

**АДАПТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ЭКОНОМИКИ
К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ
(НА ПРИМЕРЕ ПСКОВСКОЙ, СМОЛЕНСКОЙ
И БРЯНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ)**

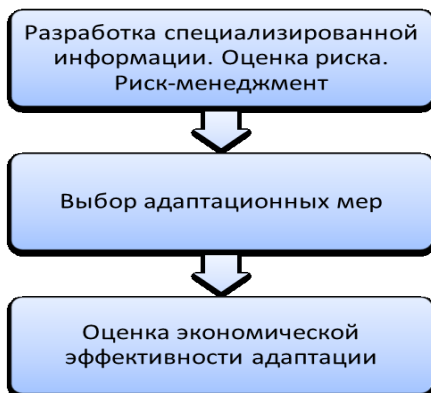
Е. М. Акентьева, М. В. Клюева

Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова
194021 Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7
E-mail: eakentyeva@mail.ru

Поступила в редакцию 01.11.2018
Поступила после доработки 03.12.2018

Введение

Цель адаптации строительной отрасли состоит в обеспечении безопасности, экологичности и экономической эффективности процессов строительства и эксплуатации строительных конструкций в условиях меняющегося климата. Стратегию адаптации для конкретного сектора экономики в общем виде можно представить следующей схемой:



Исходя из данной схемы, адаптацию к изменению климата следует рассматривать, прежде всего, как систему управления климатическими рисками. Первой частью этой системы является оценка ключевых факторов и расчет рисков, а второй — управление риском, то есть его минимизация вследствие принятия адаптационных мер.

Под риском понимается сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятного события. Климатический риск определяется как произведение вероятности конкретной метеорологической опасности на вероятность уязвимости реципиента (объекта или отрасли, подверженной климатическому воздействию) (Кобышева и др., 2015). В данной статье под уязвимостью авторы понимают степень восприимчивости строительной отрасли к неблагоприятным воздействиям климатических условий.

Воздействие метеорологических опасностей (угроз) анализируется по данным климатического мониторинга, который позволяет выделить тренды метеорологических величин и явлений, экстремумы и связанные с ними опасные явления (ОЯ), а также «занормативные» нагрузки (то есть нагрузки на здания и сооружения, превышающие нормативные значения расчетных климатических параметров). Помимо трендов метеорологических величин анализируются тренды подверженности и уязвимости реципиента (например, старение зданий и т. д.). Следует отметить, что при анализе метеорологических трендов предпочтение отдается глобальным изменениям, в то время как тренды подверженности и уязвимости наиболее четко проявляются на муниципальном, объектном уровне (Кобышева и др., 2015; Акентьева, Кобышева, 2011).

Оценка рисков от опасных гидрометеорологических явлений для строительства на территории Псковской, Смоленской и Брянской областей

Анализ климатических рисков для строительной отрасли направлен на выявление различных видов рисков и их количественное определение на различных этапах строительства.

Разработке количественных оценок риска должна предшествовать идентификация риска, то есть выявление источников (факторов) риска. На основе идентификации рисков проводятся последующие этапы процесса управления рисками и осуществляются мероприятия по минимизации последствий проявления рисков.

Относительная оценка прямых погодно-климатических рисков (Роя, %) для объектов строительной инфраструктуры определялась по формуле (1) (Кобышева и др., 2008). При этом в расчет принимались только опасные погодные явления, имеющие непосредственный разрушительный характер воздействия на строительные конструкции и принесшие наибольший ущерб:

$$R_{\text{оя}} = \Sigma (p \cdot (s / S) \cdot k) \cdot F, \quad (1)$$

где p — повторяемость явления;

s — площадь явления, км²;

S — площадь административного района, км²;

k — коэффициент агрессивности опасных погодных явлений, имеющих разрушительный характер воздействия;

F — доля стоимости основных фондов в строительстве, приходящаяся на каждую административную область по отношению к суммарной стоимости основных фондов в строительстве для трех рассматриваемых областей.

