствие таких эффектов, как волновой накат³⁰ и зыбь. Дополнительный накат еще больше увеличит высоту волн.

5.33. Воздействия ветрового волнения, которые следует учитывать в процессе оценки опасности, включают следующее: заплеск волн вдоль сооружений, переливание через насыпи и брызги от волн. Эти эффекты можно оценивать с помощью полуэмпирических методов; однако применимость методов следует проверять с учетом специфики площадки, включая использование физических моделей.

5.34. Следует оценивать гидростатическую и гидродинамическую нагрузку на конструкции, важные для безопасности. Для заданных условий площадки следует оценить весь диапазон ожидаемых подъемов уровня воды, поскольку возможно, что условия максимальной нагрузки могут

³⁰ «Волновой накат» — это временное повышение уровня воды на морском берегу вследствие прибоя, которое должно быть добавлено к высоте нагона.

возникнуть не во время максимального затопления, а в другое время. Следует также рассчитать продолжительность волновой нагрузки с целью ее учета при проектировании.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

5.35. В результаты анализа ветрового волнения следует включать оценки повышенный уровня воды вследствие активности ветрового волнения, которые должны быть наложены на уровень спокойной воды. Оценку высоты заплеска волн вдоль морского берега и/или сооружения следует рассчитывать как часть оценки опасности. Высота заплеска зависит от характеристик волн (например, скорости ветра, продолжительности ветра, глубины воды и протяженности области разгона ветра), морской батиметрии и геометрических параметров морского берега и/или конструкции. Следует также учитывать соответствующие параметры (например, кинематику волн), связанные с динамическими эффектами взаимодействия ветровых волн с конструкциями станции.

ЦУНАМИ

Общее описание явления

5.36. Цунами³¹ представляет собой серию распространяющихся волн с большой длиной волны (например, от километров до сотен километров) и периодом (например, от нескольких минут до десятков минут и, в исключительных случаях, часов), порожденных деформацией или нарушениями морского дна (или, в общих терминах, дна водной среды). Цунами могут образовываться в результате землетрясений, вулканических явлений, подводных и прибрежных оползней, обрушения породы или скальных обвалов. Падение крупных метеоритов³² в океан также может приводить к образованию цунами. Цунами могут возникать в любых океанических регионах и морских бассейнах мира и даже во фьордах и крупных озерах.

³¹ «Цунами» — это японское слово, означающее волну («нами») в гавани («цу»).

³² Что касается цунами, вызываемых падением метеоритов, то проведенные на сегодняшний день оценки не показывают, что частота их возникновения превышает обычно принимаемый уровень вероятности для скрининга.

5.37. Волны цунами распространяются от зоны их возникновения во все направления, причем основное направление распространения энергии определяется размерами и ориентацией создающего цунами источника. Во время распространения волн цунами на глубоководье они ведут себя как обычные гравитационные волны, а скорость их распространения зависит от глубины воды. Например, в глубоководном океане их скорость может превышать 800 км/ч, а высота, как правило, не превышает несколько десятков сантиметров, а в случае, когда источником является землетрясение, длина волны часто превышает 100 км. В ходе распространения на скорость и высоту волны цунами оказывает влияние рельеф морского дна. Важными факторами, влияющими на распространение волн цунами на глубоководье, являются рефракция, отражение от морских гор или горных цепей (архипелагов) и дифракция.

5.38. Когда волны цунами достигают прибрежной зоны, их воздействие вблизи береговой линии и на ней приводит к опасным последствиям. В связи с тем, что с уменьшением глубины скорость волны снижается, а длина волны становится меньше, волны цунами становятся круче, а высота их нарастает по мере приближения к мелководью. В прибрежной зоне местные особенности рельефа и батиметрии, например наличие полуострова или подводного каньона, могут приводить к дополнительному увеличению высоты волн. Высоты волн могут также возрастать вследствие наличия залива, устья реки, гавани или воронкообразной лагуны на пути перемещения цунами по суше от побережья. Больших волн может быть несколько, причем самой большой может оказаться не обязательно первая из них. Перед приходом первой волны и между каждой из последующих волн на море может происходить отлив. Цунами может приводить к затоплению территорий, удаленных от моря, поскольку его длина волны так велика, что за волновым фронтом следуют огромные массы воды.

5.39. Другими опасными последствиями волн цунами могут быть сильные течения в гаванях и заливах, брызги в реках, устьях рек и лагунах, а также волновые воздействия. Вследствие больших усилий сдвига на морском дне могут также возникать явления осадконакопления, включая отложение и эрозию.

5.40. Наиболее частым источником цунами являются землетрясения. Цунами, вызванные землетрясением, образуются в результате деформации морского дна, связанной с подводными и прибрежными землетрясениями с малой глубиной (<50 км), большой магнитудой ($M >6,5$) и механизмом

сброса со смещением по падению. Перемещение при разломе со сдвигом вызывает небольшую вертикальную деформацию морского дна, и индуцированные при этом цунами обычно имеют меньшую высоту.

5.41. Цунами могут быть вызваны вулканическими явлениями, когда объемные (например, от 10^6 до более 10^9 м³) оползни, пирокластические потоки или обломочные лавины быстро попадают в море или крупные озера, или извержением подводных вулканов. Обрушение вулканического образования, вызванное извержением вулкана или землетрясением, может приводить к большому смещению склонов, что, в свою очередь, может вызвать цунами в ближайших водоемах. Поскольку вулканы с крутыми склонами являются неустойчивыми структурами, потенциальным источником этих явлений является любой такой вулкан, расположенный вблизи воды или под водой. Кроме того, батиметрические исследования показывают, что щитовые вулканы в океанических условиях были местом схода подводных обломочных лавин. Такие явления потенциально могут приводить к цунами в масштабах всего бассейна. Более того, даже умеренные извержения островных вулканов порождали цунами, хотя обычно именно более масштабные эксплозивные извержения приводят к таким последствиям в экстремальных случаях. Наиболее частыми причинами цунами, вызванных вулканическими явлениями, являются пирокластические потоки и оползни. Механизмом возникновения наиболее опасных цунами, вызванных вулканическими явлениями, является обрушение кальдеры. При разрушении кальдеры первоначальный вулкан высотой до нескольких сотен метров внезапно обрушивается, вызывая внезапное снижение уровня воды и выброс окружающей воды в полость. Эпизоды извержений в Санторини (Греция) в Эгейском море (1650 год до н.э.) и Кракатау в Индонезии (1883 год н.э.) привели к обрушениям, вызвавшим цунами по всему бассейну, которые обрушились на побережья и гавани вдали от вулкана [10].

5.42. Подводные и прибрежные (субаэральные или субаэрально-подводные) оползни, камнепады и обвалы скал также могут вызывать цунами, некоторые из которых в местном масштабе более разрушительны, чем цунами, вызванные землетрясением. Эти оползни могут вызываться или не вызываться землетрясением или вулканической активностью.

5.43. Цунами также можно классифицировать как «локальные» цунами или «удаленные» цунами. Цунами называется локальным, когда оно затрагивает только область вблизи своего источника. Локальные цунами могут вызываться землетрясениями, вулканической активностью и

оползнями. Локальные цунами, вызванные землетрясениями, представляют собой наиболее часто встречающийся тип разрушительных цунами. Менее частыми, но затрагивающими более широкие регионы, являются океанские или удаленные цунами, которые достигают мест, удаленных от своего источника, после путешествия через океан или морские бассейны. Примерами разрушительных удаленных цунами, вызванных землетрясением, являются чилийское цунами 1960 года, от которого пострадали многие государства района Тихого океана, и вызвавшее большие разрушения цунами в Индийском океане в 2004 году. Как указано в пункте 5.41, массивные оползни и вулканические обрушения, такие как те, которые связаны со склонами растущих вулканов, также могут вызывать образование удаленных цунами.

Общие рекомендации

Первоначальная оценка

5.44. В качестве первоначальной оценки рекомендуется использовать упрощенный критерий скрининга (см. рис. 1). Используя общедоступную информацию, как указано в пункте 3.35, следует рассмотреть имеющиеся данные о прошлых случаях цунами в районе площадки. С этой целью следует систематизировать собранную информацию и подготовить список конкретных цунами, имеющих отношение к площадке станции. Никаких специальных дополнительных изысканий и исследований с целью анализа опасности цунами для площадки станции проводить не требуется при условии, что эта площадка расположена в районе, где нет сведений о цунами в прошлом, и она расположена:

- на расстоянии более 10 км от берега моря или океана или более 1 км от берега озера или фьорда, в зависимости от ситуации; или
- на высоте более 50 м от среднего уровня воды.

5.45. Во всех случаях необходимо обеспечивать требуемый объем охлаждающей воды на случай возникновения цунами ввиду возможности воздействия низкого уровня воды на систему водозабора в течение нескольких часов.

5.46. Во всех ситуациях, кроме описанных в пункте 5.44, следует провести подробную оценку опасности цунами, как указано в следующих ниже пунктах.

Детальная оценка

5.47. В качестве первого шага при проведении детальной оценки опасности цунами на площадке станции следует составить специальный каталог цунами и/или базу данных, относящихся к площадке. Это следует сделать в соответствии с изысканиями, описанными в пунктах 3.33–3.35, с тем чтобы установить, имели ли место в прошлом или недавно события цунами в районе площадки, и если да, то определить их характеристики (см. рис. 1).

5.48. Следует изучить возможность возникновения как локальных, так и удаленных цунами. Наличие подводной и прибрежной сейсмической или вулканической активности в районе площадки (около 1000 км) свидетельствует о возможности возникновения на площадке локальных цунами. Кроме того, учитывая, что крупные цунами могут возникать в отдаленных районах, следует провести оценку потенциального возникновения удаленных цунами для всех сейсмогенных источников, существующих в конкретном морском или океаническом бассейне, где расположена площадка станции, и вокруг него.

5.49. Если конкретные выполненные исследования и изыскания, информация о которых собрана в базах геологических, геофизических, сейсмологических данных и базах данных о цунами, показывают, что вероятность возникновения цунами на площадке отсутствует, дальнейшая оценка опасности цунами не требуется.

5.50. Однако, если предполагается и продемонстрирована возможность возникновения цунами на площадке, в качестве второго шага следует провести анализ опасности цунами для конкретной площадки, который включает подробное численное моделирование для получения данных проектного цунами.

5.51. В численное моделирование при оценке опасности цунами для всех типов источников цунами следует включать процессы образования, распространения и прибрежные процессы с соответствующими начальными и граничными условиями, а также данными батиметрии и топографии.

5.52. В качестве начального условия возникновения цунами, вызванных землетрясением, следует использовать упругую модель очага землетрясения, с тем чтобы учесть деформацию морского дна вследствие землетрясения. Затем она используется в качестве начального поля волн на воде. Для цунами, вызванных оползнями, и цунами, вызванных вулканическими явлениями,

механизмы генерации принципиально отличаются от таковых для случая сейсмических источников гораздо большей продолжительностью. По этой причине необходимо учитывать динамику взаимодействия источников с водными волнами.

5.53. В отношении распространения волн, включая заплеск и понижение уровня воды, может быть применена теория длинных волн или мелководья с интегрированием от морского дна до поверхности воды. На глубокой воде (более 100 м) членами нелинейного и донного трения можно пренебречь. Для небольших источников или распространения на большие расстояния может потребоваться учет эффекта дисперсии в зависимости от частоты волн.

5.54. Существенное влияние на результаты вычислений оказывают разрешение и точность прибрежных батиметрических и топографических данных, полученных, как описано в разделе 3 (см. пункты 3.36 и 3.37). Для правильного отображения прибрежной и подводной морфологии вблизи площадки шаг пространственной сетки должен быть достаточно мал. С целью обеспечения устойчивости численного расчета следует указывать шаг пространственной сетки, временные шаги и соединительные границы между сетками разного шага.

5.55. При численном моделировании следует учитывать уровни прилива и отлива.

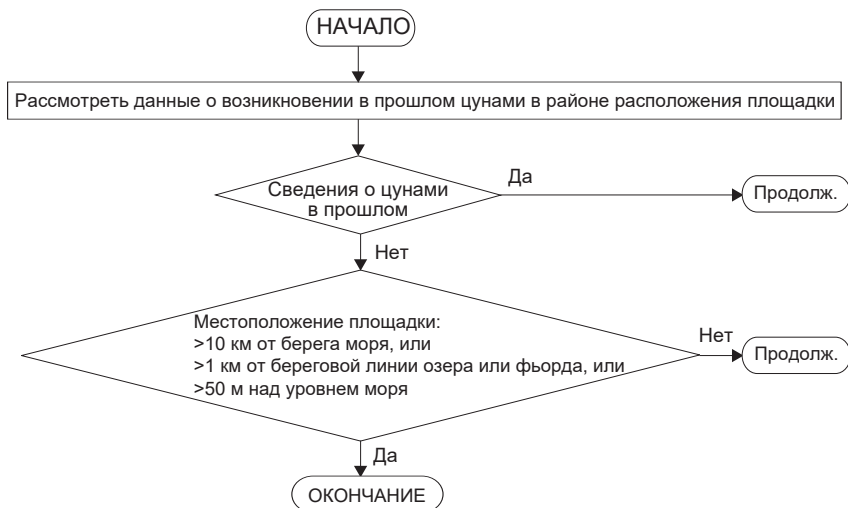
Оценка опасности

Методы оценки опасности цунами, вызванных землетрясением

5.56. Опасность цунами, вызванных землетрясением, следует оценивать с использованием либо детерминированного анализа опасности, либо вероятностного анализа опасности, либо, что предпочтительнее, обоих методов. Выбор подхода будет зависеть от ряда факторов. Какой бы метод ни использовался, следует проводить количественную оценку неопределенностей результатов оценки опасности.

5.57. Общая неопределенность будет включать как алеаторную неопределенность, так и эпистемическую неопределенность, возникающие в результате различий в интерпретации информированными экспертами источников цунами и высоты заплеска. При анализе опасности цунами следует последовательно рассматривать такие интерпретации, обеспечивая

Стадия начальной оценки: рассмотрение общедоступной информации (5.44)



Стадия детальной оценки: рассмотрение проектного цунами

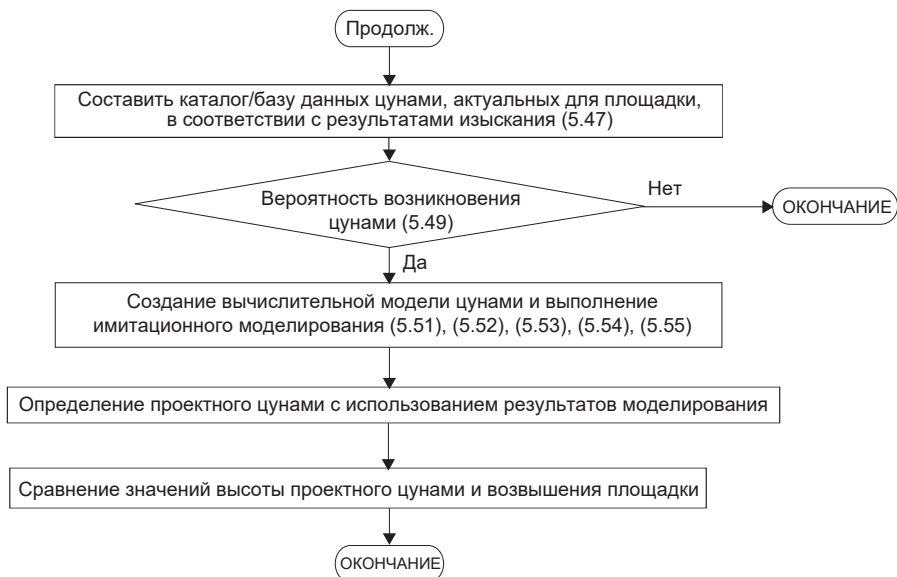


РИС. 1 Блок-схема первоначальной и детальной оценки наводнения, вызванного цунами.

надлежащее представление современного понимания источников цунами, моделирования распространения и прибрежных процессов. Следует проявлять особую осторожность, с тем чтобы избежать предвзятости в этих интерпретациях. Мнение экспертов не следует использовать вместо получения новых данных. Специалистам группы проекта по оценке опасностей цунами не следует продвигать какую-либо одну экспертную гипотезу или модель. Им следует оценивать все жизнеспособные гипотезы и модели с использованием собранных данных, а затем разработать комплексную оценку, которая включает как знания, так и неопределенности.

5.58. Сбор данных по конкретной площадке, как правило, снижает неопределенности. Однако часть данных, которые косвенно используются при оценке опасностей цунами, может не относиться к конкретной площадке; например, это данные о сейсмогенности, используемые для определения характеристик механизма генерации удаленных источников. Поэтому может существовать часть неопределенности, которая является неустранимой в отношении изысканий на конкретной площадке.

Детерминированные методы

5.59. Численное моделирование может быть выполнено с использованием детерминированного подхода³³, основанного на следующих этапах:

- 1) построение численной имитационной модели на основе записей наблюдавшихся исторических цунами и проведение ее валидации:
 - a) выбор самых больших исторических цунами в ближней и дальней зоне, воздействовавших на район площадки;
 - b) определение и подтверждение соответствующих высот заплеска в прибрежной зоне рядом с площадкой;
 - c) определение соответствующих параметров сейсмогенных разломов;
 - d) построение и реализация численной модели, включающей генерацию, распространение и прибрежные процессы для всех выбранных исторических цунами;
 - e) сравнение результатов моделирования с историческими высотами заплеска;
 - f) при необходимости корректировка модели;

³³ Нынешняя практика некоторых государств изложена в приложении II.

- 2) применение численной модели с целью оценки сейсмогенных источников и связанных с ними параметров разломов при оценке опасностей цунами:
 - a) выбор источников цунами в местных и отдаленных зонах и определение соответствующих параметров разломов и диапазона их изменений для локальных полей в соответствии с оценкой сейсмической опасности;
 - b) выполнение численных расчетов для всех возможных сейсмогенных источников, с целью изучения диапазона высот волн цунами;
 - c) выбор максимальных и минимальных уровней воды.

5.60. Следует принимать во внимание перечисленные ниже неопределенности; в надлежащих случаях следует оценивать как алеаторную, так и эпистемическую их часть:

- a) неопределенности в отношении источника цунами;
- b) неопределенности численного расчета;
- c) неопределенности подводной и прибрежной топографии.

Каждую из этих неопределенностей трудно оценить количественно. Кроме того, также трудно выбрать один источник цунами среди всех изученных потенциальных цунами. Поэтому для учета неопределенностей следует выполнить большое количество численных расчетов при различных условиях в разумном диапазоне параметров (параметрическое исследование).

5.61. Параметрическое исследование доминирующих факторов модели разлома следует проводить с учетом характеристик землетрясений в каждом регионе. Факторы для параметрического исследования следует выбирать соответствующим образом из числа следующих: положение разлома, его длина, ширина, глубина верхней кромки, направление простирания, угол падения, угол смещения или сочетание сегментов. Диапазон параметрического исследования следует устанавливать в разумных пределах. Если доступны статистически обоснованные факторы модели разлома, диапазон параметрических значений следует принимать на основе стандартного отклонения.

5.62. В качестве последнего шага следует проверить, что максимальная и минимальная высоты заплеска должны быть граничными по сравнению с высотами заплеска, соответствующими историческим цунами и изученным потенциальным цунами.

Вероятностный подход

5.63. Вероятностная оценка опасности цунами аналогична вероятностной оценке сейсмической опасности, но это не современная практика, применяемая государствами при оценке опасности цунами. Были предложены методы оценки опасности цунами с использованием вероятностных подходов, хотя стандартные процедуры оценки еще не разработаны.

5.64. Результаты вероятностной оценки опасности цунами обычно отображаются в виде средней или медианной годовой частоты превышения значений высоты заплеска с помощью подхода логического дерева. Следует, чтобы общий подход к оценке опасностей цунами был направлен на уменьшение неопределенностей на различных стадиях процесса оценки с целью получения надежных результатов, основанных на данных. Опыт показывает, что наиболее эффективным способом достижения этого является сбор достаточного количества надежных и актуальных данных. Как правило, существует компромисс между временем и усилиями, необходимыми для составления подробной, надежной и релевантной базы данных, и степенью неопределенности, которую аналитику следует учитывать на каждом этапе процесса³⁴.

Методы оценки опасности цунами, вызванных оползнями

5.65. Характеристики оползневых источников цунами следует определять с использованием параметра максимального объема, определенного на основе карт морского дна или датирования геологического возраста исторических оползней. С целью оценки потенциальной способности изучаемых оползней вызывать цунами следует провести анализ устойчивости склонов.

³⁴ В некоторых государствах с целью оценки значимости неопределенностей при моделировании и неопределенностей данных проводятся официальные мероприятия по сбору соответствующей информации.

5.66. Ввиду недостаточности данных для вероятностного анализа в большинстве регионов³⁵, при оценке опасности цунами, вызываемых оползнями, обычно используются детерминированные методы. Параметрами источника при анализе являются размеры и геометрия оползня, а также скорость и реология падающего материала. Следует обеспечивать, чтобы численная модель связывала оползень с результирующим движением воды.

5.67. Ввиду малого размера очага по сравнению с очагом цунами, вызываемого землетрясением, воздействия оползневого цунами ограничиваются окрестностями очага и, как правило, не наблюдаются на расстояниях более нескольких десятков километров от очага.

Методы оценки опасности цунами, вызванных вулканическими явлениями

5.68. Моделирование цунами, вызванных вулканическими явлениями, не является современной практикой, применяемой государствами для оценки связанных с ними опасностей цунами. Были предложены методы моделирования цунами, вызванных вулканическими явлениями, хотя стандартные процедуры оценки еще не разработаны.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

5.69. Следует обеспечивать, чтобы результатами оценки опасности наводнения, вызванного цунами, были граничные значения максимального уровня воды у береговой линии, высоты заплеска, горизонтального заплеска при наводнении, максимального уровня воды на площадке станции, минимального уровня воды на береговой линии и продолжительности понижения уровня воды ниже водозабора. Некоторые из этих параметров показаны на рис. 2.

³⁵ В некоторых государствах для оценки опасности цунами, вызываемых оползнями, используются вероятностные методы.



РИС. 2 Параметры, полученные в результате оценки опасности цунами.

СЕЙШИ

Общие рекомендации

5.70. Свободные колебания воды в водоеме (сейши) могут возбуждаться штормовыми нагонами, вариациями скорости ветра, вариациями поля атмосферного давления, волновыми взаимодействиями, цунами, вызванными землетрясениями, оползнями в воду, подводными извержениями вулканов и другими возмущениями (такими, как локальное сейсмическое смещение, которое может вызвать сильное «выплескивание» всего бассейна). Вынужденные колебания водного объекта могут возникать в результате непрерывного приложения возбуждения к толще воды на входе в залив или канал или периодических ветров у поверхности воды. Простым примером является последовательность длиннопериодных волн, достигающих береговой бухты и вызывающих колебания аналогичного периода. Если частота набегающих волн совпадает с частотой одной из локальных мод колебаний в бухте, может происходить резонансное усиление высоты воды вдоль береговой линии, что также может генерировать большие течения. Сейшевые изменения уровня воды в некоторых водоемах могут достигать более 1 м.

Оценка опасности

5.71. Для случаев наводнений, вызванных сейшми, опасность следует оценивать с использованием либо детерминистического анализа опасности, либо вероятностного анализа опасности, либо, что предпочтительнее, обоих методов.

5.72. Режимы колебаний будут зависеть от геометрии поверхности и батиметрии водоема, а амплитуды колебаний будут зависеть от величины возбуждающей силы и трения. При правильном задании вынуждающего воздействия можно рассчитать формы и амплитуды колебаний. За исключением очень простой геометрии и батиметрии, расчеты следует выполнять с использованием численного моделирования бассейна.

