

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКОВ ОПАСНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

И.В. ЛЕБЕДЕВА^{1*}, канд. техн. наук

Л.М. АРУТЮНЯН¹, канд. техн. наук

¹Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 1, г. Москва, 109428, Россия

Аннотация

Введение. Рассматривается общий подход к оценке риска опасных климатических явлений, в том числе гидрометеорологических нагрузок и воздействий на здания и сооружения. Приведен анализ основных критериев для выработки базовых параметров нагрузок, воздействий, влияний окружающей среды в целях обеспечения требуемой надежности и безопасности, а также предложены пути дальнейшего совершенствования нормативных документов по их учету.

Цель. Исследование опасных климатических явлений и разработка методики оценки климатических рисков для зданий и сооружений; совершенствование принципов нормирования в области нагрузок и воздействий на основе формирования общих подходов к методологии перехода на параметрическое нормирование в строительстве на территории Российской Федерации; оптимизация проектирования зданий и сооружений и повышение их экономической эффективности.

Материалы и методы. На основе анализа имеющихся в нормативной, научной и технической литературе данных предложен общий методологический подход и намечены пути решения некоторых важных задач оценки риска и последствий опасных климатических явлений для зданий и сооружений в условиях изменяющегося климата.

Результаты. Предложена инженерная методика оценки климатических рисков для зданий и сооружений при действии основных климатических угроз с учетом данных метеорологического и технического мониторингов на основе индексов климатической опасности.

Выводы. Для того чтобы сформулировать основные требования к оценке риска и уязвимости для зданий и сооружений при опасных климатических воздействиях, в первую очередь нужно их классифицировать, установить критические значения их расчетных параметров, а также определить, на какие конструкции они оказывают первоочередное влияние. Разработанная методика позволит учесть допускаемые повреждения зданий и сооружений от опасных климатических явлений с учетом степени тяжести последствий и разработать требования по защите несущих конструкций зданий и сооружений от опасных климатических процессов и явлений.

Ключевые слова: надежность, строительная конструкция, нагрузка, воздействие, опасные климатические явления, риск-информированный подход, климатические риски, защита зданий и сооружений

Для цитирования: Лебедева И.В., Арутюнян Л.М. Методика оценки рисков опасных климатических явлений для зданий и сооружений // Вестник НИЦ «Строительство». 2026. 1(48). С. 111–125. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-1\(48\)-111-125](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-1(48)-111-125)

Вклад авторов

Лебедева И.В. – подготовка публикации.

Арутюнян Л.М. – подготовка таблицы 3, редактирование статьи.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 12.02.2026

Поступила после рецензирования 01.03.2026

Принята к публикации 05.03.2026

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE RISKS OF DANGEROUS CLIMATIC PHENOMENA FOR BUILDINGS AND STRUCTURES

I.V. LEBEDEVA¹, Cand. Sci. (Engineering)

L.M. ARUTYUNYAN¹, Cand. Sci. (Engineering)

¹Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, 2nd Institut'skaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428, Russia

Abstract

Introduction. A general approach to risk assessment of dangerous climatic phenomena, including hydrometeorological loads and actions on buildings and structures, is considered. The analysis of the main criteria for the development of basic parameters of loads, actions, and environmental influences in order to ensure the required reliability and safety is presented, as well as ways to further improve regulatory documents on their accounting.

Aim. To study dangerous climatic phenomena and develop methods for assessing climate risks for buildings and structures; to improve the principles of rationing in the field of loads and actions based on the formation of common approaches to the methodology of transition to parametric rationing in construction in the Russian Federation; to optimize the design of buildings and structures and increase their economic efficiency.

Materials and methods. Based on the analysis of the data available in the regulatory, scientific and technical literature, a general methodological approach is proposed and ways to solve some important tasks of risk assessment and consequences of dangerous climatic phenomena for buildings and structures in a changing climate conditions are outlined.

Results. An engineering methodology for climate risk assessment for buildings and structures under the influence of major climate threats is proposed, taking into account meteorological and technical monitoring data based on climate hazard indices.

Conclusions. In order to formulate the basic requirements for risk assessment and vulnerability of buildings and structures under dangerous climatic conditions, first of all, it is necessary to classify them, establish critical values of their design parameters, and to determine which structures they primarily affect. The developed methodology will make it possible to take into account the permissible damage to buildings and structures from dangerous climatic phenomena, taking into account the severity of the consequences, and to develop requirements for the protection of load-bearing structures of buildings and structures from dangerous climatic processes and phenomena.

Keywords: reliability, building construction, load, action, climatic hazards, risk-informed approach, climatic risks, protection of buildings and structures

For citation: Lebedeva I.V., Arutyunyan L.M. Methodology for assessing the risks of dangerous climatic phenomena for buildings and structures. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*, 2026, 1(48), pp. 111–125. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-1\(48\)-111-125](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-1(48)-111-125)

Authors contribution statement

I.V. Lebedeva – publication preparation.