Величина коэффициента агрессивности оценивалась по силовому воздействию опасного явления на условную поверхность. За единицу коэффициента агрессивности принято воздействие сильного ветра со скоростью более 25 м/с, создающее давление 38 кг/м² (Кобышева и др., 2008). В соответствии с этим определением коэффициент агрессивности опасных погодных явлений, имеющих разрушительный характер воздействия на строительные конструкции, может быть представлен следующим образом:

Атмосферное явление	Смерч	Шквал	Сильный ветер	Сильный дождь
k	6	1,4	1,0	0,05

На основе данных наблюдений 26 метеостанций, расположенных на территории Псковской, Смоленской и Брянской областей, по формуле (1) были рассчитаны величины погодно-климатических рисков от опасных явлений погоды для строительной отрасли, выраженные в процентах:

Область	Псковская	Смоленская	Брянская
$R_{\text{оя}}, \%$	8	40	52

Как видно из расчетов, потенциальным рискам от опасных явлений наиболее подвержена территория Брянской области. Это связано как с наибольшей повторяемостью приведенных выше ОЯ, так и с большей стоимостью основных фондов, приходящихся на строительство, в этой области. Следовательно, для Брянской области разработка и реализация адаптационных мер для строительства носит более срочный характер и может принести наибольший эффект.

Для получения комплексного погодно-климатического риска для строительной отрасли необходимо рассмотреть не только риск, обусловленный повторяемостью ОЯ, но и проанализировать изменения специализированных климатических параметров, отражающих влияние климатических факторов на строительную отрасль. Их перечень содержится в соответствующих нормативных документах (СП 131.13330.2012; СП 20.13330.2016; СП 32.13330.2012), а методы получения подробно изложены в (Методические рекомендации..., 2017).

Для оценки влияния изменения климата на значения специализированных параметров был выполнен анализ изменения этих параметров для территории рассматриваемых областей за последнее 50-летие (конец XX — начало XXI века). Результаты расчетов показали, что наибольшие погодно-климатические риски для строительной отрасли обусловлены изменением величины снеговых и ветровых нагрузок на здания и сооружения, нагрузок на системы водоотведения, а также сокращением долговечности зданий вследствие климатических изменений.

Следует отметить, что при оценке погодно-климатических рисков необходимо учитывать возможные «занормативные» нагрузки, представляющие особую опасность для надежности зданий и сооружений. Несмотря на тенденцию к уменьшению средней высоты снежного покрова, в отдельные годы отмечается увеличение снеговых нагрузок. Так, например, на метеостанции Гдов (Псковская область) в 2010 и 2011 годах были зафиксированы рекордные за 50-летний период значения снеговых нагрузок — 1,7 и 2,0 кПа соответственно. Предыдущий максимум составлял 1,4 кПа и отмечался в 1966 г. Расчетные значения снеговых нагрузок, полученные с учетом современных данных, могут отличаться от указанных в нормативных документах, что приводит, в частности, к несоответствию с районированием территории по снеговым нагрузкам, приведенном в (СП 20.13330.2016). Так, на метеостанции Велиж, находящейся на границе Псковской и Смоленской областей, расчетная снеговая нагрузка, полученная по 50-летнему ряду наблюдений, включая 2017 год, составляет 1,5 кПа, что соответствует 3-му снеговому району. Однако по СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» эта территория относится ко 2-му снеговому району.

