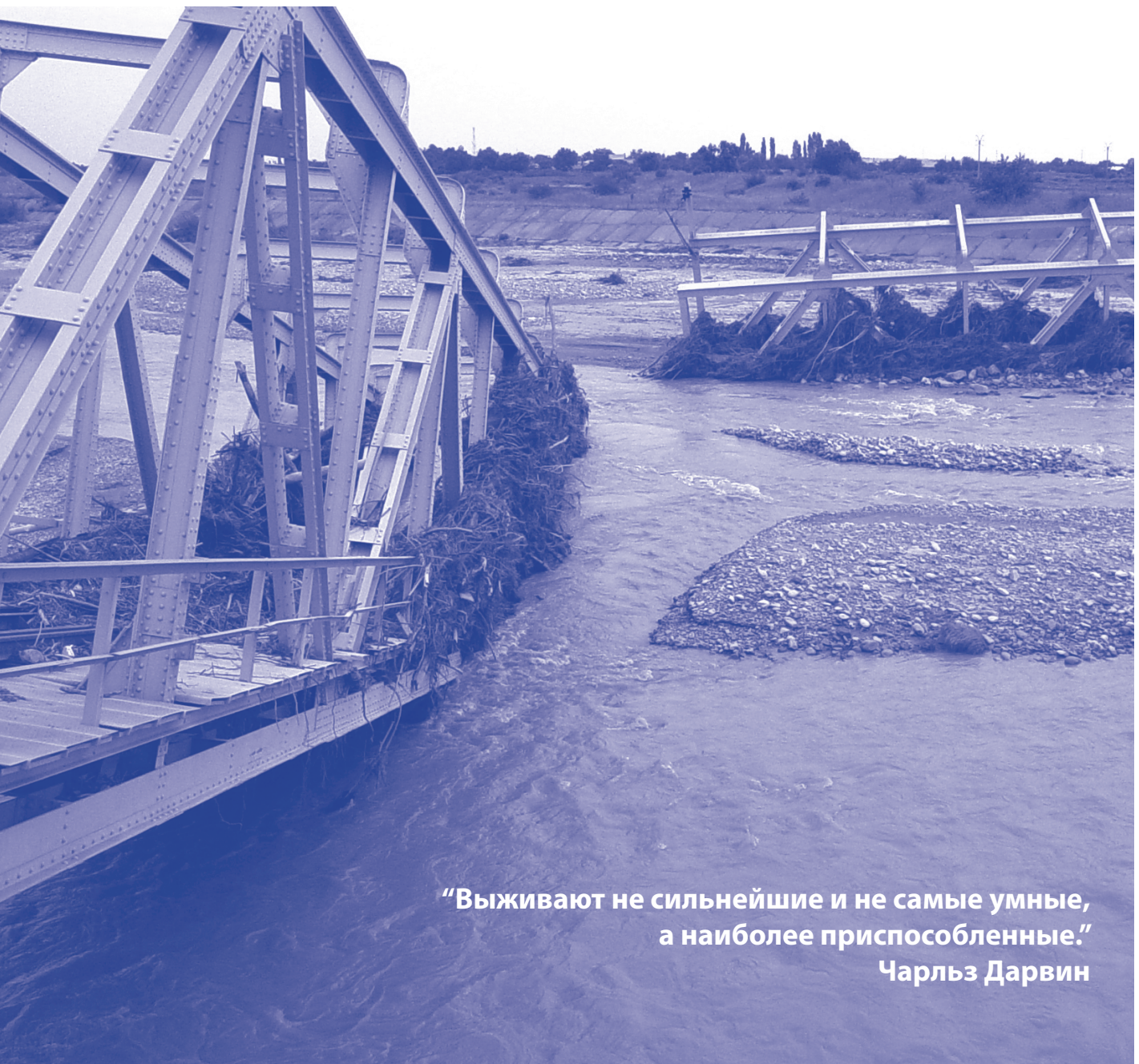


ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Последствия изменения климата для международных транспортных сетей и адаптация к ним



**“Выживают не сильнейшие и не самые умные,
а наиболее приспособленные.”
Чарльз Дарвин**



**ОРГАНИЗАЦИЯ
ОБЪЕДИНЕННЫХ
НАЦИЙ**

Последствия изменения климата для международных транспортных сетей и адаптация к ним

Доклад группы экспертов



ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
Нью-Йорк и Женева, 2013 год

Примечание

Условные обозначения документов Организации Объединенных Наций состоят из прописных букв и цифр. Когда такое обозначение встречается в тексте, оно служит указанием на соответствующий документ Организации Объединенных Наций.

