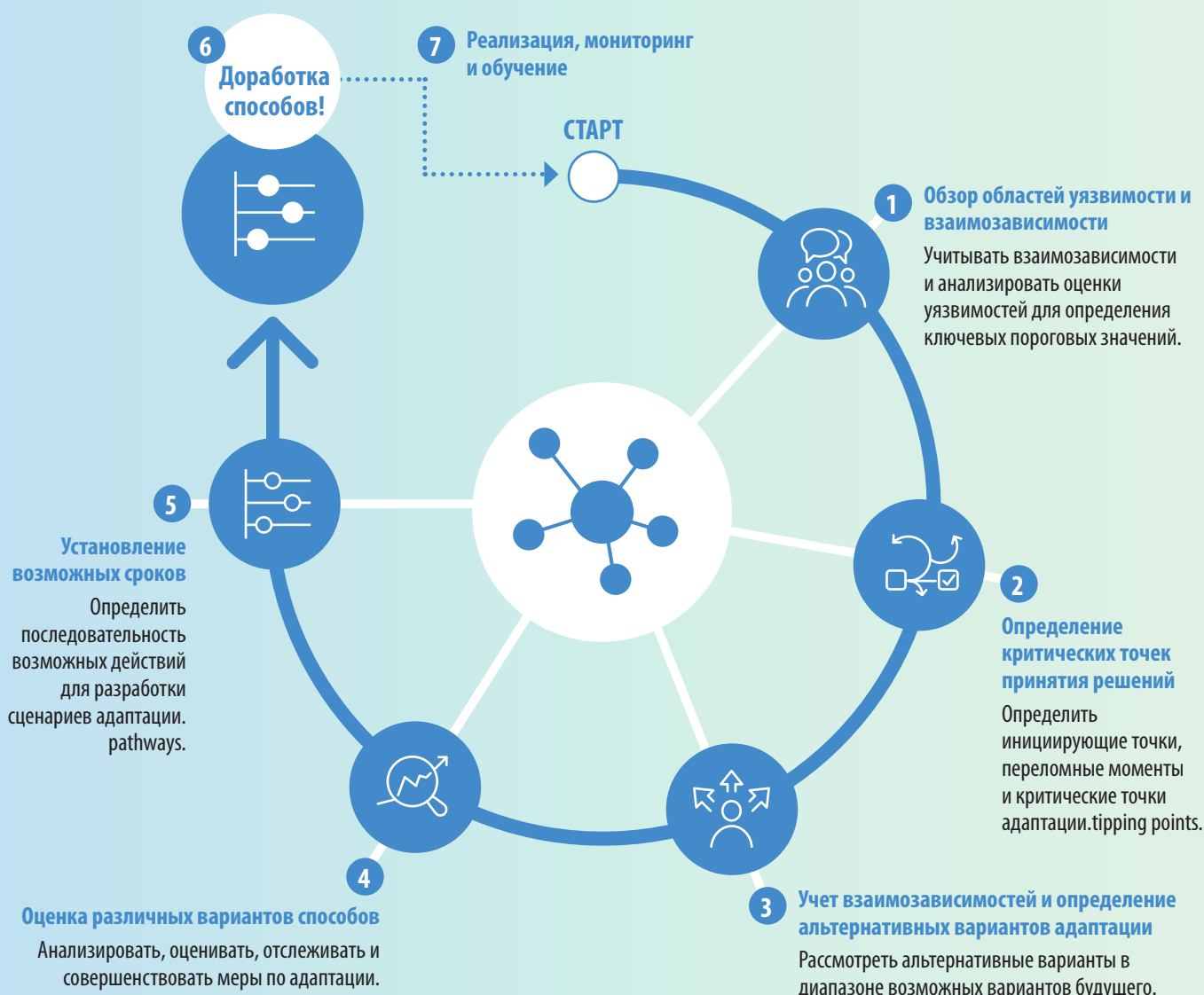


Рамочная схема разработки способов адаптации для специалистов по транспорту



ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ ОРГАНИЗАЦИИ
ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Рамочная схема разработки способов адаптации для специалистов по транспорту



**ОРГАНИЗАЦИЯ
ОБЪЕДИНЕННЫХ
НАЦИЙ**

Женева, 2026

© 2026 Организация Объединенных Наций

Доступ к изданию свободен при условии соблюдения требований лицензии Творческого сообщества межправительственных организаций, доступной по адресу: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/>.

При любых других последующих изданиях эмблема ООН должна быть удалена, также должен быть создан новый дизайн обложки. Переводы должны содержать следующее заявление: "Настоящий перевод является неофициальным и находится под ответственностью издателя". Издатели должны отправить по электронному адресу permissions@un.org проект своего выпуска.

Выводы, толкования и заключения, изложенные в настоящей публикации, принадлежат ее автору(ам) и необязательно отражают мнения Организации Объединенных Наций или ее должностных лиц или государств-членов.

Употребляемые обозначения и представление материала на любой карте в настоящем издании не означают выражения со стороны Организации Объединенных Наций какого бы то ни было мнения относительно правового статуса той или иной страны, территории, города или района, или их властей, а также относительно делимитации их границ.

В данной публикации используется редакционный стиль и названия конвенций Организации Объединенных Наций.

Ссылки, содержащиеся в настоящей публикации, приводятся для удобства читателя и являются достоверными на момент ее выпуска. Организация Объединенных Наций не несет ответственности за постоянную точность этих сведений или за содержание какого-либо внешнего веб-сайта.

Настоящая публикация издается на английском, французском и русском языках.

Данная публикация Организации Объединённых Наций издана Европейской экономической комиссией Организации Объединённых Наций.

Фотографии: Adobe Stock Photos

ECE/TRANS/371
UNITED NATIONS PUBLICATION
PDF ISBN: 978-92-1-154551-7

Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций

Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) является одной из пяти региональных комиссий Организации Объединенных Наций, находящихся в ведении Экономического и Социального Совета (ЭКОСОС). Она была создана в 1947 году с целью содействия восстановлению послевоенной Европы, развития экономической деятельности и укрепления экономических отношений между европейскими странами, а также между Европой и остальными странами мира. Во время «холодной войны» ЕЭК ООН являлась уникальным форумом для экономического диалога и сотрудничества между Востоком и Западом. Несмотря на сложности этого периода, он был отмечен значительными успехами и достижением консенсуса по множеству соглашений в области согласования и стандартизации.

После окончания «холодной войны» ЕЭК ООН приобрела не только много новых государств-членов, но и новые функции. С начала 1990-х годов она сосредоточила свои усилия на поддержке переходного процесса в странах Центральной и Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии и их интеграции в мировую экономику.

Сегодня ЕЭК ООН помогает 56 государствам-членам в Европе, на Кавказе, Центральной Азии и Северной Америке в реализации Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года и ее целями устойчивого развития (ЦУР). ЕЭК ООН служит многосторонней платформой для политического диалога, разработки международных правовых инструментов, норм и стандартов, обмена передовым опытом и экономическими и техническими наработками, а также технического сотрудничества для стран с переходной экономикой.

Нормы, стандарты и конвенции, разработанные в ЕЭК ООН в области окружающей среды, транспорта, торговли, статистики, энергетики, лесного хозяйства, жилищного хозяйства и землепользования, инноваций или народонаселения, являются практическими инструментами для улучшения повседневной жизни людей. Многие из них используются во всем мире, а в работе ЕЭК ООН принимает участие ряд стран, не входящих в регион.

Благодаря используемому ЕЭК ООН многосекторальному подходу страны могут комплексно решать взаимосвязанные проблемы устойчивого развития, не упуская из виду трансграничный аспект, что помогает преодолевать общие трудности. Обладая уникальными организационными возможностями, ЕЭК ООН способствует развитию сотрудничества между всеми заинтересованными сторонами на страновом и региональном уровнях.

Транспорт в ЕЭК ООН

ЕЭК ООН обслуживает 60 конвенций Организации Объединенных Наций о внутреннем транспорте. Некоторые из конвенций являются глобальными либо по своему замыслу, либо потому, что их успех привел к тому, что они вышли за пределы региона ЕЭК ООН. Помимо обсуждения поправок к существующим правовым документам, ЕЭК ООН активно способствовала разработке новых правовых документов. Его нормативная деятельность расширяется за счет разработки методологий, руководств и определений по таким темам, как транспортное планирование, сбор данных и сбор транспортной статистики. Работа ЕЭК ООН в области транспорта регулируется Комитетом по внутреннему транспорту (КВТ) и его 21 рабочими группами, которые, в свою очередь, получают поддержку более чем 40 официальных и неформальных групп экспертов и сотрудничают с 9 договорными органами (Административными комитетами). Ежегодные сессии КВТ являются ключевыми моментами этой комплексной межправительственной работы, когда результаты работы всех вспомогательных органов, а также Отдела устойчивого транспорта ЕЭК ООН представляются членам ИТЦ и договаривающимся сторонам.

Помимо обслуживания КВТ и его вспомогательных органов, Отдел также обслуживает другие межправительственные органы, в том числе Комитет экспертов ЭКОСОС по перевозке опасных грузов и Согласованной на глобальном уровне системе классификации и маркировки химических веществ, а также 9 договорных органов, учрежденных на основании правовых документов Организации Объединенных Наций, и Исполнительный совет МДП. В сотрудничестве с ЭСКАТО ООН Отдел устойчивого транспорта ЕЭК ООН поддерживает Специальную программу Организации Объединенных Наций для экономик Центральной Азии (СПЕКА). Кроме того, Отдел и ЭСКАТО ООН поочередно (меняясь раз в год) выполняют функции секретариата тематической Рабочей группы СПЕКА по устойчивому транспорту, транзиту и связанности. В сотрудничестве с Отделом по окружающей среде ЕЭК ООН и Европейским региональным бюро ВОЗ Отдел обслуживает Общеввропейскую программу по транспорту, окружающей среде и охране здоровья (ОПТОСОЗ). Он обеспечивает управление проектами Трансъевропейской автомагистрали Север — Юг (ТЕА) и Трансъевропейской железнодорожной магистрали (ТЕЖ), а также мониторинг за ними. И наконец, с 2015 года в ЕЭК ООН размещен секретариат Специального посланника Генерального секретаря Организации Объединенных Наций по безопасности дорожного движения, а с 2018 года — секретариат Фонда Организации Объединенных Наций по безопасности дорожного движения (ФБДД ООН).

Выражение признательности

Настоящая Рамочная схема разработки способов адаптации для специалистов по транспорту является результатом работы Группы экспертов Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) по оценке последствий изменения климата для внутреннего транспорта и адаптации к ним. Эта работа, а также разработка Рамочной схемы координировалась г-ном Лукашем Выровски (секретариат ЕЭК ООН).

Основными его авторами являются:

д-р С. А. Хашми Бирмингемский университет
и д-р Э. Ферранти

Существенный вклад в его подготовку внесли:

проф. А. Куинн	Бирмингемский университет
Т. Попеску	Генеральный директорат по инфраструктуре, транспорту и мобильности Франции
Дж. Брук	ПМАКС (PIANC)
К. Эванс	ПМАДК
Р. Бербидж	ЕВРОКОНТРОЛ
Л. Выровский	секретариат Европейской экономической комиссии (ЕЭК) Организации Объединенных Наций

Содержание

Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций	3
Резюме	7
Глава 1 Контекст и обзор литературы по способам адаптации	9
1. Контекст	9
2. Способы адаптации	11
Глава 2 Краткий словарь частотных терминов, связанных со способами адаптации	13
Глава 3 Предварительные условия для разработки способов адаптации	16
Глава 4 Рамочная схема разработки способов адаптации для специалистов по транспорту	21
1. Обзор областей уязвимости и взаимозависимости	23
2. Определение критических точек принятия решений	25
3. Учет взаимозависимостей и определение альтернативных вариантов адаптации	30
4. Оценка различных вариантов способов	33
5. Установление возможных сроков	37
6. Доработка и визуализация способов адаптации	37
7. Осуществление, мониторинг и обучение на основе разработанных способов адаптации для специалистов в области транспорта	39
Глава 5 Проблемы, связанные с подходом на основе способов адаптации	41
Источники	43

Список таблиц

Таблица 1: Краткий словарь некоторых частотных терминов и их актуальность для обсуждения способов адаптации	13
Таблица 2: Общие примеры, демонстрирующие типичные взаимосвязи между степенью приоритета мер по адаптации, сроками осуществления, степенью срочности и результатами многокритериального анализа	35

Список рисунков

Рис. I: Упрощенная пятиэтапная схема типичного процесса планирования на основе способов адаптации	16
Рис. II: Этапы разработки способов адаптации для владельцев и управляющих объектов транспортной инфраструктуры, а также для других специалистов по транспорту	23
Рис. III: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно анализа уязвимостей для специалистов по транспорту	25
Рис. IV: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно выявления критических точек принятия решений для специалистов по транспорту	27
Рис. V: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно рассмотрения взаимозависимостей и выявления альтернативных вариантов адаптации для специалистов по транспорту	32
Рис. VI: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно оценки и выбора мер адаптации для специалистов по транспорту	33
Рис. VII: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно подготовки последовательности потенциальных действий по разработке способов адаптации для специалистов по транспорту	37
Рис. VIII: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно доработки и визуального отображения способов адаптации для специалистов по транспорту	38
Рис. IX: План способов адаптации, направленных на обеспечение устойчивости транспортной инфраструктуры к различным уровням наводнений в Соединенном Королевстве	40

Резюме

Известно, что изменение климата способствует увеличению частоты и интенсивности наводнений, периодов аномальной жары, ураганов и других экстремальных погодных явлений. Эти явления могут оказать значительное влияние на транспортную инфраструктуру, транспортные услуги и их пользователей. Владелец и операторам объектов транспортной инфраструктуры приходится адаптироваться к целому ряду опасных явлений подобного рода, связанных с изменением климата.

Способы адаптации можно определить как последовательность взаимосвязанных и гибких действий, которые можно выполнять постепенно, исходя из будущей динамики и изменений рисков и начиная с заблаговременных мер, которые не ставят под угрозу будущие действия и помогают добиться общей адаптации к изменениям климата.

Благодаря использованию способов адаптации владельцы и операторы объектов транспортной инфраструктуры могут адаптировать существующие активы в целях поддержания требуемых эксплуатационных характеристик в будущих — вероятно, неизвестных — климатических условиях.

Цель этой рамочной концепции — предоставить владельцам, операторам и управляющим объектов транспортной инфраструктуры рекомендации, касающиеся понимания и разработки способов адаптации их конкретных транспортных активов. Она подходит для специалистов по транспортной инфраструктуре, которые могут воспользоваться ею для организации планирования мер по обеспечению готовности к изменению климата в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Глава 1

Контекст и обзор литературы по способам адаптации

1. Контекст

Ожидается, что в ближайшие десятилетия глобальное потепление и проистекающее из него изменение климата приведут к дальнейшему увеличению частоты, интенсивности, пространственного охвата и продолжительности экстремальных погодных явлений (в частности, проливных дождей), которые могут принимать беспрецедентные по масштабу формы, а также к изменению сроков их наступления. Поскольку в XXI веке потепление продолжается, во многих районах планеты, вероятно, увеличится частота и интенсивность выпадения обильных осадков или доля общего количества осадков, выпадающая в виде проливных дождей. Ожидается, что повышение среднего уровня моря будет способствовать резкому повышению уровня воды в прибрежных зонах, а прогнозируемые изменения уровня осадков и температуры, вероятно, приведут к изменению паводковых режимов [01, 02].

Экстремальные погодные явления могут множеством разных способов нанести ущерб транспортной инфраструктуре и нарушить ее работу. Так, проливные дожди могут привести к наводнениям или оползням, из-за которых закрываются автомобильные и железные дороги, увеличивается загруженность дорог и частота аварий. Закрытие дорог может также затруднить эвакуацию людей из пострадавших районов и доступ к этим районам аварийных служб. Высокие температуры могут привести к различным проблемам железнодорожной инфраструктуры, в частности выходу из строя электрооборудования или изгибу рельсовых путей, что в дальнейшем может вызвать перебои в ее работе. В целом климатические изменения, такие как повышение уровня моря и температуры, а также увеличение интенсивности и частоты экстремальных погодных явлений (например, проливных дождей и аномальной жары), могут поставить под угрозу

будущее транспортных услуг и транспортной инфраструктуры в Европе. Такое воздействие на транспортный сектор может иметь разрушительные последствия, поэтому операторы и владельцы объектов транспортной инфраструктуры должны повышать уровень готовности и адаптации к различным опасностям, вызванным изменением климата, чтобы сократить связанные с погодными условиями перебои в работе инфраструктуры и проистекающие из них финансовые затраты. Поскольку срок службы объектов транспортной инфраструктуры (например, туннелей, путей и мостов) составляет несколько десятилетий, при введении в эксплуатацию новых объектов следует учитывать будущие климатические сценарии, чтобы предотвратить нестабильность работы инфраструктуры и избежать дорогостоящей модернизации. Для того чтобы продолжить оказание услуг, содействовать их оказанию и/или избежать роста затрат в связи с последствиями экстремальных погодных условий, возможно, необходимо будет адаптировать существующие объекты и сети в целях повышения их устойчивости к растущему числу опасных климатических явлений [03]. В целом, в ходе адаптации к изменению климата и повышения устойчивости к нему операторы и владельцы объектов транспортной инфраструктуры должны учитывать неопределенность будущего климата, способную привести к непредсказуемым будущим социально-экономическим ситуациям, которые отразятся на таких важнейших элементах транспортной инфраструктуры, как проектирование, ремонт, управление, эксплуатация, обеспечение бесперебойной работы, реагирование на чрезвычайные ситуации и управление цепочками поставок [04]. Тем не менее ожидается, что с помощью инструментов оценки воздействия климата и климатических рисков, а также систем стресс-тестирования [05] можно будет накопить знания и понять потенциальные последствия изменения климата для работы транспортной инфраструктуры. В ходе таких оценок владельцы и

операторы объектов инфраструктуры могут выявить и оценить конкретные климатические риски и области уязвимости, с которыми может столкнуться их инфраструктура.