5.73. При расположении площадки на берегу замкнутого или полузамкнутого водоема следует учитывать возможность возникновения сейш. Это можно сделать путем анализа наблюдаемых уровней воды на основе данных, собранных в соответствующем временном масштабе, обычно порядка минут.

5.74. Возможность образования сейш и связанного с ними затопления площадки следует оценивать одновременно с другими опасностями затопления. В частности, следует изучить штормовые нагоны, сильные ветры и цунами на предмет их способности вызывать сейши в водоемах вблизи площадки. Однако оценку сейш не следует ограничивать только типами событий, обсуждаемыми в других разделах настоящего Руководства по безопасности. Фактически, события меньшей интенсивности могут вызвать более сложные сейши. Поэтому оценку сейш следует проводить как отдельно, так и в сочетании с другими оценками опасности затопления площадки.

5.75. Для моделирования сейшевых колебаний и затопления, вызванного сейшми, могут быть использованы численные модели. Результатами моделирования являются данные о высоте водной поверхности в зависимости от времени в любой точке залива произвольной формы. Модели обычно требуют в качестве входных данных задание общей геометрии (батиметрия и прибрежная топография) и системы воздействующих волн. Они также требуют в качестве входных данных временную зависимость возбуждения (волна цунами, нагонная волна, ветровая волна и т. д.) на открытой границе или в месте расположения источника. Затем следует

рассчитать временную динамику амплитуды сейш для места расположения площадки станции. Численные модели следует подвергнуть валидации с использованием данных наблюдений.

5.76. Для оценки сейшевой опасности следует использовать статистический метод, если доступны временные ряды измерений колебаний уровня воды вокруг бассейна. Статистическая обработка данных может быть выполнена только в том случае, если в наборе данных надлежащим образом представлены все возбуждающие воздействия, потенциально существующие в бассейне.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

5.77. Следует оценивать максимальную и минимальную высоту заплеска, полученные в результате оценки сейшевой опасности.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ОСАДКИ

Общие рекомендации

5.78. В соответствии с публикацией МАГАТЭ категории Требования безопасности «Оценка площадок для ядерных установок» [1] потенциальную опасность затопления площадки в результате выпадения осадков необходимо определять с помощью метеорологической и гидрологической модели. Метеорологическая модель, анализирующая вероятность различных уровней выпадения осадков на площадке и в водосборном бассейне, обсуждается в разделе 4. В настоящем разделе обсуждаются потенциальные последствия затопления в результате выпадения осадков на площадке станции, а также в водосборном бассейне.

Оценка опасности

Локальные интенсивные осадки и связанный с ними дренаж площадки

5.79. В качестве основы для разработки расчетов дренажа на площадке следует использовать местные нормы выпадения интенсивных осадков для конкретной площадки, рассчитанные с использованием методов, рассмотренных в разделе 4. Дренажную систему площадки следует проектировать таким образом, чтобы она выдерживала экстремальные осадки в сочетании, в соответствующих случаях, со снегом или градом.

При локальных интенсивных осадках на площадке может образоваться водоем вследствие недостаточной инфильтрационной способности, что необходимо учитывать при расчете дренажа так же, как и колебания уровня грунтовых вод в окрестностях площадки.

5.80. При расчете расхода и объема дренажа на площадке, а также определении пропускной способности дренажных систем, каналов и водовыпусков следует использовать модели стока, такие как метод единичного гидрографа³⁶ или другие методы сброса стока. К дополнительным факторам, которые следует учитывать при анализе, относится возможная закупорка некоторых или всех дренажных труб и водопропускных труб. Если для обеспечения надлежащей защиты от наводнений необходимы активные дренажные системы, следует предусмотреть глубокоэшелонированную защиту посредством реализации в проекте и при эксплуатации дренажной системы соответствующих предупредительных и смягчающих мер. Поскольку локальные интенсивные осадки могут совпадать с наводнением по всему водосборному бассейну, следует учитывать влияние подпора на дренажные выпуски площадки.

5.81. Кроме того, следует изучить воздействие локальных осадков на крыши важных для безопасности зданий и сооружений. Водосточные системы на крыше обычно проектируются для сброса дождевых осадков с интенсивностью, значительно меньшей, чем проектная интенсивность осадков. Поскольку стоки с крыши могут быть заблокированы снегом, льдом, листьями или мусором, на зданиях с парапетным ограждением кровли могут накапливаться такие количества воды (или воды, снега и льда вместе), что будет превышена расчетная нагрузка на крышу. Для решения проблемы можно использовать несколько методов, в числе которых отсутствие парапетов на одной или нескольких сторонах здания, ограничение высоты парапета, чтобы лишняя вода могла перетекать через него, и обогрев крыши, чтобы предотвратить накопление чрезмерных количеств снега и льда.

³⁶ Единичный гидрограф — это гидрограф стока, который будет получен в результате равномерного распределения единицы осадков по бассейну в единицу времени.

Расчет стока водосборного бассейна

5.82. Расчет пикового стока реки вблизи площадки может быть выполнен с использованием либо вероятностного анализа, либо детерминированного анализа.

Вероятностные методы

5.83. При оценке пикового стока рек вблизи площадки станции могут использоваться вероятностные методы. Эти методы требуют длинных временных рядов (как правило, более 50 лет) наблюдаемых данных о расходе с гидрометрического поста, расположенного рядом с площадкой и на интересующей реке. Набор данных следует дополнять историческими данными о наводнениях, например данными о высоких отметках воды, которые можно преобразовывать в приблизительные значения пикового стока. Когда исторические уровни воды преобразуются в значения речного стока, следует обращать внимание на изменения морфологии аллювиальной равнины. Набор данных о стоке также может быть дополнен путем трансформации данных наблюдений с водомеров выше или ниже по течению вдоль одной и той же реки. Наконец, поскольку ставится цель создать однородный набор данных, при обработке данных о стоках в течение периода наблюдения за данными следует должным образом учитывать антропогенные изменения в пределах бассейна водосбора, такие как строительство плотин или модификации порядка эксплуатации водохранилищ для существующих плотин. При анализе также следует учитывать прогнозируемые изменения, в том числе будущее строительство плотин или запланированные изменения процедур эксплуатации водохранилищ.

5.84. После того, как подготовлен набор данных, следует рассчитать путем экстраполяции с использованием вероятностной модели годовую частоту превышения для крупных наводнений (например, частоту 10^{-3} /год или менее). С целью учета неопределенностей при отборе проб, выбранным значением стока обычно является верхний предел доверительного интервала, а не среднее значение для выбранного интервала повторяемости. Для учета некоторых неопределенностей обычно вводится коэффициент запаса. Коэффициент запаса следует применять к стоку реки, а не к отметке уровня спокойной воды.

Детерминированные методы

5.85. Для расчета пикового расхода воды в реке рядом с площадкой могут использоваться детерминированные методы. При таком подходе опасность затопления определяется на основе проектного объема осадков, оцененного в соответствии с разделом 4. Условия, генерирующие поверхностный сток, оцениваются на основе анализа метеорологических, гидрологических и физико-географических характеристик бассейна. Для расчета опасности наводнения на основе проектного объема осадков может применяться метод единичного гидрографа. Проектные осадки и условия формирования стока следует оценивать не на основе одиночного ливня, а на основе набора ливней с использованием транспозиции, максимизации ливней и оценки коэффициентов, когда специалисты-гидрологи и метеорологи совместно применяют свои экспертные оценки. В этой работе следует учитывать вклад опытных экспертов, с тем чтобы свести неопределенности к приемлемому уровню.

5.86. Положения ливней над бассейном следует выбирать таким образом, чтобы имел место максимальный поверхностный сток (с точки зрения объема или пикового уровня воды, в зависимости от того, что является наиболее критичным).

5.87. В случае бассейнов, где таяние снега может значительно повысить опасность наводнения, особое внимание следует уделять максимизации комбинированного события с сочетанием дождя и таяния снега. Для того чтобы рассчитать максимальный вклад таяния снега в наводнение в таких бассейнах, следует максимизировать сезонное накопление снега и выбрать критическую последовательность таяния. Затем к максимальному объему таяния снега следует добавить максимальные проектные атмосферные осадки для рассматриваемого времени года; в расчет также следует включать дополнительное таяние снега вследствие выпадения осадков (если это дождь).

5.88. Отток воды (т. е. инфильтрацию) следует оценивать путем сравнения прироста количества атмосферных осадков с объемом стока зарегистрированных ливней. Обычно отток выражается в виде первичных

потерь, за которыми следует продолжающийся постоянный отток в течение определенного периода времени³⁷. При оценке оттока воды в бассейне следует учитывать изменение уровня грунтовых вод.

5.89. Если постулируется два ливня подряд, то следует сделать допущение, что отток от второго ливня будет меньше вследствие повышенной влажности почвы, что приводит к уменьшению инфильтрации. Во многих случаях отток игнорируется, что является наиболее консервативным подходом.

5.90. Единичный гидрограф — это гидрограф стока, который образуется в результате выпадения единицы осадков, равномерно распределенных по бассейну за единицу времени. Как правило, единичный гидрограф может представлять собой гидрограф, возникающий при избыточном приращении осадков в 10 мм за один час. Приращение времени может быть уменьшено или увеличено в зависимости от размера дренажной зоны. На практике единичные гидрографы следует составлять для режимов выпадения осадков, являющихся неравномерными. Там, где вследствие орографических факторов имеют место неизменяемые, но неоднородные режимы, единичный гидрограф следует составлять для режима, типичного для сильных ливней в этом бассейне. Единичный гидрограф следует составлять на основе зарегистрированных гидрографов паводков и связанных с ними осадков.

5.91. Следует обратить внимание на тот факт, что единичные гидрографы, составленные для небольших паводков, могут не отражать истинные характеристики наводнений в бассейне применительно к сильным ливням. Это связано с тем, что допущение о линейности модели единичного гидрографа не всегда правомерно, так как гидравлическая эффективность бассейна повышается при увеличении стока только до определенного предела, а также с тем, что могут происходить изменения в расходе русла в направлении от берега. Нелинейные эффекты обычно увеличивают пиковый расход и сокращают время до пика единичного гидрографа. Также возможно оценить нелинейные эффекты крупных паводков путем сравнения

³⁷ Например, типовым оттоком может быть первичный отток высотой 10 мм, за которым следует постоянный отток со скоростью 2 мм в час. Часто нецелесообразно проводить детальные исследования оттока, поскольку его влияние на пики наводнения может быть незначительным. Если, например, максимальный почасовой прирост максимального проектного объема атмосферных осадков составляет 150 мм, то влияние оттока в 2 мм в час на такое выпадение дождевых осадков является незначительным по сравнению с погрешностью, заложенной в другие параметры.

единичных гидрографов, полученных для паводков разного масштаба. Если нет достаточных данных полевых наблюдений за крупными паводками, в технической литературе можно найти корректировки единичных гидрографов порядка 5–20% от пикового расхода и/или сокращения времени до пика на 33%.

Маршрутизация наводнения на площадке

5.92. Для расчета уровня воды, скорости течения и других параметров во время паводка вблизи площадки станции следует использовать численную модель. Следует создать временную историю наводнения, а также точную карту затопления. Следует обеспечивать, чтобы численная модель охватывала достаточное расстояние вверх и вниз по течению от площадки, так чтобы граничные условия, заданные разработчиком модели, не влияли на результаты на площадке станции.

5.93. В численной модели, которая обычно представляет собой либо одномерную, либо двумерную модель, следует точно отражать изменения топографии и шероховатость рельефа как реки, так и зоны затопления. Вблизи площадки станции базовую сетку модели следует делать более точной. В модели следует отражать внезапные скачки уровня паводка и стока, вызванные защитными насыпями, водосливами, мостами и другими объектами вблизи площадки.

5.94. В граничном условии ниже по течению следует учитывать эффекты подпора, которые могут быть вызваны эстуариями, гидротехническими сооружениями и другими объектами. Разработчику модели следует убедиться, что граничное условие ниже по течению не влияет на результаты на площадке станции и что любые неопределенности учитываются путем принятия консервативных допущений.

5.95. Численную модель следует откалибровать и проверить с использованием имеющихся наборов данных о наблюдаемых и зарегистрированных наводнениях. В эти наборы данных следует включать измеренные значения расхода, уровня воды и, при наличии, скорости течения воды.

5.96. В случае наводнений с относительно небольшой скоростью изменения уровня воды может оказаться целесообразной маршрутизация при установившемся потоке (например, маршрутизация наводнения через большой водоем). Однако если изменение уровня во времени

является значительным или если необходимо более точное представление максимального уровня воды при наводнении (например, маршрутизация наводнения через реку со свободным течением), следует применять маршрутизацию при неустановившемся потоке.

5.97. Однозначная взаимосвязь уровня воды и стока может иметь место только тогда, когда речной сток является однородным во времени. Во время сильного паводка, когда сток быстро меняется, временная отметка пикового речного стока, вероятно, не будет совпадать с временной отметкой пикового уровня воды. Это явление следует учитывать при интерпретации результатов применения моделей неустановившегося движения потока воды.

5.98. Базовый расход воды в реке должен отражать сезон года и период времени, в течение которого можно ожидать референтное наводнение. Поскольку базовый расход воды обычно составляет небольшую процентную часть речного стока во время наводнения, для большинства оценок опасности обычно достаточно проведения оценки базового расхода воды.

5.99. В результате наводнения возможно меандрирование русел рек. Потенциальная возможность меандрирования русла с обходом площадки станции может приводить к потере охлаждающей воды, необходимой для обеспечения безопасности. Точно так же меандрирование русла с приближением его к площадке может вызвать затопление площадки. При оценке опасности следует проанализировать стабильность речного русла вблизи площадки, и при необходимости следует реализовать соответствующие проектные и эксплуатационные меры по защите берега.

Гидродинамические силы, седиментация и эрозия

5.100. Помимо затопления, наводнения могут потенциально влиять на безопасность станции, подрывая барьеры для защиты от наводнений путем непосредственного воздействия гидродинамическими силами на любые затопленные здания, образования осадков в элементах, связанных с безопасностью, и/или их блокирования или же путем эрозионного воздействия на конструкции и их дестабилизации.

5.101. Для оценки скорости воды и гидродинамических сил, воздействующих на затопленные сооружения, могут потребоваться подробные трехмерные численные и/или физические модели площадки. Если при консервативной оценке уровня воды учитывались повышенные

значения коэффициентов шероховатости, следует рассмотреть корректировку этих значений коэффициентов шероховатости с целью получения консервативных значений скорости воды.

5.102. С целью изучения таких явлений, как седиментация, эрозия и размыв, следует рассмотреть возможность сочетания численных и физических моделей.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

5.103. В результаты оценки опасности на основе анализа наводнений, вызванных осадками, следует включать данные о:

- a) *расходе*: пиковом расходе и графике изменения расхода всего наводнения (гидрографе наводнения) на площадке станции;
- b) *уровне воды*: пиковом уровне воды и графике изменения отметок водной поверхности на площадке;
- c) *скорости водного потока*: средней скорости водного потока вблизи площадки. Во многих случаях оценки скоростей на конкретных участках поперечных сечений необходимы для анализа гидродинамических воздействий на конструкции и оценки отложений и возможности эрозии вблизи площадки;
- d) *устойчивости русла и берегов*: вероятности меандрирования рек, отклонений русла, отложений и размыва русла и берегов как во время, так и после наводнения;
- e) *переносе отложений*: взвешенных отложениях и донных наносах.

НАВОДНЕНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ ВНЕЗАПНОГО СБРОСА ЗАПРУЖЕННОЙ ВОДЫ

Общие рекомендации

5.104. Вода может задерживаться искусственными сооружениями, такими как плотина, защитная насыпь или бассейн, или вследствие естественных причин, таких как ледяной затор или скопление мусора, которые создают препятствие в русле реки. Разрушение таких водоудерживающих

сооружений может приводить к затоплению территории площадки. Аварии могут возникать по гидрологическим, сейсмическим или другим причинам. К возможным исходным событиям относятся:

- ухудшение свойств бетона или защиты насыпи со временем;
- сильная или неравномерная осадка с последующим растрескиванием;
- суффозия и просачивание;
- ухудшение свойств оснований вследствие дефектов;
- протечка через основания, кромку насыпи или водотоки («сквозные каналы») в результате воздействия корней растений или роющих животных;
- функциональные отказы, такие как отказы затворов;
- накопление ила или мусора на напорной стороне плотины;
- оползень в водохранилище;
- внутренняя эрозия земляной плотины.

5.105. Сбои в работе оборудования плотин могут приводить к наводнениям, которые иногда могут превышать наводнения естественного происхождения. В связи с этим следует провести исследование плотин, расположенных выше по течению, и, в частности, плотин с затворами, способными регулировать большие потоки, с целью оценки величины возможных сбросов воды и изучения возможности возникновения сбоев в работе.

5.106. Гидрологический выход из строя гидротехнических сооружений может происходить вследствие недостаточной пропускной способности водосброса (водосброса плотины) по сравнению с притоком в водохранилище вследствие сбоев в работе или превышения проектных значений водопритока. Это вызывает повышение уровня воды и может приводить к переливу через плотину. В случае земляной или каменной насыпной плотины перелив может вызвать разрушение плотины.

5.107. Одно важное различие между наводнением, вызванным осадками, и наводнением, вызванным выходом из строя водозащитного сооружения, заключается в том, что последнее может создать волну большой высоты, движущуюся вниз по течению с высокой скоростью, которая может достичь площадки станции, оставляя лишь очень короткое время для предупреждения об этом. Площадка станции и возведенные на ней сооружения могут подвергнуться значительному динамическому воздействию.

Оценка опасности

5.108. Все существующие или планируемые плотины, расположенные выше по течению, следует рассматривать на предмет их возможного отказа или сбоев в работе. Некоторые плотины выше по течению могут быть исключены из рассмотрения ввиду небольшого объема их водохранилища, удаленности от площадки или низкого перепада напора, или ввиду значительной промежуточной естественной или искусственной способности удерживать воду. Следует проводить детальное обследование территории водосбора вверх по течению от площадки с целью определения участков, на которых возможно образование естественной блокировки русла, с учетом того, что искусственные сооружения, такие как отвалы шахт, насыпи автодорог, пересекающих долины, или низкие мосты во время наводнений могут действовать как плотины. Даже если некоторые защитные насыпи и береговые валы не постоянно удерживают воду, эти сооружения следует учитывать при оценке опасности, поскольку они могут внезапно разрушиться во время наводнения. Кроме того, при обследовании следует учитывать все существующие или планируемые гидротехнические сооружения на площадке, включая бассейны и каналы³⁸.

5.109. Если разрушение плотины может увеличить опасность наводнения на площадке, то при обследовании следует учитывать плотины, расположенные на притоках, даже если эти притоки находятся ниже по течению от площадки.

5.110. Если не может быть достоверно продемонстрировано, что плотина будет разрушена, снижение уровня наводнения на площадке вследствие прорыва плотины ниже по течению учитывать не следует.

5.111. Разрушение плотины следует постулировать, если только с помощью инженерных расчетов не может быть продемонстрирована ее выживаемость при требуемой частоте превышения. Поскольку демонстрация безопасности и устойчивости гидротехнического сооружения обычно очень сложна, требует больших затрат и много времени, может оказаться более эффективным проведение простого консервативного анализа, предполагая разрушение этого сооружения. Если результаты такого упрощающего и консервативного анализа не выявляют эффектов

³⁸ В соответствии с практикой государств отказы этих сооружений рассматриваются либо как внутренние события, либо как внешние события.

затопления на площадке станции, то нет необходимости в подробном анализе, при котором предполагается частичное разрушение или который демонстрирует сохранение сооружения.

5.112. Следует изучить возможность разрушения двух или более плотин в результате одного и того же события, такого как наводнение или землетрясение. Плотина, которая в противном случае была бы безопасной в случае проектного наводнения, может разрушиться в результате прорыва плотины, расположенной выше по течению. Следует учитывать потенциальную возможность разрушения всех плотин на пути к площадке, если только не может быть установлено их выживание. Следует также учитывать возможность одновременного нарушения нормального функционирования двух или более плотин, если существует обоснованная вероятность того, что такие нарушения нормального функционирования могут быть связаны. Если несколько плотин расположены на разных притоках, следует учитывать физическую возможность и, при необходимости, частоту и последствия одновременного прихода паводковых волн на площадку станции.

Анализ устойчивости и живучести гидротехнических сооружений

5.113. Разрушение плотин может происходить не только в результате события, которое приводит к максимальному локализованному наводнению на территории станции, но также и в результате других событий, связанных с выпадением атмосферных осадков. Следует изучить несколько случаев выпадения осадков, в том числе события, при которых изогипетали (контуры одинакового количества осадков) сосредоточены в бассейне выше по течению от плотины (т. е. максимальный паводок на плотине) или при которых изогипетали сосредоточены во всем бассейне над площадкой (т. е. максимальный паводок на площадке).

5.114. Возможность гидравлического разрушения защитных насыпей и береговых валов следует оценивать с учетом консервативного уровня воды за сооружением и продолжительности сохранения этого уровня.

5.115. Сейсмический анализ гидротехнических сооружений требует учета динамической нагрузки. Волны, вызванные сейсмическими воздействиями, и их воздействие на элементы плотины следует анализировать с точки зрения возможного прорыва в результате переливания через плотину. Следует также исследовать внезапный отказ затворов вследствие сейсмического смещения почвы.

5.116. Подробный анализ устойчивости требует надлежащего документирования состояния сооружения. При анализе устойчивости следует использовать отчеты об инспекциях, выпущенные соответствующими национальными техническими органами. В дополнительные данные следует включать результаты испытаний на прочность площадок фундамента сооружения, а также полевых обследований и инспекций, проводимых другими органами, наряду с соответствующими данными, собранными с помощью контрольно-измерительных приборов, установленных на площадке сооружения. Для каждого сооружения следует проводить соответствующую сейсмическую оценку (см. [4]).

5.117. Следует проводить надлежащие инспекции и мониторинг с целью своевременного обнаружения в гидротехнических сооружениях постепенных изменений и принятия корректирующих мер.

Условия при прорыве и маршрутизация ниже по течению

5.118. Если невозможно продемонстрировать выживание гидротехнических сооружений, следует постулировать вид и степень разрушения конструкции, используя консервативное суждение на основе анализа устойчивости. При постулировании вида прорыва следует учитывать строительные материалы (например, бетон, земляная насыпь) и топографию непосредственно ниже по течению от сооружения³⁹.

5.119. Бетонные гравитационные плотины следует проанализировать на опрокидывание и оползание; вид и степень вероятного прорыва следует оценивать вместе с наиболее критическими точками и ожидаемым количеством щебня и обломков. На основе этого анализа, применительно к постулируемому разрушенному участку, следует иметь возможность с достаточной точностью оценить траекторию потока воды и вероятную взаимосвязь его высоты и расхода.

³⁹ В Бюллетене 111, опубликованном в 1998 году Международной комиссией по крупным плотинам, представлены обзор и рекомендации по анализу наводнений, вызванных прорывом плотин.

5.120. Прорыв арочной плотины, вероятно, будет практически мгновенным, и разрушение плотины может быть полным. Поэтому, если не может быть продемонстрировано выживание, следует постулировать мгновенное и полное разрушение арочной плотины без заметного скопления щебня и обломков.