Употребляемые обозначения и изложение материала в настоящем издании не означают выражения Секретариатом Организации Объединенных Наций какого бы то ни было мнения относительно правовых аспектов, статуса той или иной страны, территории, города, района или их властей, а также не имеют отношения к делимитации их границ. Карты и справочные материалы по странам приводятся лишь для целей информации. Используемые данные получены от соответствующих стран, которые несут всю ответственность за их содержание. В тех редких случаях, когда данные не были предоставлены странами, их предоставил Секретариат, пользуясь имеющимися источниками. Вопросы географических названий могут по инициативе государств-членов выноситься на рассмотрение Группы экспертов ООН по географическим названиям (ГЭООНГН) при Департаменте по экономическим и социальным вопросам (ДЭСВ) Секретариата Организации Объединенных Наций (<http://unstats.un.org/unsd/geoinfo/UNGEGN/default.html>).

Выражение признательности: Доклад подготовлен профессором Эгейского университета (Греция) А. Ф. Велегракисом, который благодарит всех членов Группы экспертов ЕЭК ООН по последствиям изменения климата для международных транспортных сетей и адаптации к ним за неоценимый вклад в работу над докладом, а также выражает признательность всем респондентам опроса, проведенного в рамках данного исследования.

Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций

Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) является одной из пяти региональных комиссий, находящихся в ведении Экономического и социального совета (ЭКОСОС). Она была учреждена в 1947 году для содействия восстановлению послевоенной Европы, развитию экономической деятельности и укреплению экономических связей между европейскими странами, а также между Европой и остальным миром. Во времена холодной войны ЕЭК ООН была единственным в своем роде форумом для экономического диалога и сотрудничества Востока и Запада. Несмотря на сложности этого периода, он ознаменовался значительными успехами и достижением консенсуса по целому ряду соглашений в области согласования и стандартизации.

После окончания холодной войны ЕЭК ООН приобрела не только много новых государств-членов, но и новые функции. С начала 1990-х годов она сосредоточила свои усилия на анализе переходного процесса и использует свой опыт в области согласования для облегчения интеграции стран Центральной и Восточной Европы в мировой рынок.

ЕЭК ООН – это форум, где представители стран Западной, Центральной и Восточной Европы, Центральной Азии и Северной Америки (всего 56 государств) собираются вместе для выработки инструментов экономического сотрудничества в области экономики, статистики, окружающей среды, транспорта, торговли, устойчивой энергетики, лесоматериалов и жилищного хозяйства. Комиссия служит региональной платформой для разработки и согласования конвенций, норм и стандартов. Ее эксперты оказывают техническую помощь странам Юго-Восточной Европы и Содружества Независимых Государств. Эта помощь заключается в предоставлении консультационных услуг, проведении учебных семинаров и рабочих совещаний, в ходе которых страны имеют возможность обменяться опытом и передовой практикой.

Транспорт в ЕЭК ООН

Работа Комитета по внутреннему транспорту (КВТ) ЕЭК ООН направлена на упрощение процедур международной перевозки пассажиров и грузов внутренним транспортом. Целью этой работы является повышение конкурентоспособности, надежности, энергоэффективности и безопасности транспортного сектора. В то же время она направлена на уменьшение негативного влияния транспортной деятельности на окружающую среду и эффективное содействие устойчивому развитию. КВТ – это:

- центр многосторонних стандартов и соглашений в области транспорта в Европе и за ее пределами, регламентирующих, например, перевозки опасных грузов и конструкцию автотранспортных средств в мировом масштабе;
- портал для оказания технической помощи и обмена передовым опытом;
- координатор многостороннего инвестиционного планирования;
- партнер по практической реализации инициатив, направленных на облегчение перевозок и торговли;
- центр накопления исторических данных по статистике транспорта.