В настоящее время существует обширная база данных руководящих документов по планированию мер адаптации к изменению климата в различных секторах, благодаря которым местные сообщества могут реагировать на последствия изменения климата, а также на связанные с ним риски и возможности. Целью этих руководящих документов является оказание помощи местным сообществам в разработке местных планов адаптации или выполнении тех или иных действий из этих планов. Такие руководящие документы содержат исчерпывающие указания по каждому этапу планирования адаптации, в том числе по главному этапу, состоящему в выявлении и оценке возможных вариантов адаптации. Хотя они являются прекрасным подспорьем с точки зрения понимания основных этапов планирования адаптации, особенно для неспециалистов и начинающих специалистов в области борьбы с изменением климата, последний этап, связанный с выявлением и оценкой возможных вариантов адаптации, судя по всему требует более подробного разъяснения, поскольку именно он ведет к разработке способов реализации мер (в результате изучения нескольких вариантов, а не выбора единственного решения «раз и навсегда»).

В планах и стратегиях адаптации к изменению климата должны учитываться изменения масштабов или частотности экстремальных погодных явлений, долгосрочные климатические изменения, а также ожидаемые социально-экономические сдвиги в области демографии, технологий или управления [03, 06]. Отмечается, что многочисленные подходы к планированию адаптации могут быть ориентированы на анализ затрат и выгод в связи с отдельными местными мероприятиями, соответственно, по причине медленного наступления климатических явлений они, возможно, подойдут не для всех вариантов использования, особенно при применении их к сложным системам, состоящим из чрезвычайно долговечных активов (например, мостов) и элементов с коротким сроком службы (например, активов цифровых систем) [03]. Устойчивое развитие тесно связано с аспектами изменения климата и неопределенности будущих условий. Исходя из сложности и неопределенности

социально-экологических проблем, в подходах к планированию, способствующих адаптации, должна учитываться динамика изменения условий.

В настоящее время существует несколько подходов, направленных на поддержку принимающих решения лиц в процессе учета фактора неопределенности при принятии долгосрочных решений и подчеркивающих необходимость обеспечения адаптационного потенциала планов в целях реагирования на значительную степень неопределенности. Примерами таких подходов являются:

- **способы адаптации** — подход, дающий представление о динамической последовательности действий, потенциальных последствиях неверного выбора и зависимости от выбранного пути [07];
- **разработка политики с учетом адаптации** — подразумевает поэтапный подход к разработке базового плана и планирование действий в чрезвычайных ситуациях в целях адаптации базового плана к новой информации с течением времени [07];
- **планирование на основе сценариев** — практический метод, используемый для обоснования принятия решений в условиях неопределенности путем изучения определенного диапазона будущих условий и рассмотрения альтернативных вариантов реагирования [08];
- **принятие проработанных решений** — подход, позволяющий понять условия, при которых возникают проблемы, и обеспечить прозрачность компромиссных вариантов [09].

Эти подходы позволяют выбрать действия на ближайшее время, однако предусматривают возможность доработки, расширения или корректировки планов в зависимости от будущих изменений. Среди всех этих подходов наибольшее количество преимуществ имеет подход на основе способов адаптации: в отличие от разработки политики с учетом адаптации, которая является скорее качественным подходом. Для подхода на основе способов адаптации, не требуется большого объема данных в отличие от принятия проработанных решений; к тому же, в отличие от других методов, в частности планирования на основе сценариев (для обеспечения надежности которого требуется большое количество сценариев), он может оказаться менее трудоемким [07, 10].

2. Способы адаптации

Способы адаптации можно в целом определить как последовательность взаимосвязанных и гибких действий, которые можно выполнять постепенно, исходя из будущей динамики и изменений рисков и начиная с принятия заблаговременных мер, которые не ставят под угрозу будущие действия и помогают добиться общей адаптации к изменениям климата. Такая последовательность позволяет сочетать долгосрочные планы адаптации для различных климатических сценариев с краткосрочными задачами и мерами. [03, 04, 11, 12]. Поэтому подход на основе способов адаптации должен занимать центральное место при разработке и анализе вариантов адаптации. Необходимо отметить, что к моменту его применения должны быть пройдены предшествующие этапы, а именно постановка задач, анализ данных за прошлые периоды и будущих климатических сценариев, а также оценка уязвимости и рисков с использованием соответствующей методологии.

Метод на основе способов адаптации позволяет понять последовательность действий в динамике и тем самым рассмотреть широкий набор переходных сценариев, охватывающий широкий спектр элементов неопределенности в отношении будущего развития событий, которые необходимо учитывать в процессе планирования. В рамках этого подхода во внимание принимаются тенденции и системные изменения, а также неопределенность, обусловленная естественными колебаниями. В подходе на основе способов адаптации используется простая и быстрая в применении модель, позволяющая исследовать несколько способов из одного набора, которые в дальнейшем могут лечь в основу карт способов адаптации [07]. Картирование способов адаптации — это процесс создания наглядной схемы, иллюстрирующей различные потенциальные траектории или способы адаптации к изменению климата с течением времени. Такая схема закладывает основы для понимания и планирования действий по адаптации, основанных на различных сценариях и будущих условиях. Обычно в число элементов, обозначающихся на карте, входит временной горизонт, сценарии, моменты принятия решений, варианты адаптации, компромиссы, области неопределенности и взаимодействие с заинтересованными сторонами. Карты способов адаптации могут быть разными: от простых временных шкал с указанием моментов принятия решений и вариантов до более сложных

диаграмм, отображающих множество сценариев и взаимосвязанных способов. Для четкого отображения всего диапазона возможных способов адаптации структура карты должна соответствовать конкретному контексту и потребностям, связанным с планированием мер адаптации.

На основе способов адаптации формируется перспективный и ориентированный на принятие решений подход, который предусматривает определенную гибкость в принятии решений, учет будущих факторов неопределенности и интеграцию постоянного мониторинга изменения климата и его последствий. Благодаря добавлению регулярного мониторинга принимающие решения лица могут отслеживать скорость и масштабы климатических изменений и оценивать эффективность принимаемых мер по адаптации. Мониторинг позволяет получить важнейшую информацию о динамике климатических условий и связанном с ними воздействии, обеспечивая своевременное принятие мер и корректировку стратегий адаптации. Этот итеративный процесс обеспечивает доработку способов адаптации в зависимости от поступающей информации и позволяет принимающим решения лицам определять подходящее время для принятия мер в зависимости от наблюдаемых изменений климата и их воздействия. Благодаря добавлению аспектов мониторинга подход на основе способов адаптации повышает адаптационный потенциал систем и способствует принятию обоснованных решений в условиях изменяющихся климатических условий. Разработка способов адаптации и их применение операторами и владельцами объектов инфраструктуры может содействовать адаптации существующих активов и сетей в целях поддержания неизменного или улучшенного уровня обслуживания и желаемых эксплуатационных характеристик в будущих климатических условиях. В контексте типичного плана адаптации способы адаптации отражают процесс его реализации и содержат указание на то, какая(ие) мера(ы) должна(ы) быть рассмотрены в настоящее время, а какую(ие) планируется реализовать только по достижении определенных условий (зачастую определяемых пороговыми значениями климатических переменных) либо при возможности с уверенностью спрогнозировать их достижение к определенному моменту.

В рамках подхода на основе способов адаптации реализация мер адаптации может быть поэтапной или пофазовой, причем каждый этап может быть

спланирован и разработан таким образом, чтобы по мере изменения климата снижать общий риск до приемлемого уровня. Кроме того, в отличие от обычного подхода к управлению проектами, в рамках которого выполнение каждого этапа запланировано на известное и определенное время, в рамках подхода на основе способов адаптации этапы могут меняться и выполняться только в тот момент, когда общий риск достигнет заранее установленного порогового уровня [03].

Применение подхода на основе способов адаптации при планировании адаптации позволяет создать сеть или взаимосвязанный набор действий, благодаря которым можно продолжить оказание устойчивых и эффективных услуг даже в случае наступления опасных климатических явлений в будущем [13]. Смысл в том, что, когда эффективность определенного действия достигает порогового уровня, на смену ему может прийти другое действие, позволяющее продолжать оказание услуг при сокращении уровня сбоя в работе инфраструктуры и наносимого ей физического ущерба. Эти заранее определенные пороговые уровни обычно устанавливаются на основе таких критически важных факторов, как диагностика и техническое обслуживание, мониторинг состояния, среднесрочные и долгосрочные прогнозы погоды, десятилетние климатические прогнозы и проекции изменения климата, и обычно корректируются путем регулярной переоценки рисков [03]. Однако при этом необходимо учитывать время подготовки, необходимое для начала практической реализации мер, в частности для обеспечения отсутствия проблем безопасности. Учет времени подготовки позволяет лицам, принимающим решения, соответствующим образом установить, за сколько времени до достижения порогового значения необходимо начинать подготовку к выполнению очередного действия. Конечно, аналогичные выводы можно сделать и посредством использования надлежащих систем мониторинга, а также климатических показателей (например, частоты наводнений). Таким образом, применение подхода на основе способов адаптации облегчает процесс определения момента, в который необходимо приступить к выполнению новых действий по адаптации, а также помогает точно установить момент начала подготовки к выполнению этих действий. Благодаря такой тактике к моменту начала действий с высокой вероятностью будет обеспечено точное понимание момента достижения порогового уровня, что позволит выполнить надлежащие

действия. Кроме того, использование подхода к планированию на основе способов адаптации обеспечивает увязку между ходом процесса адаптации и темпами изменения климата без необходимости заблаговременного понимания этих темпов или степени изменений [13].

Подход на основе способов адаптации позволяет повысить качество долгосрочного планирования мер по борьбе с изменением климата в условиях будущей неопределенности, однако, для того чтобы понять, чем этот подход полезен владельцам активов и другим лицам, принимающим решения, важно применять его на местах. Иногда могут возникать ситуации, когда уровень опасности может повышаться настолько, что выполнение текущих задач оказывается невозможным. Так, если повышение уровня моря превысит определенный уровень, то может быть установлена техническая необоснованность или экономическая неосуществимость дальнейшего строительства защитных сооружений, и, следовательно, нецелесообразность продолжения транспортного обслуживания конкретного района. В таких случаях внедрение постепенных изменений нецелесообразно, и требуется радикальное изменение, в частности перестроение маршрутов перевозок. В такие решающие моменты предварительное понимание пороговых уровней окажет неоценимую помощь при планировании, позволяя избежать дальнейшего развития уязвимых районов и разработать недорогие и эффективные варианты достижения новых целей [13].

В целом подход на основе способов адаптации открывает широкие перспективы в части повышения устойчивости к изменению климата и преодоления его последствий для транспортной инфраструктуры и систем. Однако крайне важно признать и решить возможные проблемы, связанные с таким подходом. Эти проблемы могут включать трудности с определением критических точек принятия решений, неопределенность в отношении финансовой и юридической ответственности за решения и связанные с ними последствия, затраты и меры снижения риска, а также сложности с привлечением более широкой общественности и вовлечением заинтересованных сторон. Более подробно эти проблемы рассматриваются в разделе 5 настоящего документа. Понимание и преодоление этих проблем будет иметь жизненно важное значение для задействования всего потенциала путей адаптации и достижения длительных и климатоустойчивых результатов.

Глава 2

Краткий словарь частотных терминов, связанных со способами адаптации

Разработка терминологии, относящейся к способам адаптации, основывалась на опыте и знаниях ряда научно-практических групп. В таблице перечислены некоторые частотные термины и указана их актуальность для описания и обсуждения подхода на

основе способов адаптации, по мнению различных групп исследователей и практиков. Предполагается, что эти термины и пояснения к ним будут полезны специалистам по транспорту для лучшего понимания вынесенных в настоящем документе рекомендаций.

Таблица 1: Краткий словарь некоторых частотных терминов и их актуальность для обсуждения способов адаптации

Термин	Значение
Адаптация	Под адаптацией в контексте изменения климата понимаются меры реагирования, позволяющие уменьшить масштаб негативных последствий изменения климата, но при этом воспользоваться потенциальными новыми возможностями. В адаптацию может входить внесение изменений в экономические, социальные или экологические системы в порядке реагирования на фактическое или ожидаемое воздействие климата и его последствия [14].
Мера адаптации	Конкретное действие, выполняемое в целях уменьшения воздействия изменения климата или повышения адаптационного потенциала [14].
Вариант адаптации	Комплекс мер, принимаемых в целях уменьшения воздействия изменения климата или повышения адаптационного потенциала [14].
Способы адаптации	Последовательность взаимосвязанных и гибких действий (вариантов адаптации) и моментов принятия решений, которые могут постепенно выполняться с течением времени для борьбы с последствиями изменения климата исходя из будущей динамики и изменений рисков [04, 14, 15].
Карта способов адаптации	Графическое изображение способов адаптации.
Адаптационный потенциал	Способность систем и институтов адаптироваться к потенциальному ущербу, использовать возможности или реагировать на последствия или воздействие изменчивости и изменений окружающей среды. Адаптационный потенциал подразумевает корректировку как поведения, так и ресурсов и технологий [14].
Адаптивное проектирование	Адаптированное к изменениям климата проектирование позволяет подготовить инфраструктуру к стихийным бедствиям уже на стадии проектирования. В его рамках производится подбор высоко- и низкотехнологичных решений в области природоохранного и экологического проектирования, благодаря которым инфраструктура сможет стать самовосстанавливающейся, устойчивой и адаптированной к воздействию изменения климата.
Адаптивные политические стратегии	Политические стратегии, в которых учитывается динамика изменений и прямо предусматривается возможность обучения [16].

Термин	Значение
Адаптивное управление	Систематический процесс постоянного совершенствования политики и практики управления путем извлечения уроков из результатов реализации программ [17]. Стратегии адаптивного управления могут помочь органам планирования и управления преодолеть неопределенность, присущую изменению климата и его последствиям, а также подобрать адекватные меры реагирования [18].
Каскадное воздействие	Воздействия, возникающие, когда опасное явление запускает последовательность вторичных событий в природных и человеческих системах, приводящих к природным, социальным, физическим или экономическим нарушениям, результирующее воздействие которых заметно превышает первоначальное [14].
Климатические показатели/инициирующие факторы/указатели/пороговые значения	Часто называемые пороговыми значениями, критическими точками адаптации или инициирующими факторами (см. соответствующие определения), они включаются в разработанные способы и обозначают те моменты, когда меры адаптации или стратегии управления перестают быть жизнеспособными и необходимо переходить к реализации другой стратегии адаптации [04, 11]. Пороговые значения — это точки, преодолев которые система начинает функционировать совершенно по-другому. Пороговые значения могут быть физическими, экологическими, экономическими или социальными [14]. Критические пороговые значения — пороговые значения, после преодоления которых могут начаться критические отказы системы и/или ее эксплуатация станет неприемлемой или несостоятельной.
Значительная неопределенность	Тип неопределенности, при котором заинтересованные стороны и принимающие решения лица не знают, насколько вероятны различные сценарии будущего или затрудняются прийти к согласию относительно этой вероятности [19].
Точки принятия решений	Моменты времени, которые нередко предшествуют достижению порогового значения или предельного срока эксплуатации и в которые необходимо провести обзор хода работы и выбрать альтернативные варианты реагирования [14]. В определенные моменты процесса планирования адаптации директивные органы и заинтересованные стороны анализируют имеющуюся информацию, оценивают эффективность принятых на данный момент мер и рассматривают новые данные и прогнозы. Затем принимаются решения о продолжении применения текущего подхода, его корректировке или выборе совершенно иного способа.
Взаимозависимости	Инфраструктурные системы являются взаимозависимыми, и одна инфраструктурная система (например, железнодорожная сеть) может зависеть от других инфраструктурных систем (например, энергоснабжения и цифровых коммуникаций) для обеспечения своей работы. Поэтому сбой в одной системе может привести к сбоям в других системах. Понимание взаимозависимостей между системами имеет ключевое значение для повышения устойчивости транспортного сектора [20].
Уровни риска (приемлемый или неприемлемый)	Способы адаптации разрабатываются исходя из приемлемого или неприемлемого уровня риска. Смена способа необходима, когда уровень риска перестает считаться приемлемым, о чем свидетельствуют соответствующие показатели. Обычно приемлемый уровень риска определяется на основе мнения заинтересованных сторон либо при наступлении экстремального погодного явления [04, 21, 22].

