



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 пятая сессия**

Женева, 30–31 октября 2023 года

Пункт 5 предварительной повестки дня

База данных по адапционным мерам**Рамочная схема разработки способов адаптации
для специалистов по транспорту****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 вторым из них, содержится проект рамочной схемы разработки способов адаптации для специалистов по транспорту.
3. Основным автором настоящего документа является д-р С. А. Хашми, Бирмингемский университет. Существенный вклад внесли проф. А. Куинн и д-р Э. Ферранти (Университет Бирмингема), 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. Рамочная схема разработки способов адаптации для
специалистов по транспорту**

5. В настоящем разделе представлена и изложена рамочная схема разработки способов адаптации (воспроизведенная на рис. I), 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.

6. 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 [30]. 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, в случае если на определенном участке железнодорожного пути в связи с изменением характера осадков постоянно происходят оползни, 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.

7. 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).

8. 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 могут 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 [31]. 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 [32].

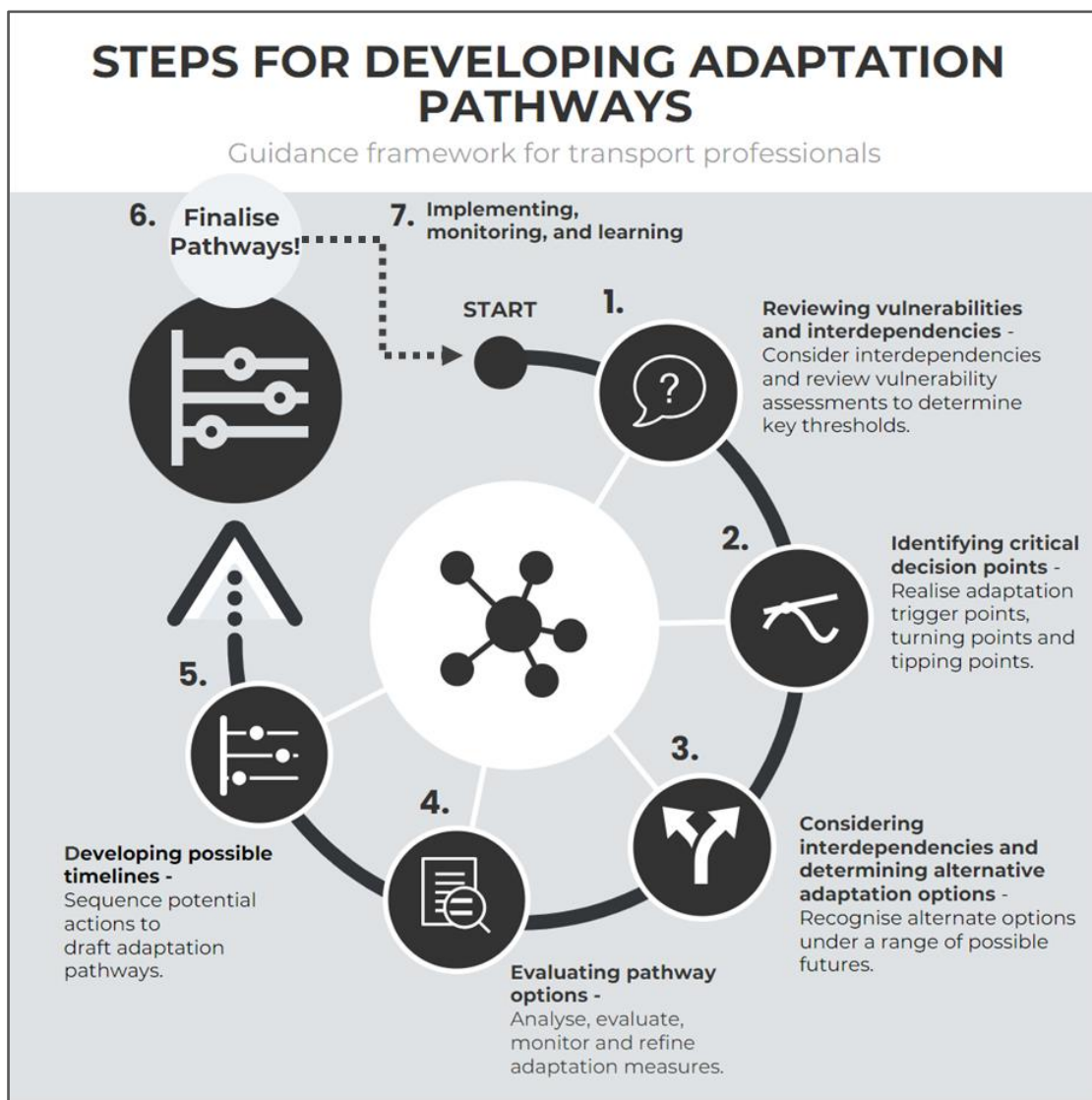
Руководство по этапам разработки способов адаптации для специалистов в области транспорта