Более шести десятилетий Комитет по внутреннему транспорту служит форумом для межправительственного сотрудничества в целях содействия развитию международного транспорта при одновременном повышении его безопасности и улучшении его экологических показателей. Основные результаты этой упорной и важной работы отражены более чем в 50 международных соглашениях и конвенциях, которые устанавливают международные правовые рамки и технические правила для развития международного автомобильного, железнодорожного, внутреннего водного и интермодального транспорта, а также в отношении перевозок опасных грузов и конструкции транспортных средств. Учитывая потребности транспортного сектора и организаций, регулирующих его деятельность, ЕЭК ООН предлагает сбалансированный подход к вопросам упрощения процедур и вопросам обеспечения безопасности.

Содержание

Примечание	II
Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций	III
Транспорт в ЕЭК ООН.....	III
Общее резюме	XVII
Объем и структура доклада	XXIII
Глава 1. Изменение климата: физические основы	1
1.1 Климатические изменения: характеристика явлений.....	1
1.1.1 Температура, осадки и повышение уровня моря.....	1
1.1.2 Экстремальные явления	6
1.2 Механизм	13
1.3 Обратные связи и “критические рубежи”	13
Глава 2. Последствия изменения климата для транспорта	19
2.1 Введение	19
2.2 Прибрежные районы	23
2.3 Разливы рек, обильные осадки, снегопады и сильные ветры	30
2.4 Аномальная жара и засуха.....	37
2.5 Арктические моря и вечная мерзлота.....	43
2.6 Последствия изменения спроса на транспортные услуги (косвенные последствия).....	46
Глава 3. Анализ результатов опроса.....	49
3.1 Степень осведомленности и доступность информации о последствиях изменения климата.....	49
3.2 Степень готовности, а также существующие и планируемые стратегии, меры и инициативы по адаптации транспорта.....	52
3.3 Потребности в информации, данных и исследованиях, а также другие нужды, в том числе финансовые	53
3.4 Механизмы сотрудничества на национальном/местном, региональном и международном уровнях.....	55
3.5 Конкретные вопросы, касающиеся инфраструктуры автомобильного и железнодорожного транспорта и внутренних водных путей.....	56
Глава 4. Возможные меры адаптации к последствиям изменения климата	59
4.1 Введение.....	59
4.2 Подходы к осуществлению политики адаптации	61
4.3 Отдельные примеры адаптационных подходов и мер, применяемых на транспорте	64
4.3.1 Технические адаптационные меры для автомобильных дорог	65
4.3.1.1 Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии.....	66
4.3.1.2 Соединенные Штаты Америки.....	69
4.3.1.3 Канада	75
4.3.1.4 Франция	76

4.3.2	Технические адаптационные меры на железнодорожном транспорте..	78
4.3.2.1	Соединенное Королевство – железнодорожная сеть.....	80
4.3.2.2	Соединенные Штаты Америки.....	84
4.3.2.3	Канада	90
4.3.2.4	Япония – Восточнаяпонская железнодорожная компания.....	90
4.3.2.5	Франция – НОЖД (SNCF)	92
4.3.3	Технические адаптационные меры для внутренних водных путей.....	93
4.3.3.1	Воздействие погодных факторов на сеть внутренней навигации и потенциальные адаптационные меры	94
4.3.3.2	Соединенные Штаты Америки.....	97
4.3.3.3	Канада	98
4.3.3.4	Нидерланды.....	98
4.3.4	Технические адаптационные меры для морских портов.....	98
4.4	Резюме и обсуждение.....	102
Глава 5. Выводы и рекомендации		107
5.1	Введение.....	107
5.2	Тенденции, прогнозы и последствия изменения климата	108
5.2.1	Тенденции и прогнозы.....	108
5.2.2	Последствия для различных видов транспорта	110
5.3	Рекомендации	112
Литература		119
ПРИЛОЖЕНИЯ		135
Приложение I. Избранные исследования на тему о воздействии изменения климата на транспорт.....		135
I.1	Исследование последствий изменения климата для автодорожной сети Шотландии	135
I.2	Влияние изменения климата на стратегии/нормативы, касающиеся сети автомагистралей “ЗСАР’s highway network”.....	137
I.3	Решение проблем, связанных с воздействием изменения климата на дорожные покрытия.....	138
I.4	Воздействие погодно-климатических факторов и изменения климата на безопасность железнодорожного транспорта	140
I.5	Изменение климата и железнодорожный транспорт: обзор.....	142
I.6	АЖИИК – Адаптация железнодорожной инфраструктуры к изменению климата.....	144
I.7	Последствия изменения климата с акцентом на инфраструктуре автомобильного и железнодорожного транспорта	145
I.8	Изменение климата и судоходство: водный транспорт, порты и водные пути....	147
I.9	Климатические риски и бизнес: порты – морской терминал Мусельес-эль-Боске в Картахене, Колумбия	148
I.10	Устойчивые транспортные сети будущего (FUTURENET): оценка безопасности транспортной сети в условиях меняющегося климата	150
I.11	Инициатива ЕС (ТЕС-Т ЕС) по интеграции транспортной инфраструктуры Европейского союза	150