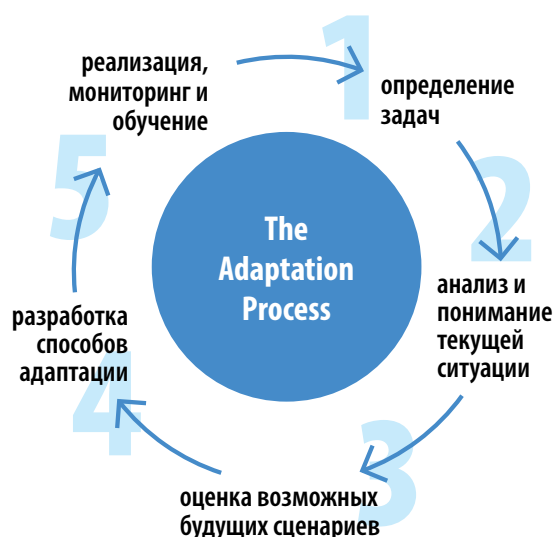
Термин	Значение
Ненадлежащая адаптация	Действия и меры реагирования, связанные с изменением климата, которые могут приводить к краткосрочной адаптации в одной из ключевых областей принятия решений, однако в долгосрочной перспективе могут иметь пагубные и негативные последствия для других областей или даже той же самой области [14]. Ненадлежащие решения или стратегии, связанные с адаптацией, могут способствовать накоплению или усугублению характеристик неокупаемых активов.
Многокритериальный анализ (МКА) или многокритериальный метод принятия решений (ММНР)	Эффективный и удобный инструмент принятия решений, позволяющий охватить широкий круг отраслей и сочетать анализ затрат и выгод с другими качественными вариантами анализа [23].
Бесприигрышные, почти неприигрышные и взаимовыгодные варианты	Бесприигрышные действия обычно представляют собой экономически эффективные действия по адаптации, применимые к существующим климатическим условиям и согласующиеся с устранением рисков, связанных с изменением климата. Эти действия не характеризуются жесткими компромиссами с другими целями политики. Почти неприигрышные действия по адаптации не требуют больших затрат, но приносят сравнительно немалые выгоды при наступлении прогнозируемых будущих климатических условий. Взаимовыгодные действия по адаптации способствуют адаптации и при этом приносят другие экологические, экономические и социальные выгоды [24].
Устойчивость к потрясениям	Применительно к транспортным активам под устойчивостью к потрясениям понимается способность транспортной инфраструктуры, систем и сетей выдерживать неблагоприятные происшествия, нагрузку и изменение условий, а также восстанавливаться после них, сохраняя свою пригодность к эксплуатации и обеспечивая оказание пользователям основных услуг [14].
Критическая точка	Критическое пороговое значение (соответствующее уровню изменений в системе), по достижении которого система реорганизуется, зачастую внезапно, и не возвращается в исходное состояние (т. е. претерпевает необратимые изменения) даже в случае устранения факторов, вызвавших эти изменения [14].
Иницирующая точка	Заданное пороговое значение или показатель, который служит сигналом для инициирования конкретных действий или мер реагирования в условиях изменения климатических условий или воздействия климата. Иницирующие точки помогают принимающим решения лицам определить тот момент, когда необходимо принять меры по адаптации либо скорректировать существующие стратегии с учетом изменяющихся рисков.
Поворотная точка	Момент, когда происходят существенные изменения или сдвиги в подходе к работе с воздействием изменения климата. Поворотные точки могут быть связаны с изменением климата, социальных ценностей и интересов или политических целей [25].

Глава 3

Предварительные условия для разработки способов адаптации

Хотя цель настоящего руководства состоит в том, чтобы предоставить владельцам, операторам и управляющим объектов транспортной инфраструктуры рекомендации по разработке способов адаптации, для всеобъемлющего понимания и последующего применения настоящего руководства необходим определенный ожидаемый уровень знаний и понимания. Как показано на иллюстрации I, разработка способов адаптации фактически входит в состав простого пятиэтапного процесса планирования мер адаптации.

Рис. I: Упрощенная пятиэтапная схема типичного процесса планирования на основе способов адаптации (адаптировано из [26])



Первый этап процесса планирования адаптации состоит в определении задач, ориентиров и целей, а также включении ключевых показателей, которые могут быть использованы для оценки успеха (т. е. достижения либо недостижения цели). На первом этапе владельцы и управляющие объектов транспортной инфраструктуры должны определить

ожидаемые достижения, поэтому он является важнейшим начальным шагом — ведь неправильное определение или неверная постановка задач повлияет на все последующие этапы планирования и, таким образом, повлияет на разработанные способы адаптации. Поэтому задачи должны быть конкретными, измеримыми и ограниченными по времени, а также связанными с общей целью. Со временем задачи можно пересмотреть, изменить или даже отменить. Рамочная схема, приведенная в главе 4, подразумевает, что этот шаг или этап уже выполняется соответствующими владельцами и управляющими объектов транспортной инфраструктуры, которые заинтересованы в разработке способов адаптации для своих активов [26].

Для эффективного применения схемы, основанной на способах адаптации, задачи следует определять с учётом уровня риска, поскольку в зависимости от уровня риска задачи адаптации могут быть разными [27]. На первом этапе, зачастую достаточно дать уровням риска качественные определения, например разделив их на низкий, средний и высокий. Так, управляющий железнодорожной инфраструктурой в зависимости от степени риска может определить последовательные уровни обслуживания объектов железнодорожной инфраструктуры, что подразумевает, что при низком уровне риска эксплуатироваться могут все поезда, тогда как при наивысшем уровне риска необходимо обеспечить функционирование только важнейших железнодорожных линий. Аналогичным образом, при более высоких уровнях риска на тех же объектах инфраструктуры может быть допустимо увеличение времени поездки. В целом, согласование приемлемого уровня риска, проведение оценки уязвимости и риска, а также использование системы стресс-тестирования для конкретных объектов инфраструктуры и активов — это шаги, в гораздо больших (необходимых) подробностях освещенные в отраслевых руководствах, к которым могут

обращаться специалисты в области транспорта. Более подробное описание этих ценных ресурсов в данном контексте представлено далее в этом разделе.

Следующим шагом в рамках подхода к планированию адаптации является анализ и понимание текущей ситуации. Разумеется, каждый актив или объект инфраструктуры уникален с точки зрения своих характеристик и предоставляемых услуг. Поэтому максимальный объем знаний о своем активе или инфраструктуре может стать надлежащей основой для анализа возможных будущих ситуаций и, в конечном счете, для разработки соответствующих способов адаптации. Рекомендуются, ориентируясь на конечные цели, оценивать текущую ситуацию для установления исходных экологических, социальных и экономических показателей. Такая отправная точка поможет оценить результаты сценария, в который не вносились изменения, и, соответственно, рассмотреть возможные будущие варианты [26]. Поэтому владельцам и управляющим объектов транспортной инфраструктуры важно выполнять этот этап с должной тщательностью, возможно, посредством проведения углубленных консультаций в своих организациях для получения полного объема знаний и всеобъемлющего понимания требований к этому этапу в контексте своих активов. Для этого можно проанализировать информацию за истекшие периоды и факторы, которые привели к текущим условиям, а также оценить, как ранее выполнялось управление активом или какие действия предпринимались для решения текущих проблем. Эту информацию необходимо использовать для проектирования и подготовки возможных будущих действий руководства. Однако следует учитывать, что информации за истекшие периоды не всегда достаточно.

Органы планирования и операторы транспорта обычно учитывают последствия прошлых экстремальных погодных явлений. Недавние исследования в Европе показали, что в ряде стандартизированных подходов к учету экстремальных погодных параметров при проектировании транспортной инфраструктуры по-прежнему используются метеорологические данные за истекшие периоды, которые уже устарели. За последние 20 лет климат изменился, поэтому погодные данные за истекшие периоды уже не могут в полной мере отражать текущие климатические риски, а тем более их изменения в течение всего

срока службы транспортной системы. Некоторые важнейшие объекты транспортной инфраструктуры, например мосты, характеризуются длительным сроком службы, поэтому в настоящее время при адаптации к климату рекомендуется учитывать полный жизненный цикл активов. Сценарии изменения климата и их последствия с точки зрения средних и экстремальных объемов осадков и температур, равно как и вероятную частоту экстремальных явлений важно учитывать в будущем и применять на всех этапах проектирования и реализации [13].

Третий этап подхода к планированию мер адаптации заключается в анализе, разработке и оценке возможных будущих сценариев. Этот этап проистекает из предыдущего и основывается на проекциях изменения климата, позволяющих прогнозировать состояние экологических, социальных и экономических факторов в будущем. Далее прогнозируемые будущие сценарии можно тестировать относительно различных вариантов адаптации, чтобы определить, являются ли они желательными. На данном этапе можно также использовать систему стресс-тестирования [05], рассчитанную на исследование ряда различных потенциальных сценариев. Этот этап также включает оценку рисков, связанных с возможными вариантами развития событий, позволяющую установить (неприемлемые) риски, которые могут потребовать принятия мер. В целом, этот этап может быть весьма полезным при разработке различных мер реагирования со стороны руководства и, соответственно, при учете других влияющих на эти меры факторов, например рыночных или социальных ценностей либо будущих политических стратегий. В любом случае необходимо отметить, что будущее всегда является неопределенным, однако посредством разработки ряда сценариев можно проверить несколько разных вариантов, чтобы определить, обладают ли они гибкостью, надежностью или и тем, и другим [26].

Четвертый и пятый этапы в рамках подхода к планированию адаптации заключаются в разработке способов, их реализации, мониторинге и извлечении уроков. Подробнее эти этапы рассматриваются в четвертой главе. Однако предполагается, что перед оценкой и реализацией следующих шагов у владельцев транспортной инфраструктуры и управляющих активами должно сформироваться хорошее понимание первых трех этапов. Безусловно, это может

оказаться сложной задачей, поэтому владельцам транспортной инфраструктуры и управляющим активами рекомендуется поощрять привлечение заинтересованных сторон, а также учет опыта и скрытых знаний для обеспечения соответствия приобретаемых знаний/навыков существующему подходу к управлению, конкретному контексту и портфелю активов [04]. Кроме того, необходимо помнить, что по отношению к различным операциям, активам и системам меры по обеспечению климатостойчивости или адаптации могут иметь различную сложность и применяться более или менее непосредственно. В то время как некоторые случаи могут потребовать принятия относительно простых и незамедлительных мер, другие могут значительно выиграть от применения подхода, основанного на способах адаптации. В ситуациях, характеризующихся неопределенностью или задержкой в обосновании инвестиций, крайне важны адресные указания. В ситуациях, характеризующихся значительной неопределенностью в отношении будущих климатических условий, степени воздействия или эффективности конкретных мер по адаптации, подход на основе способов адаптации является весьма ценным. Такой подход позволяет принимающим решения лицам оценить ряд потенциальных сценариев будущих событий, рассмотреть несколько вариантов адаптации и корректировать стратегии по мере получения дополнительной информации. Аналогичным образом, в некоторых случаях в связи с различными факторами, такими как бюджетные ограничения или предполагаемый масштаб климатических рисков, полномасштабная реализация мер по адаптации может не сразу получить обоснование. В таких случаях подход на основе способов адаптации может способствовать определению поэтапных и гибких мер, которые могут быть приняты с течением времени, тогда как адаптивное управление и постепенное повышение климатической устойчивости будут внедряться по мере увеличения наглядности обоснований для инвестиций [28].

Необходимо помнить, что транспортные системы — это взаимосвязанные и сложные системы, в рамках которых могут меняться формы собственности, оперативного управления и эксплуатации, применяться активы различной давности и срока службы, а также предусматриваться возможность дальнейшего проектирования и разработки с течением времени. Таким образом, для адаптивного управления транспортными сетями необходим

ряд потенциальных мероприятий и методов, позволяющих оценить их эффективность и поэтапную реализацию в динамике. В настоящее время все большее признание получает концепция основанного на оценке рисков итеративного подхода, согласно которой мероприятия планируются, реализуются, контролируются и оцениваются. В связи с этим некоторые национальные транспортные органы, в частности Шведская транспортная администрация, а также ряд международных организаций, в частности ПМАКС, в последнее время начали вносить изменения в свои стратегии адаптации [03]. Кроме того, в настоящее время обновляется Рамочная программа ПМАДК 2015 года по адаптации к изменению климата, в которую подход на основе способов адаптации включен в качестве подхода к оценке значительной неопределенности и в качестве непрерывного процесса оценки и реализации мер адаптации в зависимости от появления новой информации и изменения обстоятельств [29].

Кроме того, как отмечалось ранее, в настоящем руководстве подчеркивается, что владельцы и управляющие объектов транспортной инфраструктуры, заинтересованные в разработке способов адаптации, должны иметь углубленное представление об уязвимости своих конкретных активов и провести соответствующую оценку рисков для этих активов. Для этого они могут использовать системы оценки рисков и руководства, уже разработанные и рекомендованные ПМАКС (Всемирная ассоциация инфраструктуры водного транспорта) [30], ПМАДК (Всемирная дорожная ассоциация) и аналогичными организациями, или даже национальные системы оценки рисков, а также систему стресс-тестирования [05]. Помимо этого, в 2019 году Международная организация по стандартизации (ИСО) представила первые в истории международные стандарты, направленные на противодействие последствиям изменения климата. Эти стандарты, а именно ISO 14090, озаглавленный «Адаптация к изменению климата — принципы, требования и руководящие положения», и ISO 14091, озаглавленный «Адаптация к изменению климата — оценка уязвимости, воздействия и риска», предлагают организациям руководство по выявлению рисков и возможностей, связанных с изменением климата, и эффективной работе с ними. Эти стандарты способствуют разработке и реализации политических стратегий и соответствуют цели Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития, касающейся

борьбы с изменением климата (ЦУР 13). Информация и опыт, полученные из этих полезных ресурсов, могут использоваться в рамках описанных выше этапов 1–3. Специалистам по транспорту следует в рамках этапа 2 определить риски и возможности, проистекающие из нынешнего климата, а в рамках этапа 3, рассмотреть ряд будущих климатических сценариев. В этот процесс входит понимание экологических факторов, влияющих на текущие системы, а также выявление важнейших проблем. Затем владельцам и управляющим объектов транспортной инфраструктуры следует проанализировать взаимозависимости, а также риски, возможности и решения, которые влияют на их инфраструктуру и не находятся под их контролем. Этот анализ также предполагает понимание весьма вероятных и маловероятных климатических сценариев. Необходимо оценить и понять местные и системные последствия, а также потенциальные области выхода из строя (уязвимости и потенциальные точки сбоя в системе или инфраструктуре), которые могут возникнуть при приближении к тому или иному сценарию [04].

Безусловно, для эффективного планирования адаптации в рамках процесса оценки рисков крайне важно выявить текущие опасные климатические явления, области уязвимости и величину адаптационного потенциала. Для этого можно рассмотреть и проанализировать уровень и характер изменений климатической опасности и уязвимости, с которыми необходимо будет работать в течение всего срока службы транспортной системы или актива. Необходимо отметить, что для определения подходящих вариантов адаптации крайне важно понимать основополагающий характер риска и его главные причины. Для целей анализа уязвимости виды воздействия климата на транспорт можно разделить на следующие группы:

- a) воздействие на железнодорожную инфраструктуру и подвижной состав;
- b) воздействие на эксплуатацию и уровень обслуживания, в том числе в отношении цепочек поставок;
- c) воздействие на поведение, схемы и спрос, связанные с мобильностью;
- d) воздействие на здоровье/самочувствие пассажиров и сотрудников.

Для получения всеобъемлющего представления о совокупной уязвимости специалистам в области транспорта следует хорошо понимать экологические, физические, социальные и организационные элементы, обеспечивающие мобильность людей и грузов. Кроме того, для выявления самого эффективного способа реагирования на различные области уязвимости необходимо рассматривать их на разных уровнях воздействия изменения климата. В частности, необходимо определить степень, в которой та или иная система подвержена неблагоприятным последствиям изменения климата, включая изменчивость климата и экстремальные явления, или не может с ними справиться. По данным ПМАДК [29], уязвимость зависит от характера, масштаба и скорости изменения и изменчивости климата, которые воздействуют на систему (нынешнего или будущего воздействия); а также от степени неблагоприятного или благоприятного воздействия на инфраструктуру стимулов, связанных с климатом (чувствительности). В рамочной программе ПМАДК также отмечается, что оценка уязвимости обозначается как результат учета трех факторов, которые для целей оценки уязвимости можно объединять различными способами, в том числе степени воздействия, чувствительности и адаптационного потенциала (т. е. способности системы успешно реагировать на изменение климата) в соответствии с имеющейся информацией (например, посредством использования количественных, полуквантитативных и качественных информационных инструментов) [29]. Таким образом, область уязвимости — это та зона, в которой опасное климатическое явление может привести к воздействию, а оценка допустимого уровня риска входит в общую оценку уязвимости. Поэтому крайне важно учитывать как уязвимость к непосредственному воздействию на транспортные системы, так и проистекающие из него каскадные эффекты, например дальнейшее воздействие на услуги или инфраструктуру, от которых зависит система. Например, на энергоснабжение (электроснабжение) электромобилей и цепочки их поставок. В рамках проведения оценки уязвимости особое внимание следует уделить выбору сценариев изменения климата, определению уровней риска и выявлению пороговых значений воздействия, влияющих на уровень уязвимости. Кроме того, следует тщательно рассмотреть взаимозависимость между транспортными активами или между видами воздействия изменения климата [13].