5.121. Разрушение каменных или земляных плотин обычно происходит более постепенно, чем бетонных плотин. Время полного обрушения сооружения может составлять от десятков минут до нескольких часов. При выполнении расчетов эрозии для определения времени, скорости и размера прорыва следует постулировать начальную выемку или трубку вследствие внутренней эрозии. С помощью этих вычислений следует определить гидрограф оттока. Там, где невозможно определить период времени обрушения плотины, следует консервативно постулировать мгновенное разрушение.

5.122. Большинство процедур, описанных в предыдущем подразделе, могут быть применены к сейсмическим разрушениям. Однако в моделях разрушения с гидрологическим разрушением плотины предполагается, что происходит переливание воды через плотину, тогда как в случае сейсмического разрушения это происходит не обязательно. Характер и степень разрушения следует постулировать с использованием консервативного суждения, основанного, насколько это возможно, на анализе устойчивости.

5.123. Объем воды, запасенный гидротехническим сооружением на момент разрушения, следует считать максимально возможным. Однако в случае разрушения в результате сейсмического воздействия можно рассматривать нормальный уровень воды, поскольку землетрясения и наводнения не связаны друг с другом.

5.124. Скорость сброса воды из разрушенного сооружения зависит от степени и характера разрушения, результирующего соотношения напора и расхода, а также геометрии и объема водохранилища. В случае маршрутизации вниз по течению аварийных паводковых волн следует использовать методы маршрутизации при неустановившемся потоке.

Препятствия, связанные с плавучим мусором и ледовой обстановкой

5.125. Последствия засорения русла реки плавучим материалом может быть очень трудно прогнозировать аналитически. Следует проанализировать исторические записи, с тем чтобы гарантировать, что на конструкции и системы, важные для безопасности, не может неблагоприятно повлиять присутствие льда (включая морской лед и внутриводный лед) и плавающий мусор, такой как бревна и взвешенный материал, а также получить полевые данные для оценки опасности. При оценке проектных условий следует рассматривать указанные ниже сценарии:

- a) эффекты подпора, вызванные ледовым покровом, ледяными заторами и скоплениями мусора;
- b) нагрузки на плотины, водозаборные сооружения, затворы и контрольно-измерительное оборудование, создаваемые льдом и мусором;
- c) засорение приемных решеток, насосов, клапанов и контрольного оборудования шугой, льдом и мусором;
- d) торошение льда на закрытых водоемах;
- e) блокирование важных для безопасности водозаборов оползнями льда и снега;
- f) большие волны или сейши, вызванные сходом льда и снега в близлежащий водоем.

5.126. Лед и мусор могут не только блокировать водозаборы и влиять на уровни наводнений, но и оказывать динамическое и статическое воздействие на сооружения. Следует изучить записи, с тем чтобы установить потенциальную толщину льда, концентрацию, частоту и продолжительность нарастания льда, а также нормальные и экстремальные периоды ледового сезона. Записи также следует проверять, с тем чтобы установить вероятность наличия крупного плавающего мусора, такого как бревна и заторы из бревен. Сооружения следует проектировать таким образом, чтобы они были способны выдерживать конструкционные нагрузки, создаваемые льдом и мусором, потерю подачи охлаждающей воды вследствие блокирования важных для безопасности водозаборных устройств и затопление вследствие возможного возникновения эффектов подпора, вызванных ледяными заторами и скоплениями мусора.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

5.127. Параметры, которые следует рассчитывать в рамках анализа наводнений, включают:

- a) пиковый расход и временной график стока всего события наводнения (гидрограф паводка) на площадке станции;
- b) пиковый уровень воды и временной график уровня водной поверхности на площадке;
- c) блокирование водозаборов льдом и мусором;
- d) динамические и статические силы, возникающие в результате движения льда и мусора.

БОРЫ И ВОЛНЫ, ВЫЗВАННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

Общие рекомендации

5.128. Бора (приливная волна) – это гидравлическое явление, при котором прилив (наводнение) вызывает волны в реке. Эти волны движутся вверх по течению и против нормального направления течения реки. Гидравлические волны, вызванные механическим воздействием, могут образовываться в русле или водохранилище вблизи плотины или сооружения для регулирования стока. Волны возникают, когда внезапно прекращается сброс воды через сооружение (например, вследствие отключения нагрузки на гидроэлектростанции). Эти волны также движутся вверх по течению через русло или водохранилище и против нормального направления течения реки. Высота волны может возрасти при уменьшении поперечного сечения русла и отражении от сооружений и береговых линий.

5.129. Следует изучить записи наблюдаемых уровней водной поверхности на предмет наличия либо приливных волн, либо волн, вызванных механическим воздействием. В случае волн, вызванных механическим воздействием, следует рассмотреть все плотины и сооружения для регулирования сброса в непосредственной близости от площадки на предмет их способности создавать волны, которые могут воздействовать на площадку.

Анализ опасности

5.130. Если существует вероятность возникновения бор или волн значительной высоты вблизи площадки или на участке от гидротехнических сооружений до площадки станции вдоль водохранилища или приемных/ сбросных каналов, то при оценке опасности наводнения следует рассмотреть несколько детерминированных сценариев. При оценке следует четко определять событие, инициировавшее бору или волну, вызванную механическим воздействием. При анализе следует также учитывать диапазон уровней воды в водоеме или канале и диапазон сбросов воды в реку или канал.

5.131. В случае площадок со сложной батиметрией следует использовать численную модель (одномерную, двухмерную или трехмерную) или физическую модель распространения волны от гидротехнических сооружений до площадки станции.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

5.132. Если площадка подвержена затоплению из-за приливной боры или волны, вызванной механическим воздействием, следует оценивать максимальную высоту заплеска и его продолжительность.

ВЫСОКИЕ УРОВНИ ГРУНТОВЫХ ВОД

Общие соображения

5.133. Повышение уровня грунтовых вод в самой верхней геологической формации, как правило, является следствием другого явления. В случае площадок станций, расположенных вблизи реки или прибрежной зоны, повышение уровня грунтовых вод, как правило, связано с повышением уровня воды в поверхностных водоемах, гидравлически связанных с водоносным горизонтом. Повышение уровня грунтовых вод может также вызываться и другими явлениями, такими как сильный ливень или выход из строя гидротехнического сооружения. Колебания уровня грунтовых вод зависят от свойств почвы и горных пород, в первую очередь от проницаемости и пористости геологических сред. Диапазон годовых колебаний уровня грунтовых вод может варьироваться от сантиметров до десятков метров, что обусловлено, в частности, большим разнообразием геологических сред.

Анализ опасности

5.134. Повторяемость значительно повышенных уровней грунтовых вод следует определять на основании гидрогеологического изучения площадки станции с целью уточнения режима и протяженности областей залегания грунтовых вод. Опасность следует оценивать с помощью либо детерминированного, либо статистического анализа опасности. При использовании статистического подхода особое внимание следует уделять надежности и достаточности пьезометрических данных (см. пункт 3.31). В тех случаях, когда замеры уровня грунтовых вод на площадке ограничены по количеству или периоду, который они охватывают, следует рассмотреть вопрос о статистическом расширении их записи путем корреляции наблюдаемых уровней грунтовых вод, например, с данными скважин, наблюдаемых в течение более длительных периодов, и метеорологическими данными.

5.135. Следует рассмотреть возможность использования гидрогеологического моделирования. В некоторых случаях гидрогеологические условия позволяют простым и консервативным путем определять физические пределы уровня грунтовых вод, не прибегая к сложным моделям. Модели обычно калибруются с использованием наблюдаемых уровней воды, которые могут не отражать уровни, которые могут быть достигнуты во время экстремального события. Поэтому следует обосновывать консерватизм допущений модели в отношении пластов, расположенных над уровнем грунтовых вод.

5.136. Все возможные причины подъема уровня грунтовых вод, относящиеся к площадке, следует определять с учетом всех гидрологических явлений, описанных в настоящем Руководстве по безопасности. Затем в ходе анализа следует определить преобладающую причину (причины), а значение экстремального уровня грунтовых вод следует получать на основе экстремальных условий, относящихся к источнику (источникам). В этом процессе при определении начальных условий (т. е. начального уровня воды) следует исходить из консервативных допущений.

Значения параметров, получаемые в результате оценки опасности

5.137. Следует охарактеризовать экстремальные уровни грунтовых вод на площадке и связанные с ними нагрузки на сооружения. Если ожидается, что уровень грунтовых вод достигнет поверхности земли или уровня дренажа

грунтовых вод, следует охарактеризовать ожидаемый расход, а также пути сброса воды. При необходимости следует определить потенциальную потребность в понижении уровня грунтовых вод.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЕКТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

6.1. Для различных метеорологических опасностей, рассмотренных в разделе 4, экстремальные значения задаются с использованием методов оценки, описанных в разделе 2. В общем случае каждая из метеорологических опасностей определяется индивидуально, даже если они возникают одновременно, если только они не взаимодействуют и не увеличивают данную опасность (например, замерзающие осадки и ветер, см. пункт 4.17). Проектные параметры для каждого из опасных метеорологических явлений таковы:

- максимальные значения температуры по сухому термометру и совпадающие значения температуры по влажному термометру;
- максимальные несовпадающие значения температуры по влажному термометру;
- минимальные значения температуры по сухому термометру;
- максимальная скорость ветра;
- экстремальные максимальные осадки;
- экстремальные минимальные осадки;
- экстремальный снежный покров;
- годовая частота превышения для ударов молнии;
- проектные параметры для тропических циклонов, тайфунов и ураганов:
 - максимальная скорость ветра;
 - вертикальный профиль скорости ветра;
 - продолжительность силы ветра, превышающей установленные уровни;
 - переносимые ветром летящие предметы;
- торнадо:
 - максимальная скорость ветра;
 - продолжительность силы ветра, превышающей установленные уровни;

- максимальный перепад давления;
- скорость максимального падения давления;
- переносимые ветром летящие предметы.

6.2. Метеорологические события, такие как осадки, которые вызывают гидрологические события, такие как сток, следует рассматривать совместно. Значения проектных параметров для целей проектирования получают путем статистической обработки или путем их связывания с заданной годовой частотой превышения (или периодом повторения) для каждой из различных опасностей в связи с их потенциальными воздействиями на станцию. В приложение I включен примерный набор метеорологических проектных параметров, используемых одним государством в рамках оценки площадки для учета опасностей, связанных с метеорологическими явлениями, которые могут возникнуть на площадке станции.

6.3. Если это применимо к площадке, то проектные параметры для других характерных для площадки метеорологических явлений, таких как пыльные и песчаные бури, град и замерзающие при выпадении осадки, а также явления, связанные с заморозками, которые были определены и оценены для проектной основы станции в соответствии с рекомендациями, изложенными в пунктах 4.64–4.73, таковы:

- пыльная буря и песчаная буря:
 - общее содержание пыли или песка ($\text{мг} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$);
 - продолжительность (ч);
 - средняя нагрузка ($\text{мг}/\text{м}^3$);
- град:
 - исторический максимальный размер градин;
 - одновременная конечная скорость;
- замерзающие осадки и явления, связанные с заморозками:
 - номинальная толщина льда;
 - скорость сопутствующего ветра.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЕКТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

6.4. При расчете проектного наводнения на площадке станции следует рассматривать сочетания событий, а также отдельные события, описанные в пункте 2.11, для которых соответствующие опасности следует оценивать в соответствии с разделом 5. Проектное наводнение для заданной площадки может быть результатом возникновения не единственного экстремального

события, а одновременного возникновения более чем одного серьезного события, каждое из которых само по себе менее серьезное, чем результирующее экстремальное сочетание событий. Взаимозависимость или независимость явлений, потенциально вызывающих наводнение, следует рассматривать в связи с конкретными характеристиками площадки. Кроме того, следует провести соответствующий анализ чувствительности, с тем чтобы обеспечить, что проектное наводнение включает все неопределенности, связанные с природными событиями. При многих сочетаниях событий, вызывающих наводнения, различие между зависимыми событиями и независимыми событиями не является резким. Например, последовательно происходящие метеорологические события лишь частично зависят друг от друга или являются полностью независимыми. Напротив, сейсмические события и ветровые события явно независимы.

6.5. Критерии оценки вероятности совпадения двух и более событий требуют разработки моделей интересующих явлений как случайных процессов. Если процессы можно считать независимыми, то их совместное протекание следует представлять произведением их индивидуальных функций вероятности. Сочетания событий следует тщательно анализировать с учетом стохастического и нелинейного характера соответствующих явлений, а также любых регулирующих требований или руководящих материалов, применимых в таких случаях. Кроме того, следует также учитывать условия окружающей среды, которые имеют отношение к важному событию, вызвавшему наводнение, или к каждому событию в выбранном сочетании событий.

6.6. Следует учитывать соответствующие сочетания экстремальных событий с ветровым волнением и референтными уровнями воды, принимая во внимание:

- a) экстремальные события (такие как штормовые нагоны, разливы рек, сейши и цунами);
- b) ветровые волны, связанные или не связанные с экстремальными событиями;
- c) референтные уровни воды (включая приливы, если они значительны).

Для каждого сочетания следует оценивать годовую частоту превышения.

6.7. Хотя может не иметься достаточных данных для оценки годовой частоты превышения при заданном уровне серьезности воздействия, который будет превышен в каждом отдельном случае или при сочетании событий, следует провести оценку разумных консервативных значений указанных ниже величин:

- a) годовой частоты превышения по каждому отдельному событию;
- b) вероятности того, что отдельные серьезные события могут происходить совместно в рамках одного сочетания событий.

При проведении такой оценки следует проявлять осторожность при оценке продолжительности возникновения серьезного уровня каждого события.

6.8. При оценке последствий сочетаний событий в отношении независимых событий следует учитывать, что вероятность того, что они произойдут в таких условиях, что их последствия будут кумулятивными, связана с продолжительностью уровня серьезности каждого события. Чем больше количество независимых или частично зависимых событий, которые сочетаются, и чем больше серьезность каждого события, тем ниже будет их совокупная годовая частота превышения. Годовая частота превышения сочетающихся событий больше, чем произведение годовых частот превышения для каждого из этих событий.

6.9. События, которые будут сочетаться, следует выбирать соответствующим образом, учитывая не только результирующую годовую частоту возникновения, но и относительное влияние каждого вторичного события на результирующую серьезность события наводнения. Например, в случае эстуарных площадок следует изучать сочетания, которые должны включать как морские, так и речные условия, а также местные осадки. Если последствия этих сочетаний значительны и суммарная годовая частота превышения результатов не очень низкая, их следует учитывать. При выборе надлежащих сочетаний следует использовать углубленную инженерную оценку.

6.10. Приемлемое значение предельной годовой частоты превышения следует устанавливать для сочетаний экстремальных событий в соответствии с регулирующими требованиями и соответствующими референтными

уровнями воды, которые необходимо учитывать при расчете проектного наводнения на атомной электростанции. Определенные сочетания событий могут быть исключены из рассмотрения при условии, что:

- постулируемое сочетание не оказывает совокупного воздействия на какую-то часть станции;
- годовая частота превышения для сочетания событий равна или меньше установленного предела приемлемой годовой частоты превышения;
- определенное сочетание физически невозможно.

6.11. Активность ветрового волнения следует рассматривать в связи со всеми паводковыми явлениями. При нагоне или сейше ветровые волны являются зависимым событием, и следует учитывать волны, создаваемые штормом, вызвавшим нагон. В некоторых прибрежных районах волны, создаваемые ветром, могут представлять собой основное событие, приводящее к наводнению, а связанный с ними компонент нагона может иметь меньшее значение. В этих случаях следует проявлять особую осторожность при оценке воздействия ветрового волнения и при выборе соответствующих сочетаний событий, вызывающих наводнение. Цунами и речные паводки обычно являются независимыми событиями, и можно не принимать во внимание случайное возникновение сильных ветровых волн; в сочетании следует учитывать только ветровые волны с более коротким интервалом повторяемости. В целом следует учитывать возможность того, что ветер является зависимой переменной, сопровождающей паводок на реке или метеорологические условия, вызывающие паводок.

6.12. Причиной возникновения сейш могут быть такие явления, как колебания барометрического давления, штормовые нагоны, колебания скорости ветра и случайный волновой фон. Таким образом, возникновение сейш может зависеть от других событий, вызывающих наводнения, которые рассматриваются в настоящем Руководстве по безопасности. Этот факт следует учитывать при выборе надлежащих сочетаний в случае площадки станции, для которой могут иметь значение сейши.

6.13. Следует оценивать вероятность нестабильности береговой линии, возникновения скоплений мусора и ледового воздействия, и если возникновение этих событий влияет на затопление площадки, их следует сочетать с другими событиями, вызывающими наводнения.

6.14. Максимальная отметка спокойной воды, которой достигает поверхность воды во время одного гидрологического события или сочетания гидрологических событий, а также повышение уровня спокойной воды вследствие воздействия одновременных явлений ветрового волнения представляют собой проектные параметры наводнения. Когда это уместно, например в случае цунами или ветровых волн, в проектные параметры таких явлений следует включать соответствующую высоту заплеска и горизонтальный заплеск при наводнении. В проектные параметры наводнения следует также включать параметры, относящиеся к определению связанных с ними динамических эффектов волн (например, кинематику волн).

6.15. Проектными параметрами маловодья являются минимальная отметка уровня воды, достигаемая водной поверхностью во время одного гидрологического события или при сочетании гидрологических событий, таких как цунами, сейши и связанная с ними продолжительность понижения уровня воды.

6.16. Проектными параметрами грунтовых вод являются условия, возникающие в результате наихудшего уровня грунтовых вод на площадке.

7. МЕРЫ ПО ЗАЩИТЕ ПЛОЩАДКИ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

7.1. При проектировании атомных электростанций следует проводить:

- оценку проектных параметров сооружений, возводимых для защиты территории площадки, таких как плотины и береговые валы;
- оценку влияния возвышения территории площадки над рассчитанным уровнем паводковых вод;
- выбор наилучших материалов по устойчивости к эрозионному воздействию воды;
- оценку компоновки станции, наиболее подходящей для ее защиты;
- исследование возможных взаимных помех, создаваемых защитными сооружениями и конструкциями станции;

— оценку эксплуатационных процедур и механизмов смягчения для сведения к минимуму метеорологических и гидрологических опасностей.

По практическим причинам большинство защитных мер на площадке связано с опасностями затопления, а не с опасностями низких уровней воды или метеорологическими опасностями.

7.2. Любые осуществляемые меры защиты (такие как плотины, береговые валы, искусственные холмы и насыпи) могут повлиять на выработку основы проекта станции. Такие меры защиты включены в существующую систему оценки площадки, даже если их функции безопасности могут, в принципе, рассматриваться в соответствующих руководствах по безопасности, посвященных проектированию станций. Так называемые «встроенные барьеры», непосредственно связанные со станционными сооружениями (специальные подпорные стенки и герметизация проходов), рассматриваются в [5], так как они не считаются частью мер по защите площадки как таковых.

7.3. Как внешние барьеры, так и естественные или искусственные станционные «острова» следует считать средствами, важными для безопасности, и их следует проектировать, сооружать и обслуживать соответствующим образом.

7.4. Исследование мер по защите следует проводить после получения полного представления о гидравлических и геологических условиях на площадке.

ТИПЫ ЗАЩИТЫ ПЛОЩАДКИ

7.5. Атомную электростанцию следует защищать от проектного наводнения одним из следующих способов:

- a) *концепция «сухой площадки»:* в этом случае все узлы, важные для безопасности, следует сооружать выше уровня проектного наводнения с учетом воздействия ветровых волн и возможного накопления льда и мусора. Это достигается, при необходимости, посредством размещения станции на достаточно высокой отметке или сооружения

конструкций, которые повышают уровень площадки^{40, 41}. Границу площадки следует контролировать и обеспечивать ее целостность. В частности, если, для того чтобы поднять площадку над уровнем, при котором создаются условия наступления максимального проектного наводнения, необходимо насыпное сооружение, этот инженерно-технический элемент станции следует рассматривать в качестве элемента, важного для безопасности, и поэтому его следует надлежащим образом проектировать и обслуживать;

- b) *постоянные внешние барьеры, такие как береговые валы, волноломы и перемычки*: в этом случае следует выбирать соответствующие проектные основы (например, категорию сейсмостойкости, где это уместно) для проектирования таких барьеров. Значения параметров проектного наводнения для конструкций барьеров могут быть иными и даже более жесткими, чем те, которые определены для проектирования конструкций, систем и элементов станции. Следует также позаботиться о том, чтобы проводился периодический контроль, мониторинг и техническое обслуживание внешних барьеров, даже если такие барьеры не входят в сферу ответственности эксплуатирующей организации станции. Следует проверять береговые валы, волноломы и перемычки, с тем чтобы убедиться, что вода может уйти с площадки, а также убедиться, что эти внешние барьеры не действуют как плотины, препятствующие сбросу воды в реки или другие водоемы. Постоянные внешние барьеры следует рассматривать в качестве узлов, важных для безопасности.

7.6. Для обоих подходов в качестве дополнительной меры защиты от затопления площадки следует предусматривать защиту станции от экстремальных гидрологических явлений посредством гидроизоляции и соответствующих конструктивных особенностей всех узлов, необходимых для обеспечения основополагающих функций безопасности во всех состояниях станции. Все прочие конструкции, системы и элементы, важные для безопасности, следует защищать от воздействий проектного наводнения.

⁴⁰ Некоторые части установки (например, насосная станция атомной электростанции) могут быть более подвержены затоплению, что потребует дополнительных защитных мер.

⁴¹ В большинстве государств метод а) предпочтительнее метода b), который включает в себя строительство постоянных внешних ограждений.

7.7. Для обоих подходов, указанных в пункте 7.5, следует выполнять указанные ниже условия:

- а) следует предусматривать систему предупреждения, способную обнаруживать условия, указывающие на возможность затопления площадки, с запасом по времени, достаточным для осуществления безопасного останова станции, а также выполнения аварийных процедур. Специальные эксплуатационные процедуры следует определять на основе данных оперативного мониторинга выявленных причин затопления [10];
- б) все узлы, важные для безопасности (включая системы предупреждения, запитанные от внешних источников энергоснабжения), следует проектировать так, чтобы они выдерживали условия образования наводнения (например, ветер и оползни, но за исключением крайне маловероятных сочетаний), которые считаются характерными для географического региона расположения площадки.

АНАЛИЗ ЗАЩИТЫ ПЛОЩАДКИ

7.8. Воздействие воды на сооружения может быть статическим, динамическим или их сочетанием. Во многих случаях воздействия льда и мусора, переносимых наводнением, являются значимыми переменными при оценке давления. Эрозия в результате наводнений также может отрицательно повлиять на безопасность; это обсуждается в пунктах 5.100–5.102.

7.9. Другими факторами, связанными с гидрологическими вопросами, которые следует учитывать при оценке площадки, главным образом с точки зрения их потенциального воздействия на водозабор и, следовательно, на узлы, связанные с безопасностью, являются:

- седиментация материала, переносимого потоком;
- эрозия;
- блокирование водозаборов льдом и мусором;
- засорение биотой (например, рыбой, медузами, мидиями и моллюсками);
- солевая коррозия (в морской среде, после сильного орошения).

Методы проектирования см. в [10].

7.10. Зарегистрировано множество случаев нежелательного проникновения воды в конструкции, связанные с безопасностью (протечек), в основном через плохо герметизированные конструкционные соединения или кабельные проходки и смотровые отверстия. Меры по предотвращению таких протечек в основном связаны с проектированием, но особое внимание следует уделять возможному подъему уровня грунтовых вод в результате наводнения, землетрясения или вулканического извержения, а также антропогенных изменений территории.