I.12	Изменение климата, его последствия и уязвимость к ним в Европе, 2012 год. Доклад на основе показателей.....	151
I.13	Исследование, посвященное прибрежным районам Соединенных Штатов Америки в Мексиканском заливе	152
I.13.1	Исследование, посвященное побережью Мексиканского залива, I этап	153
I.13.2	Исследование, посвященное побережью Мексиканского залива, II этап	153
I.14	Польский метод оценки чувствительности транспорта к изменению климата ..	155

Приложение II. Международная конференция по адаптации транспортных сетей к изменению климата 161

II.1	Изменение климата: обзор научных данных и потенциального воздействия на транспорт	161
II.2	Возможности повышения с помощью Секретариата РККООН осведомленности о проблемах адаптации международных транспортных сетей.....	162
II.3	Опасные природные явления и опыт противодействия им на японских железных дорогах	164
II.4	Адаптация к изменению климата: последствия изменений и требования, предъявляемые к железнодорожному транспорту	165
II.5	Мобильность и изменение климата с точки зрения тех, кто обеспечивает устойчивую мобильность.....	167
II.6	Адаптационные меры и нормативные требования о предотвращении воздействия климатических изменений на автодорожные сети. Пример Аттической платной дороги.....	169
II.7	Последствия изменений и требования к адаптации автодорожных сетей	170
II.8	Транспорт в США и изменение климата: решение проблем адаптации	171
II.9	Адаптация инфраструктуры водных путей.....	172
II.10	Изменение климата и внутренние водные пути: проблема морфологии и опускания дна.....	174
II.11	Изменение климата и адаптация внутренних водных путей	174
II.12	Проход судов через пролив Босфор и создание коридора смешанных перевозок, соединяющего Эгейское и Черное моря.....	175
II.13	Адаптация транспортных сетей к изменению климата.....	176
II.14	Изменение климата и порты: качественный анализ последствий, планов и требований	178
II.15	Последствия изменения климата для работы транспорта карибских МОРПАГ	179
II.16	Адаптация транспортной инфраструктуры и служб. Работа ЭСКАТО ООН	180
II.17	Изменение климата и адаптация портов и транспортной логистики: калейдоскоп.....	181
II.18	Новаторские способы преодоления последствий изменения климата для транспортных сетей.....	182
II.19	Последствия изменения климата и возможные варианты адаптации транспортных сетей в Греции	183
II.20	Франция действует: Национальный план адаптации к изменению климата (НПАИК, 2011–2015) – меры в отношении инфраструктуры и транспортных систем.....	184

II.21	Выводы и рекомендации Конференции	188
Приложение III. Дополнительные материалы, представленные в группу экспертов по последствиям изменения климата для международных транспортных сетей и адаптации к ним..... 193		
III.1	Последствия изменения климата для инфраструктуры автомобильного и железнодорожного транспорта и адаптация к ним	193
III.2	Адаптация к изменению климата: последствия для железнодорожного сектора и предъявляемые к нему требования	195
III.3	Тематическое исследование корпоративного опыта НОЖД.....	198
III.4	Технические меры смягчения последствий изменения климата для работы железных дорог	200
III.5	Последствия изменения климата для речного транспорта.....	204
Приложение IV. Вопросник..... 209		
Приложение V. Результаты опроса 221		