Аналогичную ситуацию можно отметить и при рассмотрении ветровых нагрузок. При отмечающемся снижении средних скоростей ветра на большей части территории России максимальные скорости ветра, которые формируют ветровую нагрузку на здания и сооружения, в последние годы не уменьшаются. Это наблюдается на территории трех рассматриваемых областей, особенно Брянской области. Например, на метеостанции Брянск в 2001 г. максимальная скорость ветра составила 28 м/с, что является наибольшим значением за весь период наблюдений. На метеостанции Красная Гора наибольшее значение максимальной скорости 25 м/с было зафиксировано в 1998 и 2003 годах. Приведенные примеры наглядно иллюстрируют, что для снижения рисков обрушения и обеспечения надежности строительных конструкций необходимо проведение расчетов нормативных нагрузок непосредственно по данным наблюдений в районе строительства за период не менее 50 лет, включая последние годы.

При проектировании сетей водоотведения, являющихся одним из важнейших объектов на территории строительства, в число основных климатических параметров входит наблюдаемый и расчетный суточный максимум осадков, а также интенсивность дождя за различные промежутки времени. Анализ изменения этих характеристик за последние 50 лет показал их значительный рост. На большей части рассматриваемой территории значения наблюдаемого суточного максимума осадков были перекрыты в конце XX — начале XXI века. Особенно это проявилось на территории Псковской (Псков — 103,1 мм, 2003 г.; Пушкинские Горы — 151,7 мм, 2017 г.; Гдов — 89,6 мм, 1993 г.) и Брянской областей (Брянск — 119,2 мм, 1999 г.). В соответствии с этими данными изменился и расчетный суточный максимум осадков различной обеспеченности, входящий в большинство нормативных документов по строительству. Так, с учетом данных последних лет на метеостанции Пушкинские Горы расчетный суточный максимум 1 % обеспеченности увеличился с 121 до 143 мм, на метеостанции Псков — со 111 до 115 мм. Эти примеры также подтверждают необходимость учета данных наблюдений последних лет при расчете нормативных климатических параметров с целью снижения рисков для строительства, обусловленных климатическими изменениями.

К климатическим факторам, обуславливающим долговечность строительных конструкций, относится, прежде всего, число переходов температуры воздуха через 0 °С и количество так называемых «косых дождей», т. е. суммы жидких осадков, попадающих на вертикальные поверхности зданий и сооружений вследствие ветрового воздействия.

В соответствии с подходом к оценке рисков, изложенном в документе ВМО (IPCC, 2012), в таблице 1 представлены изменения составляющих риска уменьшения долговечности зданий на рассматриваемой территории в связи с наблюдаемыми и ожидаемыми климатическими изменениями, и предложены соответствующие адаптационные меры. Из таблицы видно, что процесс уменьшения долговечности зданий, очевидно, будет продолжаться и в будущем.

Таблица 1

**Изменение составляющих риска, обусловленного климатическими изменениями,
для долговечности зданий**

Проблема	Тренды обобщенной уязвимости и подверженности в контексте управления рисками в масштабе данного региона	Глобальные наблюдаемые и прогнозируемые тренды значений специализированных климатических показателей	Наблюдаемые и прогнозируемые тренды значений специализированных климатических показателей в масштабе данного региона	Управление рисками / адаптационные меры
1	2	3	4	5
Уменьшение долговечности зданий в связи с изменением климата	Факторы, влияющие на подверженность и уязвимость, включают количество зданий, которые уже исчерпали свой срок эксплуатации, и число нарушений норм строительства вновь возводимых зданий. Положительные тренды этих показателей увеличивают	Наблюдаемое потепление выражается, в частности, в увеличении числа оттепелей и заморозков, а также количества «косых дождей» и снеговых нагрузок. В соответствии с климатическими прогнозами тенденция возрастания	Количество «косых дождей» растет в связи с ростом общего количества осадков и увеличением количества осадков, выпадающих в жидком виде. Попадание большого количества жидких осадков на крыши, покрытые снегом, многократно	Адаптационные меры должны быть направлены на уменьшение уязвимости зданий, т. е. включать в себя: — пересчет климатических параметров СНиП с учетом современных данных наблюдений;

