Организация Объединенных Наций ECE/TRANS/WP.5/GE.3/2023/1/Rev.1

Экономический и Социальный Совет

Distr.: General
13 February 2024
Russian
Original: English, French and Russian

Европейская экономическая комиссия

Комитет по внутреннему транспорту

Рабочая группа по тенденциям и экономике транспорта

Группа экспертов по оценке последствий изменения климата для внутреннего транспорта и адаптации к ним

Двадцать шестая сессия
Женева, 7 и 8 марта 2024 года
Пункт 5 предварительной повестки дня
База данных по адаптационным мерам

Соображения в отношении средств адаптации в транспортном секторе

Пересмотр

Записка секретариата

I. Справочная информация

1. На своей двадцать четвертой сессии Группа экспертов по оценке последствий изменения климата для внутреннего транспорта и адаптации к ним (GE.3) рассмотрела проект руководства по средствам адаптации в транспортном секторе, разработанный группой добровольцев, которые участвовали в межсессионной работе по подготовке проекта руководства, и представила замечания к нему.

2. В ответ на полученные замечания для рассмотрения GE.3 было подготовлено два документа. В настоящем документе, являющемся первым из них, представлены соображения в отношении средств адаптации в транспортном секторе.

3. Основным автором настоящего документа является д-р С. А. Хашми, Бирмингемский университет. Существенный вклад внесли проф. А. Куинн и д-р Э. Ферранти (Бирмингемский университет), Т. Попеску (Генеральный директорат по инфраструктуре, транспорту и мобильности Франции, заместитель председателя GE.3), К. Эванс (ПМАДК), Р. Бербидж (ЕВРОКОНТРОЛ) и Л. Выровский (секретариат Европейской экономической комиссии (ЕЭК) Организации Объединенных Наций).

4. GE.3 предлагается рассмотреть документ.

II. Сфера охвата

5. 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

Просьба отправить на вторичную переработку

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 настоящего руководства — предоставить владельцам, операторам и управляющим объектов транспортной инфраструктуры рекомендации, касающиеся понимания и разработки способов адаптации их конкретных транспортных активов. В руководстве представлена рамочная схема способов адаптации, которой специалисты по транспортной инфраструктуре могут воспользоваться для организации планирования мер по обеспечению готовности к изменению климата в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе.

III. Соображения в отношении средств адаптации в транспортном секторе

Контекст и обзор литературы по способам адаптации

1. Введение

6. 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 [1, 2].

7. 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 [3]. 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 [4]. Тем не менее ожидается, что с помощью инструментов оценки воздействия климата и климатических рисков, а также систем стресс-тестирования [5] 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.

8. 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»).

9. 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 [3, 6]. 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) [3]. 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.

10. 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 [7];

- 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 [7];
- 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 [8];
- принятие проработанных решений — подход, позволяющий понять условия, при которых возникают проблемы, и обеспечить прозрачность компромиссных вариантов [9].

11. Эти подходы позволяют выбрать действия на ближайшее время, однако предусматривают возможность доработки, расширения или корректировки планов в зависимости от будущих изменений. При рассмотрении этих подходов неоднократно отмечался ряд преимуществ подхода на основе способов адаптации: в отличие от разработки политики с учетом адаптации, которая является скорее качественным подходом, это аналитический подход; в отличие от принятия проработанных решений, для него не требуется большого объема данных; 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 [7, 10].

2. Способы адаптации

12. 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. В рамках такой последовательности вариантов действий долгосрочные планы адаптации сочетаются с рядом сценариев борьбы с изменением климата, характеризующихся краткосрочными целями и действиями [3, 4, 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.

13. 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 [7]. 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.

14. 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.

15. 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 или погодных условий 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 [3].

16. 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 сбоев 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 [3]. Однако при этом необходимо учитывать время подготовки, необходимое для начала практической реализации мер, в частности для обеспечения отсутствия проблем безопасности. Учет времени подготовки позволяет органам планирования 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, подход 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].

17. 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 специалистам по планированию, важно применять его на местах. Время от времени уровень опасности может повышаться настолько, что при определенной степени изменения климата 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].

18. 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.

3. Краткий словарь частотных терминов, связанных со способами адаптации

19. 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.

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].

Термин	*Значение*
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 [4, 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].
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	Воздействие экстремальных погодных/климатических явлений, при котором одно крайне 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 [4, 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].