9. Для разработки способов адаптации специалистам по транспортной инфраструктуре необходим определенный ожидаемый уровень знаний и понимания, описанный в документе ECE/TRANS/WP.5/GE.3/2023/1. Это важно для всеобъемлющего понимания и последующего применения руководства. В настоящем разделе подробно рассматриваются этапы 4 и 5, указанные на иллюстрации в документе ECE/TRANS/WP.5/GE.3/2023/1. 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. 1

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



1. Обзор областей уязвимости и взаимозависимости

10. Разработка способов адаптации начинается с выявления действий, предпринимаемых в настоящее время для управления системами и вопросами, связанными с конкретной задачей. Текущая практика, как правило, ориентирована на конкретные погодные явления и климатические модели с учетом нынешнего и прошлого положения дел. Эта практика сопряжена с существующими стратегиями управления, у которых есть свои сильные и слабые стороны. Данный этап подразумевает пересмотр и повторное проведение анализа уязвимости ключевых инфраструктур 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 [30]. 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.

11. 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].

12. Кроме того, подходящей отправной точкой для устранения будущих уязвимостей может стать изучение прошлых уязвимостей. Безусловно, на этом этапе необходимо также провести обзор анализа будущих уязвимостей, выполненного в рамках шага 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).

13. 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.

14. Взаимозависимость в контексте планирования адаптации сектора транспортной инфраструктуры следует рассматривать гораздо 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 [4]. 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 в силу взаимозависимости и, следовательно, косвенного воздействия. Таким образом, транспортный сектор должен быть полностью устойчив к изменению климата, а учет аспекта взаимозависимости при планировании мер адаптации к изменению климата и при разработке способов адаптации может стать главной отправной точкой выработки более комплексного подхода к повышению устойчивости. Кроме того, наряду с климатической и межсекторальной взаимозависимостью специалисты в области транспорта могут также оценивать социально-экономические, экологические, технологические, инженерные, управленческие, институциональные и финансовые взаимозависимости.

Ориентирующие и обучающие вопросы относительно анализа уязвимостей для специалистов по транспорту

Как можно использовать существующую оценку уязвимости для определения пороговых значений воздействия, при которых транспортная система подвергается значительному влиянию (или ее уязвимость значительно повышается)?

Что делается в настоящее время и что еще может быть сделано для достижения конкретных результатов в нынешних условиях?

2. Определение критических точек принятия решений

15. 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 [30]. Эти пороговые значения определяются с помощью показателей, позволяющих контролировать уровень риска. Пороговые значения должны быть связаны с уровнями риска, используемыми для постановки задач адаптации [26]. Далее каждый уровень риска можно количественно оценить на основе этих пороговых значений.

16. В сфере планирования адаптации концепция пороговых значений достаточно распространена, однако ее применение требует особых усилий. Для специалистов по транспорту концепции пороговых значений важны, поскольку позволяют понять,

когда именно руководство должно переходить от одного варианта реагирования к другому. Пороговые значения можно определить как точки, преодолев которые система начинает функционировать совершенно по-другому. В транспортном секторе пороговое значение может быть определено как набор климатических условий, при которых часть транспортной системы теряет свою эффективность в экономическом, экологическом, физическом или социальном плане. Соответственно, именно в этот момент требуется принятие дополнительной меры в области адаптации. Так, при определенном пороговом уровне скорости ветра может потребоваться прекратить движение большегрузных автомобилей по мосту для предотвращения его разрушения. В этом случае, если существуют альтернативные маршруты, примером варианта адаптации может быть перенаправление движения грузового транспорта. Кроме того, в экстремальных случаях, например при значительно большем пороговом уровне скорости ветра, инфраструктура моста может быть повреждена, поэтому при реализации такого сценария потребуется адаптация физической инфраструктуры для обеспечения его исправности [13].

17. 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.

18. 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, 30]. Можно также определить положительные иницирующие точки, связанные с возникновением потенциальных возможностей и включающие, в частности, наличие политической воли и готовность дополнительного финансирования.

19. 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.

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

a) 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;

b) 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.

Ориентирующие и обучающие вопросы относительно выявления критических точек принятия решений для специалистов по транспорту

Как определить, какие точки принятия решений будут наиболее важными и какие критические точки станут иницирующими факторами для следующих этапов разработки способа адаптации?