В рамках системы стресс-тестирования ЕЭК ООН [05] предлагаются практические рекомендации по проведению одного или нескольких стресс-тестов транспортных систем. В системе подчеркивается важность последствий для общества, которые могут возникнуть по причине сбоев в обслуживании вследствие неблагоприятных происшествий (в частности, опасных явлений, таких как наводнения или обильные снегопады). Таким образом, в рамках системы подразумевается эффективное управление транспортной инфраструктурой с целью минимизации последствий экстремальных явлений с учетом имеющихся ресурсов и потенциальной рентабельности инвестиций. В системе демонстрируется, что стресс-тесты можно применять, чтобы оценить необходимость разработки программы вмешательства в целях поддержания адекватного уровня функционирования транспортной инфраструктуры в условиях опасностей, связанных с изменением климата. Стресс-тестирование имеет особую ценность с точки зрения определения устойчивости транспортной системы к действию конкретных сценариев, оценки ее работы и способности поддерживать заданный уровень обслуживания, на который она была рассчитана. Интеграция стресс-тестирования в план адаптации может помочь сформировать всеобъемлющее представление о работе с различными видами воздействия в рамках транспортной системы. Такое тестирование может

способствовать разработке плана адаптации на ранних этапах, а также содействовать подготовке более всеобъемлющей стратегии. Некоторые элементы стресс-тестирования могут включать такие методы, как оценка рисков, анализ уязвимости или анализ пороговых значений.

Кроме того, анализ системы и ее поведения во время экстремальных погодных явлений в прошлом может помочь получить представление о потенциальных уязвимостях в будущем. Такой анализ может проводиться на основе отчетов о дорожно-транспортных происшествиях, журналов технического обслуживания, отчетов по результатам принятых мер, бланков возмещения ущерба в чрезвычайных ситуациях и межведомственных опросов [31]. В целом специалистам по транспорту важно использовать этот этап для определения способов устранения существующих факторов уязвимости транспортной и смежных инфраструктур в текущих условиях. В прошлом неоднократно высказывалась мысль о том, что адаптация наиболее эффективна при устранении как коренных причин, так и последствий уязвимости, в частности в тех ситуациях, когда необходимо изменить практику и цели, поскольку они либо больше не пригодны, либо не нужны в условиях меняющегося климата, и именно поэтому необходима основанная на преобразованиях адаптация [32].

Глава 4

Рамочная схема разработки способов адаптации для специалистов по транспорту

В настоящем разделе представлена и изложена рамочная схема разработки способов адаптации (воспроизведенная на рис. II), которую владельцы, управляющие и операторы объектов транспортной инфраструктуры могут применять для организации планирования мероприятий по обеспечению готовности к изменению климата в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Эффективное планирование мер адаптации начинается с определения вариантов на основе рисков/уязвимостей, выявленных в ходе оценки риска изменения климата, и их расстановки по степени приоритета с опорой на выбранные сценарии, отражающие прогнозы изменения климата, и с учетом интересов и проблем заинтересованных сторон. Разработка способов адаптации нередко подразумевает комбинирование подходов, в основном обусловленное масштабами и сложностью поставленных целей и задач, и поэтому может выполняться в несколько этапов. Решающими факторами при выборе комбинации подходов являются степень определенности имеющейся информации и знаний и согласованность целей в транспортном секторе [25]. В зависимости от конкретных обстоятельств в комбинацию подходов могут входить следующие элементы:

- гибкие подходы и подходы на основе обучения: в этих подходах акцент делается на постоянном обучении и адаптации по мере поступления новой информации и накопления знаний о воздействии климата. Они предполагают регулярный пересмотр и обновление планов адаптации на основе появляющихся данных, мониторинг эффективности принимаемых мер и оперативное реагирование на изменение климатических условий;
- основанные на сценариях подходы: планирование на основе сценариев используется для изучения ряда возможных будущих климатических сценариев.

Рассматривая различные варианты развития событий, принимающие решения лица могут определить варианты адаптации, которые будут устойчивыми в контексте различных сценариев. Такой подход позволяет более гибко реагировать на неопределенность проекций изменения климата;

- поэтапные подходы: подразумевают постепенную доработку и модернизацию существующей транспортной инфраструктуры и меры повышения устойчивости к изменению климата. Поэтапные подходы могут включать такие меры, как укрепление береговых защитных сооружений, строительство эстакадных дорог в зонах риска наводнений или модернизация дренажных систем;
- преобразующие подходы: подразумевают более радикальные изменения транспортных систем, зачастую обусловленные необходимостью адаптации к значительным климатическим рискам. Так, в регионах, где изменение климата приводит к учащению оползней и эрозии почв вдоль железнодорожных путей, железнодорожная компания может принять решение о переносе этого участка на более возвышенное место или об укреплении грунта на данной территории для предотвращения будущих перебоев транспортного сообщения;
- привлечение заинтересованных сторон: важнейший подход, подразумевающий вовлечение в процесс планирования мер адаптации различных заинтересованных сторон, включая местные сообщества, деловые круги, НПО и директивные органы. Благодаря привлечению заинтересованных сторон разработка способов адаптации становится всеохватным процессом, в рамках которого учитываются различные точки зрения и проводится работа с различными проблемами и приоритетами.

На основе анализа текущей ситуации и возможного будущего развития следует определить потенциальные критические, поворотные и иницирующие точки (см. раздел «Определение критических точек принятия решений» ниже). Кроме того, целью работы должно быть определение альтернативных вариантов выполнения задач (см. раздел «Учет взаимозависимостей и определение альтернативных вариантов адаптации» ниже), с тем чтобы заинтересованные стороны транспортного сектора могли обосновать действия, определить уровень их приоритета и реализовать их, принимая во внимание изменение климата и связанные с ним изменения в экономике, социально-политической сфере, знаниях, ценностях и экосистемах. Необходимо отметить, что любой потенциальный вариант адаптации следует оценивать с точки зрения его надежности и гибкости по отношению к диапазону возможных вариантов развития событий (см. раздел «Оценка различных вариантов способов» ниже).

Помимо этого, в ходе планирования адаптации и разработки способов адаптации крайне важно учитывать географический масштаб принятия необходимых мер адаптации. Географический масштаб, в рамках которого разрабатываются способы адаптации, может варьироваться от небольшого участка береговой линии до дельты крупной реки, характеризующейся различными видами землепользования и различными факторами изменений. Кроме того, установление географического масштаба может способствовать определению соответствующих заинтересованных сторон и секторов, которые должны быть включены в процесс разработки и в дальнейшем повлиять на формирование вариантов. В одном из тематических исследований было продемонстрировано, что несоответствие между географическими и институциональными масштабами приводит к нечеткому установлению

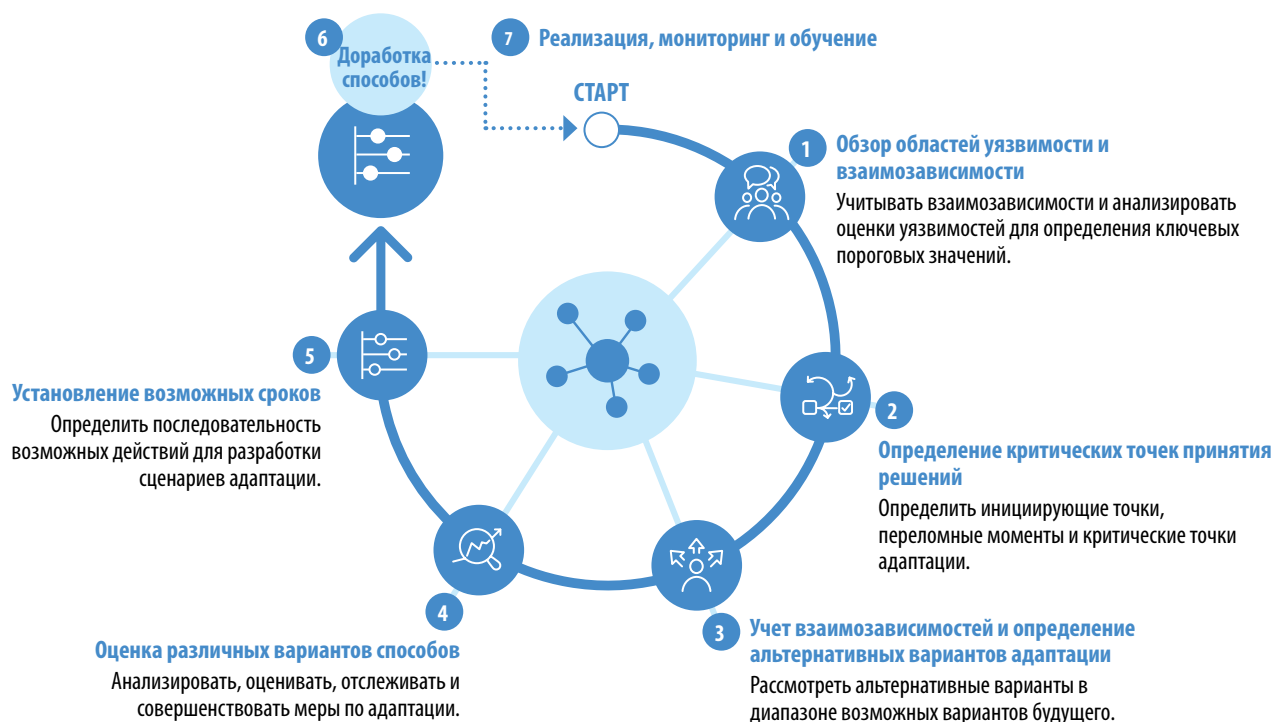
пороговых значений, широкому диапазону вариантов и неясности обязанностей различных структур [33]. В числе других важных элементов — наращивание потенциала посредством подготовки информации, ресурсов и инструментов принятия решений по мерам адаптации и обмена ими; обмен мнениями по вопросу необходимости адаптации и обеспечение понимания этой необходимости в масштабе сообщества; а также сотрудничество с сообществом для достижения согласованности мер реагирования [34].

Руководство по этапам разработки способов адаптации для специалистов в области транспорта

Для разработки способов адаптации специалистам по транспортной инфраструктуре необходим определенный ожидаемый уровень знаний и понимания, описанный в третьей главе. Это важно для всеобъемлющего понимания и последующего применения руководства. В настоящем разделе подробно рассматриваются этапы 4 и 5, указанные на иллюстрации I. В целом ожидается, что разработка способов адаптации по каждой конкретной цели или задаче будет проходить в разбивке на следующие этапы:

- a) обзор областей уязвимости и взаимозависимости;
- b) определение критических точек принятия решений;
- c) учет взаимозависимостей и определение альтернативных вариантов адаптации;
- d) оценка различных вариантов способов;
- e) установление возможных сроков;
- f) доработка и визуализация способов адаптации;
- g) реализация, мониторинг и обучение.

Рис. II: Этапы разработки способов адаптации для владельцев и управляющих объектов транспортной инфраструктуры, а также для других специалистов по транспорту



1. Обзор областей уязвимости и взаимозависимости

Разработка способов адаптации начинается с определения существующих подходов к управлению системами и вопросами, связанными с конкретной задачей. Как правило, операторы и владельцы инфраструктуры уже имеют практики управления для реагирования на экстремальные и не экстремальные погодные условия. Эти практики основаны на существующих стратегиях управления, у которых есть свои сильные и слабые стороны. Таким образом, данный этап подразумевает пересмотр и повторное проведение анализа уязвимости ключевой инфраструктуры для понимания существующих областей уязвимости (т. е. пересмотр шага 2 предварительных условий) и установления пороговых значений, помогающих определить дополнительные действия, которые могут потребоваться для решения поставленных задач в рамках существующих ограничений [25].

Анализ текущих или базовых возможностей (т. е. оценка технических и институциональных возможностей реагирования на изменение климата и экстремальные погодные условия) является важным шагом, который необходимо выполнить до начала поиска способов расширения этих возможностей.

Пониманием текущей ситуации и возможного будущего развития следует воспользоваться для дальнейшего определения действий руководства, которые могут привести к снижению уязвимости и/или повышению адаптационного потенциала отдельных активов. В этом случае следует определить основанные на фактических данных, надежные и бесприоритетные варианты, которые позволят организациям выполнить краткосрочные действия по адаптации и начать процесс адаптации вместо ожидания и анализа ситуации [23].

Изучение прошлых уязвимостей является хорошей отправной точкой для анализа будущих уязвимостей; это соответствует шагу 3 предварительных условий. Задача состоит в том, чтобы на основе уже проведенного анализа уязвимости и/или

результатов стресс-тестов установить пороговые значения воздействия, при которых работа транспортной системы существенно меняется. Этот этап может помочь определить и оценить ключевые пороговые значения воздействия климата на транспортную систему на основе известных нынешних и будущих областей уязвимости к таким воздействиям (например, повышение уровня моря до определенного значения может привести к увеличению риска наводнений или повреждения прибрежных насыпей).

Кроме того, при адаптации к изменению климата важным фактором уязвимости может быть взаимозависимость. В контексте планирования адаптации транспортной инфраструктуры под взаимозависимостью понимаются связи и взаимодействия между различными системами, секторами или инфраструктурными сетями, которые могут влиять на их устойчивость к воздействию изменения климата. Взаимозависимости могут приводить к появлению уязвимости несколькими способами:

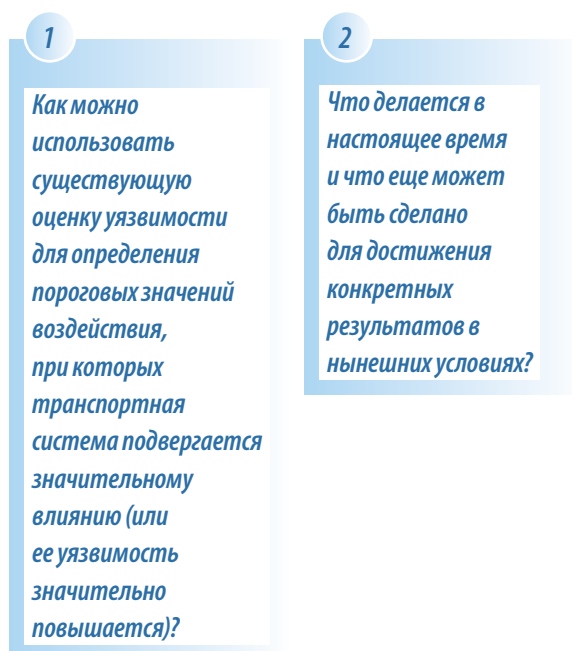
- **каскадные эффекты:** воздействие изменения климата на один сектор или систему может привести к каскадным эффектам для взаимосвязанных секторов или систем. Например, порты зачастую хорошо связаны с внутренними районами страны за счет сети автомобильных и железных дорог, а также другой транспортной инфраструктуры. Однако то или иное экстремальное погодное явление может нанести значительный ущерб транспортным системам, соединяющим порт с внутренними районами. Этот ущерб включает в себя нарушения в работе транспортных сетей, воздействие на цепочки поставок, экономические последствия, неиспользование пропускной способности портов и другие краткосрочные и долгосрочные проблемы;
- **критическая зависимость:** некоторые сектора или системы могут характеризоваться критической зависимостью от других. Если критическая зависимость будет нарушена в результате воздействия изменения климата, это может существенно повлиять на зависимую систему. Так, энергетическая инфраструктура опирается на транспортные системы, обеспечивающие доставку топлива, поэтому сбои в работе транспорта могут повлиять на энергоснабжение;

- **межсекторальная взаимозависимость:** взаимозависимость может наблюдаться между секторами, имеющими общие ресурсы или зависящими от общей инфраструктуры. Так, для работы систем общественного транспорта необходимы источники энергии. Если энергоснабжение будет нарушено в результате климатических явлений, таких как ураганы, повреждающие энергетическую инфраструктуру, или периоды аномальной жары, влияющие на выработку энергии, то общественный транспорт может перестать работать.

Взаимозависимость в контексте планирования адаптации сектора транспортной инфраструктуры следует рассматривать шире, с охватом не только других факторов в рамках транспортной системы, но и других общественных, экономических и экологических целей, в том числе связанных с работой по смягчению последствий изменения климата. Понимание такой расширенной взаимозависимости играет важнейшую роль в формировании эффективных и устойчивых стратегий адаптации [04]. Владельцы и управляющие объектов транспортной инфраструктуры должны выявлять и понимать области критической взаимозависимости между своей инфраструктурой и другими инфраструктурными сетями (например, взаимозависимость между энергоснабжением и автомобильным транспортом), поскольку такое понимание имеет решающее значение для продолжения работы по планированию адаптации к изменению климата. Этот процесс включает рассмотрение возможных каскадных нарушений во взаимосвязанных природных и социально-экономических системах и подсистемах. Например, продолжительный и повсеместный период суровых погодных условий может повлиять на транспортную сеть, что в свою очередь скажется на наличии и доступности транспортного персонала (например, водителей грузовиков), снизит эффективность погрузки и разгрузки судов и приведет к отставанию от графика, т. е. в конечном итоге окажет воздействие на всю цепочку поставок. Кроме того, на безопасность и функционирование перевозок и транспортных услуг может повлиять отключение электроэнергии. Помимо этого, даже те подразделения транспортного сектора, которые, как ожидается, не пострадают от того или иного климатического риска, в какой-либо момент могут пострадать косвенно в силу взаимозависимости. Таким образом, транспортная система может считаться устойчивой к изменению климата только

при учёте взаимозависимостей. Способы адаптации обеспечивают такой комплексный подход к повышению климатической устойчивости. Кроме того, наряду с климатической и межсекторальной взаимозависимостью специалисты в области транспорта могут оценивать социально-экономические, экологические, технологические, инженерные, управленческие, институциональные и финансовые взаимозависимости.