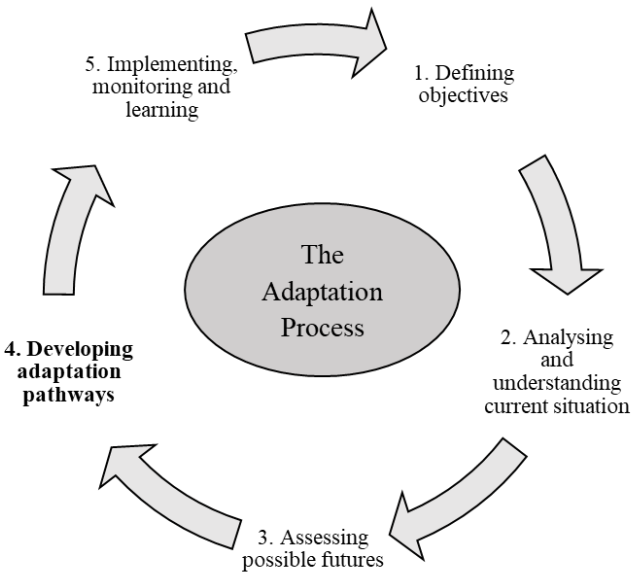
Термин	*Значение*
Точки принятия решений	Моменты времени, которые нередко предшествуют достижению порогового значения или предельного срока эксплуатации и в которые необходимо провести обзор хода работы и выбрать альтернативные варианты реагирования [14]. В определенные моменты процесса планирования 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	Взаимозависимости, относящиеся к изменению климата, означают взаимосвязь между различными климатическими рисками (в частности, повышением температуры и уменьшением количества осадков, влияющих на доступность и качество важнейших ресурсов), которые оказывают воздействие на различные отрасли (например, энергетику). Кроме того, высокой степенью взаимозависимости, которая характеризуется многочисленными связующими звеньями, каналами обратной и прямой связи и сложными разветвлениями, отличаются современные городские инфраструктурные системы. Это означает, что отказ одной системы может оказать каскадное воздействие на другие системы (например, отключение электроснабжения, вероятно, повлияет на работу железных дорог) [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 [4, 21, 22].
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 (ММПР)	Эффективный и удобный инструмент принятия решений, позволяющий охватить широкий круг отраслей и сочетать анализ затрат и выгод с другими качественными вариантами анализа [23].
Беспроигрышные, почти беспроигрышные и взаимовыгодные варианты	• Беспроигрышные 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 беспроигрышные 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].

Термин	*Значение*
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].
Инициирующая точка	Заданное пороговое значение или показатель, который служит сигналом для инициирования конкретных действий или мер реагирования в условиях изменения климатических условий или воздействия климата. Инициирующие 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].

4. Предварительные условия для разработки способов адаптации

20. 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, разработка способов адаптации фактически входит в состав простого пятиэтапного процесса планирования мер адаптации.

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



21. 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 может оказать влияние на все последующие этапы планирования и, таким образом, повлиять 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 документе ECE/TRANS/WP.5/GE.3/2023/2, 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].

22. Для эффективного применения схемы, основанной на способах адаптации, задачи следует определять в сопоставлении с уровнем риска, поскольку в зависимости от уровня риска задачи адаптации могут быть разными [27]. На первом этапе определения задач, прежде чем переходить непосредственно к разработке схемы и более точному определению уровней риска, 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 бóльших (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.

23. 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. Рекомендуется, 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.

24. 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 сильно 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].

25. 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 [5], 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].

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 документе ECE/TRANS/WP.5/GE.3/2023/2. 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 [4]. Кроме того, необходимо помнить, что по отношению к различным операциям, активам и системам меры по обеспечению климатоустойчивости 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].

27. 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 циклического подхода, согласно которой планирование, реализация, контроль и оценка мероприятий является начальным этапом планирования следующих действий. 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 [3]. 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].

28. 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 [5]. 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, возможно, рассмотреть ряд будущих сценариев, связанных с климатом. 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 те решения, влияющие на эти риски и возможности, которые они могут/не могут контролировать. 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 [4].

29. 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.

30. 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, полуколичественных 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].

31. В рамках системы стресс-тестирования ЕЭК ООН [5] 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 природных 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.

32. 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].

5. Проблемы, связанные с подходом на основе способов адаптации

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

34. 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].

35. Определение критических точек принятия решений, таких как инициирующие 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].

36. 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].

37. 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.

IV. Источники

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. Ferranti, E, Greenham, S & Wood, R. (2021). Adaptation pathways for infrastructure operators and policymakers.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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. [online]. Available at: https://cordis.europa.eu/project/id/233919. Accessed 06 March 2023.

41. CORDIS. 2022b. Cordis.europa.eu. [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. [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