L.M. Arutyunyan – preparation of Table 3, editing of the article.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 12.02.2026

Revised 01.03.2026

Accepted 05.03.2026

Введение

Проблема обеспечения механической безопасности инженерных систем, включающих строительные конструкции зданий и сооружений, имеет два основополагающих направления, которые должны учитываться параллельно: обеспечение требуемого уровня надежности строительных конструкций; минимизация рисков для жизни людей, сохранности ценного оборудования, объектов жизнеобеспечения от действия экстремальных значений опасных климатических явлений и воздействий.

Требования к обеспечению механической безопасности, включающие необходимость проведения исследований в обоих направлениях, содержатся, в частности, в Федеральных законах № 384-ФЗ [1], № 184-ФЗ [2], ГОСТ 27751-2014 [3], ГОСТ Р 22.8.09-2014 [4], СП 20.13330.2016 [5], СП 292.1325800.2017 [6], СП 296.1325800.2017 [7], а также в международных стандартах, таких как ISO 13824:2020 [8].

Исследование опасных климатических явлений и разработка методики оценки климатических рисков для зданий и сооружений, а также мер защиты несущих конструкций является сложной и весьма актуальной задачей, включающей в себя широкий спектр аспектов: анализ имеющейся нормативной и технической отечественной и зарубежной литературы; оценка рисков возникновения опасных климатических воздействий аварийного характера (наводнения, тайфуны, смерчи, лесные пожары, экстремальные снегопады и т. п.) и критериев их учета при проектировании и расчете строительных конструкций зданий и сооружений; формулировка методов и критериев для анализа уязвимости (вероятного ущерба от наступления опасных климатических явлений), а также оценка потенциала адаптации строительных объектов к этим явлениям; разработка критериев оценки климатических рисков для территории размещения объекта с учетом данных метеорологического и технического мониторингов в условиях изменяющегося климата на основе индексов климатической опасности с целью обеспечения надежности строительных объектов в течение всего жизненного цикла сооружения, а также разработка требований к защите несущих конструкций рассмотренных зданий и сооружений.

Сооружение должно проектироваться таким образом, чтобы вероятность его отказа была примерно равна ее эффективному значению, превышение которого ведет к неэффективному расходованию средств на обеспечение безопасности сооружений. Это значение получается на основе анализа возможных опасных климатических явлений (ОКЯ) на этой территории по данным инженерно-гидрометеорологических, инженерно-геологических, сейсмологических изысканий и прогнозируемого ущерба от их реализации (как экономического, так и неэкономического ущерба, т. е. экологических бедствий, угрозы для жизни и здоровья людей, потери культурных и исторических ценностей и т. п.).

Анализ риска в общей постановке включает решение двух задач (инженерно-технической и инженерно-экономической) и ставит своей целью оптимизацию уровня надежности сооружений, т.е. создание оптимального соотношения единовременных затрат на возведение сооружений и распределенных во времени затрат на восстановление потерь от отказов в процессе их эксплуатации.

Проблема оценки риска от действия ОКЯ включает в себя решение трех независимых задач: определения степени опасности рассматриваемого вида ОКЯ, вероятности отказа элементов строительных конструкций зданий и сооружений от действия их экстремальных расчетных параметров и оценку последствий заданного воздействия.

Определение вероятности отказа предполагает оценку трех групп случайных величин: воздействий, характеристик материалов и геометрических параметров конструкций.

В настоящей статье рассматриваются некоторые аспекты предлагаемой методики оценки рисков опасных гидрометеорологических явлений и воздействий, перечень которых приведен в «Атласе природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации» [9], установлены критические значения их расчетных параметров, а также определено, на какие конструкции они оказывают первоочередное влияние. Сформулированы основные требования к оценке уязвимости для зданий и сооружений при опасных климатических воздействиях и критерии для оценки рисков превышения их расчетных параметров.

Классификация ОКЯ и нормативные требования по их учету

Данные о типовых перечнях опасных явлений (наводнения, тайфуны, смерчи, лесные пожары, экстремальные снегопады и т. п.), которые могут переходить в чрезвычайные ситуации и создавать бедствия и аварии, об их суммарной повторяемости, содержатся в руководящих документах Росгидромета, приведены в нормативных документах [9, 10], опубликованных в технической литературе в области гидрометеорологии [11–17] и других информационных источниках.

Далее рассмотрим опасные явления гидрометеорологической природы.

Гидрометеорологическая опасность – это угроза для зданий и сооружений, для социальной сферы, экосистем на рассматриваемой территории под воздействием ОКЯ.