7.11. Основными при защите атомной электростанции от последствий наводнения являются два подхода к защите от наводнений, изложенные в пункте 7.5. В некоторых случаях защита может быть обеспечена за счет сочетания подходов этих типов. Тем не менее, вмешательство, которое может иметь место в результате проведения каких-либо работ на площадке или вблизи нее, таких как строительные работы, о которых шла речь в пунктах 7.5 (а) и 7.5 (b), может привести к изменению уровня наводнения, а потому его следует тщательно анализировать.

7.12. В этой связи сооружения противопаводковой защиты следует анализировать таким же образом, что и другие конструкционные узлы, важные для безопасности.

УСТОЙЧИВОСТЬ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ

7.13. Устойчивость береговой линии является важным фактором при определении приемлемости площадки станции, особенно в случае площадок, расположенных на берегах крупных водоемов или в дельтах рек, где могут происходить изменения основного русла. Устойчивость береговой линии вблизи площадки следует анализировать совместно с анализом воздействия, оказываемого на ее устойчивость самой атомной электростанцией. При анализе структуры потоков как речной, так и морской воды следует учитывать любые изменения, которые могут повлиять на сток рек, такие как строительство дамб или мостов.

7.14. В случае площадки, находящейся на берегу реки, следует учитывать устойчивость русла реки при экстремальных паводках.

7.15. На начальном этапе процесса выбора площадки в исследованиях следует включать сбор и анализ всех имеющихся исторических данных об устойчивости местной береговой линии. В случае песчаных или наносных

берегов принято проводить оценку устойчивости береговой линии при допущении перемещения к берегу — от берега и прибрежного переноса береговых материалов. Если морской берег имеет скалистый характер, то изменения в береговой линии могут происходить в течение длительного периода времени и могут быть выявлены только по историческим картам.

7.16. Особое внимание следует уделять двум аспектам: долговременной устойчивости береговой линии и ее устойчивости при сильных штормах. Для исследования устойчивости в последнем случае, как правило, недостаточно рассматривать только шторм, который вызывает максимальный вероятный штормовой нагон, потому что он может не приводить к возникновению условий, которые являются критическими с точки зрения эрозии. Как правило, в рамках анализа последствий эрозии для береговой линии и сооружений атомной электростанции рассматриваются штормы относительно большой продолжительности или ветровые поля с такими направлениями, при которых они могут вызывать более высокие волны большей продолжительности на площадке.

7.17. Исследование воздействия стационарных сооружений на устойчивость берега включает анализ:

- a) нарастания отложений вверх по течению и эрозии вниз по течению в результате блокирования прибрежного дрейфа;
- b) эрозии берега под воздействием сооружений, построенных в зоне прибоя⁴² песчаных берегов, с переносом материала к берегу — от берега.

Анализ устойчивости береговой линии

7.18. Следует проводить анализ с целью определения потенциальной потери устойчивости береговой линии на площадке станции и в отношении любых возможных последствий для узлов, важных для безопасности. Сильные штормы могут приводить к значительным изменениям прибрежной зоны, особенно профиля берега. Хотя долговременный профиль берега в равновесии, как правило, определяется степенью его подверженности

⁴² «Зона прибоя» — это зона воздействия волн на берегу моря, перемещающаяся при изменении уровня воды, простираясь от предела отката волн до предела заплеска волн.

умеренно сильным ветрам, волнам и приливным течениям, а не редким событиям большой магнитуды, следует рассматривать события обоих типов. Анализ следует проводить в указанной ниже последовательности:

- исследование с целью установления конфигурации береговой линии, включая ее профиль (например, бермы, дюны, искусственные сооружения и батиметрия непосредственно прилегающей зоны);
- исследование с целью определения типичных распределений размеров зерна или состава береговых материалов в горизонтальном и вертикальном направлениях;
- изучение приливных движений (вертикальных и горизонтальных, включая изменения уровня моря), подверженности воздействию волн и климатологии;
- оценка условий берегового переноса на площадке и дне моря у берега;
- оценка степени перемещения песка;
- установление краткосрочных и долгосрочных тенденций миграции береговой линии, а также защищенности растительностью;
- определение направления и скорости движения отложений к берегу — от берега, а также предполагаемых форм профиля береговой линии и предполагаемых изменений этих форм;
- оценка воздействия атомной электростанции, включая охлаждающие сооружения, на форму береговой линии.

Оценка вдольберегового переноса

7.19. Вдольбереговой перенос песка в прибрежной зоне следует оценивать путем изучения приливных течений и климатологических данных для волн в данном сегменте берега, в частности, посредством получения информации о том, как волны взаимодействуют с берегом и переносят песок. При исследовании условий вблизи берега следует рассматривать перечисленные ниже аспекты, включающие высоту волн, периодичность и направления их распространения:

- a) судовые наблюдения за волнением в прибрежной акватории океана;
- b) локальные данные о ветре из климатологических карт региона;
- c) более подробные и достоверные данные, полученные с помощью регистрации волновой активности волнографами, по меньшей мере, за один год;
- d) картины распространения волн, экстраполированные с подобной близлежащей местности, если не имеется информации о данной местности.

7.20. Для расчетов действительного берегового переноса при определении долгосрочной устойчивости береговой линии и ее устойчивости в случае наступления условий сильного наводнения необходимы данные о высоте, периодичности и направлениях прибойных волн, которые следует оценивать с помощью диаграмм рефракции волн, а также о характеристиках береговых отложений.

7.21. Поскольку точность теоретических прогнозов не известна и их невозможно применять ко всем береговым линиям, а также поскольку данные, используемые для составления прогноза, как правило, демонстрируют большой экспериментальный разброс, такие теоретические расчеты следует дополнять наблюдениями и исторической информацией о реальном движении береговых линий.

ДРЕНАЖ ПЛОЩАДКИ

7.22. Площадку следует надлежащим образом профилировать для обеспечения отвода локальных интенсивных атмосферных осадков от связанных с безопасностью конструкций, систем и элементов. Затопление в случае локальных интенсивных осадков может происходить вследствие:

- переливания воды через сооружения, используемые для защиты площадки;
- поверхностного склонового стока на участки, примыкающие к важным для безопасности конструкциям, системам и элементам;
- избыточного дренажа с возвышенных участков в направлении станции;
- переполнения русел или каналов в районе расположения площадки;
- скопления воды на территории станции (т. е. запруживания) из-за топографических особенностей территории площадки и недостаточной инфильтрационной способности грунта, а также отсутствия эффективной дренажной системы;
- засорения водопропускных труб и водосточных сооружений мусором, льдом или снегом.

7.23. Дренажная система площадки должна гарантировать доступ на площадку, в том числе доступ для необходимых действий персонала во время наводнения. Затопление вследствие выпадения местных интенсивных осадков следует смягчать путем использования эффективной и действенной дренажной системы.

ТРАНСПОРТНО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ПУТИ

7.24. Как следует из опыта эксплуатации, существует общий риск, связанный с отсутствием транспортного сообщения и связи на площадке и между площадкой и прилегающими районами для использования в целях установления контактов с противоаварийными группами, обеспечения замены сменного операционного персонала и информирования населения. Руководству станции следует, когда это возможно, принимать соответствующие меры по защите семей персонала станции во время наводнений и интенсивных метеорологических явлений, с тем чтобы помочь обеспечить эффективность работы персонала во время аварийной ситуации. Осуществление таких функций следует обеспечивать во время и после наводнения и/или метеорологического события.

7.25. Наличие внешних по отношению к площадке путей сообщения во время и после наводнения и/или интенсивного метеорологического события может не находиться под непосредственным контролем эксплуатирующей организации. Поскольку наличие таких путей сообщения является ключевым элементом противоаварийного планирования, следует в качестве части оценки опасности для площадки проводить совместно с компетентными органами специальный анализ наводнения или сценария развития серьезных метеорологических явлений.

8. ИЗМЕНЕНИЯ ОПАСНОСТЕЙ СО ВРЕМЕНЕМ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

8.1. Гидрологические и метеорологические опасности могут меняться со временем в результате различных причин, а именно:

- регионального изменения климата, связанного с глобальным изменением климата;
- изменений физической географии водосборного бассейна, включая эстуарии, и изменения батиметрии в направлении от берега, профиля береговой линии и водосборных площадей; или изменения шероховатости поверхности вокруг площадки, которые могут повлиять на воздействие ветра на атомную электростанцию;
- изменений землепользования на территории вокруг площадки.

ИЗМЕНЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИЕЙ

8.2. Следует уделять должное внимание последствиям изменчивости и изменения климата и, в частности, возможным последствиям, связанным с метеорологическими и гидрологическими экстремальными явлениями и опасностями, которые следует учитывать в течение запланированного срока службы станции. Запланированный срок службы атомной электростанции предполагается составляющим порядка 100 лет. Ожидается, что в течение такого периода глобальный климат, вероятно, претерпит изменения, сопровождаемые региональной изменчивостью. Поэтому следует принимать во внимание изменчивость и изменения регионального климата с учетом неопределенностей в прогнозах климата.

8.3. В приложении IV содержится информация о содержании Четвертого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата и о вероятности будущих глобальных тенденций на основе прогнозов на XXI век, сделанных с использованием сценариев выбросов парниковых газов и различных моделей климата. Региональные тенденции могут отличаться от глобальных прогнозов. Поэтому предпочтение отдается региональным моделям, если таковые имеются. На результаты в отдаленном будущем по-прежнему влияют большие неопределенности, связанные как со сценариями выбросов парниковых газов, так и с моделями климата. При статистическом анализе следует использовать местные наблюдения, с тем чтобы учесть наблюдаемые тенденции, и их можно использовать при экстраполяции с целью оценки экстремальных параметров в краткосрочной перспективе (т. е. на несколько десятилетий).

8.4. Основные последствия в отношении опасностей для атомных электростанций связаны со следующими причинами:

- a) изменениями температуры воздуха и воды;
- b) изменениями уровня моря;
- c) изменениями частоты возникновения и интенсивности некоторых метеорологических и гидрологических явлений, рассматриваемых в настоящем Руководстве по безопасности (например, интенсивных тропических циклонов, штормовых нагонов, речных стоков).

8.5. С целью учета будущих климатических изменений при проектировании атомных электростанций следует предусматривать дополнительный запас безопасности. По мере уменьшения неопределенностей, влияющих на

оценки будущих экстремальных климатических явлений, или по мере того, как наблюдаемые тенденции будут свидетельствовать о большем количестве экстремальных климатических явлений, следует проводить периодическую переоценку проектных параметров (см. приложение IV).

ПРОЧИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОПАСНОСТЕЙ СО ВРЕМЕНЕМ

8.6. В случае речных бассейнов проектное наводнение в значительной степени зависит от физической природы бассейна. В случае эстуариев проектное наводнение может меняться со временем в результате изменений географии или других изменений, таких как строительство защитных ограждений от штормовых нагонов.

8.7. Сохраняющуюся обоснованность проектного наводнения следует проверять путем проведения периодических обследований условий в бассейне, которые могут быть связаны с наводнениями (например, лесные пожары, городское строительство, изменения землепользования, вырубка лесов, закрытие приливных протоков, строительство плотин или защитных ограждений от штормовых нагонов, а также изменения седиментации и эрозии). Эти обследования состояния бассейна следует производить через соответствующие промежутки времени, главным образом путем аэрофотосъемок, дополняемых, по мере необходимости, наземными обследованиями. В случае особо важных изменений (например, обширных лесных пожаров) следует проводить специальные обследования. Если размер бассейна не позволяет проводить достаточно частые аэрофотосъемки, следует рассмотреть возможность использования данных, полученных с помощью спутниковых изображений и зондирования.

8.8. Данные, полученные от систем прогнозирования и мониторинга наводнений, а также при срабатывании любых систем предупреждения, следует периодически анализировать на предмет выявления изменений характеристик наводнений в водосборных бассейнах, включая устья рек.

8.9. Признаки изменений характеристик наводнений в водосборных бассейнах следует использовать для пересмотра, в случае необходимости, значений проектных наводнений и совершенствования защиты систем и сооружений, систем прогнозирования и мониторинга, а также противоаварийных мероприятий. При необходимости модели прогнозирования следует обновлять.

8.10. В некоторых прибрежных морских зонах при оценке фактической высоты уровня воды на площадке в сочетании с явлениями, вызванными изменением климата, может приниматься во внимание осадка грунта (естественная или техногенная, связанная с добычей нефти, природного газа и воды).

8.11. Постоянное повышение уровня земной поверхности вследствие землетрясения может приводить к сценарию постоянного маловодья в районах, близких к зонам сильных землетрясений. Точно так же постоянное понижение уровня земной поверхности вследствие землетрясения может приводить к постоянному затоплению в районах, близких к зонам сильных землетрясений.

9. СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ УСТАНОВОК

ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

9.1. Если какое-либо метеорологическое или гидрологическое явление представляет значительную опасность для площадки ядерной установки, то требование проведения непрерывного мониторинга площадки (см. пункт 5.1 в [1]) имеет исключительную важность и должно выполняться, начиная с этапа исследований для целей выбора площадки и впоследствии непрерывно на протяжении всего срока службы ядерной установки в следующих целях:

- для валидации проектных параметров, особенно в случаях, когда не имеется исчерпывающих серий исторических данных;
- для поддержки периодического пересмотра опасностей на площадке по результатам периодической оценки безопасности (см. [11]); этот аспект приобретает особую актуальность вследствие влияния глобального изменения климата;
- для подачи сигналов тревоги операторам и руководителям аварийных служб.

9.2. В отношении метеорологических и гидрологических явлений меры мониторинга и предупреждения, которые следует принимать во время эксплуатации ядерной установки, будут зависеть от степени защиты, обеспечиваемой выбранной площадкой, и от учета этих опасностей в

основе проекта установки. Некоторые из этих мер следует реализовывать на ранней стадии проекта, поскольку они могут быть полезны при валидации значений проектных параметров.

9.3. Данные для использования при долгосрочном мониторинге и данные для системы предупреждения следует выбирать по различным критериям, поскольку цели мониторинга и системы предупреждения не совпадают. Целью долгосрочного мониторинга является оценка или повторная оценка проектных параметров, например при проведении периодического рассмотрения безопасности. Целью системы предупреждения является прогнозирование экстремального события, которое может повлиять на безопасность эксплуатации. Что касается системы предупреждения, то особое внимание следует уделить ее способности обнаруживать любые экстремальные события достаточно заблаговременно, с тем чтобы можно было перевести установку в безопасное состояние. На площадках, где опасности для конструкции установки значительны, следует ввести в действие систему предупреждения.

9.4. Систему предупреждения следует применять в сочетании с моделями прогнозирования, поскольку период времени, необходимый оператору для перевода установки в безопасное состояние, может потребовать действий на основе экстраполяций тенденций явлений, не дожидаясь фактического возникновения опасного события.

9.5. В случае возникновения события, в отношении которого оператор полагается на модели прогнозирования, предоставленные организациями, внешними по отношению к эксплуатирующей организации, следует проводить специальную валидацию моделей и каналов связи с этими организациями, с тем чтобы обеспечить их доступность и надежность во время этого события.

9.6. Следует осуществлять конкретную деятельность по менеджменту качества или системе менеджмента с целью определения компетенций и обязанностей в связи с монтажом систем мониторинга, их эксплуатацией, обработкой соответствующих данных и надлежащим побуждением оператора к выполнению действий. В эти действия следует включать планирование и проведение всеми участвующими сторонами учений с заданной периодичностью.

9.7. В целом, следует рассмотреть следующие сети мониторинга и сети предупреждения:

- систему метеорологического мониторинга основных атмосферных переменных;
- систему метеорологического предупреждения о редких метеорологических явлениях (например, ураганах, тайфунах, торнадо);
- систему измерения уровня воды;
- систему предупреждения о цунами;
- систему прогнозирования наводнений.

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЯХ

Системы метеорологического мониторинга

9.8. Если район, в котором находится площадка установки, находится в зоне действия системы предупреждения о метеорологических событиях и наводнениях, то следует предпринимать административные меры по обеспечению надежного и своевременного получения таких предупреждений. В противном случае следует рассмотреть вопрос о создании специальной системы мониторинга и системы предупреждения. Следует обеспечивать, чтобы масштабы системы мониторинга и частота наблюдений соответствовали местным гидрологическим условиям.

9.9. Аналогичные договоренности могут быть заключены с национальными метеорологическими и гидрологическими службами, поскольку большинство из них также выпускают данные наблюдений и предупреждения (как правило, на ближайшие двое суток) о возможном возникновении неблагоприятных погодных условий, таких как тропические циклоны, проливные дожди с риском наводнения, сильные грозы с опасностью торнадо или града, ураганные ветры, периоды сильной жары и холода, снег, лед, сильные прибрежные приливы, штормовые нагоны, оползни, лавины, лесные пожары, туман и песчаные бури. Дополнительная информация и рекомендации, как правило, предоставляются в отношении серьезности и интенсивности опасности, ожидаемого периода времени, в течение которого данное событие может произойти, его возможного воздействия и любых мер, которые необходимо предпринять. Такая информация и рекомендации, как правило, предоставляются с помощью

различных средств связи. Например, определенные сообщения отправляются зарегистрированным профессиональным пользователям с периодическим обновлением (как правило, два раза в сутки) и с использованием различных информационных систем (Глобальной системы телекоммуникаций ВМО и Интернета) и средств массовой информации (телевидения, радио и газет).

9.10. Полезным источником информации о местонахождении и перемещении опасных атмосферных возмущений может быть регулярное получение изображений от метеорадаров и спутников. Сбор такой информации следует проводить с целью обеспечения заблаговременного предупреждения о приближении потенциальных опасностей и, при наличии, предупреждения об атмосферных осадках и ветрах.

Системы предупреждения о цунами

9.11. Если для площадки оказывается значительной опасность цунами, эксплуатирующей организации установки следует установить контакты с центрами предупреждения о цунами и наблюдения за ними. Там, где система предупреждения о цунами уже существует в государстве или регионе, эксплуатирующей организации следует связаться с национальным координационным центром (см. приложение III) или центром предупреждения, с тем чтобы получать сообщения от национального или регионального центра предупреждения или наблюдения по мере их распространения. Эксплуатирующей организации следует установить стандартные эксплуатационные процедуры для использования в ожидании расчетного времени прибытия и высоты цунами, а также после отмены местного или национального предупреждения о цунами.

9.12. В регионах, где нет местной, национальной или региональной системы предупреждения о цунами, эксплуатирующей организации следует получать сообщения от национального, регионального или глобального центра сейсмического мониторинга с целью информирования о возникновении сильных землетрясений.

9.13. В тех случаях, когда на побережье уже имеются станции мониторинга уровня моря, эксплуатирующей организации ядерной установки следует связаться с учреждением, ответственным за мониторинг, с тем чтобы договориться о получении данных в режиме реального времени непосредственно от всех станций, расположенных в данном районе.

9.14. В прибрежных районах, где нет станций мониторинга уровня моря, следует создать сеть мониторинга уровня моря в режиме реального времени для сбора и передачи данных на ядерную установку в режиме реального времени. В случае площадки, выбранной на побережье со значительным диапазоном приливов, или если район площадки установки признан подверженным воздействию цунами или штормового нагона, следует организовать регулярное измерение приливов и отливов.

9.15. Одну станцию измерения уровня моря следует разместить как можно ближе к площадке. Если ядерная установка расположена на реке, в устье следует установить еще одну станцию мониторинга.

9.16. Каждому государству следует провести оценку уровня предупреждения об опасности на побережье на основе базы данных о цунами и результатов численного моделирования. Если такие исследования в районе ядерной установки не проводились, следует оценить опасность для площадки.

9.17. Специальные обсерватории ведут наблюдение за рядом вулканов. Некоторые из этих обсерваторий уже провели конкретные исследования и мониторинг цунами, вызванных вулканическими источниками. Если место расположения установки находится недалеко от вулкана, следует связаться с обсерваторией для получения информации о статусе систем мониторинга и систем предупреждения.

Системы мониторинга и системы предупреждения для плотин и водохранилищ

9.18. Следует проводить мониторинг гидрологических и конструктивных особенностей гидротехнических сооружений, в том числе водозабора, с точки зрения таких параметров, как уровни воды, скорости течения воды, скорости седиментации, скорости инфильтрации под сооружениями, напряжения и деформации, а также смещения. Данные о большинстве этих параметров следует получать от организаций, эксплуатирующих такие сооружения. Следует создавать системы передачи предупреждений между организациями, эксплуатирующими сооружения, и эксплуатирующими организациями установок.

9.19. Если функционирование системы, имеющей отношение к безопасности, связано с функционированием системы предупреждения, то следует проанализировать эксплуатационные аспекты такой взаимосвязи

и предпринять меры по обеспечению того, чтобы внутренний уровень безопасности системы, имеющей отношение к безопасности, не снижался из-за возможных отказов системы предупреждения.

Системы мониторинга и системы предупреждения для озер и рек

9.20. Для озер и рек следует рассматривать следующие системы:

- модель прогнозирования и систему мониторинга наводнений;
- систему мониторинга и систему предупреждения на гидротехнических сооружениях, включая водозаборные сооружения, имеющих отношение к безопасности установки.

9.21. Если в регионе уже имеются модель прогнозирования и система мониторинга наводнений, то установку следует подключить к ней. При отсутствии системы прогнозирования и мониторинга наводнений следует создать такую систему сбора и передачи на установку данных о соответствующих параметрах. Следует также разработать соответствующие модели гидрологического прогнозирования. Следует использовать спутниковые данные и снимки, получаемыми со спутников и метеорологических радиолокационных станций. Следует регулярно контролировать условия в водосборном бассейне с целью регистрации данных об изменениях в землепользовании, лесных пожарах и городском строительстве на больших площадях. Изменения этих факторов могут существенно влиять на паводковые характеристики бассейна.

10. ЯДЕРНЫЕ УСТАНОВКИ, НЕ ОТНОСЯЩИЕСЯ К АТОМНЫМ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМ

10.1. Принимая во внимание использование дифференцированного подхода, упомянутого в пункте 1.12, в разделе 10 изложены руководящие материалы по оценке метеорологических и гидрологических опасностей для широкого круга ядерных установок, не относящихся к атомным электростанциям, определенных в [7].

10.2. Если дифференцированный подход применяется в целях оценки метеорологических и гидрологических опасностей, установки следует классифицировать на основе их сложности, потенциальных

радиологических опасностей и опасностей, связанных с присутствием других материалов. Метеорологические и гидрологические опасности следует оценивать в соответствии с этой классификацией.

10.3. Перед отнесением установки к определенной категории следует применять процесс консервативного скрининга, исходя из предположения о том, что в результате аварии, вызванной метеорологическими или гидрологическими причинами, происходит выброс всего инвентарного количества радиоактивных материалов на установке. Если результатом такого выброса будет отсутствие неприемлемых последствий для работников, населения (т. е. дозы для работников или населения в результате выброса этого инвентарного количества будут ниже допустимых пределов, установленных регулирующим органом) или для окружающей среды и никакие другие особые требования к такой установке регулирующим органом не предъявляются, то установка может быть исключена из оценки конкретных метеорологических и гидрологических опасностей. В таком случае могут использоваться соответствующие национальные карты и правила для коммерческих и/или промышленных установок.

10.4. Если результаты процесса консервативного скрининга показывают, что последствия потенциальных выбросов являются «значительными», следует провести оценку метеорологических и гидрологических опасностей для установки в соответствии с этапами, указанными в пунктах 10.5–10.10.