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
<p>Уменьшение долговечности зданий в связи с изменением климата</p>	<p>уязвимость и подверженность зданий, учитывая рост числа старых зданий, в которых не производился капитальный ремонт, и частые нарушения строительных норм при возведении новых зданий (использование бетона несоответствующих марок, несоблюдение требований СНиП и т. д.)</p>	<p>интенсивности явлений, неблагоприятно влияющих на долговечность зданий (число переходов через 0 °С, рост количества «косых дождей»), сохранится в будущем</p>	<p>увеличивает вес снежного покрова и создает опасность обрушения кровли. Тенденция возрастания интенсивности явлений, неблагоприятно влияющих на долговечность зданий (число переходов через 0 °С, рост количества «косых дождей»), на территории Псковской, Смоленской и Брянской областей сохранится в будущем</p>	<p>— включение в СНиП новых характеристик, отражающих влияние изменений и изменчивости климата на строительные объекты; — контроль выполнения СНиП; — плановый капремонт старых зданий; — своевременную очистку кровли ото льда и снега</p>

Следовательно, принятие адаптационных мер является одной из первоочередных задач в области повышения надежности строительных конструкций.

Погодно-климатические риски для различных этапов строительства

Подробный анализ условий среды реализации строительного проекта позволяет выявить основные точки проявления угроз, являющиеся возможными факторами риска.

Корректная идентификация климатических рисков, возникающих на различных этапах строительства, позволяет оптимизировать размер капитальных вложений в реализацию проекта, избежать увеличения сроков строительства объектов и сократить объемы эксплуатационных затрат.

В таблице 2 приведены этапы производственного цикла в жилищном строительстве и выбранные на основе анализа литературных источников климатозависимые риски строительной отрасли (Шамин, 2011; Шамин, 2014; Некрестьянов, 2014; Кошелев, 2015).

Рассмотрим несколько подробнее некоторые виды климатозависимых рисков и возможность их смягчения.

Информационные риски, оцениваемые на этапе разработки проекта, возможно снизить и даже устранить, используя качественную климатическую информацию. Основными мероприятиями для достижения данной цели являются:

- своевременная актуализация нормативных документов, содержащих климатическую информацию;
- использование прогноза изменения основных климатических индексов на срок эксплуатации объекта (здания, трубопроводы, дороги и т. д.);
- привлечение квалифицированных специалистов-климатологов для разработки климатической информации, особенно в районах строительства, не освещенных в метеорологическом отношении.

Таблица 2

**Климатозависимые риски строительной отрасли на разных этапах по классификации
(Руководство ..., 2008)**

Этап	Состав работ	Вид климатозависимого риска
Разработка проекта	Определение источников финансирования, архитектурно-инженерные решения, утверждение проекта и сметы расходов	<i>Риски информационного потока</i> Риск использования неполной или некачественной информации о климате в районе строительства
Реализация проекта	Выбор генподрядчика, организация и координация выполнения строительно-монтажных работ, контроль качества и затрат	<i>Риски материального потока</i> Риск срыва сроков работ, связанный с неблагоприятными условиями погоды: — простои рабочей силы, — простои строительной техники, — сбои планирования поступления необходимых материалов на строительные участки в связи с погодными явлениями. <i>Форс-мажорные риски</i> Риск стихийных бедствий (природные катастрофы: наводнения, землетрясения, штормы и др.)
Эксплуатация зданий	Комплекс мероприятий по содержанию, обслуживанию и ремонту зданий (сооружений), обеспечивающих их безопасное функционирование и санитарное состояние в соответствии с их функциональным назначением	<i>Риски информационного потока</i> Риск использования неполной или некачественной информации о климате в период проектирования. <i>Риски материального потока</i> Риск нарушения прочностных, физических и других свойств, устанавливаемых при проектировании и обеспечивающих нормальную эксплуатацию строения в течение расчетного срока службы, в связи с неблагоприятными явлениями погоды. <i>Форс-мажорные риски:</i> Риск стихийных бедствий (наводнения, землетрясения, штормы и другие климатические катаклизмы)

Для обеспечения надежности и долговечности зданий и сооружений, возводимых в условиях меняющегося климата, необходимо использование современной климатической информации, то есть ее актуализация в нормативных документах.