К гидрометеорологическим явлениям относятся:

- метеорологические явления – природные процессы и явления, возникающие в нижней части атмосферы;
- гидрологические явления – природные процессы и явления, возникающие в гидросфере (за исключением акваторий морей и океанов);
- агрометеорологические явления – метеорологические и гидрологические явления или их сочетания, оказывающие воздействие на производство сельскохозяйственной продукции;
- морские гидрометеорологические явления – метеорологические и гидрологические явления или их сочетания, возникающие на акваториях морей и океанов, а также в морских устьях рек.

Для территории России с ее разнообразными геологическими и климатическими условиями характерен практически весь спектр опасных природных процессов и явлений, встречающихся на земном шаре (9). Наиболее значимые опасные явления (ОЯ), в том числе представляющие угрозу для строительных объектов, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные климатические показатели и факторы уязвимости от ОКЯ

Table 1

Key climate indicators and vulnerability factors from dangerous climatic phenomena

Наименование ОЯ	Климатический показатель и его критическое значение	Факторы уязвимости зданий и сооружений	Группа предельных состояний
Гидрометеорологические			
Ураганный ветер (ураган)	Ветер разрушительной силы. Максимальная скорость ветра (порыв) равна 33 м/с и более	Возможно обрушение конструкций зданий и сооружений, повреждение фасадов, рекламных щитов, опор и проводов ЛЭП и т. п.	I
Шквал	Резкое кратковременное усиление ветра в течение не менее 1 мин. Максимальная скорость ветра (порыв) равна 25 м/с и более	Повреждение фасадов, рекламных щитов, опор и проводов ЛЭП и т. п.	I
Тайфун	Резкое кратковременное усиление ветра в течение не менее 1 мин. На морской акватории. Максимальная скорость ветра (порыв) равна 25 м/с и более	Повреждение береговых сооружений и портовой инфраструктуры	I, II
Смерч	Независимо от скорости ветра	Повреждение легких конструкций и временных сооружений	I, II
Сильный ливень	Количество жидких осадков равно не менее 30,0 мм за период времени не более 1 ч	Нарушение городской инфраструктуры, попавшей в зону подтопления	II
Крупный град	Средний диаметр самых крупных градин равен не менее 20 мм	Повреждение легких покрытий, навесов, теплиц, парников и т. п.	I, II
Сильная метель	Средняя скорость ветра равна не менее 15 м/с при МДВ не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч	Образование «снеговых мешков» на покрытиях зданий и сооружений, заносы на дорогах	I, II
Сильное гололедно-изморозевое отложение (ГИО), гололедно-ветровая нагрузка	Диаметр ГИО равен не менее: 20 мм для гололеда; 35 мм для сложного отложения или мокрого снега; 50 мм для изморози при скорости ветра более 10 м/с; отложение мокрого снега на проводах более 35 мм при скорости ветра более 6 м/с	Повреждение или разрушение конструкций: легких опор ЛЭП, обрыв проводов; вантовых конструкций; тентовых покрытий и т. п.	I
Гидрологические			
Половодье	Критерии отметок наивысшего уровня воды для каждого поста устанавливаются УГМС	Подтопление территории, угроза обрушения малоэтажных зданий и легких сооружений в зоне подтопления, см. ГОСТ Р 22.8.09-2014 [4]	I, II
Зажор	Критерии отметок наивысшего уровня воды для каждого поста устанавливаются УГМС	То же, см. ГОСТ Р 22.8.09-2014 [4]	I, II
Затор	Критерии отметок наивысшего уровня воды для каждого поста устанавливаются УГМС	То же, см. ГОСТ Р 22.8.09-2014 [4]	I, II
Наводнение, паводок	Критерии отметок наивысшего уровня воды для каждого поста устанавливаются УГМС	То же, см. ГОСТ Р 22.8.09-2014 [4]	I, II
Оползень	Быстрое смещение масс грунта, приводящее к большим экономическим потерям, а иногда и к человеческим жертвам	Разрушения в месте расположения конкретного объекта народного хозяйства, см. [9], [11]	I, II
Морские гидрометеорологические			
Цунами	Выбор и назначение исходных нормативных параметров опасности цунами	см. СП 292.1325800.2017 [6]	I

Оценку возможных опасных природных воздействий при архитектурно-строительном проектировании (разработке проектной документации) объектов капитального строительства выполняют в составе инженерных изысканий.

Общая методика оценки рисков ОКЯ

Согласно определению [2], «риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда».

До настоящего времени понятие «климатический риск» не было строго установлено и не была разработана общепризнанная языковая терминология.