10.5. Вероятность того, что метеорологическое или гидрологическое событие приведет к радиологическим последствиям, будет зависеть от характеристик ядерной установки (например, ее использования, проекта, конструкции, эксплуатации и компоновки) и от самого события. К таким характеристикам относятся следующие факторы:

- количество, тип и состояние запасов радиоактивных материалов на площадке (например, твердые, жидкие, обрабатываемые или только хранящиеся);
- внутренне присущая опасность, связанная с физическими процессами (например, критичность) и химическими процессами, используемыми на установке;
- тепловая мощность ядерной установки, если применимо;
- конфигурация установки для осуществления деятельности разного рода;

- концентрация источников излучения на установке (например, в случае исследовательских реакторов большая часть радиоактивных материалов будет находиться в активной зоне реактора и бассейне хранения топлива, в то время как на установках для переработки и хранения топлива радиоактивные материалы могут быть распределены по всей установке);
- изменяющийся характер конфигурации и компоновки установок, предназначенных для проведения экспериментов (такой деятельности свойственна внутренне присущая непредсказуемость);
- потребность в активных системах безопасности и/или действиях оператора для управления постулируемыми авариями;
- характеристики инженерно-технических средств обеспечения безопасности, предназначенных для предотвращения аварий и смягчения последствий аварий (например, систем защитной оболочки и локализации);
- характеристики процесса или инженерно-технических средств, которые могут вызывать возникновение порогового эффекта⁴³ в случае аварии;
- характеристики площадки, имеющие отношение к последствиям рассеивания радиоактивного материала в атмосфере и гидросфере (например, размер, демографические характеристики региона);
- возможность загрязнения на площадке и за ее пределами.

10.6. В зависимости от критериев, используемых регулирующим органом, следует учитывать некоторые или все упомянутые выше факторы. Например, представляющими интерес условиями или показателями могут быть повреждение топлива, радиоактивные выбросы или дозы облучения.

10.7. Следует обеспечивать, чтобы процесс классификации основывался на:

- а) имеющейся документации по техническому обоснованию безопасности установки, которую следует считать основным источником информации;

⁴³ Пороговый эффект применительно к ядерной установке — это сильно отличающийся от нормального режим поведения системы, к которому приводит резкий переход от одного состояния системы к другому после небольшого отклонения одного из параметров системы и, таким образом, резкое значительное изменение условий в системе в ответ на небольшое изменение входных воздействующих факторов.

- b) результатах вероятностной оценки безопасности, если она была проведена;
- c) характеристиках, указанных в пункте 10.5.

10.8. В случае существующей установки классификация может быть выполнена на стадии проектирования или позже. В этом случае следует рассматривать и проверять допущения, на которых основывалась эта классификация и результирующая категоризация. Результаты могут быть различными: от отсутствия радиологических последствий (связанных с обычными установками) и до значительных радиологических последствий, например последствий, связанных с атомными электростанциями.

10.9. В результате этого процесса классификации могут быть определены три или более категорий установок, в зависимости от национальной практики:

- a) наименее радиологически опасные установки аналогичны обычным объектам (основные объекты, такие как больницы, или опасные объекты, такие как нефтехимические заводы), таким как те, которые определены в национальных строительных нормах или правилах для опасных промышленных объектов;
- b) наиболее опасными установками будут установки, для которых опасности приближаются к опасностям, связанным с атомными электростанциями;
- c) часто указывается одна или несколько промежуточных категорий опасных установок между теми, которые определяются как эквивалентные обычным объектам (основные объекты или опасные объекты), и категорией атомных электростанций.

10.10. Оценку метеорологических и гидрологических опасностей следует проводить с использованием следующих руководящих материалов⁴⁴:

- a) в случае наименее опасных установок данные о метеорологических и гидрологических опасностях могут быть получены из национальных строительных норм и карт;

⁴⁴ В случае площадок, на которых размещены ядерные установки различных типов, особое внимание следует уделять применению дифференцированного подхода.

- b) в случае установок высшей категории опасности следует использовать методики оценки метеорологических и гидрологических опасностей, описанные в предыдущих разделах настоящего Руководства по безопасности; следует соблюдать рекомендации, применимые к атомным электростанциям;
- с) в случае установок, отнесенных к категории средней опасности, могут применяться следующие критерии:
- если оценка метеорологических и гидрологических опасностей обычно выполняется с использованием методологий, аналогичных тем, которые описаны в настоящем Руководстве по безопасности, то на этапе проектирования могут быть приняты менее строгие требования к проектированию этих установок в соответствии с требованиями безопасности для установки, например за счет уменьшения годовой повторяемости рассматриваемых опасностей;
 - если база данных и методы, рекомендованные в настоящем Руководстве по безопасности, окажутся чрезмерно сложными и требующими больших затрат времени и усилий для рассматриваемой ядерной установки, можно использовать упрощенные методы оценки метеорологических и гидрологических опасностей, основанные на более ограниченном наборе данных. В таких случаях следует, чтобы исходные параметры, окончательно принятые при проектировании этих установок, были соразмерны уменьшению объема базы данных и упрощению методов с учетом того факта, что оба эти фактора могут приводить к увеличению неопределенностей.

11. СИСТЕМА МЕНЕДЖМЕНТА ДЛЯ ОЦЕНОК ОПАСНОСТЕЙ

КОНКРЕТНЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТА

11.1. В настоящем разделе представлены рекомендации и руководящие материалы по: а) подготовке, б) реализации; и с) представлению результатов оценки метеорологических и гидрологических опасностей.

11.2. План проекта следует подготавливать до выполнения проекта по оценке метеорологических и гидрологических опасностей и использовать в качестве основы для оценки его выполнения. Следует обеспечивать, чтобы план проекта содержал полный набор общих требований проекта, включая применимые регулирующие требования. Регулирующему органу следует рассмотреть этот документ до проведения исследования по оценке метеорологических и гидрологических опасностей. В дополнение к таким общим требованиям в план проекта по оценке метеорологических и гидрологических опасностей следует включать такие конкретные элементы: персонал и его обязанности; подробное описание задач проекта; расписание и этапы; и результаты и отчеты.

11.3. Следует разработать и внедрить программу по системе менеджмента, охватывающую все виды деятельности по сбору и обработке данных, полевым и лабораторным исследованиям, анализам и оценкам, на которые распространяется действие настоящего Руководства по безопасности. Места отбора полевых проб следует привязывать к стандартной системе координат. Дополнительные рекомендации и руководящие материалы по системе менеджмента см. в [12, 13].

11.4. В результаты оценок метеорологических и гидрологических опасностей следует включать все итоговые результаты, указанные в плане проекта. В дополнении I указаны типичные результаты, о которых следует представлять информацию во всех заявках, а также другие, которые могут потребоваться организатору исследования. Отчетность об оценке метеорологических и гидрологических опасностей следует достаточно подробно указывать в плане работ.

11.5. Для того чтобы сделать оценку опасностей прослеживаемой и прозрачной для пользователей, независимых экспертов, лицензиата и регулирующего органа, в документацию по оценке метеорологических и гидрологических опасностей следует включать: описание всех элементов процесса оценки метеорологических и гидрологических опасностей; сведения об участниках исследования и их функциях; и справочный материал, включающий анализ, в том числе необработанные и обработанные данные, компьютерное программное обеспечение и входные и выходные файлы, справочные документы, результаты промежуточных расчетов и исследования чувствительности.

11.6. Организатору исследования следует поддерживать этот материал в доступной, пригодной для использования и проверки форме. При необходимости следует цитировать документацию или ссылки, легкодоступные в других источниках. Все элементы оценки метеорологических и гидрологических опасностей следует отражать в документации.

11.7. В документации следует указывать все источники информации, использованные при оценке метеорологических и гидрологических опасностей, включая информацию о том, где найти важные цитаты, которые может быть трудно получить. Неопубликованные данные, используемые при анализе, следует включать в документацию в надлежащей, доступной и пригодной для использования форме.

11.8. В документации по оценке метеорологических и гидрологических опасностей следует указывать используемое компьютерное программное обеспечение. Следует обеспечивать, чтобы это были программы, используемые при обработке данных, и программы, используемые для выполнения расчетов с целью оценки метеорологических и гидрологических опасностей, наряду с соответствующими файлами входных и выходных данных.

11.9. Если доступны более ранние исследования по оценке метеорологических и гидрологических опасностей для одного и того же района, следует провести сравнения, с тем чтобы продемонстрировать, как использование разных подходов или разных данных влияет на выводы. Сравнения следует документировать таким образом, чтобы их можно было рассматривать.

11.10. Проводятся различные исследования (в полевых, лабораторных и офисных условиях), и существует необходимость использования экспертных оценок в процессе принятия решений. С целью облегчения выполнения и проверки задач следует разрабатывать технические процедуры, специфичные для проекта, а также следует проводить независимую экспертную оценку процесса.

11.11. В рамках общей программы системы менеджмента установки следует разработать и реализовать программу менеджмента качества проекта, охватывающую все виды деятельности по сбору и обработке данных, полевые и лабораторные исследования, а также анализы и оценки, входящие в область применения настоящего Руководства по безопасности.

11.12. Организатору исследования следует установить требования к внедрению официальной программы по системе менеджмента. Организатор определяет стандарты менеджмента качества, которые следует соблюдать. Применимые требования и рекомендации по системам менеджмента изложены в [12, 13]. Следует указывать специальные положения, касающиеся документооборота, контроля анализа, программного обеспечения, проверки и валидации, закупок и аудитов, а также случаев несоблюдения требований и корректирующих мер.

11.13. В частности, в плане проекта следует изложить положения о сборе новых данных, которые могут быть важны для проведения оценки метеорологических и гидрологических опасностей и/или реагирования на запросы экспертов, включая данные об основаниях для согласования потенциально противоречивых потребностей проекта.

ИНЖЕНЕРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ВЫХОДНАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ

11.14. В плане проекта по оценке метеорологических и гидрологических опасностей следует определять предполагаемое инженерное использование и цели результатов исследования. В него также следует включать спецификацию выходных данных для оценки метеорологических и гидрологических опасностей, в которой описываются все конкретные результаты, необходимые для выполнения предполагаемых технических применений и целей исследования, помимо установленных общих требований. Следует обеспечивать, чтобы, насколько это возможно, выходные данные для оценки метеорологических и гидрологических опасностей были всеобъемлющими; однако, по мере необходимости, выходная спецификация может обновляться с целью учета дополнительных результатов, увеличения срока действия результатов и/или уменьшения области применения результатов.

НЕЗАВИСИМАЯ ЭКСПЕРТИЗА

11.15. Ввиду сложности исследований по оценке метеорологических и гидрологических опасностей следует проводить независимую экспертизу. Независимому(ым) эксперту(ам) не следует участвовать в других аспектах исследования по оценке метеорологических и гидрологических опасностей и не следует быть явно заинтересованным(и) в результатах. Уровень и

тип независимой экспертизы могут варьироваться в зависимости от применения оценки метеорологических и гидрологических опасностей. Следует обеспечивать, чтобы независимая экспертиза охватывала все части оценки метеорологических и гидрологических опасностей, включая процесс оценки метеорологических и гидрологических опасностей, все технические элементы и документацию. В составе группы независимых экспертов следует предусматривать наличие специалистов, обладающих междисциплинарным опытом, необходимым для рассмотрения всех технических и связанных с процессом оценки аспектов.

11.16. Цель независимой экспертизы заключается в обеспечении уверенности в том, что для проведения оценки метеорологических и гидрологических опасностей был использован надлежащий процесс, что в ходе анализа были рассмотрены и оценены эпистемические неопределенности и что документация является полной и прослеживаемой.

11.17. При проведении независимой экспертизы могут применяться два метода: 1) широкоохватный; и 2) позднестадийный и с проведением последующих мероприятий. Широкоохватная независимая экспертиза проводится в ходе исследования, позволяя независимому(ым) эксперту(ам) устранять замечания по мере продвижения процесса оценки метеорологических и гидрологических опасностей и возникновения технических вопросов. Позднестадийная и повторная независимая экспертиза проводится в конце оценочного исследования. Проведение широкоохватной независимой экспертизы позволяет снизить вероятность выбраковки результатов оценочного исследования на более позднем этапе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Оценка площадок для ядерных установок, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-R-3, МАГАТЭ, Вена (2010).
- [2] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Внешние события техногенного происхождения в оценке площадки для атомных электростанций, Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № NS-G-3.1, МАГАТЭ, Вена (2004).
- [3] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Рассеяние радиоактивных материалов в воздухе и воде и учет распределения населения при оценке площадки для атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-3.2, МАГАТЭ, Вена (2004).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. SSG-9, IAEA, Vienna (2010).
- [5] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Геотехнические аспекты оценки площадок и оснований АЭС, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-3.6, МАГАТЭ, Вена (2005).
- [6] АГЕНТСТВО ПО ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ОЭСР, ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ЕВРОПЕЙСКОЕ СООБЩЕСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, МЕЖДУНАРОДНАЯ МОРСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ, МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА, МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, ПАНАМЕРИКАНСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ, ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ, Основополагающие принципы безопасности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № SF-1, МАГАТЭ, Вена (2007).
- [7] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности: терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты, издание 2007 года, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. SSG-21, IAEA, Vienna (2011).
- [9] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Безопасность атомных электростанций: проектирование, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-R-1, МАГАТЭ (2003).
- [10] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Учет внешних событий, исключая землетрясения, при проектировании атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-1.5, МАГАТЭ, Вена (2008).

- [11] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Периодическое рассмотрение безопасности атомных электростанций, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № NS-G-2.10, МАГАТЭ, Вена (2009).
- [12] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Система управления для установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-R-3, МАГАТЭ, Вена (2008).
- [13] МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Применение системы управления для установок и деятельности, Серия норм безопасности МАГАТЭ, № GS-G-3.1, МАГАТЭ, Вена (2009).

Приложение I

ПРИМЕРЫ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

I–1. В следующих ниже таблицах приведены примеры критериев для определения проектных параметров заданной метеорологической переменной, взятые из практики одного государства-члена (США). Эти проектные метеорологические параметры соответствуют вариантам одиночной нагрузки, которые связаны в нормах проектирования с различными сочетаниями нагрузок и различными коэффициентами нагрузки при проектировании конструкций, систем и элементов. Альтернативные определения параметров и критериев могут использоваться в соответствии с практикой в других странах по мере необходимости и в рамках заданной, последовательной и комплексной основы для этого типа опасности.

I–2. В таблице I–1 период повторяемости максимальной скорости ветра для торнадо соответствует практике в США. Для применения в других государствах этот критерий необходимо тщательно рассматривать с учетом соответствующих и конкретных регулирующих требований, конкретных целей безопасности и обеспечения сбалансированности с другими определениями внешних опасностей.

ТАБЛИЦА 1–1. ВЗЯТИЕ ИЗ ПРАКТИКИ КОНКРЕТНОГО ГОСУДАРСТВА ПРИМЕРЫ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

Параметр площадки	Критерий	Определение
<i>Температура воздуха</i>		
Максимальные значения температуры по сухому термометру и совпадающие значения температуры по влажному термометру.	1% (2%) годовая частота превышения ^а .	Температура по сухому термометру, которая будет превышена в течение 1% (2%) времени в году, и средняя совпадающая температура по влажному термометру ^б . Эти параметры используются для систем охлаждения, таких как системы кондиционирования воздуха.
	100-летний период повторяемости.	Максимальная температура по сухому термометру, частота превышения которой составляет 1% в год (средний интервал повторяемости 100 лет), и прогнозируемая совпадающая температура по влажному термометру. Эти параметры могут потребоваться при рабочем проектировании оборудования для обеспечения его непрерывной работы и ремонтпригодности.
Максимальная несовпадающая температура по влажному термометру.	1% (2%) годовая частота превышения.	Температура по влажному термометру, которая будет превышать в течение 1% (2%) времени в году. Этот параметр может использоваться для градирен, испарительных охладителей и систем вентиляции приточного воздуха.
	100-летний период повторяемости.	Максимальная температура по влажному термометру, частота превышения которой составляет 1% в год (средний интервал повторяемости 100 лет). Этот параметр может использоваться для градирен, испарительных охладителей и систем вентиляции приточного воздуха.

ТАБЛИЦА 1-1. ВЗЯТИЕ ИЗ ПРАКТИКИ КОНКРЕТНОГО ГОСУДАРСТВА ПРИМЕРЫ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ (продолжение)

Параметр площадки	Критерий	Определение
Минимальная температура по сухому термометру.	98% (99%) годовая частота превышения.	Температура по сухому термометру, которая будет превышена в течение 98% (99%) времени в году. Этот параметр используется при определении производительности отопительного оборудования.
	100-летний период повторяемости.	Минимальная температура по сухому термометру, частота превышения которой составляет 1% в год (средний интервал повторяемости 100 лет). Этот параметр может потребоваться при рабочем проектировании оборудования для обеспечения его непрерывной работы и ремонтпригодности.
<i>Конечный поглотитель тепла^c</i>		
Метеорологические условия, приводящие к минимальному охлаждению водой в течение любых 1-х суток (5 суток).	Исторический худший случай.	Исторически наблюдаемое наилучшее среднесуточное значение температуры по влажному термометру и совпадающих температур по сухому термометру за 1 сутки (5 суток). Эти параметры используются для обеспечения того, чтобы не превышались проектные температуры оборудования, важного для безопасности.
Метеорологические условия, приводящие к максимальным потерям на испарение и унос в течение любых последовательных 30 суток.	Исторический худший случай.	Исторически наблюдаемое наилучшее среднесуточное значение температуры по влажному термометру и совпадающих температур по сухому термометру за 30 суток. Эти параметры используются для обеспечения 30-суточного запаса по охлаждению.

ТАБЛИЦА 1-1. ВЗЯТИЕ ИЗ ПРАКТИКИ КОНКРЕТНОГО ГОСУДАРСТВА ПРИМЕРЫ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ (продолжение)

Параметр площадки	Критерий	Определение
	<i>Скорость ветра^d</i>	
Скорость 3-секундного порыва ветра.	100-летний период повторяемости.	Скорость 3-секундного порыва ветра на высоте 10 м над землей с годовой повторяемостью 1% (средний интервал повторяемости 100 лет). Этот параметр используется для задания ветровых нагрузок.
	<i>Осадки (жидкий эквивалент)</i>	
Локальные интенсивные осадки.	Вероятный максимум осадков.	Вероятное максимальное количество осадков для указанной продолжительности и площади поверхности. Этот параметр используется для систем водоотведения и оценок наводнения.
	100-летний период повторяемости.	Количество осадков для указанной продолжительности и площади поверхности с годовой частотой превышения 1% (средний интервал повторяемости 100 лет). Этот параметр используется для систем водоотведения и оценок наводнения.
	<i>Снежный покров</i>	
Вес грунтового снежного покрова.	100-летний период повторяемости.	Вес снежного покрова с повторяемостью 100 лет на уровне земли. Этот параметр используется для определения расчетных снеговых нагрузок на кровли ^e .

ТАБЛИЦА 1–1. ВЗЯТИЕ ИЗ ПРАКТИКИ КОНКРЕТНОГО ГОСУДАРСТВА ПРИМЕРЫ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ (продолжение)

Параметр площадки	Критерий	Определение
	<i>Замерзающие осадки (ледяные бури)</i>	
Толщина льда и скорость сопутствующего ветра.	100-летний период повторяемости.	Толщина льда вследствие ледяного дождя и скорость 3-секундного сопутствующего порыва ветра с 100-летним периодом повторяемости. Эти параметры используются при проектировании чувствительных ко льду конструкций, таких как решетчатые конструкции, опоры с оттяжками, воздушные линии и т. д.
	<i>Молнии</i>	
Частота ударов молнии.	Число ударов молнии в году.	Число прогнозируемых ударов молнии в год по запланированной установке. Этот параметр используется при проектировании систем молниезащиты.
	<i>Торнадо</i>	
Максимальная скорость ветра.	10 000 000-летний период повторяемости.	Максимальная скорость ветра в результате прохождения торнадо с годовой частотой превышения 0,01% (средний интервал повторяемости 10 000 лет). Этот параметр используется для задания ветровых нагрузок при прохождении торнадо.

ТАБЛИЦА 1–1. ВЗЯТЫЕ ИЗ ПРАКТИКИ КОНКРЕТНОГО ГОСУДАРСТВА ПРИМЕРЫ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ (продолжение)

Параметр площадки	Критерий	Определение
Падение давления.	10 000 000-летний период повторяемости.	Снижение атмосферного давления по сравнению с нормальным атмосферным давлением в результате прохождения торнадо с максимальной скоростью ветра. Этот параметр используется для оценки способности герметичных конструкций выдерживать падение атмосферного давления при прохождении торнадо.
Скорость падения давления.	10 000 000-летний период повторяемости.	Скорость падения давления при прохождении торнадо с максимальной скоростью ветра. Этот параметр используется для оценки способности вентилируемых конструкций выдерживать падение атмосферного давления при прохождении торнадо.
Массивные летящие предметы при торнадо.	10 000 000-летний период повторяемости.	Масса и скорость массивного летящего предмета с высокой кинетической энергией, деформируемого при ударе (например, автомобиля) в результате прохождения торнадо с максимальной скоростью ветра. Этот параметр позволяет проверить устойчивость барьеров защиты от серьезных разрушений при торнадо.
Твердые летящие предметы при торнадо.	10 000 000-летний период повторяемости.	Масса и скорость твердого летящего предмета (например, стальной трубы сортамента 40 диаметром 15 см) в результате прохождения торнадо с максимальной скоростью ветра. Этот параметр позволяет проверить устойчивость барьеров защиты от пробивания летящими предметами при торнадо.

ТАБЛИЦА 1–1. ВЗЯТЫЕ ИЗ ПРАКТИКИ КОНКРЕТНОГО ГОСУДАРСТВА ПРИМЕРЫ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ (продолжение)

Параметр площадки	Критерий	Определение
Небольшие твердые летящие предметы при торнадо.	10 000 000-летний период повторяемости.	Масса и скорость небольшого твердого летящего предмета (например, сплошного стального шара диаметром 2,5 см), возникающего в результате прохождения торнадо с максимальной скоростью ветра. Этот параметр позволяет проверить конфигурацию проемов в барьерах защиты от торнадо.
a	Годовая частота превышений температуры воздуха обычно указывается в технических спецификациях, предоставляемых поставщиками реакторов.	
b	Для целей проектирования станции также могут быть необходимы оценки периодов времени, в течение которых температура воздуха остается выше или ниже заданных значений (т. е. ее постоянства).	
c	Перечисленные здесь параметры площадки для конечного поглотителя тепла применимы к мокрой градирне. Для других типов конечного поглотителя тепла, таких как пруды-охладители и брызгальные бассейны, может быть целесообразным другое сочетание контролируемых параметров.	
d	Для площадок, подверженных возникновению тропических циклонов, эти явления следует учитывать в параметрах площадки.	
e	При определении результирующей применимой расчетной нагрузки на крышу вес снежного покрова на уровне земли следует преобразовать в нагрузку на крышу с использованием соответствующих коэффициентов воздействия и тепловых коэффициентов.	

Приложение II

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЦУНАМИ: СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА В НЕКОТОРЫХ ГОСУДАРСТВАХ

ЯПОНИЯ

II-1. В настоящем приложении в общих чертах представлены: 1) методология, а именно документ «Tsunami Assessment Method for Nuclear Power Plants in Japan» («Метод оценки цунами для атомных электростанций в Японии»), опубликованный Японским обществом инженеров-строителей в феврале 2002 года [II-1]; и 2) система мониторинга и предупреждения о цунами, используемая Японским метеорологическим агентством. Другими важными источниками информации об использовании этой методологии являются публикации [II-2–II-10].

Метод оценки цунами на атомных электростанциях в Японии

Общая политика

II-2. В следующих ниже пунктах изложена общая политика в отношении применения метода оценки цунами на атомных электростанциях в Японии.