Что необходимо для осуществления переходных или преобразующих действий?

21. 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.

22. 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 [30]. 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.

23. 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 [34, 35]:

- 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.

24. 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 [30].

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.

26. 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 нагрузки 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.

27. 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 [33]. 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 [3]. 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

28. 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 [26]. Кроме того, для выявления надлежащих мер адаптации необходимо вновь рассмотреть такой важный элемент, как взаимозависимость (как уже отмечалось в разделе 1).

29. 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 [30]. 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?

30. Согласно Пятому докладу об оценке МГЭИК (ДО5), меры по адаптации можно разделить на три широкие категории в зависимости от их характера и направленности [36]. 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 климатоустойчивых 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;

в) 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.

31. 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).

32. Кроме того, в настоящем руководстве специалистам по транспорту рекомендуется пользоваться различными полезными ресурсами, в частности результатами проектов WEATHER [37], EWENT [38], MOWE IT [39] и SIRMA [40], а также онлайн-базами данных, например Copernicus [41], и Европейской платформой по адаптации к изменению климата «Климат-АДАПТ» [42], 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.

33. По данным ПМАДК [43], меры адаптации для автотранспортного сектора можно классифицировать следующим образом:

- жесткие инфраструктурные меры (например, строительство заграждений 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.

Ориентирующие и обучающие вопросы относительно рассмотрения взаимозависимостей и выявления альтернативных вариантов адаптации для специалистов по транспорту

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

Каковы роли соответствующих заинтересованных сторон, включая организации транспортного сектора?

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?

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

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)?

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

34. Как при составлении бюджета для транспортного сектора, так и при любом процессе планирования транспортные ведомства не всегда имеют возможность профинансировать весь предпочтительный набор стратегий 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 [28, 30] в рамках способов адаптации могут оказаться полезны нижеследующие критерии или вопросы.

Ориентирующие и обучающие вопросы относительно оценки и выбора мер адаптации для специалистов по транспорту

Затраты и выгоды — каков объем первоначальных затрат на реализацию и текущих затрат на эксплуатацию и обслуживание? Каков размер ущерба от изменения климата, которого удастся избежать в случае реализации? Будут ли получены сопутствующие выгоды (например, повышение биоразнообразия, смягчение последствий изменения климата и т. д.)?

Техническая и политическая осуществимость — насколько практична реализация той или иной стратегии с учетом инженерных, политических, юридических и страховых соображений?

Гибкость — насколько легко будет пересмотреть стратегию впоследствии? Каков потенциал стратегии с точки зрения адаптивного управления?

Устойчивость — каковы последствия для экономики, общества и окружающей среды? В чем состоит синергетический эффект от взаимодействия с другими участниками (повышает ли данное действие адаптационный потенциал других секторов)? В чем состоит вклад в смягчение последствий изменения климата?

Эффективность — если стратегия будет реализована, насколько она снизит риск? Есть ли гарантия, что стратегия не приведет к новым ограничениям для физических, социально-политических, финансовых или социальных систем?

Ненадлежащая адаптация — есть ли гарантия, что стратегия не зайдет в тупик в результате воздействия на другие активы и инфраструктурные объекты (в том числе на некупаемые активы) либо в результате негативного влияния на смягчение последствий изменения климата или на окружающую среду?

Социальная приемлемость — каков результат коллективного обсуждения или коллективного мнения относительно стратегии?

35. 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 [4, 26]. 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 [4].

36. 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 [28].

37. Помимо этого, для оценки устойчивости вариантов адаптации в транспортном секторе крайне важно тщательно изучить воздействие инвестиций с точки зрения смягчения последствий изменения климата. В целом на долю транспортного сектора приходится около четверти объема выбросов углерода, связанных с энергопотреблением (без учета выбросов на протяжении всего жизненного цикла строительных материалов). С одним только использованием цемента связано около 8 % выбросов углерода. Поэтому крайне важно принимать во внимание энергетические затраты на производство и эксплуатацию и выбросы, связанные со строительными материалами, которые используются в транспортных проектах, в том числе в проектах, направленных на повышение устойчивости транспортной инфраструктуры к воздействию изменения климата [13]. Оценка мер адаптации в транспортном секторе может быть качественной и/или количественной, в основном в зависимости от потребностей конкретной организации. Большинству транспортных ведомств при выборе приоритетов обычно достаточно качественной оценки, однако для обоснования запрашиваемого финансирования может потребоваться количественная оценка. Для качественной оценки можно использовать простую трехбалльную (низкий, средний, высокий уровень) или пятибалльную шкалу, а в некоторых случаях даже опираться на словесное изложение положительных и отрицательных сторон стратегий адаптации. Напротив, для эффективной количественной оценки требуется демонстрация выгод (например сокращения задержки движения транспорта) в количественном выражении, которое при дальнейшей экономической оценке стратегии можно преобразовать в финансовые выгоды [28]. Хотя эти показатели являются полезным инструментом, который может подкрепить процесс принятия решений, важно помнить, что у них есть также и ограничения, поэтому не следует полагаться на них целиком и полностью и брать их за основу при принятии решений. В процессе выбора стратегии важно также учитывать мнение сотрудников, ежедневно участвующих в соответствующих проектах, задействованных заинтересованных сторон и принимающих решения лиц, которые, вероятно, лучше понимают потребности. Кроме того, для получения достоверных результатов предлагается ограничить общее число входящих в оценку показателей небольшим набором значимых показателей [28].