Разные авторы вкладывают свой смысл в понятие «риск». Некоторые авторы придают понятию «риск» смысл вероятности угрозы (вероятность смерча, шквала и т. п.), не рассматривая при этом уязвимость объекта. Но даже в тех случаях, когда смысл принимается одинаковым, один из авторов, например, говорит о риске «смерча», а другой о риске разрушения здания (вследствие смерча), а третий исследователь стремится оценить риск гибели людей в данном здании вследствие его разрушения. Все эти аспекты проблемы невозможно разрешить в одной исследовательской работе, хотя в настоящей статье принята попытка более четко осветить некоторые подходы и методики ее решения.

Риск нежелательного события R , согласно [18], определяется как:

$$R = P_f \times U, \quad (1)$$

где P_f – вероятность отказа;

U – экономический ущерб от отказа.

Задача обеспечения целесообразного уровня надежности при оптимальном учете рисков ОКЯ заключается в установлении целесообразных значений вероятности отказов при оптимальном соотношении одновременных затрат на возведение сооружений и затрат на ремонтно-восстановительные работы от действия ОКЯ при их эксплуатации.

В общем виде процедура расчета эффективности мероприятий по инженерной защите от ОКЯ представлена в виде диаграммы (рис. 1).

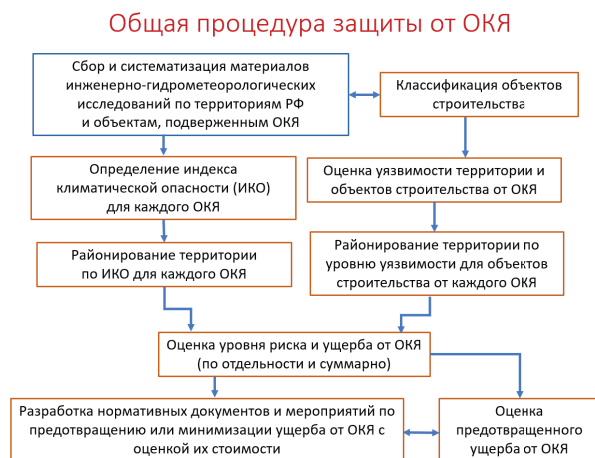


Рис. 1. Общая процедура защиты от ОКЯ

Fig. 1. General procedure for protection against dangerous climatic phenomena

Инженерная методика оценки климатических рисков для зданий и сооружений при действии основных климатических угроз

Предложена инженерная методика учета допускаемых повреждений зданий и сооружений от опасных климатических явлений с учетом степени тяжести последствий на основе введения индексов климатической опасности (ИКО).

Индексы климатической опасности назначаются организациями по гидрометеорологии в зависимости от рисков возникновения аварийных ситуаций вследствие опасных климатических явлений, как наблюдаемых, так и прогнозируемых на данной территории, и степени вероятного ущерба при эксплуатации зданий и сооружений: ИКО-1 – низкий; ИКО-2 – средний; ИКО-3 – высокий (табл. 2).

Таблица 2

Уровни риска от опасных климатических процессов и явлений

Table 2

Risk levels of dangerous climatic processes and phenomena

Индекс климатической опасности	Уровень риска	Перечень опасных климатических процессов и явлений
ИКО-1	Низкий 0–0,2	Климатические риски незначительны
ИКО-2	Средний 0,21–0,70	Экстремальные опасные климатические явления средней степени интенсивности (ураганы, шквалы, смерчи, град, экстремальные снегопады, метели, перепады температур, обледенение, локальная угроза подтопления территории вследствие ливней, паводков и т. п.), сейсмическая опасность равна 6 баллам по шкале ОСР-97, средняя степень опасности возникновения цунами. Средняя степень геокриологической опасности вследствие оттаивания вечной мерзлоты, неблагоприятных геологических процессов, карстовой опасности
ИКО-3	Высокий 0,71 и выше	Экстремальные опасные климатические явления высокой степени интенсивности (тайфуны, глобальная угроза подтопления территории вследствие ливней, паводков, береговая эрозия, приводящая к затоплению прибрежной территории морем и т. п.), сейсмическая опасность равна 7 баллам и выше по шкале ОСР-97, высокая степень опасности возникновения цунами, высокая вулканическая активность. Высокая степень геокриологической опасности вследствие оттаивания вечной мерзлоты, неблагоприятных геологических процессов, карстовой и термокарстовой опасности
Примечания: – Индексы климатической опасности изменяются в диапазоне от 0 до 1 и вычисляются для каждого рассматриваемого вида ОКЯ. – При наличии нескольких ОКЯ следует принимать ИКО для наиболее опасного воздействия. – Индексы климатической опасности определяют специализированные организации в области гидрометеорологии.		

Выбор учитываемых при проектировании особых воздействий, возможных сценариев и методов защиты несущих конструкций необходимо осуществлять с учетом оценки риска опасных климатических процессов и метеорологических явлений:

ИКО-1 – специальный учет аварийных климатических воздействий не требуется;

ИКО-2 – допускается применение традиционных методов расчета и конструктивных правил;

ИКО-3 – для определения требуемого уровня надежности конструкций необходимо проведение специальных исследований в каждом конкретном случае. Это может потре-

бовать выполнения анализа рисков, а также применения более совершенных методов, включающих динамический анализ, нелинейные модели и учет взаимодействия между сооружением и грунтом.