Источник цунами для проектного цунами

II-3. Из различных возможных сценариев цунами для каждой области в качестве «проектного цунами» должен быть выбран тот, который вызывает максимальный подъем и понижение уровня воды на целевой площадке. Проектный уровень воды определяется как сумма уровня воды при воздействии проектного цунами и соответствующего приливного явления.

Учет неопределенностей сценарных цунами

II-4. Для учета неопределенностей модели в отношении источника цунами приходится проводить большое количество численных расчетов для различных условий моделирования разломов в разумном диапазоне. Это называют «параметрическим исследованием». Каждый результат параметрического исследования называют «сценарным цунами». Для моделирования целевой площадки необходимо выбрать сценарное цунами, наносящее наибольший ущерб целевой площадке.

Метод проверки проектного цунами

II–5. Проверку проектного цунами необходимо проводить с использованием следующих критериев:

- следует обеспечивать, чтобы высота проектного цунами превышала все зарегистрированные и рассчитанные исторические высоты цунами на целевой площадке;
- следует обеспечивать, чтобы в районе целевой площадки огибающая высот сценарных цунами превышала все зарегистрированные и рассчитанные исторические высоты цунами.

Метод проверки процедуры оценки на основе исторических цунами

II–6. Перед выполнением вышеупомянутых этапов следует проверить систему численных расчетов, подтвердив воспроизводимость исторических записей о цунами.

Последовательность операций оценки цунами

II–7. Оценка проводится в соответствии с общими направлениями политики. Процедура оценки состоит из следующего: первая часть — «Проверка модели (моделей) разломов и системы численных расчетов на основе исторического(их) цунами», а вторая часть — «Оценка проектных максимальных и минимальных уровней воды на основе «параметрического исследования» с точки зрения базовых цунами», как показано на рис. II–1. Каждый этап процедуры объясняется ниже.

Исследование исторических цунами

II–8. Первым этапом является подготовка обзоров литературы по основным историческим цунами, действовавшим на целевую площадку; затем необходимо проверить достоверность зарегистрированных высот цунами. На основе результатов могут быть созданы модели разломов для численного моделирования исторических цунами. После настройки моделей разломов для исторических цунами проводятся численные расчеты. Затем проверяется надежность численных расчетов. Если результат удовлетворяет условиям, можно приступать ко второй части. Если результат не удовлетворяет условиям, модели разломов или условия расчета следует модифицировать для улучшения представления и вновь провести численные расчеты.

Выбор источников цунами и стандартной модели разломов

II–9. Первым этапом второй части процесса является выбор источника цунами. Как правило, последствия близкого цунами значительнее, чем последствия удаленного цунами. Однако последним нельзя пренебрегать, поскольку последствия зависят от географических условий и связи с источником цунами по направлению. В Японии основными районами источников являются границы тектонических плит (Курильский желоб, Японский желоб и Нанькайский прогиб), восточная окраина Японского моря (Восточного моря)¹ и активные подводные разломы вокруг Японского архипелага для близких цунами и у западного побережья Южной Америки для дальних цунами.

II–10. Затем необходимо определить стандартные модели разломов для сценарных землетрясений. Эти стандартные модели разломов послужат основой для параметрической оценки цунами на площадках (см. рис. II–2), и их необходимо определять надлежащим образом с учетом характеристик каждого морского района. Поэтому необходимо тщательно определять параметры стандартной модели разлома, с тем чтобы воспроизвести исторические высоты заплеска волн цунами.

Сценарное землетрясение

II–11. При настройке моделей сценарных землетрясений стандартная модель разломов настраивается с целью воспроизведения зарегистрированных исторических высот цунами в каждом регионе. В этом процессе следует учитывать механизм возникновения исторических землетрясений и/или цунами и сейсмотектонику, такую как форма граничной поверхности плиты, относительное движение плит и распределение активных разломов.

¹ Практика Секретариата ООН заключается в использовании, в отсутствие согласованного на международном уровне стандарта, наиболее распространенного и общепризнанного наименования. Эта практика не наносит ущерба позиции любого государства — члена Организации Объединенных Наций в отношении конкретного наименования и не подразумевает выражение какого-либо мнения со стороны Секретариата Организации Объединенных Наций. Использование Секретариатом наименования на основе практики не наносит ущерба любым переговорам или соглашениям между заинтересованными сторонами и не должно толковаться как защита или поддержка позиции какой-либо стороны и никоим образом не может использоваться какой-либо стороной в поддержку особой позиции по данному вопросу.

Параметрическое исследование

П–12. На рис. П–2 показана концепция параметрического исследования источника цунами. В верхней части рисунка показаны модели разломов для сценарных землетрясений. Каждый прямоугольник из пунктирных линий представляет модель разлома. В нижней части рисунка каждая изогнутая линия представляет сценарный цунами, рассчитанный на основе каждой модели разлома.

Выбор проектного цунами

П–13. В качестве проектного цунами выбирается самое высокое и/или самое низкое базисное цунами. В целях использования при проектировании проектные цунами должны быть самыми высокими из всех исторических и возможных цунами на площадке, с тем чтобы обеспечить безопасность атомных электростанций, расположенных на берегу (рис. П–2). Следует отметить, что иногда источники цунами, приводящие к максимальным уровням воды, и источники цунами, приводящие к минимальным уровням воды, оказываются различными.

Проверка

П–14. Для проверки проектного цунами требуется подтверждение выполнения двух условий, изложенных в пункте П–20. Концепция проверки показана в нижней части рис. П–2.

Сочетание с другими изменениями уровня воды

П–15. После подтверждения проверки проектного цунами необходимо надлежащим образом рассмотреть другие изменения уровня воды, такие как вызываемые приливами и отливами. В случае, если численный расчет выполняется на основе среднего уровня прилива, среднее значение высоты приливов и/или отливов должно быть объединено соответственно с высоким и/или низким уровнем воды, вызванным цунами.

Оценка других явлений, связанных с цунами

П–16. При равенстве преобладающего периода цунами и собственного периода свободных колебаний воды в гавани и/или водозаборном канале подъем и спад воды могут усиливаться. Необходимо исследовать эффект резонанса при численном моделировании.

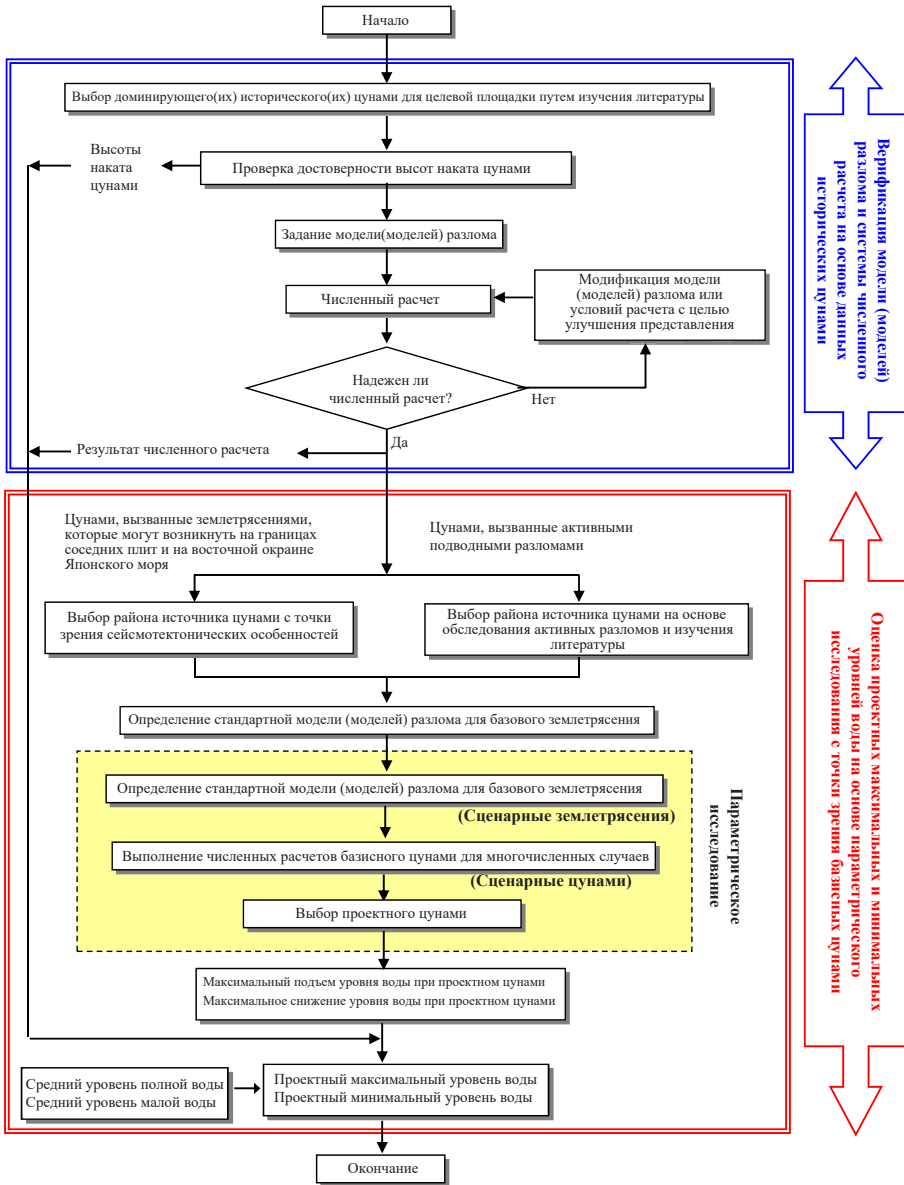


РИС. II-1. Блок-схема процесса оценки проектного цунами.

II-17. Другие сопутствующие явления, такие как перемещение песчаных отложений, затопление соседней рекой и поднятие и/или опускание грунта вследствие движения разлома, следует оценивать на основе конкретных условий площадки.

Учет неопределенностей

II-18. Существуют неопределенности и ошибки, такие как неопределенности модели источника цунами, ошибки в численных расчетах и ошибки в данных о подводной топографии и форме прибрежной суши, включенных в процесс оценки цунами. Эти неопределенности и ошибки должны быть приняты во внимание, с тем чтобы не был занижен уровень воды проектного цунами.

II-19. Количественно оценить каждый параметр достаточно сложно. Поэтому в методе оценки цунами Японского общества инженеров-строителей принята следующая процедура:

- a) на основе стандартной модели разломов задаются сценарные землетрясения с различной обстановкой в разумном диапазоне;
- b) выполняется большое количество численных расчетов с учетом неопределенностей параметров источника цунами для сценарных землетрясений;
- c) для целей расчета из сценарных цунами выбирается цунами, вызывающее максимальный подъем воды и максимальное падение воды на целевой площадке.

II-20. Высота проектного цунами, оцениваемая с помощью параметрического исследования, должна значительно превышать все исторические высоты цунами. Для подтверждения ее правильности необходимо обеспечить выполнение следующих двух условий:

- a) на целевой площадке высота проектного цунами должна превышать все значения высоты цунами в данных анализа для представления исторических цунами;
- b) вблизи целевой площадки огибающая высот сценарных цунами должна превышать все зарегистрированные высоты исторических цунами.

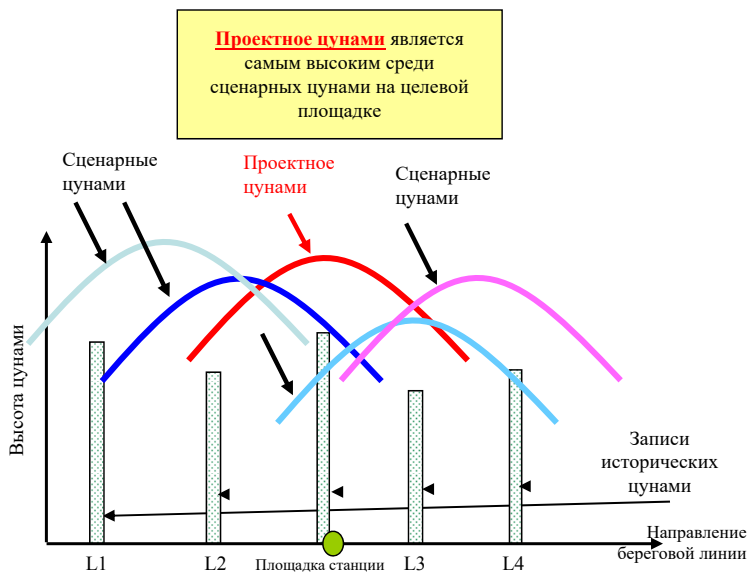
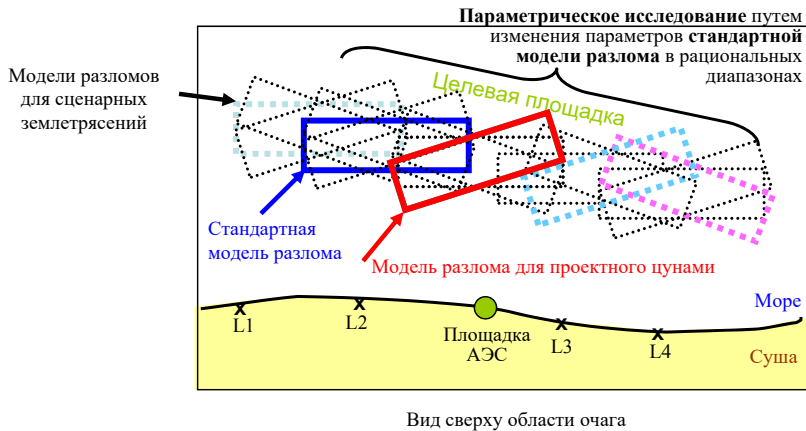


РИС. П-2. Концепция настройки источников разломов и параметрических исследований.

По результатам применения методики Японского общества инженеров-строителей к площадкам атомных электростанций было подтверждено, что высота проектного цунами, задаваемая этим методом, в среднем вдвое превышает высоту зарегистрированных исторических цунами.

Система мониторинга и предупреждения о цунами

II–21. За систему мониторинга и выдачи заблаговременных предупреждений в случае возникновения цунами отвечает Японское метеорологическое агентство. Ее практическое использование для промышленных объектов осуществляется в основном за счет данных сети наземных сейсмометров и базы данных расчетов для прогнозирования цунами. В последние годы развертывание сейсмометров и измерителей цунами, установленных в морской зоне, продолжается, и прилагаются усилия, направленные на раннее обнаружение возникновения цунами в ближней зоне и выпуск высоконадежных предупреждений о цунами.

II–22. Существует два типа измерителей цунами для установки в морской зоне: наблюдательный буйковый (измеритель интенсивности цунами с глобальной системой позиционирования, связанной со спутником) и подводный кабельный. В последнем случае использование системы предупреждения расширяется за счет объединения с наземной сетью сейсмометров. Сейсмометры кабельного типа и измерители интенсивности цунами развернуты в семи очаговых регионах землетрясения на границе плит у тихоокеанского побережья Японии. В частности, можно ожидать, что система кабельного типа «Токай/Юго-восточное море» Японского метеорологического агентства общей протяженностью 210 км, которая была добавлена к системе предупреждения в октябре 2008 года, будет полезна для целей раннего предупреждения о цунами, поскольку она расположена в районе источника ожидаемых больших землетрясений на границе плит.

СОЕДИНЕННЫЕ ШТАТЫ АМЕРИКИ

II–23. Комиссия по ядерному регулированию (КЯР) рассматривает и оценивает связанные с цунами и подобные цунами явления в соответствии со своими протоколами оценки опасности и риска цунами. Для проведения оценки опасности и риска цунами КЯР использует иерархическую структуру и различные технические подходы, целесообразные для каждого из различных типов источников. В настоящее время руководящие материалы КЯР по цунами включают детерминированный подход, основанный на оценке вероятного максимального цунами. Описывается подход, используемый в настоящее время сотрудниками КЯР при рассмотрении заявок на получение лицензий.

II–24. КЯР переходит к использованию во всем учреждении подходов и рекомендаций, основанных на информации о рисках. В качестве основы для рассмотрения лицензиатом могут быть предложены вероятностные подходы. Согласно новейшей практике в США, для определения опасности цунами на побережье Тихого океана используются вероятностные подходы. Вероятностные методы оценки опасности цунами являются областью активных исследований в рамках КЯР, и в настоящее время они практически осуществляются на побережье Тихого океана. В настоящее время отсутствие информации об уровне активности цунамигенных источников, которые могут воздействовать на атлантическое побережье и побережье Мексиканского залива США, не позволяет использовать вероятностные методы на практике.

Регулирующие правила и руководящие материалы

II–25. Предусмотренные в Своде федеральных нормативных актов (СФНА) регулирующие правила КЯР по оценке опасности цунами включают следующее:

- 1) документ 10 CFR, часть 100 [II–4], поскольку он касается определения и оценки гидрологических особенностей площадки. Требования по учету физических характеристик площадки при оценке площадки указаны в документе 10 CFR 100.20(c) для новых применений;
- 2) документ 10 CFR 100.23(d) устанавливает критерии при определении факторов выбора площадки для основы проекта станции в отношении наводнений, вызванных сейсмическими факторами, и водных волн на площадке;
- 3) документ 10 CFR, часть 50, приложение А, Общий критерий проектирования (ОКП) 2 [II–5] для заявок на получение разрешений на строительство и эксплуатацию, поскольку он касается рассмотрения наиболее серьезных природных явлений, о которых сообщалось в прошлом, для площадки и прилегающей территории с достаточным запасом, с тем чтобы учесть ограниченную точность и ограниченный объем исторических данных, а также ограниченный период времени, за который они были накоплены;
- 4) документ 10 CFR 52.17(a)(1)(vi) для предварительных заявок на получение разрешения на площадку и документ 10 CFR 52.79 [II–6] для комбинированных заявок на получение лицензии на эксплуатацию, поскольку они относятся к определению гидрологических характеристик площадок. Это включает в себя надлежащее рассмотрение наиболее серьезных природных явлений на площадке и

в ее окрестностях, о которых сообщалось в прошлом, с достаточным запасом, с тем чтобы учесть ограниченную точность и ограниченный объем исторических данных, а также ограниченный период времени, за который они были накоплены.

II-26. В регулирующем руководстве 1.59 [II-7] кратко рассматриваются цунами как источник наводнения. Это регулирующее руководство будет обновлено. Однако обновленный вариант этого руководства не будет включать наводнения, вызванные цунами. Сотрудники КЯР подготовят новое регулирующее руководство, посвященное оценке опасности и риска цунами.

II-27. В разделе 2.4.6 Стандартного плана рассмотрения КЯР NUREG 0-800 [II-8] описаны процедуры рассмотрения и критерии приемлемости опасностей цунами, используемые в настоящее время сотрудниками КЯР.

II-28. Национальное управление океанических и атмосферных исследований США (НОАА) отвечает за разработку стандартов точности имитационных моделей цунами для федерального правительства США и за проведение исследований в поддержку Национальной программы по уменьшению опасности цунами. В 2007 году НОАА предоставило КЯР отчет об оценке опасности цунами в США [II-9], который вместе с публикацией NUREG/CR-6966 составляет основу текущего подхода КЯР к рассмотрению.

II-29. В 2006 году КЯР приступила к осуществлению долгосрочной программы исследования цунами. Эта программа, которая включает в себя совместную работу со Службой геологии, геодезии и картографии США (СГГК США) и НОАА, была разработана в поддержку как деятельности, связанной с лицензированием новых атомных электростанций в США, так и разработки новых регулирующих руководящих материалов. Как описано в следующих разделах, имеется дополнительная сопроводительная документация.

Применение иерархического подхода

II-30. Иерархический подход к оценке опасностей, приемлемый для сотрудников КЯР, описан в публикации NUREG/CR-6966 [II-10]. Как отмечается в этом документе, иерархический подход к оценке опасностей состоит из серии поэтапных, все более точных анализов, которые

используются для оценки опасности, возникающей в результате конкретного явления. В случае оценки опасностей цунами этот подход определяется тремя этапами, на которых получают ответы на следующие вопросы:

- 1) Подвержен ли район площадки воздействию цунами?
- 2) Может ли площадка станции пострадать от цунами?
- 3) Каков риск для безопасности станции, связанный с цунами?

II–31. Первый этап, который по существу представляет собой региональный отборочный тест, выполняется для определения того, можно ли отсеять площадку на основании ее близости к водному объекту, способному вызвать цунами или эффект, подобный цунами. Если регион, в котором расположена площадка, не подвержен цунами, дальнейший анализ опасностей цунами не требуется. Этот вывод должен быть подтвержден доказательствами, характерными для региона. Если такой вывод не может быть убедительно показан, требуется второй этап.

II–32. Второй этап можно рассматривать как скрининг-тест площадки. На этом этапе определяется, подвергаются ли системы станции, важные для безопасности, опасностям, возникающим в результате цунами. Методы, используемые для проведения оценок опасностей для конкретных площадок, включая расчет высот заплеска для конкретных площадок, описаны далее в настоящем приложении. Возможно, удастся определить, что хотя в целом район площадки подвержен опасности цунами, все системы станции, связанные с безопасностью, расположены на высоте, превышающей расчетный максимальный заплеск волны.

II–33. Третьим этапом является оценка риска, который может возникнуть для установки, если нельзя убедительно показать, что высотная отметка важных для безопасности конструкций, систем и компонентов превышает расчетный заплеск цунами. Этот этап требует самого тонкого и сложного анализа.

Области рассмотрения сотрудниками КЯР

II–34. Сотрудники КЯР проводят рассмотрение технических областей, кратко изложенных ниже. Эти области рассмотрения более подробно описаны в текущей версии Стандартного плана рассмотрения КЯР (NUREG 0-800) [II–8], который можно скачать на сайте онлайн-очного «читального зала» КЯР.

- 1) *Исторические данные о цунами.* Сотрудники рассматривают исторические данные о цунами, включая палеонтологические данные о цунами. Исторические данные могут помочь в установлении частоты возникновения и других полезных показателей, таких как максимальная наблюдаемая высота заплеска. Национальный центр геофизических данных НОАА собирает и архивирует информацию об источниках и последствиях цунами в поддержку моделирования цунами и связанного с цунами инженерно-технического обеспечения для нужд правительства США, и он используется в качестве основного источника данных. Международные источники информации, имеющие отношение к станциям, подвергшимся воздействию трансокеанских цунами, также нуждаются в изучении.
- 2) *Вероятное максимальное цунами.* В настоящее время сотрудники КЯР проводят проверку заявок на адекватность на основе детерминированной оценки вероятного максимального цунами, как указано в регулирующем руководстве 1.59 [II–7]. Сотрудники рассматривают максимальное вероятное цунами с целью определения механизмов действия источника, характеристик этих механизмов действия источника и моделирования волны, распространяющейся в направлении предполагаемой площадки станции. Обсуждение цунамигенных источников приводится далее в настоящем приложении.
- 3) *Модели распространения цунами.* Сотрудники рассматривают вычислительные модели, используемые при анализе опасностей. Элементы моделирования цунами более подробно обсуждаются далее в настоящем приложении.
- 4) *Волновой заплеск, затопление и понижение уровня воды.* Сотрудники рассматривают заплеск, вызванный вероятным максимальным цунами. Необходимо задать соответствующую начальную отметку поверхности воды для рассматриваемого водоема перед приходом волн цунами, аналогично рекомендациям для случаев штормовых нагонов и сейшей в документе ANSI/ANS-2.8-1992 [II–11]. Например, для оценки максимального заплеска волны цунами на прибрежной площадке необходимо использовать в качестве начальной отметки поверхности воды вблизи этой площадки 90-й процентиль высоких приливов. Для оценки наибольшего понижения уровня воды, вызванного откатом волн цунами, необходимо использовать 10-й процентиль отлифов. Любое затопление, указанное в оценке, должно быть учтено в проектной основе для затопления станции и может потребовать защиты от затопления некоторых конструкций, систем и элементов, связанных с безопасностью. Сотрудники также рассматривают понижение уровня воды, вызванное волнами цунами, и

то, как это может повлиять на водозаборы, связанные с безопасностью, если они используются в проекте станции и подвергаются воздействию цунами. Сотрудники также рассматривают продолжительность понижения уровня воды, с тем чтобы оценить продолжительность периода времени, в течение которого может быть затронут водозабор, связанный с безопасностью. Предлагаемые критерии в регулирующем руководстве 1.27 [II–12] применяются, когда система водоснабжения является частью конечного поглотителя тепла. Должно быть продемонстрировано, что степень и продолжительность затопления и снижения уровня воды, вызванных волнами цунами, надлежащим образом установлены для целей проектирования станции.