Рис. III: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно анализа уязвимостей для специалистов по транспорту



2. Определение критических точек принятия решений

Разработка способов адаптации начинается с рассмотрения существующих вариантов управления. На эти варианты управления могут повлиять потенциальные последствия изменения климата. Анализ таких последствий как для управляемой системы, так и для существующих вариантов управления позволяет определить решения, которые следует принять. Существующие варианты управления можно рассматривать в диапазоне возможных вариантов будущего развития, что впоследствии поможет в переходе на следующий этап. Объединяя информацию, полученную в результате анализа текущей ситуации и прогнозов на будущее, можно определить вероятные пороговые значения, критические или поворотные точки в рамках различных вариантов адаптации [25]. Эти пороговые значения определяются с помощью показателей, позволяющих контролировать уровень риска. Пороговые значения должны быть связаны с уровнями риска, используемыми для постановки задач адаптации [27]. Далее каждый уровень риска можно количественно оценить на основе этих пороговых значений.

Разработка способов адаптации начинается с рассмотрения существующих вариантов управления. На эти варианты управления могут повлиять потенциальные последствия изменения климата. Анализ таких последствий как для управляемой системы, так и для существующих вариантов управления позволяет определить решения, которые следует принять. Существующие варианты управления можно рассматривать в диапазоне возможных вариантов будущего развития, что впоследствии поможет в переходе на следующий этап. Объединяя информацию, полученную в результате анализа текущей ситуации и прогнозов на будущее, можно определить вероятные пороговые значения, критические или поворотные точки в рамках различных вариантов адаптации [25]. Эти пороговые значения определяются с помощью показателей, позволяющих контролировать уровень риска. Пороговые значения должны быть связаны с уровнями риска, используемыми для постановки задач адаптации [27]. Далее каждый уровень риска можно количественно оценить на основе этих пороговых значений.

Иницирующие точки отмечают начало необходимого периода подготовки к тому или иному действию и наступают до достижения критической или поворотной точки. С точки зрения планирования адаптации для транспортных систем иницирующими точками являются конкретные показатели или пороговые значения, которые служат сигналом для начала выполнения действия или реализации стратегий в области адаптации. С помощью этих точек принимающие решения лица могут определить момент начала принятия упреждающих мер по борьбе с последствиями изменения климата для транспортных систем.

При расчете иницирующих точек учитывается время, необходимое для принятия и выполнения решения относительно адаптации. Решение принимается на следующих этапах, связанных с выявлением альтернативных вариантов. При разработке подхода на основе способов адаптации иницирующие точки являются важнейшим элементом, благодаря которому планы приобретают упреждающий и стратегический характер. Кроме того, в транспортном секторе точки иницирования действий по адаптации могут рассчитываться на основе событий или пороговых значений в разных частях системы, даже если их прямое воздействие не сразу становится очевидным. Так, достижение порогового значения в одном сегменте транспортной системы, например затопление критически важной дороги в результате повышения уровня моря, может послужить толчком для выполнения действий по адаптации в других частях системы, в частности перенаправления транспортных потоков или запуска альтернативных маршрутов перевозок. Выявление и признание этих взаимосвязанных иницирующих событий необходимо для выработки целостного и комплексного подхода к планированию мер адаптации в транспортном секторе. На основе понимания каскадных последствий, которые возникнут в других частях транспортной системы в результате воздействия на одну из областей, принимающие решения лица могут разрабатывать комплексные способы адаптации с учетом устойчивости и эффективности системы в целом [13, 25]. Можно также определить положительные иницирующие точки, связанные с возникновением потенциальных возможностей и включающие, в частности, наличие политической воли и готовность дополнительного финансирования.

Иницирующие точки могут возникать и без достижения порогового значения и должны легко отслеживаться для принятия оперативных мер. Необходимо отметить, что пороговые и иницирующие точки имеют разный смысл. Так, повышение уровня моря в конкретном месте может свидетельствовать о сильном шторме, способном разрушить инфраструктуру. В таком случае, даже если фактически этого разрушения не произошло, пороговой точкой будет фактический выход из строя соответствующей инфраструктуры, приводящий к нарушению ее работы. В данном примере иницирующим фактором является повышение уровня моря на такую величину, при которой необходимо принимать решение [14]. Так, если актив становится уязвимым при повышении среднего уровня моря на 0,5 м, то иницирующее реакцию значение повышения уровня моря (0,45 м) является надлежащим уведомлением для начала принятия соответствующих мер по адаптации. Следует отметить, что при достижении иницирующих точек, которые обеспечивают раннее оповещение о приближении к критическим параметрам окружающих условий, могут быть предприняты превентивные действия по адаптации. Хотя некоторые меры адаптации при достижении пороговых точек могут носить корректирующий характер, необходимо также принимать дополнительные превентивные меры для повышения устойчивости и снижения будущих рисков. При планировании адаптации более эффективным нередко становится сочетание превентивных и корректирующих мер, при этом превентивные меры принимаются по достижении иницирующих точек и направлены на минимизацию ущерба и сбоев, тогда как корректирующие меры направлены на решение безотлагательных проблем, а долгосрочные действия по адаптации повышают устойчивость к будущим событиям.

Иницирующие точки могут рассчитываться в зависимости от различных факторов, включая климатические переменные, состояние инфраструктуры и соображения в отношении эксплуатации. Например:

а) климатические переменные:

- **пороговые значения наступления экстремальных погодных явлений:** установление иницирующих точек на основе конкретных пороговых значений климатических

переменных, таких как проливные дожди, сильный ветер или экстремальные температуры, может способствовать началу действий по укреплению инфраструктуры, усилению дренажных систем или реализации планов реагирования на чрезвычайные ситуации;

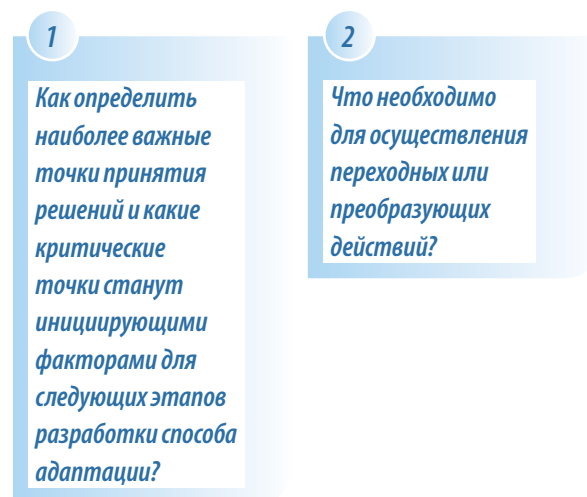
- **пороговые значения повышения уровня моря:** установление иницирующих точек на основе прогнозируемого повышения уровня моря может помочь определить момент принятия защитных мер, в частности переноса дорог на эстакады или строительства береговых защитных сооружений;

б) состояние инфраструктуры:

- **износ конструкции:** установление иницирующих точек на основании ухудшения состояния или повреждения элементов инфраструктуры, таких как мосты, водопропускные трубы или дорожное покрытие, может послужить толчком к проведению ремонтных работ или замене оборудования для обеспечения дальнейшей функциональности и безопасности транспортных систем;
- **мониторинг критически важных активов:** внедрение систем мониторинга критически важных транспортных активов, таких как фундаменты мостов или элементы, обеспечивающие устойчивость склонов, а также установление иницирующих точек на основе заранее заданных критериев эффективности может способствовать обнаружению ранних признаков потенциального выхода из строя и своевременному началу вмешательства.

В целом необходимо помнить, что неотъемлемой частью процесса планирования мер адаптации является уточнение иницирующих точек. Благодаря ему можно гарантировать сохранение динамичности и гибкости способов адаптации, а также их реагирование на меняющиеся обстоятельства, что повышает эффективность и устойчивость подхода к адаптации к изменению климата. По мере появления новой информации и накопления опыта, а также определения вариантов адаптации принимающие решения лица могут корректировать иницирующие точки с целью получить максимальную выгоду от упреждающих и своевременных действий по адаптации.

Рис. IV: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно выявления критических точек принятия решений для специалистов по транспорту



Поворотные точки, связанные с адаптацией, обозначают ситуации достижения социально-политического порога. Они могут быть связаны с изменением климата, социальных ценностей и интересов или политических целей [25]. В рамках планирования адаптации под поворотными точками понимаются критические моменты или переломные моменты, ознаменованные значительными изменениями или сдвигами в подходе к работе с воздействием изменения климата. Эти поворотные точки дают принимающим решения лицам возможность пересмотреть свои стратегии, обновить набор действий и сделать более обоснованный выбор с учетом новой информации, формирующихся рисков или меняющихся обстоятельств. Они могут возникнуть в результате появления новой научной информации, наступления кризисов или катастроф, изменений в политике и нормативно-правовом регулировании, технологических достижений, изменений в плане осведомленности и восприятия общественностью, изучения результатов мониторинга и оценки, изменения социально-экономических условий, а также принятия международных соглашений и обязательств.

С точки зрения владельцев и операторов объектов транспортной инфраструктуры, под поворотными точками понимаются критические моменты или ключевые события, которые обуславливают существенные изменения подхода к работе с воздействием изменения климата на транспортные

системы. Поворотные точки могут возникать под воздействием различных факторов и влиять на решения и действия владельцев и операторов объектов инфраструктуры, направленные на повышение устойчивости и стабильности их активов и услуг. Можно привести следующие примеры [36, 37]:

- **экстремальные погодные явления:** неблагоприятные погодные явления, в частности ураганы, наводнения или лесные пожары, могут стать поворотной точкой для владельцев и операторов объектов инфраструктуры. Повреждения и нарушения, вызванные такими явлениями, могут привести к переоценке степени уязвимости и способствовать внедрению более устойчивых методов строительства и совершенствованию планов реагирования на чрезвычайные ситуации;
- **выход из строя инфраструктуры или ухудшение ее состояния:** когда критически важная транспортная инфраструктура выходит из строя либо ее состояние ухудшается в результате воздействия климата, это становится поворотной точкой. Такая ситуация может обусловить необходимость немедленного ремонта, замены или перепланировки, чтобы противостоять будущим климатическим потрясениям;
- **новые климатические проекции или оценки рисков:** в результате обновления климатических проекций или результатов оценки рисков могут быть выявлены более высокие, чем предполагалось ранее, уровни связанных с климатом рисков. При получении новой информации владельцы и операторы объектов инфраструктуры могут соответствующим образом скорректировать свои стратегии адаптации;
- **возможности финансирования или бюджетные ограничения:** значительное расширение возможностей финансирования мер адаптации к климатическим изменениям или бюджетные ограничения, приводящие к сокращению масштаба обычного технического обслуживания и строительства, могут обусловить поворотные точки в процессе определения приоритетов и выделения ресурсов на меры по повышению устойчивости к изменению климата;
- **изменения в нормативно-правовой базе и требования в отношении соблюдения:** поворотными точками могут стать новые нормативные акты или требования в отношении соблюдения норм, связанных с устойчивостью к изменению климата. Владельцам и операторам объектов инфраструктуры может потребоваться привести свою деятельность в соответствие с этими нормами, что повлияет на масштабы и сроки планирования мер адаптации;
- **технологические инновации:** развитие технологий в области адаптации к изменениям климата, например совершенствование средств прогнозирования, систем мониторинга или строительных материалов, может стать поворотной точкой, способствующей разработке более эффективных и действенных стратегий адаптации;
- **привлечение общественности и обратная связь:** вклад местных сообществ и заинтересованных сторон может стать поворотной точкой, поскольку он может способствовать выявлению ранее непризнанных областей уязвимости и лечь в основу разработки более инклюзивных и ориентированных на общественность планов адаптации;
- **проблемы, связанные с непрерывностью деятельности:** осознание того, что воздействие климата может нарушить непрерывность деятельности или цепочки поставок, может стать поворотной точкой, побуждающей владельцев и операторов объектов инфраструктуры вкладывать средства в меры адаптации для обеспечения дальнейшей эксплуатации и экономической целесообразности;
- **изменение структуры землепользования:** изменения в структуре землепользования, связанные с урбанизацией или ростом численности населения, могут повлиять на спрос на транспортную инфраструктуру. Это может побудить владельцев и операторов объектов инфраструктуры пересмотреть планы будущего расширения и включить в новые проекты меры по повышению устойчивости к изменению климата.

Критические точки адаптации определяют пороговые значения, при которых масштабы изменений, вызванных последствиями изменения климата (например, наводнениями), превосходят

имеющийся потенциал стратегий управления, позволяющий достичь текущих целей. Таким образом, благодаря определению критических точек можно выяснить, может ли стратегия управления оказаться несостоятельной и потребуются ли другие стратегии (и если да, то в каких случаях). Кроме того, критические точки адаптации позволяют определить, с какими изменениями климата система может справиться при использовании существующих методов [25].

В контексте планирования мер адаптации транспортных систем под критическими точками понимаются критические пороги или ситуации, по достижении которых воздействие изменения климата на транспортные системы становится настолько серьезным, что обычные меры адаптации могут оказаться недостаточными или нецелесообразными. Эти поворотные точки могут привести к резким и необратимым изменениям транспортной инфраструктуры, операционной деятельности и тенденций мобильности, которые снижают эффективность функционирования транспортного сектора и затрудняют удовлетворение потребностей общества.

Можно привести следующие примеры потенциальных поворотных точек в процессе планирования мер адаптации для транспортного сектора:

- **повышение уровня моря и береговая эрозия:** в прибрежных регионах повышение уровня моря и береговая эрозия могут привести к затоплению или повреждению транспортной инфраструктуры, в частности дорог, мостов и портов. В определенный момент обслуживание и ремонт могут стать слишком дорогостоящими или нецелесообразными, вследствие чего может потребоваться перенос или серьезная перестройка транспортных сетей;
- **увеличение частоты и интенсивности экстремальных** погодных явлений, в частности ураганов, наводнений и лесных пожаров, может привести к значительному ущербу для транспортной инфраструктуры и нарушению работы транспорта. Если частота и интенсивность этих явлений превысят допустимые уровни, то такие меры адаптации, как укрепление конструкций и создание альтернативных маршрутов, могут оказаться недостаточными, а значит в некоторых случаях может возникнуть

необходимость в потенциальном перемещении критически важных транспортных активов и инфраструктуры;

- **аномальная жара и экстремальные температуры:** длительные периоды аномальной жары могут привести к вспучиванию дорожного покрытия, деформации железнодорожного пути и увеличению нагрузок на транспортные активы. Если экстремальные температуры возникают чаще или достигают неприемлемого уровня, может потребоваться перепроектирование инфраструктуры для обеспечения ее устойчивости к повышенным температурам или эксплуатация альтернативных видов транспорта;
- **сбои в функционировании цепочек поставок:** в результате воздействия изменения климата может нарушиться функционирование цепочек поставок, что в свою очередь повлияет на доступность и стоимость материалов, необходимых для обслуживания и ремонта транспортной инфраструктуры. В определенный момент могут возникнуть сложности с дальнейшим поддержанием надежности транспортного сообщения, особенно в удаленных или уязвимых регионах;
- **потеря доступа к важнейшим маршрутам:** некоторые маршруты перевозок могут стать недоступными в связи с изменением условий, например со сходом оползней, таянием вечной мерзлоты или отступлением ледников. Если эти маршруты являются важными каналами жизнеобеспечения населения или важнейшими торговыми коридорами, то могут потребоваться альтернативные решения и инвестиции в новую инфраструктуру.

Примером установления критических точек адаптации в контексте береговых защитных сооружений для уязвимой прибрежной транспортной инфраструктуры является определение такого значения повышения уровня моря, при котором защитное сооружение уже не может соответствовать заданному предельному значению эффективности [35]. Для защиты транспортной инфраструктуры от атмосферных воздействий может потребоваться значительный объем первоначальных инвестиций, однако в долгосрочной перспективе это необходимый шаг для предотвращения роста затрат или даже дорогостоящего переоборудования. В таких случаях

крайне важно определить критическую точку, по достижении которой затраты на дополнительную адаптацию становятся несоизмеримыми с полученными дополнительными выгодами [03]. В целом потенциальные критические точки для транспортной инфраструктуры и активов можно определить через условия, при которых:

- a) действие(я) может(гут) стать неэффективным(и);
- b) могут быть достигнуты пороговые значения для активов или систем; и
- c) актив или система могут измениться (вероятно, в связи с изменением климата).

3. Учет взаимозависимостей и определение альтернативных вариантов адаптации

При разработке любых способов адаптации одним из важных этапов является определение и рассмотрение альтернативных мер адаптации и последующих вариантов адаптации, которые помогут решить поставленные задачи относительно различных уровней риска. Важно определить цель адаптации, стоящую за каждой выявленной мерой адаптации. Одно и то же действие может привести к достижению как нескольких целей адаптации, так и всего одной либо некоторых из этих целей [27]. Кроме того, для выявления надлежащих мер адаптации необходимо вновь рассмотреть такой важный элемент, как взаимозависимость (как уже отмечалось в разделе 1).