Устанавливают показатели опасности для различных видов ОКЯ согласно [9], оценки уязвимости по шкале в баллах и соответствующие им значения индексов климатической опасности, как приведено в табл. 3.

Таблица 3

Показатели уязвимости и индексы климатической опасности для основных типов ОКЯ

Table 3

Vulnerability indicators and climate hazard indices for the main types of dangerous climatic phenomena

Показатель опасности процесса по атласу [9]	Значения по атласу [9]	Шкала опасности в баллах	Уязвимость по шкале в баллах	ИКО
Опасность землетрясений и цунами				
Баллы	1	1	0,2	ИКО-1
	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
	4	4	0,8	ИКО-3
	5	5	1,0	
	6			
Опасность оползней				
Пораженность территории, %	практически отсутствуют	1	0,2	ИКО-1
	менее 10	2	0,4	ИКО-2
	10–25	3	0,6	
	25–50	4	0,8	ИКО-3
	более 50	5	1,0	
Опасность карстовых провалов				
Пораженность территории, %	1–3	1	0,2	ИКО-1
	3–10	2	0,4	ИКО-2
	10–25	3	0,6	
	более 25	4	0,8	ИКО-3
Опасность геокриологических процессов				
Пораженность территории, %	опасные – менее 1; умеренно опасные – менее 10	1	0,2	ИКО-1
	опасные – 1–3; умеренно опасные – менее 10	1	0,2	
	опасные – 3–5; умеренно опасные – 10–30	2	0,4	ИКО-2
	опасные – 5–10; умеренно опасные – 30–50	3	0,6	
	опасные – более 50	4	0,8	

Показатель опасности процесса по атласу [9]	Значения по атласу [9]	Шкала опасности в баллах	Уязвимость по шкале в баллах	ИКО
Опасность наводнений в период весеннего половодья и дождевых паводков				
Степень опасности	1	1	0,2	ИКО-1
	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
	4	4	0,8	ИКО-3
	5	5	1,0	
Опасность селей				
Площадь территории, занятой селевыми бассейнами, %	менее 5	1	0,2	ИКО-1
	5–10	2	0,4	ИКО-2
	10–50	3	0,6	
	50–75	4	0,8	ИКО-3
	более 75	5	1,0	
Опасность снежных лавин				
Баллы	1	1	0,2	ИКО-1
	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
	4	4	0,8	ИКО-3
	5	5	1,0	
Опасность сильных дождей				
Баллы	1	1	0,2	ИКО-1
	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
	4	4	0,8	ИКО-3
	5	5	1,0	
Опасность сильных снегопадов				
Баллы	1	1	0,2	ИКО-1
	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
	4	4	0,8	ИКО-3
Опасность сильных метелей				
Баллы	1	1	0,2	ИКО-1
	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
Опасность сильных ветров				
Баллы	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
	4	4	0,8	ИКО-3
	5	5	1,0	

Показатель опасности процесса по атласу [9]	Значения по атласу [9]	Шкала опасности в баллах	Уязвимость по шкале в баллах	ИКО
Опасность экстремально низкой температуры воздуха				
Баллы	1	1	0,2	ИКО-1
	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
	4	4	0,8	ИКО-3
	5	5	1,0	
Опасность экстремально высокой температуры воздуха				
Баллы	1	1	0,2	ИКО-1
	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
Опасность гололедно-изморозевых явлений				
Баллы	1	1	0,2	ИКО-1
	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
	4	4	0,8	ИКО-3
	5	5	1,0	
Опасность лесных пожаров				
Баллы	1	1	0,2	ИКО-1
	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
	4	4	0,8	ИКО-3
	5	5	1,0	
Опасность торфяных пожаров				
Баллы	1	1	0,2	ИКО-1
	2	2	0,4	ИКО-2
	3	3	0,6	
	4	4	0,8	ИКО-3

Методика учета допускаемых повреждений зданий и сооружений от опасных климатических явлений с учетом степени тяжести последствий

Рекомендуемые предельные допускаемые вероятности наступления неблагоприятных событий, вызывающих повреждения или разрушения несущих конструкций сооружений от опасных гидрометеорологических явлений в зависимости от установленных ИКО, а также экономический ущерб в долях валового регионального продукта (ВРП), и максимальная величина экономического риска приведены в табл. 4.

Если риск, вычисленный от отдельного ОКЯ, меньше установленных предельных значений, его допускается при проектировании не учитывать.