- 5) *Гидростатические и гидродинамические силы.* Сотрудники рассматривают гидростатические и гидродинамические силы, вызванные волнами цунами и воздействующие на связанные с безопасностью конструкции, системы и элементы. Поскольку цунами возникает в виде последовательности волн, необходимо учитывать несколько циклов проходящих и отступающих волн. Локальная геометрия и батиметрия могут существенно повлиять на высоту, скорость и поток количества движения вблизи мест расположения конструкций, систем и элементов, важных для безопасности. Предлагаемые критерии регулирующего руководства 1.27 [II–12] применяются, когда система водоснабжения является частью любого водоохлаждаемого конечного поглотителя тепла. Необходимо продемонстрировать, что потенциальные гидростатические и гидродинамические силы, вызываемые волнами цунами, надлежащим образом установлены для целей проектирования станции.
- 6) *Мусор и увлекаемые водой летящие предметы.* Сотрудники рассматривают вероятность переноса мусора и летящих предметов водой вместе с потоками цунами и их способность причинять ущерб конструкциям, системам и элементам, связанным с безопасностью. Предлагаемые критерии в регулирующем руководстве 1.27 [II–12] применяются, когда система водоснабжения является частью конечного поглотителя тепла. Необходимо продемонстрировать, что любая возможность повреждения мусором и увлекаемыми водой летящими предметами конструкций, систем и элементов, связанных с безопасностью, установлена надлежащим образом для целей проектной основы станции.
- 7) *Воздействие эрозии, вызываемой наносами, и отложения наносов.* Сотрудники рассматривают отложение наносов во время цунами, а также эрозию, вызванную высокой скоростью паводковых вод или воздействием волн во время цунами, и их воздействие на фундаменты

конструкций, систем и элементов, связанных с безопасностью, с тем чтобы убедиться, что эти явления должным образом установлены для целей проектирования станции. Любая потенциальная эрозия и отложение наносов не влияют на связанное с безопасностью функционирование открытых конструкций, систем и элементов. Предлагаемые критерии в регулирующем руководстве 1.27 [II-12] применяются, когда система водоснабжения является частью конечного поглотителя тепла.

- 8) *Рассмотрение других критериев оценки, связанных с площадкой.* Регулирующее правило 10 СФНА, часть 100 [II-4], описывает связанные с площадкой критерии оценки близости, сейсмических и несейсмических условий для применений на электростанциях. Подраздел А документа 10 СФНА, часть 100 [II-4], касается требований к заявкам, поданным до 10 января 1997 года, а подраздел В предназначен для заявок, поданных 10 января 1997 года или после этой даты. Выполняемое сотрудниками рассмотрение будет включать оценку соответствующей информации, с тем чтобы определить, используется ли эти критерии надлежащим образом при постулировании наихудших сценариев цунами.

Определение характеристик цунамигенных источников

II-35. Опасности цунами на береговых линиях США создаются двумя преобладающими категориями источников: оползнями и сейсмическими источниками. Источники этих категорий существуют как в ближней, так и в дальней зоне. Для определения всех источников, которые могут вызывать максимальное вероятное цунами на предполагаемой площадке станции, необходимо провести региональную оценку цунамигенных источников. Механизмы источников, рассматриваемые при оценке, должны включать землетрясения, подводные и субаэральные оползни и вулканы. Характеристики источников, которые используются для определения вероятного максимального цунами, должны быть консервативными.

II-36. Характеристики оползневых источников необходимо определять с использованием параметра максимального объема, определенного на основе карт морского дна или датирования геологического возраста исторических оползней. Для оценки эффективности потенциального образования цунами оползнями-кандидатами должен быть выполнен анализ устойчивости склонов. Типы цунамигенных очагов, вызванных вулканической

активностью, учитываемые при оценке вероятного максимального цунами, должны включать пирокластические потоки, обрушение подводной кальдеры, взрывы и обломочные лавины или обрушения бортовых зон.

II-37. В поддержку деятельности по лицензированию новых реакторов КЯР инициировала долгосрочную программу исследований цунами. В рамках этой программы СГГК США представила отчет, в котором обобщены механизмы цунамигенных источников в Атлантическом океане и Мексиканском заливе [II-13]. Источники, подробно описанные в этом отчете, используются сотрудниками КЯР в качестве отправной точки для оценки опасности цунами для предлагаемых площадок, расположенных вблизи этих водоемов. Исследования в этой области продолжаются, и в будущем могут появиться дополнительные ссылки и характеристики источников.

Методы моделирования цунами

II-38. В рамках процесса лицензирования сотрудники рассматривают вычислительные модели, используемые при анализе опасности цунами. Должны быть использованы такие модели распространения цунами, как модели, используемые НОАА, которые опубликованы в рецензируемой независимыми экспертами литературе и проверены посредством обширных испытаний.

II-39. Сотрудники рассматривают распространение вероятных максимальных волн цунами от источника к предлагаемой площадке. При необходимости, для моделирования распространения вероятных максимальных волн цунами в глубоких водах должно быть использовано приближение мелководных волн. Моделирование распространения вероятных максимальных волн цунами на мелководье, где приближение мелководных волн неприемлемо, должно осуществляться с помощью подходов, включающих нелинейную волновую динамику.

II-40. Сотрудники рассматривают параметры модели и входные данные, используемые для моделирования распространения возможных максимальных волн цунами в направлении площадки. Должны быть описаны параметры модели и выбраны консервативные значения. Должны быть описаны все другие данные, используемые в качестве входных данных модели, и необходимо указать их соответствующие источники. Обычно для площадок в США достаточно данных батиметрии и топографии, которые архивируются и поддерживаются Национальным центром геофизических

данных НОАА [II–14], СГГК США и Инженерным корпусом армии США. Однако для некоторых площадок могут потребоваться дополнительные данные.

II–41. НОАА отвечает за разработку стандартов точности имитационных моделей цунами для федерального правительства США и за проведение исследований в поддержку Национальной программы по уменьшению опасности цунами. В частности, НОАА при финансовой поддержке Агентства США по международному развитию разработало интерфейсный инструментарий под названием «Интерфейс моделирования цунами для сообществ» (ComMIT) [II–15], который позволяет отдельным лицам и учреждениям использовать модели сейсмических источников, инструментальные средства и данные НОАА. Этот инструментарий, если он применяется соответствующим образом подготовленным аналитиком в сочетании с высококачественной местной батиметрической информацией, может использоваться для проведения анализа опасности цунами во многих местах как в США, так и за их пределами. Любой аналитик, использующий этот инструментарий, должен сначала выполнить контрольные тестовые задачи, представленные на веб-сайте НОАА.

II–42. КЯР намеревается использовать инструментарий ComMIT по мере необходимости и будет продолжать работать с НОАА над совершенствованием своих методов и рекомендаций. Для цунамигенных источников, связанных с оползнями, требуются альтернативные методы и инструментарии. Продолжается разработка руководящих материалов по моделированию оползневых цунами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ К ПРИЛОЖЕНИЮ II²

- [II–1] JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, Tsunami Assessment Method for Nuclear Power Plants in Japan, Technical Document (2002),
http://www.jsce.or.jp/committee/ceofnp/Tsunami/eng/JSCE_Tsunami_060519.pdf
(in English)

² Ссылки [II–4]–[II–15] доступны либо в системе ADAMS КЯР с использованием кодового номера ML (если указан), либо в онлайн-овом читальном зале КЯР. Доступ к обеим системам можно получить через веб-сайт КЯР: <http://www.nrc.gov>.

- [II-2] YANAGISAWA, K., et al., Tsunami Assessment for Risk Management at Nuclear Power Facilities in Japan, *Pure Appl. Geophys.* 164 (2007) 565–576.
- [II-3] IMAMURA, F., ABE, I. History and challenge of tsunami warning system in Japan, *J. Disas. Res.* 4 4 (2009).
- [II-4] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, 10 CFR Part 100. Title 10, Energy, Part 100, Reactor Site Criteria, NRC, Washington, DC.
- [II-5] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, 10 CFR Part 50. Code of Federal Regulations. Title 10, Energy, Part 50, Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities, NRC, Washington, DC.
- [II-6] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, 10 CFR Part 52. Code of Federal Regulations. Title 10, Energy, Part 52, Early Site Permits; Standard Design Certifications; and Combined License for Nuclear Power Plants, NRC, Washington, DC (2010).
- [II-7] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Design Floods for Nuclear Power Plants, Regulatory Guide 1.59, NRC, Washington, DC (1977).
- [II-8] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, LWR Edition, NUREG 0-800, Office of Nuclear Reactor Regulations, NRC, Washington, DC (2007).
- [II-9] GONZALEZ, F.I., et al, Scientific and Technical Issues in Tsunami Hazard Assessment of Nuclear Power Plant Sites, NOAA Technical Memorandum OAR PMEL-136, Pacific Marine Environmental Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle, WA (2007).
- [II-10] PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY, Tsunami Hazard Assessment at Nuclear Power Plant Sites in the United States of America, Rep. NUREG/CR-6966, PNNL-17397 (2009) (доступны для скачивания в читальном зале КЯР).
- [II-11] AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE/AMERICAN NUCLEAR SOCIETY, Determining Design Basis Flooding at Power Reactor Sites, ANSI/ANS-2.8-1992, New York, NY (1992) (отсутствует на сайте КЯР).
- [II-12] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Ultimate Heat Sink for Nuclear Power Plants, Regulatory Guide 1.27, Revision 2, NRC, Washington, DC (1976).
- [II-13] TEN BRINK, U.S., et al., Atlantic and Gulf of Mexico Tsunami Hazard Assessment Group, Evaluation of Tsunami Sources with the Potential to Impact the US Atlantic and Gulf Coasts: An Updated Report to the Nuclear Regulatory Commission, US Geological Survey Administrative Rep. ML082960196, Woods Hole, MA (2008).
- [II-14] NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, NATIONAL GEOPHYSICAL DATA CENTER, NOAA/WDC Historical Tsunami Database at the National Geophysical Data Center, http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml
- [II-15] NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, Community Model Interface for Tsunami (ComMIT). Загрузка и документация доступны по адресу: <http://nctr.pmel.noaa.gov/ComMIT>.

Приложение III

СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОЙ КОМИССИИ

III–1. Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) Организации Объединенных Наций по экономическим, социальным и культурным вопросам имеет мандат на осуществление и координацию деятельности систем предупреждения о цунами по всему миру, во всех океанах и морях, которые могут быть затронуты цунами. Основные компоненты управления этой системой указаны в следующих ниже пунктах.

III–2. МОК помогает правительствам решать проблемы, связанные с океаном и побережьем, путем обмена знаниями, информацией и технологиями, а также путем координации национальных программ.

III–3. Межправительственные координационные группы являются вспомогательными органами МОК. Они проводят совещания в целях продвижения, организации и координации региональной деятельности по смягчению последствий цунами, включая выпуск своевременных предупреждений о цунами. Эти группы состоят из национальных представителей по связи из государств определенного региона. В настоящее время существуют межправительственные координационные группы по системам предупреждения о цунами и смягчения их последствий в Тихом океане, Индийском океане, Карибском бассейне и прилегающих районах, в северо-восточной части Атлантического океана, а также в Средиземном море и прилегающих морях.

III–4. В 2005 году резолюцией ITSU-XX.1 20-й сессии Межправительственной координационной группы по Системе предупреждения о цунами в Тихом океане название этой группы было изменено на: Межправительственная координационная группа по Системе предупреждения о цунами в Тихом океане и смягчения их последствий. В настоящее время в состав Межправительственной координационной группы по Системе предупреждения о цунами в Тихом океане и смягчения их последствий входят 28 государств.

III–5. Межправительственная координационная группа по Системе предупреждения о цунами в Индийском океане и смягчению их последствий была учреждена в соответствии с резолюцией XXIII–12 23-й сессии Генеральной Ассамблеи Межправительственной океанографической комиссии в 2005 году. Функции Секретариата Системы предупреждения о цунами в Индийском океане и смягчения их последствий выполняет Бюро региональной программы Межправительственной океанографической комиссии в Перте, Австралия. В настоящее время членами этой группы являются 27 государств [III–1].

III–6. В соответствии с резолюцией XXIII–14 23-й сессии Генеральной Ассамблеи Межправительственной океанографической комиссии в 2005 году была учреждена Межправительственная координационная группа по Системе предупреждения о цунами и опасности других бедствий в прибрежных районах Карибского бассейна и прилегающих регионах. В состав этой группы входят в основном государства — члены МОК и региональные организации из более широкого Карибского региона [III–1].

III–7. В соответствии с резолюцией XXIII–13 23-й сессии Генеральной Ассамблеи Межправительственной океанографической комиссии в 2005 году была учреждена Межправительственная координационная группа по системе раннего предупреждения о цунами и смягчения их последствий в Северо-Восточной Атлантике, Средиземном море и прилегающих морях. В состав этой группы в основном входят государства — члены МОК, граничащие с Северо-Восточной Атлантикой, а также граничащие со Средиземным морем или прилегающих морями или находящиеся в их пределах [III–1].

ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ЦЕНТРОВ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ И РУКОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ

III–8. Основными рабочими компонентами систем мониторинга цунами и предупреждения о цунами являются:

- сеть сейсмического мониторинга в режиме реального времени;
- сеть мониторинга уровня моря в режиме реального времени;
- сеть центров предупреждения о цунами и наблюдения за цунами;
- центры сейсмического оповещения.

III–9. Поскольку источниками большинства крупных цунами являются землетрясения, первые сведения о возможном возникновении цунами поступают из сейсмологических центров и цунами-центров. Мониторинг значительной сейсмической активности в глобальном и региональном масштабе осуществляют по всему миру несколько глобальных сетей. Большинство центров сейсмического оповещения распространяют информационные сообщения о сильных землетрясениях примерно через 20 минут после их возникновения. Эти бюллетени или сообщения распространяются через Интернет или другие каналы связи.

III–10. Центр предупреждения о цунами — это центр, который выпускает своевременные информационные сообщения о цунами. Региональные центры предупреждения о цунами отслеживают и предоставляют государствам связанную с цунами информацию о потенциальных цунами в океанах с использованием глобальных сетей данных. Зачастую они выпускают сообщения уже через 10–15 минут после землетрясения. Примером регионального центра предупреждения о цунами является Тихоокеанский центр предупреждения о цунами, который предоставляет международные предупреждения о цунами государствам Тихоокеанского бассейна. Примерами субрегиональных центров предупреждения о цунами являются Консультативный центр по цунами для северо-западной части Тихого океана, находящийся в ведении Японского метеорологического агентства, и Центр предупреждения о цунами на западном побережье и Аляске, находящийся в ведении Национальной метеорологической службы НОАА США. После цунами в апреле 2005 года Тихоокеанский центр предупреждения о цунами и Японское метеорологическое агентство действовали в качестве временного регионального центра предупреждения о цунами в Индийском океане. С 2006 года Тихоокеанский центр предупреждения о цунами также выполняет функции временного регионального центра предупреждения о цунами для государств Карибского бассейна. Местные центры предупреждения о цунами отслеживают и предоставляют связанную с цунами информацию о потенциальных местных цунами, которые могут обрушиться в течение нескольких минут. Местные центры предупреждения о цунами должны выпустить предупреждение в течение нескольких минут. Руководящие материалы по эксплуатации для пользователей изложены в публикации [III–2].

III–11. Оперативные сообщения, предоставляемые региональными центрами предупреждения и наблюдения, в целом описаны в публикации [III–3]. Эти сообщения могут быть информационными, оповещающими или предупредительными и основываются на имеющихся сейсмологических

данных и данных об уровне моря, оцененных центром предупреждения о цунами, или на оценках, полученных центром предупреждения о цунами от других учреждений, осуществляющих мониторинг. Такие сообщения носят рекомендательный характер для официально назначенных учреждений по реагированию на аварийные ситуации в государствах — членах МОК. Уровень опасности может быть различным для разных морей и океанов ввиду размера, морфологии и сейсмотектонических характеристик каждого бассейна.

III–12. Предупреждение о цунами является наивысшим уровнем сигнала тревоги в случае возникновения цунами в Тихоокеанском бассейне. Предупреждения выпускаются центрами предупреждения о цунами после подтверждения разрушительной волны цунами или угрозы надвигающегося цунами. Первоначально предупреждения основывались только на сейсмической информации без подтверждения цунами, с тем чтобы как можно раньше предупредить население, подвергающееся риску. Предупреждения первоначально переводят ограниченную зону в состояние, когда требуется, чтобы все прибрежные районы в регионе были готовы к предстоящему наводнению. Впоследствии, не реже одного раза в час или как того требуют условия, выпускаются текстовые бюллетени с целью расширения, ограничения или прекращения действия предупреждения. В случае подтверждения цунами, поскольку оно может причинить ущерб на расстоянии более 1000 км от эпицентра, действие предупреждения может быть распространено на более обширную территорию. Эти предупреждающие сообщения содержат информацию о землетрясении (регион, координаты эпицентра, время возникновения и магнитуда). Когда цунами подтверждается, добавляется информация о волнах (амплитуда, период), а также о расчетном времени прибытия вдоль береговой линии соответствующего бассейна. Время прибытия в ближайшую к площадке точку прогноза даст примерное время прихода первой волны цунами на площадку.

III–13. В будущем планируется подготовить практическое руководство для пользователей по другим регионам, помимо Тихоокеанского бассейна. Новое руководство и новые версии сообщений будут доступны в МОК и в Международном центре информации о цунами.

III–14. Станция измерения уровня моря представляет собой систему, состоящую из таких устройств, как мареограф для измерения уровня воды в море (подъема и падения уровня), платформа сбора данных для получения, оцифровки и архивирования информации об уровне воды в море в цифровой

форме и, во многих случаях, система передачи данных для доставки данных с полевой станции в центральный центр сбора данных. Конкретные требования к выборке и передаче данных зависят от применения.

- Для локального мониторинга цунами необходимы потоки данных с дискретизацией от 1 с до 1 мин в режиме реального времени.
- Для удаленных цунами центры предупреждения могут предоставлять надлежащие предупреждения, используя данные, полученные в режиме, близком к режиму реального времени (данные с дискретизацией 1 мин передаются каждые 1–15 мин).
- Существуют различные системы телекоммуникаций, такие как Глобальная система телесвязи ВМО или Глобальная широкополосная сеть (спутниковая интернет-сеть Инмарсат).

Мареограф является наиболее распространенным датчиком станции измерения уровня воды в море, применяемым для мониторинга и регистрации приливов, цунами и штормовых нагонов.

III–15. Цунаметр, второй тип станции измерения уровня моря, представляет собой прибор для раннего обнаружения, измерения и сообщения в реальном времени о цунами в открытом океане.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЯ III

- [III–1] INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION, Twenty-third Session of the Assembly, Paris, 21–30 June 2005, Reports of Governing and Major Subsidiary Bodies, No. 109, UNESCO, Paris (2005).
- [III–2] INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION, Operational User's Guide for the Pacific Tsunami Warning and Mitigation System (PTWS), Technical Series No. 87, UNESCO, Paris (2009).
- [III–3] INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION, Tsunami Glossary, Technical Series No. 85, UNESCO, Paris (2008).

Приложение IV

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

ОТЧЕТЫ ОБ ОЦЕНКЕ, ПОДГОТОВЛЕННЫЕ МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ ГРУППОЙ ЭКСПЕРТОВ ПО ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

IV–1. Почти все государства подготовили оценки изменения климата в прошлом на своей территории, как правило, охватывающие двадцатый век или его часть. В третьем (2001 год) и четвертом (2007 год) отчетах об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) был проведен анализ экстремальных климатических параметров во всем мире с использованием единого подхода, основанного на согласованных на международном уровне климатических показателях, разработанных группой экспертов по обнаружению и показателям изменения климата ВМО/Всемирной программы исследований климата/Совместной Технической комиссии ВМО — МОК по океанографии и морской метеорологии. Анализ экстремальных явлений в значительной степени способствовали и до сих пор помогают региональные специализированные семинары-практикумы по изменению климата, организуемые ВМО.

IV–2. В нескольких десятках национальных исследовательских центров разработаны и эксплуатируются собственные глобальные и/или региональные климатические модели различной сложности. Как правило, эти центры создавали специальный веб-сайт и выпускали публикации, с помощью которых потенциальные пользователи могут узнать, как использовать моделирование климата, особенно в целях адаптации.

IV–3. Глобальная координация с целью оценки глобального и регионального изменения климата на предстоящие десятилетия и столетия является обязанностью МГЭИК. Климатические прогнозы основаны на наборе согласованных на международном уровне сценариев (Специальный доклад о сценариях выбросов) выбросов парниковых газов и аэрозолей, соответствующих различным путям развития общества и экономики во всем мире. Во многих модельных экспериментах, выполненных для Четвертого оценочного доклада МГЭИК, рассчитывалось подмножество климатических данных группы экспертов по обнаружению и показателям изменения климата ВМО/Всемирной программы исследований климата/Совместной Технической комиссии ВМО — МОК по океанографии

и морской метеорологии с целью обеспечить метрику для проверки того, насколько хорошо модели имитируют экстремальные явления. Прогнозируемые изменения этих показателей являются индикаторами изменений экстремальных климатических явлений в будущем.

IV–4. Обобщающие доклады, отражающие уровень знаний, публикуются МГЭИК в виде оценочных докладов [IV–1, IV–2]. Эти доклады включают данные о наблюдаемых и мультимодельных прогнозируемых изменениях климатических параметров и показателей, охватывающие как средние, так и экстремальные значения в глобальном и региональном масштабе (таблица IV–1). Эти доклады размещены на веб-сайте МГЭИК.

IV–5. В целях адаптации крупномасштабной информации к конкретным условиям, преобладающим в более мелких масштабах, были разработаны методики локализации с использованием как динамических, так и статистических методов.

IV–6. В рамках Всемирной программы исследований климата был реализован архив наборов мультимодельных данных, созданный с целью облегчения доступа к выходным данным климатических моделей в цифровой форме.

IV–7. Наконец, важно напомнить, что, как указано в Четвертом оценочном докладе МГЭИК, «потепление климатической системы не вызывает сомнений» и что «большая часть наблюдаемого повышения глобальных средних температур с середины XX века, *скорее всего*, связана с наблюдаемым увеличением антропогенных концентраций парниковых газов».

IV–8. Вопрос антропогенного изменения климата будет и далее обсуждаться на международном уровне, особенно под эгидой МГЭИК и Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата.

ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ

IV–9. В качестве общей ориентировки следует рассматривать следующие изменения глобально усредненных параметров (2090–2099 годы по отношению к 1980–1999 годам):

- *повышение температуры воздуха*: наилучшая оценка 1,8–4,0°C (1,1–6,4°C, включая вероятный диапазон неопределенности для каждого из рассмотренных сценариев вследствие различных откликов климатических моделей);
- *подъем среднего уровня моря*: 18–59 см.