Рисунки

Рисунок 1	Изменения среднемировой температуры воздуха (°C): а) годовые аномалии; б) средние величины аномалий за десятилетие. Обозначения: черная кривая – данные набора HadCRUT3, составленного Центром им. Хедли Метеорологического управления Соединенного Королевства и Университетом Восточной Англии; серая полоса – 95-процентный доверительный интервал; красная кривая – данные набора MLOST, составленного Национальным центром климатических данных при Национальном управлении Соединенных Штатов Америки по исследованию океанов и атмосферы (НОАА) (базисный период – 1880–1899 годы); синяя кривая – данные набора GISTemp, составленного Институтом им. Годдарда при Национальном управлении по авионавигации и исследованию космического пространства (НАСА) (базисный период – 1880–1899 годы). (Источник: EEA, 2012).	2
Рисунок 2	Изменение уровней осадков, наблюдавшихся на суше в период с 1951 по 2010 год (IPCC, 2013).	2
Рисунок 3	а) Данные о глобальных изменениях уровня моря в 1860–2010 годах (Rahmstorf, 2011), свидетельствующие о том, что он повышается все более быстрыми темпами. б) Изменения уровня моря в 1970–2008 годах по сравнению с уровнем 1990 года. Сплошная красная кривая отображает измерения, полученные с помощью мареографов, с поправкой на межгодовые колебания, синяя кривая – данные спутниковых наблюдений. Показан также диапазон ранних прогнозов МГЭИК (Richardson et al., 2009).	4
Рисунок 4	Недавние прогнозы повышения уровня моря к 2100 году в сравнении с прогнозом МГЭИК (2007а). Обозначения: 1 – IPCC (2007а), 0,18–0,59 м; 2 – Rahmstorf et al. (2007); 3 – Horton et al. (2008); 4 – Rohling et al. (2008); 5 – Vellinga et al. (2008); 6 – Pfeffer et al. (2008); 7 – Kopp et al. (2009); 8 – Vermeer and Rahmstorf (2009); 9 – Grinsted et al. (2010); 10 – Jevrejeva et al. (2010); 11 – Jevrejeva et al. (2012); 12 – Mori et al. (2013); 13 – IPCC (2013). Расхождения между прогнозами обусловлены различиями в подходах и исходных посылах.	5
Рисунок 5	Тенденции изменения относительного уровня моря, зафиксированные мареографическими станциями в Европе (1970–2010) (без учета локальных сдвигов земной коры) (по данным EEA (2012), см. также HTTP://WWW.PSMSL.ORG/PRODUCTS/TRENDS).	6
Рисунок 6	Стихийные бедствия в государствах – членах ЕАО (1980–2011 годы). Прослеживается нарастающая тенденция, связанная, по-видимому, с ростом числа ураганов, наводнений, оползней, периодов аномальной жары, засух и лесных пожаров (поскольку число стихийных бедствий, вызванных геофизическими причинами, в этот период оставалось сравнительно неизменным). Ущерб от этих явлений достиг 455 млрд. евро, из которых страховому возмещению подлежали 126 млрд. (EEA, 2012).	7
Рисунок 7	Прогноз средней частотности слабых, умеренных и сильных атмосферных осадков в Северной Америке в 2090-е годы по сравнению со средними показателями 1990-х годов (см. также IPCC, 2007а). Ожидается сокращение количества слабых и рост количества сильных осадков. Показательно, что более значительные изменения прогнозируются при более высоких уровнях выбросов (Karl et al., 2009).	8