Для ОКЯ территориального характера (землетрясения, цунами, сели, оползни, извержения вулканов, лесные и торфяные пожары, геокриологическая опасность и т. п.) величина допускаемых повреждений конструкций зданий и сооружений и необходимость выполнения расчетов на прогрессирующее обрушение устанавливается в специальных

нормативных документах на их проектирование. При этом допускается использовать оценку опасности и уязвимости по шкале DIMAK на основе магнитуды бедствия, индексов относительной социальной уязвимости и устойчивости к бедствию.

Таблица 4

Допускаемые последствия повреждений зданий и сооружений от опасных гидрометеорологических явлений

Table 4

Permissible consequences of damage to buildings and structures from dangerous hydrometeorological phenomena

Индекс климатической опасности	Последствия повреждений и разрушений		
	тяжелые	средние	низкие
ИКО-1			х
ИКО-2		х	
ИКО-3	х		
Вероятность $P = P_k \times P_y$	0,0001–0,0005	0,0005–0,001	0,01
Экономический ущерб, Y, в долях ВРП	0,0001–0,001	0,001–0,005	0,01
Риск $R = P \times Y$	$1 \times 10^{-8} - 5 \times 10^{-7}$	$5 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-6}$	1×10^{-4}
Примечания: 1. тяжелые – внезапное обрушение конструкции с большой вероятностью гибели и ранений людей и прекращения эксплуатации; средние – отказ одного из элементов конструкции не приводит к полному или частичному обрушению здания или сооружения. Малая вероятность ранения людей и прекращения эксплуатации; низкие – локальные повреждения, преимущественно несущих конструкций. 2. Допускаемые вероятности повреждений конструктивных элементов зданий и сооружений от ОКЯ устанавливаются в зависимости от класса сооружения и его уровня ответственности. 3. Риск вычисляется для региона от всех ОКЯ данного вида. 4. Для отдельных видов ОКЯ разрешается устанавливать отдельную шкалу допустимых рисков и параметры повреждений конструкций			

Требования к защите зданий и сооружений от ОКЯ

К мерам защиты зданий и сооружений от ОКЯ следует отнести:

– эксплуатационные меры, к примеру: осмотр ЛЭП, сбивание и плавка льда; дополнительное охлаждение генераторов при высокой температуре воздуха, перевод части оборудования на ремонт; более широкое использование грозозащитной аппаратуры и т. п.;

– гидрометеорологические (информационные), в том числе совершенствование прогнозов, развитие системы раннего предупреждения, специализированный мониторинг, страхование погодно-климатических рисков;

– корректировку нормативной базы, включая карты районирования территории Российской Федерации по климатическим характеристикам (весу снегового покрова, давлению ветра, толщине стенки гололеда, абсолютным максимальным и минимальным значениям температуры воздуха), не реже, чем один раз в 10 лет;

– технические меры, а именно: совершенствование инфраструктуры, энергосбережение и энергоэффективность, недопущение размещения опасных производственных объ-

ектов на территориях, подверженных опасности пожаров, подтопления, повышенной сейсмической или цунами-опасности и т. п.;

– использование методов управления, устойчивых к неопределенностям климата, интегрированное управление природными ресурсами.

Для оценки рисков и принятия решений по выбору экономических мер адаптации используют следующие методы:

– Анализ затрат и выгод. Применяется для проектов, при разработке которых требуется высокая степень надежности с четко определенными выгодами от их реализации, например, предотвращение риска наводнений.

– Анализ эффективности затрат. Задается фиксированный уровень риска в экономическом выражении, при принятии решений сравниваются затраты на исключение или снижение последствий ОКА.

– Вероятностные подходы, основанные на анализе живучести зданий и сооружений при установленных типах опасных климатических явлений.

При выборе методов защиты оценивается эффективность инвестиций в адаптационные мероприятия.

При принятии решений применяется метод главного критерия, на основе которого производится оптимизация проектных решений.

Заключение

1. Изучены данные о типовых перечнях опасных явлений, которые могут переходить в чрезвычайные ситуации и создавать бедствия и аварии, которые содержатся в руководящих документах Росгидромета, данные о суммарной повторяемости опасных явлений (наводнения, тайфуны, смерчи, лесные пожары, экстремальные снегопады и т. п.), приведенные в [9], в отечественной и зарубежной нормативной и технической литературе [10–17].

2. Анализ показал широкий спектр методов и подходов для каждого из описанных явлений, применение которых предназначено, в основном, для защиты территорий, но не отдельных строительных объектов.

3. Сформулированы основные требования и разработана методика анализа уязвимости для зданий и сооружений (вероятного ущерба от наступления опасных климатических явлений), включая установление степени подверженности строительного объекта действию опасных климатических явлений, а также способности восприятия экстремальных климатических воздействий без серьезных повреждений и разрушений.