Понимание критических точек принятия решений (как отмечалось в разделе 2) необходимо для распознавания того, какие варианты могут быть полезны для предотвращения, ограничения или устранения последствий изменения климата, а также других экологических, экономических и социально-политических факторов. Эти действия необходимо изучить, чтобы определить, какие иницирующие факторы могут вызвать необходимость их выполнения, а также проверить, устойчивы ли они к возможным вариантам развития событий (см. раздел 4, посвященный оценке действий по адаптации). Определение новых или альтернативных вариантов, несомненно, может быть сложной задачей, поэтому в идеале следует обеспечить всеохватное, творческое, конструктивное и основанное на сотрудничестве участие в этом процессе [25]. Таким образом, специалистам по транспорту следует обдумать следующие ориентирующие вопросы: каким образом тот или иной вариант способствует достижению поставленных задач или целей и какова роль соответствующих заинтересованных сторон, включая организации транспортного сектора?

Согласно Пятому докладу об оценке МГЭИК (ДО5), меры по адаптации можно разделить на три широкие категории в зависимости от их характера и направленности [38]. Такими категориями являются:

- а) **физические меры:** под физическими мерами адаптации понимаются действия, связанные с изменением физической среды, конструкций или технологий и направленные на снижение уязвимости и повышение устойчивости к воздействию изменения климата. К ним могут относиться:
- i) *структурные меры* — предусматривают строительство или реконструкцию физической инфраструктуры для противодействия опасным климатическим явлениям. В качестве примера можно привести строительство волнорезов, насыпей для защиты от наводнений, авандюн и водохозяйственной инфраструктуры;
 - ii) *технологические меры:* — подразумевают разработку и внедрение новых технологий либо применение существующих технологий для повышения устойчивости. В качестве примера можно привести современные системы прогнозирования погоды, системы раннего оповещения, ирригационные системы и выведение климатостойчивых сортов сельскохозяйственных культур;
- б) **социальные меры:** социальные меры адаптации ориентированы на изменения в поведении, оперативной деятельности и общественном мнении, целью которых является снижение уязвимости и повышение устойчивости к изменению климата. Эти меры могут включать:
- i) *изменения в поведении* — подразумевают действия и корректирующие меры со стороны отдельных лиц или сообщества, направленные на снижение воздействия и повышение адаптационного потенциала. В качестве примера можно привести изменение моделей потребления, изменение методов сельскохозяйственного производства и внедрение мер по сохранению водных ресурсов;
 - ii) *изменения в оперативной деятельности* — подразумевают изменение методов работы организаций или учреждений в целях адаптации к изменению климата. Они могут включать изменение методов управления, диверсификацию источников дохода или пересмотр методов землепользования;
- с) **институциональные меры:** институциональные меры адаптации включают изменения в политике, законодательстве, системах управления и экономических инструментах, направленные на поддержку усилий по адаптации. В перечень этих мер могут входить:
- i) *изменения в политике и нормативно-правовой базе* — подразумевают разработку и внедрение политики и нормативно-правовых актов, способствующих адаптации, учету климатических факторов при планировании и усилению координации между соответствующими заинтересованными сторонами;
 - ii) *экономические меры* — включают финансовые механизмы, стимулы и экономические инструменты, с помощью которых поощряются и поддерживаются действия по адаптации. В качестве примера можно привести страхование от последствий изменения климата, программы финансирования проектов по адаптации, а также механизмы ценообразования, позволяющие интернализировать затраты, связанные с последствиями изменения климата.
- Может быть полезно определить, к какой из этих категорий относится выявленное действие, а также подбирать действия из разных категорий для обеспечения различных возможностей адаптации. Рекомендуется также определить, является ли действие по адаптации корректирующим (как, например, реконструкция существующей инфраструктуры или использование более устойчивого к проливным дождям дорожного покрытия) или преобразующим (как, например, перемещение инфраструктуры, которой угрожает повышение уровня моря).
- Кроме того, в настоящем руководстве специалистам по транспорту рекомендуется пользоваться различными полезными ресурсами, в частности результатами проектов WEATHER [39], EWENT [40], MOWE IT [41] и SIRMA [42], а также онлайн-базами данных, например Copernicus [43], и Европейской платформой по адаптации к

изменению климата «Климат-АДАПТ» [44], для изучения мер и вариантов адаптации, которые в настоящее время применяются в транспортном секторе. Помимо этого, существуют различные отраслевые руководства, посвященные адаптации к изменению климата конкретно в транспортном секторе, в частности «Адаптация дорожной сети к изменению климата: техническая инструкция», подготовленная Лабораторией транспортных исследований (ЛТИ), и «Адаптация к изменению климата в дорожном секторе — обобщение национальной практики», подготовленное СЕДР.

По данным ПМАДК [45], меры адаптации для автотранспортного сектора можно классифицировать следующим образом:

- **жесткие инфраструктурные меры** (например, строительство заградительных сооружений для защиты от эрозии или дамб, укладка альтернативных покрытий) и мягкие меры (например, создание водно-болотных угодий, барьерных островов, «зеленой» инфраструктуры для противостояния обильным осадкам);
- **меры по управлению опасностями/инцидентами на дорогах**, в частности создание хорошо подготовленных руководящих и управленческих структур, обеспечение наличия соответствующих информационных систем или подготовка персонала для борьбы с катастрофами, внедрение систем раннего оповещения или перенаправление транспортных потоков;
- **меры по техническому обслуживанию** в целях периодического, текущего или самостоятельного восстановления;
- **меры по стратегическому и сетевому планированию**, в частности внесение поправок в нормативные документы или стандарты, законодательную базу.

Рис. V: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно рассмотрения взаимозависимостей и выявления альтернативных вариантов адаптации для специалистов по транспорту

1

Какой вклад вносит тот или иной вариант/действие в достижение целей или задач?

2

Каковы роли соответствующих заинтересованных сторон, включая организации транспортного сектора?

3

Как наилучшим образом объединить различные виды деятельности, начиная с физических мер вмешательства и заканчивая наращиванием потенциала и созданием механизмов управления, в рамках разработки способов подготовки и поддержки необходимых преобразующих изменений?

4

Какие в настоящее время рассматриваются этапы работы с критическими и важными областями принятия решений?

6

Как потенциальное воздействие изменения климата или экстремальных погодных условий на транспортную инфраструктуру влияет на другие сектора или активы в регионе (а именно: на тот же вид транспорта, другие виды транспорта, транспортировку или распределение энергии, телекоммуникации и другие соответствующие сектора)?

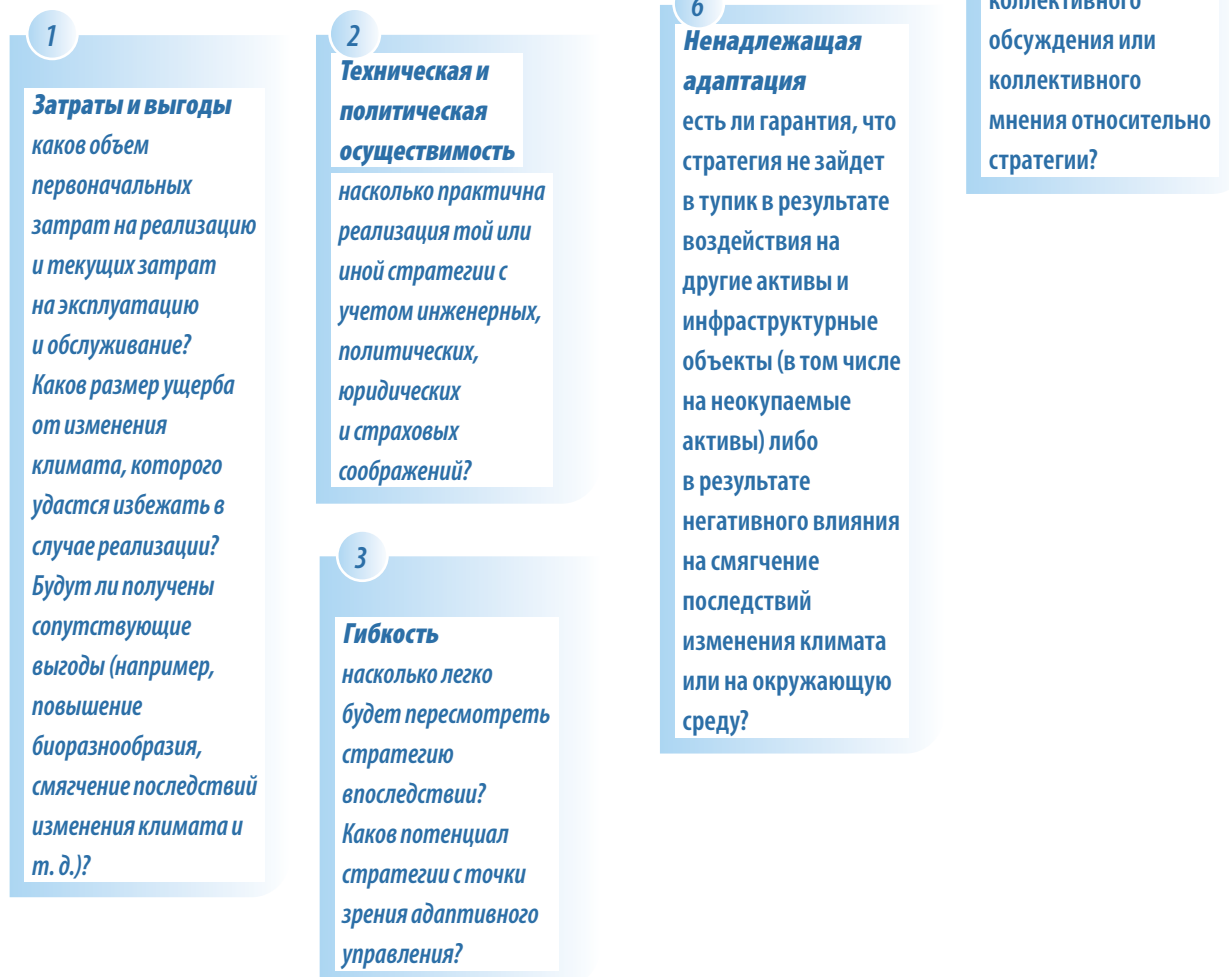
5

Повлияет ли изменение климата на успешность рассматриваемых мер, направленных на работу с ключевыми областями принятия решений? Если да, то какие аспекты изменения климата являются важными и как долго будет сохраняться успешность текущей практики?

4. Оценка различных вариантов способов

Как при составлении бюджета для транспортного сектора, так и при любом процессе планирования транспортные ведомства не всегда имеют возможность профинансировать весь предпочтительный перечень мер и вариантов адаптации. Кроме того, к достижению одной и той же цели могут приводить несколько вариантов адаптации, выбирать между которыми придется руководителю транспортного ведомства или оператору. Поэтому для сужения круга возможных вариантов целесообразно выполнять систематическую оценку. В качестве отправной точки для оценки и выбора мер по адаптации [31, 25] в рамках способов адаптации могут оказаться полезны нижеследующие критерии или вопросы.

Рис. VI: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно оценки и выбора мер адаптации для специалистов по транспорту



Потенциальные варианты необходимо оценить с точки зрения затрат, выгод, технической и политической осуществимости, гибкости, устойчивости (экологические преимущества, вклад в смягчение последствий изменения климата, повышение адаптационного потенциала других секторов/транспортной инфраструктуры), эффективности, социальной приемлемости и способности избежать ненадлежащей адаптации [04, 27]. Это можно сделать с помощью многокритериального анализа, используя различные весовые коэффициенты для разных критериев. Например, критерию «соотношение затрат и выгод» можно придать более высокий вес, чтобы отдать предпочтение мерам, требующим наименьших совокупных затрат. Цель состоит в том, чтобы определить, какая методология и какой уровень усилий лучше всего соответствуют потребностям организации. Наряду с анализом затрат и выгод и многокритериальным анализом в процессе оценки можно задействовать потенциальные заинтересованные стороны, которые могут принять участие в процессе моделирования и совместной разработки вариантов [04].

Что касается сопутствующих выгод от адаптации, то транспортным ведомствам крайне важно определять и учитывать возможные непосредственные и сопутствующие выгоды от

интеграции конкретных стратегий адаптации в процессы управления транспортными системами и программы деятельности. Качественная оценка сопутствующих выгод обычно помогает выявить взаимовыгодные стратегии, посредством которых можно повысить устойчивость к изменению климата и одновременно содействовать достижению других целей программы, например смягчения последствий изменения климата. Как правило, получить поддержку для финансирования таких решений тоже оказывается проще, поскольку они позволяют достичь сразу нескольких целей. Одним из распространенных примеров этого является увеличение размера водопропускных труб, затраты на которое транспортным ведомствам обычно удается обосновать, поскольку выгоды от него заключаются в появлении дополнительного пространства для прохода рыбы и увеличении пропускной способности, позволяющей справиться с увеличенной интенсивностью экстремальных осадков в будущем. Среди прочих ярких примеров сопутствующих выгод можно упомянуть повышение безопасности дорожного движения, снижение эксплуатационных расходов, снижение объема выбросов парниковых газов, улучшение качества воздуха, повышение устойчивости за счет улучшения аспектов, связанных с экологией, экономикой и/или социальной справедливостью, а также общее улучшение других показателей эффективности [31].

Таблица 2: Общие примеры, демонстрирующие типичные взаимосвязи между степенью приоритета мер по адаптации, сроками осуществления, степенью срочности и результатами многокритериального анализа (адаптировано из [31])

Мера адаптации	Срок осуществления	Степень срочности	Степень приоритета
Для осуществления необходимо от 0 до 5 лет, однако мера не потребует в течение 30 лет	Кратковременный	Низкая	Низкая
Для осуществления необходимо от 0 до 5 лет, однако для обеспечения эффективности необходимо приступить прямо сейчас	Кратковременный	Высокая	Средняя
Для осуществления необходимо 30 лет, однако для обеспечения эффективности необходимо приступить прямо сейчас	Долговременный	Высокая	Высокая
Следует осуществить в ближайшее время, поскольку она повлияет на будущие решения	Текущий	Средняя	Средняя

При рассмотрении сроков осуществления важно также проанализировать необходимые предварительные условия для каждой меры адаптации, например приобретение техники, накопление знаний, необходимость распространения информации или градостроительного планирования [31]. Цель состоит в том, чтобы определить момент начала действий для обеспечения долгосрочной устойчивости с учетом критических точек адаптации, поворотных точек и иницирующих точек.

После индивидуальной оценки каждой меры адаптации необходимо разработать фактические способы адаптации, состоящие из возможных последовательностей вариантов адаптации, с тем чтобы оценить также и их. Оценка разработанных способов адаптации может основываться на тех же критериях, что и оценка отдельных действий. К числу ключевых факторов, которые можно учесть при оценке разработанных способов адаптации транспортной инфраструктуры, относятся:

- **эффективность достижения целей:** оценка того, насколько успешно посредством применения способа адаптации достигаются намеченные цели и результаты. Оценка соответствия способа адаптации текущим и прогнозируемым сценариям изменения климата и определение того, учитываются ли в этом способе конкретные климатические

риски и области уязвимости, с которыми транспортная инфраструктура может столкнуться в будущем;

- **уязвимость инфраструктуры:** анализ эффективности способа адаптации в части снижения уязвимости транспортной инфраструктуры к таким воздействиям изменения климата, как повышение уровня моря, экстремальные погодные явления и экстремальные температуры;
- **оценка жизненного цикла:** рассмотрение полного жизненного цикла инфраструктуры и оценка того, как посредством того или иного способа адаптации можно устранить краткосрочные и долгосрочные климатические риски в течение всего срока службы транспортной инфраструктуры;
- **снижение рисков и повышение устойчивости:** измерение потенциала того или иного способа в части снижения рисков, связанных с воздействием климата, и повышения общей устойчивости транспортных систем к будущим изменениям;
- **способность адаптироваться к неопределенности:** оценка потенциала адаптации того или иного способа к неопределенности с учетом возможных изменений климатических прогнозов и других динамических факторов с течением времени;

- **экономическая эффективность:** оценка экономической эффективности того или иного способа адаптации с учетом финансового, технического и институционального потенциала, необходимого для его применения, а также сопоставление выгод, полученных в результате принятия мер, с сопутствующими затратами. При такой оценке могут учитываться как непосредственные издержки, так и долгосрочная экономия от предотвращения ущерба;
 - **техническая осуществимость:** рассмотрение целесообразности финансирования и применения данного способа. При этой оценке могут учитываться инженерно-технические требования, методы строительства и наличие подходящих материалов;
 - **воздействие на окружающую среду:** оценка воздействия способа адаптации на окружающую среду, в том числе в части потенциальных экологических последствий предлагаемых мер;
 - **синергизм с целями по смягчению последствий и сопутствующими выгодами:** оценка согласованности способа адаптации с работой по снижению объема выбросов парниковых газов и содействию распространению низкоуглеродных транспортных средств. Выявление возможностей обеспечения синергизма между мерами по адаптации и по смягчению последствий изменения климата;
 - **принятие широким кругом заинтересованных сторон и привлечение этих сторон:** измерение уровня принятия заинтересованными сторонами того или иного способа адаптации и привлечения заинтересованных сторон к его разработке. Учет замечаний заинтересованных сторон относительно актуальности и целесообразности способа;
 - **механизмы мониторинга и оценки:** обеспечение включения в способ адаптации надежных механизмов мониторинга и оценки для отслеживания прогресса и корректировки стратегий по мере необходимости;
 - **коммуникация и прозрачность:** четкое доведение результатов оценки до сведения принимающих решения лиц, заинтересованных сторон и общественности. Прозрачность процесса оценки способствует укреплению доверия и обеспечению подотчетности;
 - **обучение, распространение информации и будущие варианты:** содействие внедрению ориентированного на обучение подхода к планированию адаптации. Доведение результатов оценки до сведения принимающих решения лиц и заинтересованных сторон. Оценка результатов в целях обоснования будущих вариантов способа адаптации и накопления знаний для будущей работы по планированию.
- Кроме того, перед реализацией самостоятельных проектов специалистам по транспорту следует принимать во внимание текущие циклы ремонта и замены объектов инфраструктуры. Как правило, в отношении дорогостоящих объектов инфраструктуры и активов, которые могут быть серьезно повреждены при наступлении экстремальных погодных явлений, целесообразно применять упреждающие меры. Тем не менее в некоторых случаях лучшим внеплановым действием по адаптации и лучшим подходом к реагированию на менее серьезные, но более частые погодные явления становится постоянный ремонт и техническое обслуживание объектов инфраструктуры, являющиеся менее уязвимыми к изменению климата. В целом выбор предпочтительных способов адаптации представляет собой повторяющийся процесс, в ходе которого приоритет отдается действиям и вариантам, допускающим немедленное осуществление или поддержку. Как правило, это беспроигрышные и почти беспроигрышные варианты либо варианты, сохраняющие устойчивость при различном развитии событий в будущем [28, 31].