38. При определении приоритета тех или иных мер важно учитывать сроки их реализации. В зависимости от срочности адаптации (т. е. от того, насколько быстро управляющий транспортной инфраструктурой должен реализовать стратегию защиты актива или инфраструктуры от прогнозируемых климатических изменений) и времени, необходимого для ее выполнения (т. е. от того, сколько времени потребуется для реализации стратегии адаптации с учетом планов, объема средств и сроков строительства/программирования), можно выделить краткосрочные (например, рассчитанные на 0–5 лет), среднесрочные (на 5–10 лет) и долгосрочные (более чем на 10 лет) действия. В связи с этим в приведенной ниже таблице представлены некоторые типичные примеры, опираясь на которые можно улучшить понимание принципов учета сроков реализации и степени срочности при определении приоритета любой адаптационной меры [28].

Общие примеры, демонстрирующие типичные взаимосвязи между степенью приоритета мер по адаптации, сроками осуществления, степенью срочности и результатами многокритериального анализа (адаптировано из [28])

<i>Мера адаптации</i>	<i>Срок осуществления</i>	<i>Степень срочности</i>	<i>Степень приоритета</i>
Для осуществления необходимо от 0 до 5 лет, однако мера не потребуется 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

39. 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 [28]. Цель состоит в том, чтобы определить момент начала действий для обеспечения долгосрочной устойчивости с учетом критических точек адаптации, поворотных точек и иницирующих точек.

40. 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.

41. 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].

5. Установление возможных сроков

42. 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 иницилирующие, 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 [29, 30].

43. 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) [26].

44. Кроме того, важно, чтобы ориентиром при разработке путей адаптации служила неопределенность в отношении движущих сил изменений [31]. 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 [44]. 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 [29, 44].

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

Как именно из последовательности мер можно сформировать способы, соответствующие краткосрочным и долгосрочным потребностям адаптации в условиях неопределенности?

Какую роль в последовательности мероприятий и вмешательств могут играть следующие факторы: время подготовки, обратимость, гибкость, взаимозависимость, компромиссы, надежность?

6. Доработка и визуализация способов адаптации

45. 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 [45, 46]. 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 [47]. 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 [46, 48]. 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 [26].

Ориентирующие и обучающие вопросы относительно доработки и визуального отображения способов адаптации для специалистов по транспорту

Каким образом лучше всего представить вероятные элементы способов адаптации заинтересованным сторонам и принимающим решения лицам?

Можно ли в подготовленных диаграммах способов адаптации эффективно объединить информацию о действиях, необходимых для удовлетворения потребностей в адаптации?

Способствует ли визуализация способов совместному обучению и наращиванию адаптационного потенциала?

46. 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 [29, 46]. 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 [29]. 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

47. 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 [48, 49].