4. Полученные результаты, после проведения дополнительных исследований по уточнению карт районирования по климатическим характеристикам, позволят внести соответствующие корректировки в СП «Нагрузки и воздействия. Правила проектирования» в части дополнения и уточнения экстремальных значений климатических воздействий.

5. Выполнена оценка необходимости учета особых воздействий, опасных климатических процессов и метеорологических явлений при проектировании.

6. Риски смерчей, ураганных ветров (кратковременного действия пиковых ветровых нагрузок высоких скоростей) на сооружения, града, ледяного дождя, пылевых или песчаных бурь допускается учитывать при проектировании на основе карт атласа [9] или устанавливать по данным организаций по гидрометеорологии.

7. Разработана инженерная методика оценки климатических рисков для зданий и сооружений при действии основных климатических угроз с учетом данных метеорологического и технического мониторингов в условиях изменяющегося климата на основе индексов климатической опасности.

8. Предложена методика учета допускаемых повреждений зданий и сооружений от опасных климатических явлений с учетом степени тяжести последствий; требования по защите несущих конструкций зданий и сооружений от опасных климатических процессов и явлений.

9. Установлены требования и выявлены наиболее перспективные методики защиты несущих конструкций зданий и сооружений от опасных климатических явлений.

10. Следует отметить, что для снижения рисков ОКЯ, действующих на большие территории (пожары, наводнения, геокриологическая опасность, оползни, сели, цунамиопасность и т. п.), главным способом защиты является совершенствование систем мониторинга и дальнейшее развитие комплекса превентивных мероприятий по защите указанных территорий. В основу могут быть положены карты, приведенные в [9].

11. Для снижения рисков опасных метеорологических явлений (сильный ливень, град, сильные снегопады и метели, ураганы, смерчи, тайфуны, экстремальные гололедно-изморозевые отложения, экстремальные значения положительной и отрицательной температуры) в условиях изменяющегося климата необходимо дополнение и совершенствование нормативной базы, развитие методов их учета при проектировании отдельных объектов строительства и инфраструктуры на основе проведения дополнительных научных исследований. Такая работа должна проводиться регулярно, в том числе путем расширения сети метеонаблюдений за опасными явлениями и формирования базы данных, находящихся в открытом доступе.

12. Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке предложений по дополнению проекта СП «Нагрузки и воздействия. Правила проектирования» разделом «Оценка климатических рисков» и приложением «Меры защиты несущих конструкций от опасных климатических явлений и угроз», а также при разработке нового СП «Строительные конструкции зданий и сооружений. Правила оценки риска».

Список литературы

1. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902192610?marker=64U0IK>.
2. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ. О техническом регулировании» (с изменениями на 2 июля 2021 года). Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901836556>.
3. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. Москва: Стандартинформ; 2015.
4. ГОСТ Р 22.8.09-2014. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Требования к расчету уровня безопасности, риска и ущерба от подтопления градопромышленных территорий. Москва: Стандартинформ; 2015.
5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456044318>.
6. СП 292.1325800.2017. Здания и сооружения в цунамиопасных районах. Правила проектирования. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456088760>.
7. СП 296.1325800.2017. Здания и сооружения. Особые воздействия. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/555600219>.
8. ISO 13824:2020. Bases for design of structures – General principles on risk assessment of systems involving structures. Available at: <https://www.iso.org/standard/71005.html>.

9. МЧС России. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации. Москва: ДИК; 2005.
10. РД 52.04.563-2013. Инструкция по подготовке и передаче штормовых сообщений наблюдательными подразделениями. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200109275?ysclid=mlqkh7bn5b259658790>.
11. Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Галюк Л.П. Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере. Санкт-Петербург: Издательство Кириллица, 2015.
12. Кобышева Н.В., Васильев М.П. Уязвимость социальной сферы регионов России к опасным гидрометеорологическим явлениям. Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2015;(578):59–74. Режим доступа: <http://voeikovmgo.ru/index.php/component/content/article?layout=edit&id=701>.
13. Акентьева Е.М., Кобышева Н.В. Стратегия адаптация к изменению климата и технической сфере для России. Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2011;(563):60–76. Режим доступа: <http://voeikovmgo.ru/index.php/component/content/article?layout=edit&id=702>.
14. Панфутова Ю.А., Самолетова И.А. Опасные явления погоды на равнинной части Российской Федерации. Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2007;(556): 145–156. Режим доступа: <http://voeikovmgo.ru/index.php/component/content/article?layout=edit&id=702>.
15. Калмыкова О.В., Шершаков В.М. Индекс смерчопасности российской акватории Черного моря. Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2017;(584):142–163. Режим доступа: <http://voeikovmgo.ru/index.php/component/content/article?layout=edit&id=837>.
16. Салль М.А. Погодно-климатические риски как объект управления. Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2014;(575):183–203. Режим доступа: <http://voeikovmgo.ru/index.php/component/content/article?layout=edit&id=700>.
17. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общезероуме. Росгидромет. Санкт-Петербург: Научное издание «Технологии»; 2022. Режим доступа: https://www.meteorf.gov.ru/upload/pdf_download/compressed.pdf?ysclid=mlqn97p4cn196930661.
18. Ведяков И.И., Райзер В.Д. Надежность строительных конструкций: теория и расчет. Москва: АСВ; 2018.