5. Установление возможных сроков

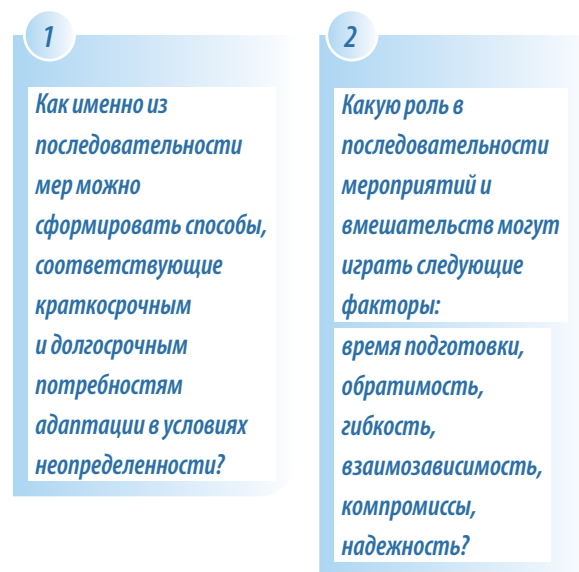
Этот этап подразумевает разработку последовательности потенциальных действий по составлению проекта способов адаптации путем объединения всех предыдущих материалов в целях удовлетворения краткосрочных и долгосрочных потребностей в адаптации в условиях неопределенности. Рассмотренные ранее иницирующие, поворотные и критические точки в данном случае используются для определения того, в каком случае и при каких условиях тот или иной вариант может перестать действовать, а также для определения того, в каком случае можно или необходимо предпринять то или иное действие. Сначала проводится документирование текущей деятельности и определяются точки принятия решений, позволяющие реализовать беспроигрышные варианты и действия, которые в большинстве случаев окажутся устойчивыми. В процессе определения последовательности действий могут быть продемонстрированы потенциальные разрывы между существующими методами управления и необходимыми для реализации способа адаптации ресурсами, политической и общественной поддержкой. При разработке последовательности действий специалистам в области транспорта следует помнить о необходимости сопоставления текущих организационных условий с целями адаптации по каждому сценарию. Это позволит выявить ключевые проблемы, риски и факторы успеха, требующие расстановки приоритетов и выполнения действий [25, 28, 30, 32].

Для разработки последовательностей потенциальных действий важно также проанализировать, какие действия являются несовместимыми с технической точки зрения (так, строительство береговой дамбы несовместимо с восстановлением прибрежных водно-болотных угодий) либо финансовой или плановой точек зрения (некоторые действия ограничивают возможности адаптации в долгосрочной перспективе) [27, 30].

Кроме того, важно, чтобы ориентиром при разработке путей адаптации служила неопределенность в отношении движущих сил изменений [33]. Неопределенность указывает на то, что устанавливать заранее определенные и фиксированные сроки осуществления нецелесообразно, и гораздо полезнее вместо этого установить критерий принятия

решения, обозначающий наступление благоприятных обстоятельств для осуществления [46]. Благодаря планированию на основе способов адаптации специалисты по транспорту могут подготовиться к будущим рискам и неопределенностям, определив, какую(ие) меру(ы) необходимо принять в настоящий момент, а какую(ие) — запланировать на будущее и реализовать, когда станет очевидным возникновение определенного сценария или условия(й). Кроме того, специалисты по транспорту должны учитывать, насколько гибкими, обратимыми, беспроигрышными или надежными (т. е. способными обеспечить разумную эффективность при различных сценариях развития событий) являются принимаемые меры [32, 46].

Рис. VII: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно подготовки последовательности потенциальных действий по разработке способов адаптации для специалистов по транспорту

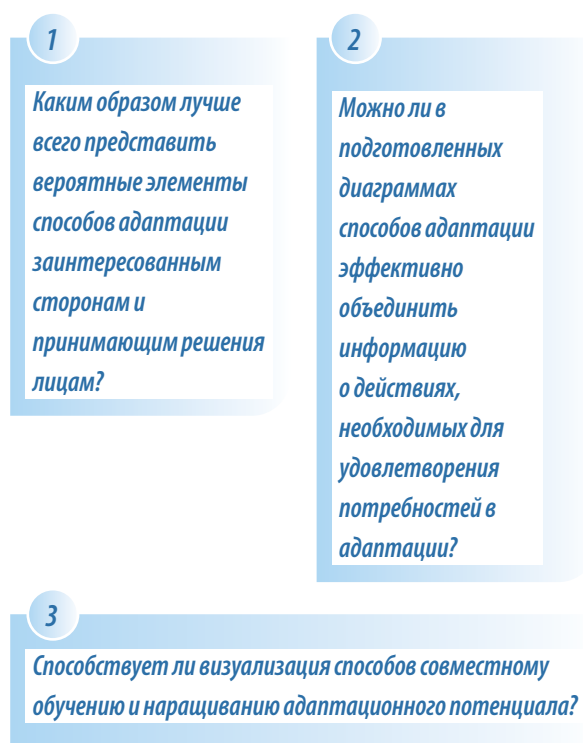


6. Доработка и визуализация способов адаптации

Это заключительный этап разработки способов адаптации, который предполагает составление схемы или визуальное документирование последовательности возможных действий. Визуальное представление способов может способствовать распространению информации о результатах планирования адаптации [11] и содействовать совместному принятию решений

с целью представить динамическую реакцию на изменение условий и лучше ориентироваться в процессе адаптации [47, 48]. В настоящее время существуют компьютерные инструменты и методы, которые могут помочь специалистам по транспорту составить схему потенциальных способов адаптации. Визуальное представление способов может способствовать организации коллективного обучения по процессу адаптации. На основании диаграмм, отражающих способы, можно сделать вывод о том, как именно будущие потребности в адаптации сочетаются с действиями по адаптации [49]. Кроме того, визуальное представление политических решений в виде динамической последовательности менее масштабных решений может позволить принимающим решения лицам преодолеть некоторые трудности, связанные с принятием решений по адаптации к изменению климата, рассчитанных на перспективу [48, 50]. После определения возможных способов адаптации принимающие решения лица могут принять решение относительно стратегии адаптации на основе способов адаптации, уровня риска на их территории, предпочтительной стратегии адаптации и оперативных целей [27].

Рис. VIII: Ориентирующие и обучающие вопросы относительно доработки и визуального отображения способов адаптации для специалистов по транспорту



Необходимо также отметить, что привлечение многочисленных заинтересованных сторон и учет их замечаний не ограничивается каким-либо конкретным этапом, а относится к каждому из рассмотренных выше этапов разработки способов адаптации. Безусловно, привлечение заинтересованных сторон, каждая из которых имеет свои ценности, цели и базу знаний на разных уровнях и в разных секторах, может способствовать коллективному изучению потенциальной необходимости преобразований. Такими заинтересованными сторонами могут быть, например, директивные органы, местные власти, управляющие инфраструктурой, транспортные операторы, транспортные инженеры, транспортные агентства, эксперты по изменению климата, логистические компании, местные природоохранные ассоциации, финансовые учреждения и объединения местных жителей. Все эти различные участники могут иметь различные цели, ценности и предположения относительно настоящего и будущего. Однако их различающиеся взгляды, ожидания и представления относительно характера изменения климата и способов достижения будущих целей, а также их индивидуальные знания о способах реализации будущих возможностей могут оказаться весьма полезны для рационального реагирования на изменение климата, особенно в транспортном секторе [32, 48]. Несомненно, интеграция знаний и опыта множества заинтересованных сторон способна повысить качество принимаемых решений, главным образом за счет полноты, всеохватности и разнообразия поступающей информации. Соответствующие заинтересованные стороны могут играть активную роль в определении критических показателей эффективности принимаемых решений, в частности путем высказывания своего мнения о реальных проблемах, с которыми сталкиваются транспортные ведомства. Специалистам по транспорту, заинтересованным в разработке способов адаптации для своей транспортной инфраструктуры, рекомендуется установить, какой тип взаимодействия с заинтересованными сторонами будет способствовать коллективному изучению вопросов изменения климата, выработке общей повестки дня на будущее, а также адаптивному и преобразующему планированию. Кроме того, они должны рассмотреть вопрос о том, как вовлечение заинтересованных сторон может способствовать решению проблем неопределенности и

неоднозначности способов адаптации [32]. По мере учащения неблагоприятных явлений все важнее становится необходимость защиты, преобразования или даже регулируемого отселения. В этом случае для обоснования и утверждения мер реагирования на основе адаптации, а также для обеспечения удовлетворения потребностей различных групп решающее значение имеет взаимодействие с заинтересованными сторонами.

7. Осуществление, мониторинг и обучение на основе разработанных способов адаптации для специалистов в области транспорта

Любая карта способов адаптации призвана отразить уже предпринятые шаги по повышению готовности к изменению климата, определить точки принятия решений, изложить альтернативные варианты и представить возможные сроки. Карты способов адаптации следует распространять, постоянно пересматривать и обновлять по мере поступления новой информации. Поскольку адаптация зависит от обучения и эффективного реагирования на извлеченные уроки, накопленный опыт, изменение обстоятельств и новые знания, крайне важно регулярно проводить мониторинг и оценку для обеспечения эффективности адаптации в течение длительного времени [50, 51].

Систематический мониторинг примененных способов адаптации может служить основой для принятия текущих решений и, при необходимости, для начала выполнения необходимых последующих мероприятий. Кроме того, он позволит определить момент переоценки текущих действий. Таким образом, ценность того или иного способа адаптации подтверждается в том случае, если он принимается, реализуется и затем со временем обновляется в рамках сектора.

Очевидно, что разработка способов адаптации осуществляется путем рассмотрения последовательности действий, основанных на информации, которая имеется на момент разработки способа. Предполагается, что при применении этой

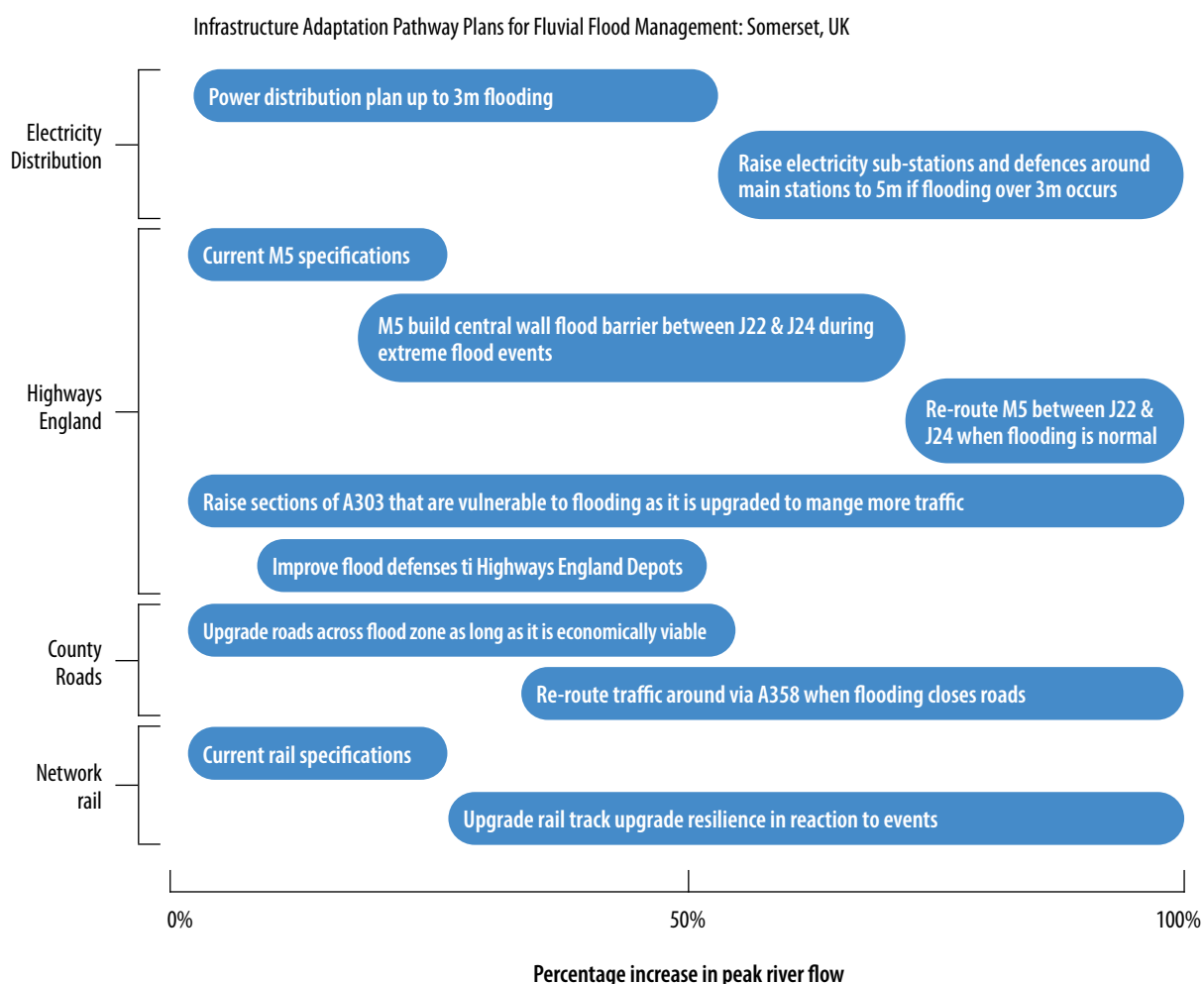
схемы со временем будут возникать проблемы и возможные препятствия, связанные с изменением климата и его воздействием, социальными изменениями, экономическими и финансовыми трудностями и другими кризисами. Учитывая цели, связанные с устойчивостью транспорта, в число иницилирующих факторов мониторинга будут входить такие последствия изменения климата, как, например, экстремальные погодные явления, повышение температуры, усиление ураганов и наводнений, которые потенциально способны повлиять на надежность и пропускную способность транспортных систем и нанести ущерб транспортной инфраструктуре. Владельцам и управляющим объектов транспортной инфраструктуры следует внимательно следить за сезонными изменениями и системами мониторинга. Эти специалисты могут сотрудничать с местными, региональными, а иногда и международными ведомствами, а также местными сообществами, исследователями, консультантами и промышленными предприятиями в целях обмена информацией и реализации мер по обеспечению готовности к изменению климата. Наконец, специалистам по транспорту необходимо тем или иным образом обеспечить регулярный пересмотр способов адаптации по мере поступления новой информации, изменения климатических условий и роста адаптационного потенциала. Для этого специалистам также необходимо знать, какие процедуры внедрены для повышения адаптационного потенциала заинтересованных сторон. Предполагается, что при постоянном пересмотре способов можно будет при необходимости обновлять карту способов с интервалом в несколько лет, о чем свидетельствует циклический характер схемы на рис. I. Предлагаемая схема подразумевает, что разработка способов адаптации для транспортных инфраструктур и активов должна представлять собой циклический и итеративный процесс, позволяющий учитывать новые знания, социально-экономические изменения или изменения транспортной инфраструктуры, а также любую дополнительную информацию, которую целесообразно включить в схему с течением времени.

На рис. IX представлен недавний пример плана на основе способов адаптации, направленного на повышение устойчивости транспортной инфраструктуры к различным уровням наводнений в рамках борьбы с речными паводками в графстве Сомерсет (Соединенное Королевство) [13]. Такая карта или схема способов адаптации

позволяет принимающим решения лицам гибким образом корректировать ход адаптации (т. е. менять способы в целях реализации подходящих вариантов адаптации) по мере поступления новой информации [04]. Понимание последовательности действий также позволяет подготовиться к учету будущих действий по адаптации при планировании более ранних действий. Благодаря этому переходы от действия к действию могут стать более эффективными и экономичными. Различные

этапы разработки подхода на основе способов адаптации вносят свой вклад в общий план и, таким образом, обеспечивают гибкость будущих вариантов, позволяя избежать действий, которые могут поставить под угрозу эффективность будущих мер. Кроме того, с течением времени эффективность подходящих вариантов можно отслеживать и оценивать, чтобы использовать полученные знания в следующем цикле разработки [03].