Необходимость своевременной актуализации нормативных документов можно продемонстрировать, сравнив данные в СНиП 23.01.99 «Строительная климатология», параметры которого рассчитаны по рядам до 1980 г. и в СП 131.1330.2012 «Строительная климатология», актуализированном до 2010 г. Сравнение показало, что произошло сокращение периодов с температурой воздуха ниже заданных градаций, повысилась их средняя температура, стали выше расчетные температуры наиболее холодных суток и пятидневок, увеличились суммы осадков. В теплый период отмечен существенный рост суточного максимума осадков и температуры.

Риски материального потока, связанные с неблагоприятными условиями погоды, возможно снизить при использовании более широкого перечня вероятностных значений климатических параметров, влияющих на производственный процесс.

Так, например, приостановка строительных работ регламентируется целым рядом нормативных документов с указанием пороговых значений метеорологических условий, как для человека (МР 2.2.7.2129-06; СанПиН 2.2.3.1384-03; Инструкция по охране труда...), так и для используемой техники (ГОСТ 25646-95). Большая часть этих данных не предоставляется заказчику в рамках стандартного запроса, регламентируемого СП «Гидрометеорологические изыскания». Основными мероприятиями для снижения степени неопределенности рисков простоев должны стать:

— переработка СП «Гидрометеорологические изыскания» с включением в него «типового заказа» по отраслям, в котором регламентируется предоставление в отчете по гидрометеорологии оценок повторяемости и прогноз характеристик, заложенных в правовых документах, расчет их дисперсии, коэффициентов вариации и корреляции для вероятностно-статистической оценки рисков;

— мониторинг неблагоприятных погодных явлений (НПЯ) на строительных площадках.

Форс-мажорные риски — риски стихийных бедствий, опасных метеорологических явлений. Это риски разрушения строений или гибели людей вследствие «занормативных» нагрузок на объекты строительства (например, вследствие смерча, урагана и т. д.). Характерной особенностью этих рисков является невозможность проводить предварительный ситуационный анализ их уровня, времени и места возникновения. Поэтому форс-мажорные риски являются рисками, которые необходимо минимизировать (а не оптимизировать) с помощью системы гидрометеорологического мониторинга.

Заключение

Строительная индустрия принадлежит к секторам экономики, требующим принятия неотложных мер по адаптации к наблюдаемым и ожидаемым изменениям климата. Оценка погодно-климатических рисков и анализ изменения их составляющих является одним из основных этапов при разработке стратегии адаптации к изменяющимся климатическим условиям. Рост объемов жилищного строительства в Псковской, Смоленской и Брянской областях, продолжающийся до настоящего времени, требует повышенного внимания к климатическим условиям указанных областей для прогноза погодно-климатических рисков при строительстве.

Приоритетными адаптационными мерами для строительной отрасли, которые могут существенно снизить риски в условиях климатических изменений, является обновление и усовершенствование нормативной базы для строительной отрасли, включая новые характеристики, отражающие влияние изменений и изменчивости климата на процесс строительства.

Важной адаптационной мерой в условиях увеличения количества и интенсивности опасных явлений является управление остаточным риском, в частности передача риска путем страхования зданий и сооружений. Следует, однако, подчеркнуть, что страхование не является универсальным средством для всех типов потерь и ущерба

в результате климатических изменений. Варианты страхования могут поддерживать адаптацию и устойчивость к экстремальным погодным условиям, но, как правило, не подходят для многих медленно протекающих климатических изменений.