References

1. Federal Law of December 30, 2009 No. 384-FZ. Technical regulations on the safety of buildings and structures. (In Russian). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902192610?marker=64U0IK>.
2. Federal Law of December 27, 2002 No. 184-FZ. On technical regulation (as amended on July 2, 2021). (In Russian). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/901836556>.
3. State Standard 27751-2014. Reliability for constructions and foundations. General principles. Moscow: Standartinform Publ.; 2015. (In Russian).
4. State Standard R 22.8.09-2014. Safety in emergencies. Requirements to safety, risk and damage levels estimation at underflooding of urban and industrial areas. Moscow: Standartinform Publ.; 2015. (In Russian).
5. SP 20.13330.2016. Loads and actions. Updated version of SNiP 2.01.07-85*. (In Russian). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/456044318>.
6. SP 292.1325800.2017. Buildings and structures on tsunami hazardous areas. Regulations of design. (In Russian). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/456088760>.
7. SP 296.1325800.2017. Buildings and structures. Accidental actions. (In Russian). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/555600219>.
8. ISO 13824:2020. Bases for design of structures – General principles on risk assessment of systems involving structures. Available at: <https://www.iso.org/standard/71005.html>.
9. Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation. Atlas of Natural and Man-Made Hazards and Risks of Emergencies in the Russian Federation. Moscow: DIK; 2005. (In Russian).
10. RD 52.04.563-2013. Instructions for the preparation and transmission of storm reports by observation units. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200109275?ysclid=mlqkh7bn5b259658790>. (In Russian).
11. Kobysheva N.V., Akent'eva E.M., Galyuk L.P. Climate Risks and Adaptation to Climate Change and Variability in the Technical Sphere. St. Petersburg: Kirillitsa Publishing House; 2015. (In Russian).
12. Kobysheva N.V., Vasil'ev M.P. Vulnerability of the social sphere of Russian regions to dangerous hydrometeorological phenomena. Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii im. A. I. Voeykova =

Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov. 2015;{578}:59–74. Available at: <http://voeikovmgo.ru/index.php/component/content/article?layout=edit&id=701>. (In Russian).

13. Akent'eva E.M., Kobysheva N.V. Strategy for adaptation to climate change and the technical sphere for Russia. Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voeykova = Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov. 2011;{563}:60–76. Available at: <http://voeikovmgo.ru/index.php/component/content/article?layout=edit&id=702>. (In Russian).

14. Panfutova Yu.A., Samoletova I.A. Dangerous weather phenomena in the flat part of the Russian Federation. Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voeykova = Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov. 2007;{556}:145–156. Available at: <http://voeikovmgo.ru/index.php/component/content/article?layout=edit&id=702>. (In Russian).

15. Kalmykova O.V., Shershakov V.M. Tornado danger index for the Russian Black Sea. Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voeykova = Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov. 2017;{584}:142–163. Available at: <http://voeikovmgo.ru/index.php/component/content/article?layout=edit&id=837>. (In Russian).

16. Sall' M.A. Weather and climate risks as an object of management. Trudy Glavnoy geofizicheskoy observatorii im. A.I. Voeykova = Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A.I. Voeikov. 2014;{575}:183–203. Available at: <http://voeikovmgo.ru/index.php/component/content/article?layout=edit&id=700>. (In Russian).

17. Third Assessment Report on Climate Change and Its Impacts on the Russian Federation. General Summary. Roshydromet. St. Petersburg: Science-Intensive Technologies; 2022. Available at: https://www.meteorf.gov.ru/upload/pdf_download/compressed.pdf?ysclid=mlqn97p4cn196930661. (In Russian).

18. Vedyakov I.I., Raizer V.D. Reliability of building structures: theory and calculation. Moscow: ASV; 2018. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Ирина Владимировна Лебедева*, канд. техн. наук, заведующий лабораторией надежности сооружений, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: ilebedeva61@gmail.com

Irina V. Lebedeva*, Cand. Sci. (Engineering), Head of Structural Reliability Department, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: ilebedeva61@gmail.com

Лилит Маратовна Арутюнян, канд. техн. наук, заместитель заведующего лаборатории надежности сооружений, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: lns.lilit@mail.ru

Lilit M. Arutyunyan, Cand. Sci. (Engineering), Duty Head of Structural Reliability Department, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lns.lilit@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author