Рис. IX: План способов адаптации, направленных на обеспечение устойчивости транспортной инфраструктуры к различным уровням наводнений в Соединенном Королевстве [13]



Глава 5

Проблемы, связанные с подходом на основе способов адаптации

Хотя подход на основе способов адаптации, имеет множество преимуществ, необходимо отметить и некоторые проблемы, связанные с применением этого метода.

Как и при использовании любого другого типичного плана адаптации, при реализации способов адаптации может наблюдаться недостаток ясности в отношении правовых, финансовых и институциональных последствий принимаемых решений, а также конечной ответственности за соответствующие воздействия, затраты и меры по снижению риска. Это общая проблема для межюрисдикционных структур финансирования и управления рисками. Результаты исследования по вопросам преодоления проблем различного масштаба, связанных с адаптацией к изменению климата, которое было ориентировано на местные органы власти с акцентом на Австралию, показали, что различные органы по-разному реагируют на изменение климата и по-разному решают вопросы планирования. Без четкой информации о соответствующих обязанностях, связанных с юрисдикцией, вопрос юридической ответственности остается непроясненным. Эту проблему можно решить за счет учреждения четко определенного мандата (включающего как юридические, так и политические обязанности), которое приведет к улучшению координации планирования мер реагирования. Следует прояснить, кто отвечает за планирование мер реагирования на последствия изменения климата или оценку масштабов проблемы. Кроме того, создание последовательной схемы подготовки технико-экономических обоснований с использованием многокритериального анализа (например, анализа затрат и выгод), может способствовать документированию необходимых фактических данных для привлечения и получения политической поддержки, необходимой для принятия решений [52, 53].

Определение критических точек принятия решений, таких как иницирующие точки, пороговые значения и критические точки адаптации, может оказаться сложной задачей при реализации различных климатических и социально-экономических сценариев, особенно при наступлении опасных явлений, характеризующихся высокой степенью естественной изменчивости (в частности, засух и ураганов). Мониторинг этих опасных явлений сложен, в основном по причине отсутствия наблюдений за экстремальными явлениями. Так, в случае обусловленных изменением климата изменений максимального расхода воды или стока рек данные мониторинга и результаты дальнейших исследований показали, что естественная изменчивость стока рек настолько велика, что даже при принятии гипотезы о быстром (но не крайне быстром) изменении климата может пройти 30–40 лет, прежде чем сигнал об изменении климата будет статистически достоверным образом отфильтрован по данным мониторинга стока рек. С практической точки зрения для решения этой проблемы необходимо найти альтернативные подходы, а также подобрать параметры фильтрации связанных с изменением климата сигналов из массива результатов измерения стока рек. Для достижения этой цели обнаружение изменений в наблюдаемых событиях на основе данных можно сочетать с изучением возможных будущих событий посредством разработки сценариев и моделирования. В качестве альтернативы по результатам массовых климатических экспериментов может быть предложен другой подход, направленный на более точную количественную оценку изменения вероятности экстремальных явлений [54].

В условиях низкой предсказуемости нелегко содействовать принятию более широких общественных обязательств. Подход на основе способов адаптации позволяет четко

определить меры, которые следует принять в краткосрочной перспективе, а также наметить возможные будущие меры, применимые в более долгосрочной перспективе. Что касается будущих мер, то решение относительно их реализации нередко принимается только после того, как появится уверенность в формировании будущих физических условий (например, при наступлении критических событий). Это означает, что ожидание заблаговременного принятия этих мер со стороны общества не оправдывается. Так, в определенный будущий момент водоснабжение может стать ограниченным, однако зависимость от этого ограниченного ресурса непредсказуема, что может привести либо к росту спроса в краткосрочной перспективе, либо к замедлению внедрения новых решений и технологий. В целом, задержка с принятием окончательного решения относительно реализации той или иной меры может быть как очевидным преимуществом, так и очевидным недостатком в зависимости от характера меры, затрат и выгод в связи с заблаговременным принятием меры для различных субъектов, а также от того, в каком направлении ожидалось заблаговременное принятие по сравнению с направлением, заложенным в самой мере. Поэтому при планировании момента принятия окончательного решения о фактической реализации меры рекомендуется учитывать возможные компромиссы [54].

Эффективность способов адаптации может быть ограничена, если взаимодействие с заинтересованными сторонами носит ограниченный характер, приводя к недостаточно полному раскрытию потенциала подхода. Для успешной и преобразующей адаптации, в которой учитывается экологическая и социальная динамика и которая способствует совместному обучению заинтересованных сторон, необходимо их широкое и всеохватное вовлечение. Привлечение заинтересованных сторон должно занимать центральное место при диагностике проблем адаптации и определении задач. Благодаря привлечению различных заинтересованных сторон способы адаптации могут отражать более широкий спектр точек зрения и потенциальных решений, способствуя повышению устойчивости и стабильности в условиях изменения климата [53]. Однако в этом процессе необходимо соблюдать баланс и избегать привлечения слишком большого числа заинтересованных сторон. Наличие чрезмерного числа участников может привести к проблемам с принятием решений, координацией и коммуникацией, что в свою очередь может помешать прогрессу. Многочисленная и трудноуправляемая группа может затруднить достижение значимого консенсуса и привести к неэффективности и задержкам в процессе планирования. Вместо этого следует привлечь тщательно отобранную группу заинтересованных сторон, представляющих основные точки зрения, опыт и интересы.

| Источники

01. Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera, and X. Zhang. (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 109-230.
02. Ara Begum, R., R. Lempert, E. Ali, T.A. Benjaminsen, T. Bernauer, W. Cramer, X. Cui, K. Mach, G. Nagy, N.C. Stenseth, R. Sukumar, and P. Wester. (2022). Point of Departure and Key Concepts. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 121–196, doi:10.1017/9781009325844.003.
03. Quinn, A. *et al.* (2018). "Adaptation becoming business as usual: A framework for climate-change-ready transport infrastructure," *Infrastructures*, 3(2), p. 10. Available at: <https://doi.org/10.3390/infrastructures3020010>.
04. Ferranti, E, Greenham, S & Wood, R. (2021). Adaptation pathways for infrastructure operators and policymakers.
05. UNECE. (2023). Guidelines for integrating climate change considerations in planning and operational processes. Stress test framework. Inland Transport Committee. United Nations Economic Commission for Europe. ECE/TRANS/WP.5/GE.3/2023/3.
06. Jaroszweski, D.; Chapman, L.; Petts, J. (2010). Assessing the potential impact of climate change on transportation: The need for an interdisciplinary approach. *J. Transp. Geogr.* 18, 331–335.
07. Haasnoot, M., Kwakkel, J.H., Walker, W.E. and ter Maat, J., (2013). Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global environmental change*, 23(2), pp.485-498.
08. Star, J. *et al.* (2016). "Supporting adaptation decisions through scenario planning: Enabling the effective use of multiple methods," *Climate Risk Management*, 13, pp. 88–94. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2016.08.001>.
09. Kwakkel, J.H., Haasnoot, M. and Walker, W.E. (2016). "Comparing robust decision-making and dynamic adaptive policy pathways for model-based decision support under Deep uncertainty," *Environmental Modelling & Software*, 86, pp. 168–183. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.09.017>.
10. ADEME. (2021). ADEME comparative study, En entreprise, comment prendre des décisions pour s'adapter au changement climatique? Méthodes et études de cas en France et à l'international.
11. Ranger, N., Reeder, T. and Lowe, J. (2013). Addressing 'deep' uncertainty over long-term climate in major infrastructure projects: four innovations of the Thames Estuary 2100 Project. *EURO Journal on Decision Processes*, 1(3-4), pp.233-262.
12. Haasnoot, M., Warren, A. and Kwakkel, J.H. (2019). Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP). In *Decision Making under Deep Uncertainty* (pp. 71-92). Springer, Cham.
13. Black, Doogie and Pyatt, Nick. (2021). Adapting Urban Transport to Climate Change. Module 5f Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. 2nd Edition.

14. IPCC. (2019): Annex I: Glossary [Weyer, N.M. (ed.)]. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 677–702. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.010>.
15. Siebentritt, M.A. and Stafford Smith, M. (2016). A User's Guide to Applied Adaptation Pathways Version 1. Seed Consulting Services and CSIRO.
16. Walker, W.E., Rahman, S.A. and Cave, J. (2001). Adaptive policies, policy analysis, and policy-making. *European Journal of Operational Research*, 128(2), pp.282-289.
17. Chopra, K.R. (2005). Ecosystems and human well-being: Policy responses. Volume 3. Findings of the Responses Working Group. Washington. Island Press. Millennium Ecosystem Assessment.
18. Gregg, R.M., Kershner, J.M., & Hansen, L.J. (2013). Strategies for Climate Change Adaptation: A Synthesis. *Environmental Science*. DOI:10.1016/B978-0-12-409548-9.09365-9.
19. U.S. Climate Resilience Toolkit (nd). Decision Making Under Deep Uncertainty | U.S. Climate Resilience Toolkit. Available at: <https://toolkit.climate.gov/content/decision-making-under-deep-uncertainty> (Accessed: January 30, 2023).
20. C40 Cities. (2017). Infrastructure Interdependencies and Climate Risks. London: C40 Cities. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/report_c40_interdependencies_.pdf
21. Barnett, J., Graham, S., Mortreux, C., Fincher, R., Waters, E. and Hurlimann, A. (2014). A local coastal adaptation pathway. *Nature Climate Change*, 4(12), pp.1103-1108.
22. Rosenzweig, C. and Solecki, W. (2014). Hurricane Sandy and adaptation pathways in New York: Lessons from a first-responder city. *Global Environmental Change*, 28, pp.395-408.
23. Aastha Lamichhane *et al.* (2022). IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1016 012034.
24. Martin, S. (2012). Examples of 'no-regret', 'low-regret' and 'win-win' adaptation actions. ClimateXChange. RBGE.
25. Coulter, L. (2019). Climate Change Adaptation Pathways Framework: Supporting Sustainable Local Food in B.C. Prepared for the B.C. Ministry of Agriculture through the 2018-19 Mitacs Science Policy Fellowship. Victoria.
26. Serrao-Neumann, S., Cox, M., Schuch, G. and Low Choy, D. (2015). Adaptation Pathways. Climate Change Adaptation for Natural Resource Management in East Coast Australia Project, Griffith University.
27. ADEME. (2019). Construire des trajectoires d'adaptation au changement climatique du territoire - Guide méthodologique.
28. PIANC. (2022). Managing Climate Change Uncertainties in Selecting, Designing and Evaluating Options for Resilient Navigation Infrastructure. EnviCom PTGCC Technical Note 1. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. Available at: <https://www.pianc.org/publication/climate-change-adaptation-planning-for-ports-and-inland-waterways-2/>
29. The World Road Association (PIARC). (2015). International Climate Change Adaptation Framework for Road Infrastructure. Available at: <https://www.piarc.org/ressources/publications/8/23557,SpecialProject-ClimateChange-EN.pdf>.
30. PIANC. (2020). Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways. EnviCom WG 178. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. Available at: <https://www.pianc.org/publication/envicom-ptgcc-technical-note-1/>
31. Asam, S., Bhat, C., Dix, B., Bauer, J. and Gopalakrishna, D. (2015). Climate Change Adaptation Guide for Transportation Systems Management, Operations, and Maintenance. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.

32. Werners, S.E. *et al.* (2021). "Adaptation pathways: A review of approaches and a learning framework," *Environmental Science & Policy*, 116, pp. 266–275. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.11.003>.
33. Zandvoort, M. *et al.* (2017) "Adaptation Pathways in planning for uncertain climate change: Applications in Portugal, the Czech Republic and the Netherlands," *Environmental Science & Policy*, 78, pp. 18–26. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.08.017>.
34. Siebentritt, M., Halsey, N. and Stafford-Smith, M. (2014). Regional Climate Change Adaptation Plan for the Eyre Peninsula. Prepared for the Eyre Peninsula Integrated Climate Change Agreement Committee. Available at: <https://cdn.environment.sa.gov.au/environment/docs/ep-regional-climate-change-adaptation-plan.pdf>.
35. Buijs, F., Simm, J., Wallis, M. & Sayers, P. (2007). EA and DEFRA Performance and Reliability of Flood and Coastal Defences: R&D Technical Report FD2318/TR1, Environment Agency.
36. Werners, S. E., J. v. Loon, and A. Oost. (2015). Method selection in adaptation research: the case of the Delta Programme for the Dutch Wadden region. *Regional Environmental Change* (Special Issue "Approaches to Problem-Oriented Adaptation Research"). In press. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-015-0799-9>.
37. Werners, S. E., E. van Slobbe, T. Bölscher, A. Oost, S. Pfenninger, G. Trombi, M. Bindi, and M. Moriondo. (2015). Turning points in climate change adaptation. *Ecology and Society* 20(4):3. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07403-200403>.
38. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
39. WEATHER. 2022. weather-project.eu. [online]. Available at: <https://weather-project.eu/weather/index.php>. Accessed 06 March 2023.
40. CORDIS. 2022a. [Cordis.europa.eu](https://cordis.europa.eu/project/id/233919). [online]. Available at: <https://cordis.europa.eu/project/id/233919>. Accessed 06 March 2023.
41. CORDIS. 2022b. [Cordis.europa.eu](https://cordis.europa.eu/project/id/314506/reporting). [online]. Available at: <https://cordis.europa.eu/project/id/314506/reporting>. Accessed 06 March 2023.
42. SIRMA. 2022. sirma-project.eu/. [online]. Available at: <https://sirma-project.eu/>. Accessed 06 March 2023.
43. Copernicus. 2022. [Copernicus.eu](https://www.copernicus.eu/en). [online]. Available at: <https://www.copernicus.eu/en>. Accessed 06 March 2023.
44. Climate ADAPT. 2022. [online]. Available at: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/>. Accessed 06 March 2023.
45. World Road Association, PIARC. (2019). Adaptation methodologies and strategies to increase the resilience of roads to climate change – Case Study Approach.
46. Abel, N. *et al.* (2016). "Building Resilient Pathways to transformation when 'no one is in charge': Insights from Australia's Murray-Darling Basin," *Ecology and Society*, 21(2). Available at: <https://doi.org/10.5751/es-08422-210223>.
47. Lempert, R.J. and Groves, D.G. (2010) "Identifying and evaluating robust adaptive policy responses to climate change for water management agencies in the American West," *Technological Forecasting and Social Change*, 77(6), pp. 960–974. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.04.007>.
48. Wise, R.M. *et al.* (2014) "Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response," *Global Environmental Change*, 28, pp. 325–336. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.12.002>.
49. Kingsborough, A., Borgomeo, E. and Hall, J.W. (2016) "Adaptation Pathways in practice: Mapping Options and trade-offs for London's Water Resources," *Sustainable Cities and Society*, 27, pp. 386–397. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.08.013>.

50. Hermans, L.M. *et al.* (2017) "Designing monitoring arrangements for collaborative learning about adaptation pathways," *Environmental Science & Policy*, 69, pp. 29–38. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.12.005>.
51. Murti, R, Mathez-Stiefel, S-L, Rist, S. (2019). A methodological orientation for social learning based adaptation planning: Lessons from pilot interventions in rural communities of Burkina Faso, Chile and Senegal. *Systemic Practice and Action Research*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11213-019-09495-8>.
52. Mukheibir, P., Kuruppu, N., Gero, A. *et al.* (2013). Overcoming cross-scale challenges to climate change adaptation for local government: a focus on Australia. *Climatic Change* 121, 271–283. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0880-7>
53. Lin, B.B., Capon, T., Langston, A., Taylor, B., Wise, R., Williams, R. and Lazarow, N. (2017). Adaptation pathways in coastal case studies: lessons learned and future directions. *Coastal Management*, 45(5), pp.384-405.
54. Bloemen, P., Reeder, T., Zevenbergen, C. *et al.* (2018). Lessons learned from applying adaptation pathways in flood risk management and challenges for the further development of this approach. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 23, 1083–1108. <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9773-9>.

Рамочная схема разработки способов адаптации для специалистов по транспорту

Известно, что изменение климата способствует увеличению частоты и интенсивности наводнений, периодов аномальной жары, ураганов и других экстремальных погодных явлений. Эти явления могут оказать значительное влияние на транспортную инфраструктуру, транспортные услуги и их пользователей. Владельцам и операторам объектов транспортной инфраструктуры приходится адаптироваться к целому ряду опасных явлений подобного рода, связанных с изменением климата.

Способы адаптации можно определить как последовательность взаимосвязанных и гибких действий, которые можно выполнять постепенно, исходя из будущей динамики и изменений рисков и начиная с заблаговременных мер, которые не ставят под угрозу будущие действия и помогают добиться общей адаптации к изменениям климата.

Благодаря использованию способов адаптации владельцы и операторы объектов транспортной инфраструктуры могут адаптировать существующие активы в целях поддержания требуемых эксплуатационных характеристик в будущих — вероятно, неизвестных — климатических условиях.

Цель этой рамочной концепции — предоставить владельцам, операторам и управляющим объектов транспортной инфраструктуры рекомендации, касающиеся понимания и разработки способов адаптации их конкретных транспортных активов. Она подходит для специалистов по транспортной инфраструктуре, которые могут воспользоваться ее для организации планирования мер по обеспечению готовности к изменению климата в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Information Service
United Nations Economic Commission for Europe

Palais des Nations
CH - 1211 Geneva 10, Switzerland
Telephone: +41(0)22 917 12 34
E-mail: unece_info@un.org
Website: <http://www.unece.org>