Окончательный выбор адаптационных мер осуществляется на основе экономических оценок (Акентьева, Кобышева, 2011; Кобышева и др., 2008). При этом наиболее часто используются следующие методы оценок:

— анализ затрат и выгод (в случаях, когда и те, и другие известны и могут быть представлены в денежном выражении);

— анализ экономической эффективности затрат (достижение максимального снижения уровня риска при минимальных затратах);

— анализ реальных опционов (выбор наиболее рациональной меры адаптации с учетом приспособляемости объекта). Данный метод учитывает неопределенность в отношении будущих воздействий изменения климата и степень изменяющейся приспособляемости объектов инфраструктуры к изменению климата;

— метод полной экономической оценки.

Планы адаптации, составленные на разных уровнях (отраслевом, ведомственном, региональном и территориальном), должны быть взаимосогласованными. Адаптационные действия должны приниматься на самом подходящем для конкретных обстоятельств уровне и быть взаимодополняющими. Например, обновление нормативных документов по строительству должно происходить на отраслевом уровне, а уменьшение уязвимости наиболее подверженных климатическому воздействию объектов и районов — на региональном и территориальном уровнях.

Работа выполнена в рамках Программы Союзного государства «Развитие системы гидрометеорологической безопасности Союзного государства на 2017—2021 годы». Мероприятие 3 «Развитие системы климатического обслуживания населения и отраслей экономики Российской Федерации и Республики Беларусь».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Акентьева Е. М., Кобышева Н. В. (2011). Стратегия адаптации к изменению климата в технической сфере для России // Труды ГГО. Вып. 563. С. 60—77.

ГОСТ 25646-95 «Эксплуатация строительных машин. Общие требования». — Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 12 с.

Инструкция по охране труда при работе при низких температурах на открытом воздухе и в не отапливаемых помещениях. [Электронный ресурс]. https://ohranatruda.ru/ot_biblio/instructions/166/150687/.

Кобышева Н. В., Акентьева Е. М., Галюк Л. П. (2015). Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере. — СПб: Кириллица. 214 с.

Кобышева Н. В., Галюк Л. П., Панфутова Ю. А. (2008). Методика расчета социального и экономического рисков, создаваемых опасными явлениями погоды // Труды ГГО. Вып. 557. С. 162—172.

Кочелев В. А. (2015). Методология управления рисками в логистических системах жилищного строительства / Автореф. дисс. ... д-ра экон. наук. — Самара. 312 с.

Методические рекомендации по расчету специализированных климатических характеристик для обслуживания различных отраслей экономики. Строительство. Транспорт (2017) / Под ред. Н. В. Кобышевой, В. В. Стадник. — СПб. 161 с.

МР 2.2.7.2129-06 Методические рекомендации «Режимы труда и отдыха для работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях». Дата введения: 1 ноября 2006 г.

Некрестьянов Д. (2014). Риски строительной отрасли. [Электронный ресурс]. <http://www.riskovik.com/journal/stat/n11/riski-stroj-otrasli>.

Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики (2008) / Под общ. ред. Н. В. Кобышевой. — СПб. 336 с.

СанПиН 2.2.3.1384-03 Гигиенические требования к организации строительного производства и строительных работ. Дата введения: 15 ноября 2010 г.

СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (2012). — М.: Министерство регионального развития Российской Федерации.

СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (2016). — М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации.

СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (2012). — М.: Министерство регионального развития Российской Федерации.

Шамин Д. В. (2011). Оценка и управление рисками ИП при освоении месторождений и строительстве газопроводов на этапе проектирования. <https://delovoymir.biz/ocenka-i-upravlenie-riskami-ip-pri-osvoenii-mestorozhdeniy-i-stroitelstve-gazoprovodov-na-etape-proektirovaniya.html>. [Электронный ресурс].

Шамин Д. В. (2014). Анализ и оценка рисков проекта «Южный поток» по территории Республики Сербия. <https://www.jsdrm.ru/jour/article/viewFile/155/154>. [Электронный ресурс].

IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. — Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 582 p.