IV–10. Однако за этими глобальными средними значениями скрывается большая географическая изменчивость. Более релевантные оценки (особенно для экстремальных климатических явлений и показателей) должны быть оценены с использованием многомодельного моделирования климата МГЭИК, а региональная информация локализована на их основе с должным учетом следующего:

- хотя прогнозы изменения климата и его последствий до 2030 года относительно независимы от сценариев, примерно после 2050 года они сильно зависят от сценариев и моделей, и для получения более качественных прогнозов потребуется более глубокое понимание источников неопределенности;
- достоверность прогнозов выше для одних переменных (например, температуры), чем для других (например, осадков), а также для больших пространственных масштабов и более длительных периодов усреднения по времени;
- оценки местных воздействий затруднены ввиду неопределенностей в отношении региональных прогнозов изменения климата, в частности осадков;
- понимание событий с низкой вероятностью и значительными последствиями, которое требуется для подходов к принятию решений, основанных на оценке риска, обычно ограничено.

IV–11. Периодически обновляемая информация об изменении климата позволит:

- лучше определять, какие типы изменений уже происходят, а какие, где и когда, вероятно, произойдут;

— улучшить оценки порядков величины ожидаемых изменений (в первую очередь для параметров, связанных с температурой) с соответствующими неопределенностями; например, несколько исследований показали, что периоды повторяемости экстремальных явлений могут быть значительно сокращены примерно в 1000 раз, если оценка выполняется с использованием значений, соответствующих концу XXI века. Например, высокие температуры в Западной Европе летом 2003 года были оценены с периодом повторяемости 2000–3000 лет в современных климатических условиях, тогда как они могут составлять всего 2–3 года, если оценка включает значения и неопределенности по состоянию на конец XXI века.

ТАБЛИЦА IV-1. ПОСЛЕДНИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ТЕНДЕНЦИИ И ПРОГНОЗЫ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ, В ОТНОШЕНИИ КОТОРЫХ НАБЛЮДАЕТСЯ ТЕНДЕНЦИЯ В КОНЦЕ XX ВЕКА [IV-1, IV-2]

Явление и направление тенденции	Вероятность того, что тенденция возникла в конце XX века (обычно после 1980 года)	Вероятность вклада антропогенного фактора в наблюдаемую тенденцию	Вероятность будущих тенденций на основе прогнозов на XXI век с использованием сценариев Специального доклада о сценариях выбросов
Менее холодные дни и ночи и меньшее их количество на большей части суши.	Весьма вероятно	Вероятно	Практически наверняка
Более теплые и более частые жаркие дни и ночи на большей части суши.	Весьма вероятно	Вероятно (ночи)	Практически наверняка
Потепления/жаркие периоды.	Вероятно	Скорее вероятно, чем нет	Весьма вероятно
Частота увеличивается в большинстве районов суши.			
Интенсивные осадки.	Вероятно	Скорее вероятно, чем нет	Весьма вероятно

ТАБЛИЦА IV-1. ПОСЛЕДНИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ТЕНДЕНЦИИ И ПРОГНОЗЫ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ, В ОТНОШЕНИИ КОТОРЫХ НАБЛЮДАЕТСЯ ТЕНДЕНЦИЯ В КОНЦЕ XX ВЕКА [IV-1, IV-2] (продолжение)

Явление и направление тенденции	Вероятность того, что тенденция возникла в конце XX века (обычно после 1980 года)	Вероятность вклада антропогенного фактора в наблюдаемую тенденцию	Вероятность будущих тенденций на основе прогнозов на XXI век с использованием сценариев Специального доклада о сценариях выбросов
Частота (и доля общего количества дождей в интенсивных осадках) увеличивается в большинстве районов.	Вероятно во многих регионах с 1970-х годов.	Скорее вероятно, чем нет	Увеличение количества осадков весьма вероятно в высоких широтах, в то время как к 2100 году вероятно уменьшение количества осадков в большинстве субтропических регионов суши с сохранением наблюдаемых закономерностей в недавних тенденциях.
Увеличение территории, пораженных засухами (и снижение водообеспеченности).	Вероятно	Скорее вероятно, чем нет	Вероятно
Увеличение числа случаев экстремально высокого уровня моря (исключая цунами).	Вероятно	Скорее вероятно, чем нет	Вероятно

ТАБЛИЦА IV-1. ПОСЛЕДНИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ТЕНДЕНЦИИ И ПРОГНОЗЫ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ, В ОТНОШЕНИИ КОТОРЫХ НАБЛЮДАЕТСЯ ТЕНДЕНЦИЯ В КОНЦЕ XX ВЕКА [IV-1, IV-2] (продолжение)

Явление и направление тенденции	Вероятность того, что тенденция возникла в конце XX века (обычно после 1980 года)	Вероятность вклада антропогенного фактора в наблюдаемую тенденцию	Вероятность будущих тенденций на основе прогнозов на XXI век с использованием сценариев Специального доклада о сценариях выбросов
Внетропические циклоны			
— Изменения частоты и положения;			Вероятно (согласуется с прогнозами модели общей циркуляции атмосферы и океана). Уменьшение общего числа внетропических циклонов.
— Изменение интенсивности штормов и ветров;			Незначительное смещение к полюсам траекторий штормов и связанных с ними осадков, особенно зимой.
			Вероятно (согласуется с большинством прогнозов моделей общей циркуляции атмосферы и океана, но не проанализировано явным образом для всех моделей).
			Увеличение числа интенсивных циклонов и связанных с ними сильных ветров, особенно зимой над Северной Атлантикой, Центральной Европой и Южным островом Новой Зеландии.
			Скорее вероятно, чем нет.
			Увеличение ветреной погоды в Северной Европе и уменьшение ветреной погоды в средиземноморской Европе.

ТАБЛИЦА IV-1. ПОСЛЕДНИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА НА ТЕНДЕНЦИИ И ПРОГНОЗЫ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ, В ОТНОШЕНИИ КОТОРЫХ НАБЛЮДАЕТСЯ ТЕНДЕНЦИЯ В КОНЦЕ XX ВЕКА [IV-1, IV-2] (продолжение)

Явление и направление тенденции	Вероятность того, что тенденция возникла в конце XX века (обычно после 1980 года)	Вероятность вклада антропогенного фактора в наблюдаемую тенденцию	Вероятность будущих тенденций на основе прогнозов на XXI век с использованием сценариев Специального доклада о сценариях выбросов
— Увеличенная высота волн.			Вероятно (на основе прогнозируемых изменений внетропических штормов). Увеличение частоты возникновения высоких волн в большинстве проанализированных районов средних широт, в частности в Северном море.

Примечание. Терминология МГЭИК в отношении вероятности/вероятности возникновения/результата:

практически наверняка	вероятность >99%;
крайне вероятно	вероятность >95%;
весьма вероятно	вероятность >90%;
вероятно	вероятность >66%;
скорее вероятно, чем нет	вероятность >50%;
почти так же вероятно, как и нет	вероятность 33–66%;
скорее вероятно, чем нет	вероятность <50%;
маловероятно	вероятность <33%;
весьма маловероятно	вероятность <10%;
крайне маловероятно	вероятность <5%;
исключительно маловероятно	вероятность <1%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ К ПРИЛОЖЕНИЮ IV

- [IV-1] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva (2007) 104.
- [IV-2] SOLOMON, S., et al., Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge (2007),
<http://www1.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

СОСТАВИТЕЛИ И РЕЦЕНЗЕНТЫ

Bagchi, G.	Комиссия по ядерному регулированию, Соединенные Штаты Америки
Bessemoulin, P.	МЕТЕО-ФРАНЦИЯ, Франция
Chen, P.	Всемирная метеорологическая организация
Cook, C.	Комиссия по ядерному регулированию, Соединенные Штаты Америки
Godoy, A.	Международное агентство по атомной энергии
Harvey, R.B.	Комиссия по ядерному регулированию, Соединенные Штаты Америки
Imamura, F.	Университет Тохоку, Япония
Kammerer, A.	Комиссия по ядерному регулированию, Соединенные Штаты Америки
Mahmood, H.	Пакистанская комиссия по атомной энергии, Пакистан
Rebour, V.	Институт радиационной защиты и ядерной безопасности, Франция
Riera, J.	Федеральный университет Рио-Гранде-ду-Сул, Бразилия
Sakai, T.	Токийская электроэнергетическая компания, Япония
Satake, K.	Токийский университет, Япония
Schindel�, F.	Комиссариат по атомной энергии и альтернативным источникам энергии, Франция
Sollogoub, P.	Международное агентство по атомной энергии
Thuma, G.	«Гезельшафт фюр анлаген унд реакторзихерхайт мбХ», Германия
Uchiyama, Y.	Организация по безопасности ядерной энергетики Японии, Япония

ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ОДОБРЕНИИ НОРМ БЕЗОПАСНОСТИ МАГАТЭ

Звездочкой отмечены члены-корреспонденты. Членам-корреспондентам направляются проекты документов на отзыв, а также другая документация, но они, как правило, не принимают участия в работе совещаний. Двумя звездочками отмечены заместители.

Комиссия по нормам безопасности

Австралия: Loy, J.; Аргентина: González, A.J.; Бельгия: Samain, J.-P.; Бразилия: Vinhas, L.A.; Вьетнам: Le-chi Dung; Германия: Majer, D.; Египет: Barakat, M.; Израиль: Levanon, I.; Индия: Sharma, S.K.; Испания: Barceló Vernet, J.; Канада: Jammal, R.; Китай: Liu Hua; Корея, Республика: Choul-Но Yun; Литва: Maksimovas, G.; Пакистан: Rahman M.S.; Российская Федерация: Адамчик, С.; Соединенное Королевство: Weightman, M.; Соединенные Штаты Америки: Virgilio, M.; Украина: Mykolaichuk, O.; Финляндия: Laaksonen, J.; Франция: Lacoste, A.-C. (председатель); Швеция: Larsson, С.М.; Южная Африка: Magugumela, M.T.; Япония: Fukushima, A.; Агентство по ядерной энергии ОЭСР: Yoshimura, U.; Европейская комиссия: Faross, P.; Консультативная группа по вопросам физической ядерной безопасности: Hashmi, J.A.; МАГАТЭ: Delattre, D. (координатор); Международная группа по ядерной безопасности: Meserve, R.; Международная комиссия по радиологической защите: Holm, L.-E.; председатели комитетов по нормам ядерной безопасности: Brach, E.W. (ТРАНССК); Magnusson, S. (РАССК); Pather, T. (ВАССК); Vaughan, G.J. (НУССК).

Комитет по нормам ядерной безопасности

*Австралия: Le Cann, G.; Австрия: Sholly, S.; Алжир: Merrouche, D.; Аргентина: Waldman, R.; Бельгия: De Boeck, B.; *Болгария: Gledachev, Y.; Бразилия: Gromann, A.; Венгрия: Adorján, F.; Гана: Emi-Reynolds, G.; Германия: Wassilew, С.; *Греция: Camarinopoulos, L.; Египет: Ibrahim, M.; Израиль: Hirshfeld, H.; Индия: Vaze, K.; Индонезия: Antariksawan, A.; Иран, Исламская Республика: Asgharizadeh, F.; Испания: Zarzuela, J.; Италия: Vaва, G.; Канада: Rzentkowski, G.; *Кипр: Demetriades, P.; Китай: Jingxi Li; Корея, Республика: Hyun-Koon Kim; Ливийская Арабская Джамахирия: Abuzid, O.; Литва: Demčenko, M.; Малайзия: Azlina Mohammed Jais; Марокко: Soufi, I.; Мексика: Carrera, A.; Нидерланды: van der Wiel, L.; Пакистан:*

Habib, M.A.; *Польша*: Jurkowski, M.; *Российская Федерация*: Баранаев, Ю.; *Румыния*: Biro, L.; *Словакия*: Uhrík, P.; *Словения*: Vojnovič, D.; *Соединенное Королевство*: Vaughan, G.J. (председатель); *Соединенные Штаты Америки*: Mayfield, M.; *Тунис*: Baccouche, S.; *Турция*: Bezdegumeli, U.; *Украина*: Shumkova, N.; *Уругвай*: Nader, A.; *Финляндия*: Järvinen, M.-L.; *Франция*: Feron, F.; *Хорватия*: Valčić, I.; *Чешская Республика*: Šváb, M.; *Швейцария*: Flury, P.; *Швеция*: Hallman, A.; *Южная Африка*: Leotwane, W.; *Япония*: Kanda, T.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР*: Reig, J.; **Всемирная ядерная ассоциация*: Borysova, I.; *Европейская комиссия*: Vigne, S.; *МАГАТЭ*: Feige, G. (координатор); *Международная организация по стандартизации*: Sevestre, B.; *Международная электротехническая комиссия*: Bouard, J.-P.; *ФОРАТОМ*: Fourest, B.

Комитет по нормам радиационной безопасности

Австралия: Melbourne, A.; **Австрия*: Karg, V.; **Алжир*: Chelbani, S.; *Аргентина*: Massera, G.; *Бельгия*: van Bladel, L.; **Болгария*: Katsarska, L.; *Бразилия*: Rodriguez Rochedo, E.R.; *Венгрия*: Koblinger, L.; *Гана*: Amoako, J.; *Германия*: Helming, M.; **Греция*: Kamenopoulou, V.; *Дания*: Øhlenschläger, M.; *Египет*: Hassib, G.M.; *Израиль*: Koch, J.; *Индия*: Sharma, D.N.; *Индонезия*: Widodo, S.; *Иран, Исламская Республика*: Kardan, M.R.; *Ирландия*: Colgan, T.; *Исландия*: Magnússon, S. (председатель); *Испания*: Amor Calvo, I.; *Италия*: Bologna, L.; *Канада*: Clement, C.; **Кипр*: Demetriades, P.; *Китай*: Huating Yang; *Корея, Республика*: Byung-Soo Lee; **Куба*: Betancourt Hernandez, L.; **Латвия*: Salmins, A.; *Ливийская Арабская Джамахирия*: Busitta, M.; *Литва*: Mastauskas, A.; *Малайзия*: Hamrah, M.A.; *Марокко*: Tazi, S.; *Мексика*: Delgado Guardado, J.; *Нидерланды*: Zuur, C.; *Норвегия*: Saxebol, G.; *Пакистан*: Ali, M.; *Парагвай*: Romero de Gonzalez, V.; *Польша*: Merta, A.; *Португалия*: Dias de Oliveira, A.M.; *Российская Федерация*: Савкин, М.; *Румыния*: Rodna, A.; *Словакия*: Jurina, V.; *Словения*: Sutej, T.; *Соединенное Королевство*: Robinson, I.; *Соединенные Штаты Америки*: Lewis, R.; **Таиланд*: Suntarapai, P.; *Тунис*: Chékir, Z.; *Турция*: Окуар, Н.В.; *Украина*: Pavlenko, T.; **Уругвай*: Nader, A.; *Филиппины*: Valdezco, E.; *Финляндия*: Markkanen, M.; *Франция*: Godet, J.-L.; *Хорватия*: Kralik, I.; *Чешская Республика*: Petrova, K.; *Швейцария*: Piller, G.; *Швеция*: Almen, A.; *Эстония*: Lust, M.; *Южная Африка*: Olivier, J.H.I.; *Япония*: Kiryu, Y.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР*: Lazo, T.E.; *Всемирная организация здравоохранения*: Carr, Z.; *Всемирная ядерная ассоциация*: Saint-Pierre, S.; *Европейская комиссия*: Janssens, A.; *МАГАТЭ*: Voal, T. (координатор); *Международная ассоциация поставщиков и производителей источников*: Fasten, W.; *Международная комиссия по радиологической*

защите: Valentin, J.; *Международная организация по стандартизации*: Rannou, A.; *Международная электротехническая комиссия*: Thompson, I.; *Международное бюро труда*: Niu, S.; *Научный комитет Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации*: Stick, M.; *Панамериканская организация здравоохранения*: Jiménez, P.; *Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций*: Byron, D.

Комитет по нормам безопасности перевозки

Австралия: Sarkar, S.; *Австрия*: Kirchnawu, F.; *Аргентина*: López Vietri, J.; ***Сапародона*, N.M.; *Бельгия*: Cottens, E.; *Болгария*: Bakalova, A.; *Бразилия*: Xavier, A.M.; *Венгрия*: Sáfár, J.; *Гана*: Emi-Reynolds, G.; *Германия*: Rein, H.; **Nitsche*, F.; ***Alter*, U.; **Греция*: Vogiatzi, S.; *Дания*: Breddam, K.; *Египет*: El-Shinawu, R.M.K.; *Израиль*: Koch, J.; *Индия*: Agarwal, S.P.; *Индонезия*: Wisnubroto, D.; *Иран, Исламская Республика*: Eshraghi, A.; **Емамжомех*, A.; *Ирландия*: Duffy, J.; *Испания*: Zamora Martin, F.; *Италия*: Trivelloni, S.; ***Orsini*, A.; *Канада*: Régimbald, A.; **Кипр*: Demetriades, P.; *Китай*: Xiaoqing Li; *Корея, Республика*: Dae-Hyung Cho; **Куба*: Quevedo Garcia, J.R.; *Ливийская Арабская Джамахирия*: Kekli, A.T.; *Литва*: Statkus, V.; *Малайзия*: Sobari, M.P.M.; ***Husain*, Z.A.; **Марокко*: Allach, A.; *Мексика*: Bautista Arteaga, D.M.; ***Delgado Guardado*, J.L.; *Нидерланды*: Ter Morshuizen, M.; **Новая Зеландия*: Ardouin, C.; *Норвегия*: Hornkjøl, S.; *Пакистан*: Rashid, M.; **Парагвай*: MoreTorres, L.E.; *Польша*: Dziubiak, T.; *Португалия*: Vuxo da Trindade, R.; *Российская Федерация*: Бучельников, А.Е.; *Соединенное Королевство*: Sallit, G.; *Соединенные Штаты Америки*: Boyle, R.W.; Brach, E.W. (председатель); *Таиланд*: Jerachanchai, S.; *Турция*: Ertürk, K.; *Украина*: Lopatin, S.; *Уругвай*: Nader, A.; **Cabral*, W.; *Финляндия*: Lahkola, A.; *Франция*: Landier, D.; *Хорватия*: Belamarić, N.; *Чешская Республика*: Ducháček, V.; *Швейцария*: Krietsch, T.; *Швеция*: Häggblom, E.; ***Svahn*, B.; *Южная Африка*: Hinrichsen, P.; *Япония*: Hanaki, I.; *Всемирная ядерная ассоциация*: Gorlin, S.; *Всемирный институт по ядерным перевозкам*: Green, L.; *Всемирный почтовый союз*: Bowers, D.G.; *Европейская комиссия*: Vinet, J.; *Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций*: Kervella, O.; *МАГАТЭ*: Stewart, J.T. (координатор); *Международная ассоциация воздушного транспорта*: Brennan, D.; *Международная ассоциация поставщиков и производителей источников*: Miller, J.J.; ***Roughan*, K.; *Международная морская организация*: Rahim, I.; *Международная организация гражданской*

авиации: Rooney, K.; Международная организация по стандартизации: Malesys, P.; Международная федерация ассоциаций линейных пилотов: Tisdall, A.; **Gessler, M.

Комитет по нормам безопасности отходов

Австралия: Williams, G.; **Австрия:* Fischer, H.; *Алжир:* Abdenacer, G.; *Аргентина:* Biaggio, A.; *Бельгия:* Blommaert, W.; **Болгария:* Simeonov, G.; *Бразилия:* Tostes, M.; *Венгрия:* Czoch, I.; *Гана:* Faanu, A.; *Германия:* Götz, C.; *Греция:* Tzika, F.; *Дания:* Nielsen, C.; *Египет:* Mohamed, Y.; *Израиль:* Dody, A.; *Индия:* Rana, D.; *Индонезия:* Wisnubroto, D.; *Иран, Исламская Республика:* Assadi, M.; **Zarghami, R.;* *Ирак:* Abbas, H.; *Испания:* Sanz Aludan, M.; *Италия:* Dionisi, M.; *Канада:* Howard, D.; *Кипр:* Demetriades, P.; *Китай:* Zhimin Qu; *Корея, Республика:* Won-Jae Park; *Куба:* Fernandez, A.; **Латвия:* Salmins, A.; *Ливийская Арабская Джамахирия:* Elfawares, A.; *Литва:* Paulikas, V.; *Малайзия:* Sudin, M.; **Марокко:* Barkouch, R.; *Мексика:* Aguirre Gómez, J.; *Нидерланды:* van der Shaaf, M.; *Пакистан:* Mannan, A.; **Парагвай:* Idoyaga Navarro, M.; *Польша:* Wlodarski, J.; *Португалия:* Flausino de Paiva, M.; *Словакия:* Homola, J.; *Словения:* Mele, I.; *Соединенное Королевство:* Chandler, S.; *Соединенные Штаты Америки:* Camper, L.; **Таиланд:* Supaokit, P.; *Тунис:* Bousselmi, M.; *Турция:* Özdemir, T.; *Украина:* Makarovska, O.; **Уругвай:* Nader, A.; *Финляндия:* Hutri, K.; *Франция:* Rieu, J.; *Хорватия:* Trifunovic, D.; *Чешская Республика:* Lietava, P.; *Швейцария:* Wannner, H.; *Швеция:* Frise, L.; *Эстония:* Lust, M.; *Южная Африка:* Pather, T. (председатель); *Япония:* Matsuo, H.; *Агентство по ядерной энергии ОЭСР:* Riotte, H.; *Всемирная ядерная ассоциация:* Saint-Pierre, S.; *Европейская комиссия:* Necheva, C.; *МАГАТЭ:* Siraky, G. (координатор); *Международная ассоциация поставщиков и производителей источников:* Fasten, W.; *Международная организация по стандартизации:* Hutson, G.; *Нормы безопасности европейских ядерных установок:* Lorenz, B.; **Нормы безопасности европейских ядерных установок:* Zaiss, W.



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

№ 26

ЗАКАЗ В СТРАНАХ

Платные публикации МАГАТЭ могут быть приобретены у перечисленных ниже поставщиков или в крупных книжных магазинах.

Заказы на бесплатные публикации следует направлять непосредственно в МАГАТЭ. Контактная информация приводится в конце настоящего перечня.

СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, USA

Тел.: +1 800 462 6420 • Факс: +1 800 338 4550

Эл.почта: orders@rowman.com • Сайт: <http://www.rowman.com/bernan>

ОСТАЛЬНЫЕ СТРАНЫ

Просьба связаться с местным поставщиком по вашему выбору или с вашим основным дистрибьютером:

Eurospan Group

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

London EC1R 5DB

United Kingdom

Торговые заказы и справочная информация:

Тел: +44 (0) 1767604972 • Факс: +44 (0) 1767601640

Эл.почта: eurospan@turpin-distribution.com

Индивидуальные заказы:

www.eurospanbookstore.com/iaea

Дополнительная информация:

Тел: +44 (0) 2072400856 • Факс: +44 (0) 2073790609

Эл.почта: info@eurospangroup.com • Сайт: www.eurospangroup.com

Заказы на платные и бесплатные публикации можно направлять напрямую по адресу:

Группа маркетинга и сбыта (Marketing and Sales Unit)

Международное агентство по атомной энергии

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

Телефон: +43 1 2600 22529 или 22530 • Факс: +43 1 26007 22529

Эл.почта: sales.publications@iaea.org • Сайт: <https://www.iaea.org/ru/publikacii>

Обеспечение безопасности с помощью международных норм

**МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ВЕНА**