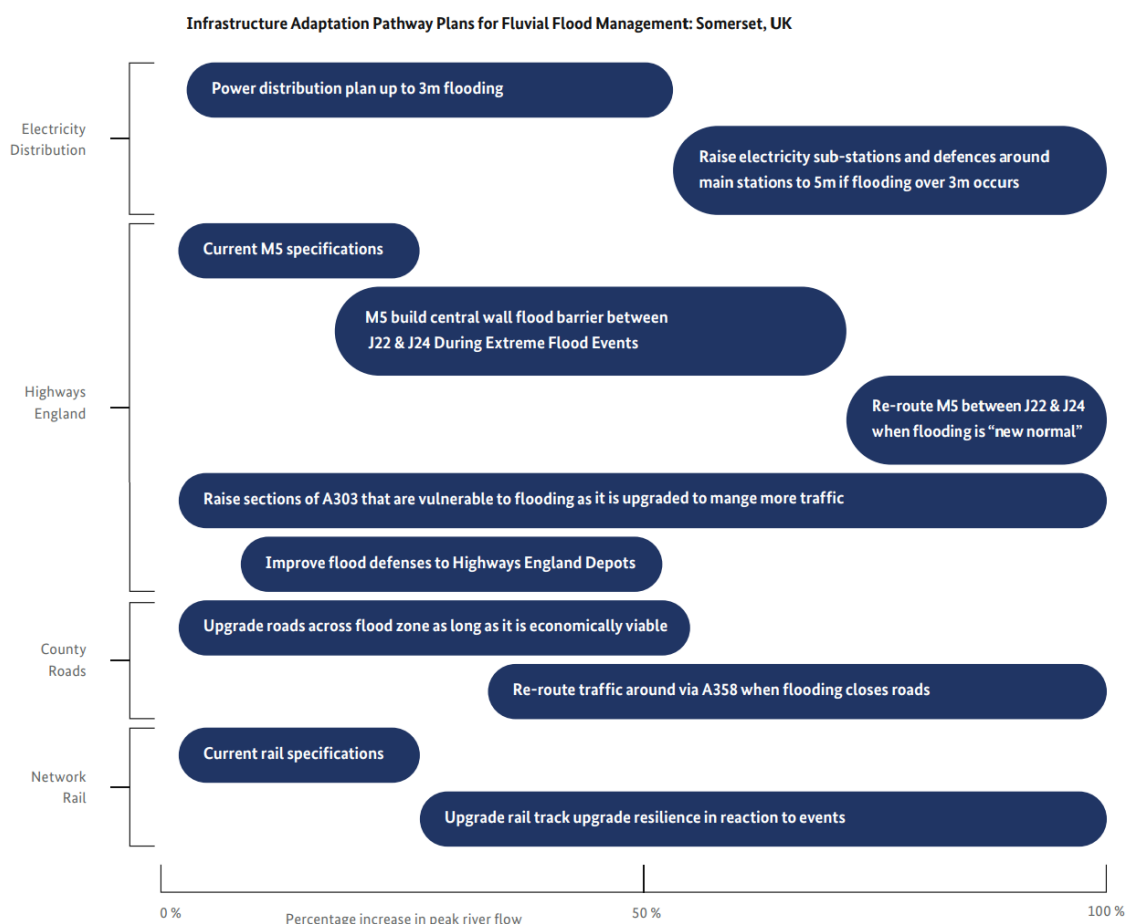
48. Систематический мониторинг примененных способов адаптации может служить основой для принятия текущих решений и, при необходимости, для начала выполнения необходимых последующих мероприятий. Кроме того, он позволит определить момент переоценки текущих действий. Таким образом, ценность того или иного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

49. 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 инициирующих 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.

50. На рис. II 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 [4]. 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 [3].

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



III. 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. Alegria, 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. 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.
26. ADEME. (2019). *Construire des trajectoires d'adaptation au changement climatique du territoire - Guide méthodologique*.
27. 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>.
28. 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.
29. 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>.
30. 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.
31. 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>.
32. 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>.
33. 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.
34. 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>.
35. 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>.
36. 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.
37. WEATHER. 2022. weather-project.eu. [online]. Available at: <https://weather-project.eu/weather/index.php>. Accessed 06 March 2023.
38. CORDIS. 2022a. [Cordis.europa.eu](https://cordis.europa.eu). [online]. Available at: <https://cordis.europa.eu/project/id/233919>. Accessed 06 March 2023.
39. CORDIS. 2022b. [Cordis.europa.eu](https://cordis.europa.eu). [online]. Available at: <https://cordis.europa.eu/project/id/314506/reporting>. Accessed 06 March 2023.

40. SIRMA. 2022. sirma-project.eu/. [online]. Available at: <https://sirma-project.eu/>. Accessed 06 March 2023.
 41. Copernicus. 2022. Copernicus.eu. [online]. Available at: <https://www.copernicus.eu/en>. Accessed 06 March 2023.
 42. Climate ADAPT. 2022. [online]. Available at: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/>. Accessed 06 March 2023.
 43. World Road Association, PIARC. (2019). Adaptation methodologies and strategies to increase the resilience of roads to climate change – Case Study Approach.
 44. 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>.
 45. 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>.
 46. 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>.
 47. 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>.
 48. 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>.
 49. 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>.
 50. 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>.
 51. 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.
 52. 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>.
-