- Рисунок 8** Спутниковые фотоснимки района Германии, подвергшегося затоплению в начале июня 2013 года (получены с помощью аппаратуры MODIS на спутнике Terra (НАСА): а) снимок от 5 мая 2013 года (до начала наводнения) и б) снимок от 6 июня 2013 года (во время наводнения). В конце мая – начале июня 2013 года аномально интенсивные осадки привели к сильным наводнениям в Германии, Австрии и Чешской Республике. В день, когда был сделан второй снимок, уровень р. Эльба в данном районе достиг 8,76 м при норме 2 м. На снимке речная вода имеет темно-синий или черный цвет, а растительность – ярко-зеленый. Облака имеют бледный голубовато-зеленый оттенок и отбрасывают тень. (<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=81287>) 9
- Рисунок 9** Существующая угроза наводнений уровня, наблюдаемого один раз за 100 лет, в евразийском регионе ЕЭК ООН, рассчитанная с помощью глобальной ГИС-модели по временным рядам данных о стоке рек (вероятность – 95%). Разрешение цифровой модели рельефа (DEM) – 90 м. Районы севернее 600 N охвачены не полностью по причине недостаточности данных DEM. (Источники – UNEP-GRID и UNISDR, 2008)..... 9
- Рисунок 10** Разница в уровнях ожидаемого годового ущерба от паводков в Европе между прогнозируемыми сценариями (2071–2100 годы) и контрольным периодом (1961–1990 годы) (<http://ies.jrc.ec.europa.eu/>) 10
- Рисунок 11** Кривая частотности летних температурных аномалий на суше в странах Европы по сравнению с 1970–1999 годами (Coumou and Rahmstorf, 2012) 11
- Рисунок 12** Прогнозируемая частота периодов экстремальной жары (в среднем в 2080–2099 годах). Результаты моделирования показывают, что в период с 2080 по 2099 год экстремальные явления редких масштабов (наблюдаемые один раз за 20 лет) в Северной Америке станут происходить чаще. В рамках сценария, предполагающего более высокий уровень выбросов, аномальная жара, которая в наше время наступает с периодичностью в 20 лет, к концу века во многих районах Северной Америки может повторяться ежегодно или каждые два года ((Karl et al., 2009) 12
- Рисунок 13** Изменения частоты засух, наблюдавшихся ранее с периодичностью в 100 лет, прогнозируемые к 2070-м годам по сравнению с периодом 1961–1990 годов в рамках двух климатических моделей – ECHAM4 и HadCM3 (SREX, 2012) 12
- Рисунок 14** Концентрации CO₂ в частях на миллион (ppm) в атмосфере в течение последних 11 000 лет (Rahmstorf, 2011) и в последние 50 лет (данные обсерватории Мауна-Лоа, P. Tans (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/) and R. Keeling (scrippsco2.ucsd.edu/), 2013). Предварительный анализ новейших имеющихся данных указывает на продолжающееся увеличение концентраций CO₂, которые к 9 мая 2013 года впервые за последние 800 000 лет превысили уровень 400 ppm (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends>). Показаны также концентрации CH₄ в частях на миллиард (ppb) (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/Рисунок/atmospheric-concentration-of-ch4-ppb-1>) и совокупные концентрации шести ПГ, охватываемых Киотским протоколом (в пересчете на ppm CO₂), увеличившиеся примерно на 60% по сравнению с доиндустриальными уровнями (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/Рисунок/observed-trends-in-the-kyoto-gases-1>)..... 14

Рисунок 15	а) Отступление морских льдов в Арктике: минимальная площадь ледяного покрова в сентябре 1982 и сентябре 2007 гг., а также прогнозы ее изменения к концу летнего периода в предстоящие годы (2010–2030, 2040–2060 и 2070–2090) (http://maps.grida.no/go/graphic/the-decrease-of-arctic-sea-ice-minimum-extent-in-1982-and-2007-and-climate-projections-norwegian). б) Результаты моделирования/данные наблюдений таяния морских льдов (Rahmstorf, 2011)	15
Рисунок 16	Мировые транспортные потоки. https://qed.princeton.edu/index.php/User:Student/World Transportation Patterns	19
Рисунок 17	Плотность а) автомобильных и б) железнодорожных сетей на 1000 жителей в регионе ЕЭК (UNECE, 2011).....	20
Рисунок 18	Задержки (в минутах) на британских железных дорогах, связанные с экстремальными погодными явлениями (Rona, 2011). Обозначения: летние задержки – голубой цвет; осенние задержки – красный; зимние задержки – желтый; весенние задержки – зеленый.....	21
Рисунок 19	Внешняя торговля товарами (импорт и товары) в регионе ЕЭК, в процентах от ВВП (UNECE, 2011).....	21
Рисунок 20	Важнейшие сети международных железнодорожных и смешанных перевозок в евразийском регионе ЕЭК (ЕЭК, 2009).....	22
Рисунок 21	а) Нью-йоркское метро (http://www.bbc.co.uk/news/world-us-canada-20135420) и б) улица (http://eandt.theiet.org/news/2012/nov/sandy-storm-warning.cfm flooding due to the Hurricane Sandy (30th October 2012). По оценкам, страховые убытки составили 10–20 млрд. долл. США, а общий экономический ущерб оценивается в 30–50 млрд. долл. США (EQECAT, 2012)	23
Рисунок 22	а) Штормовой нагон, волны и течения, вызванные ураганом “Изабель” (август 2003 года), прорвали шоссе № 12 на острове Хэттерас (шт. Северная Каролина, США); на снимке Атлантический океан виден с левой стороны, а часть асфальтового покрытия разрушенного шоссе – с правой (Stockdon et al., 2012); б) штормовой нагон, волны и течения, вызванные ураганом “Сэнди” (октябрь 2012 года), разрушили дорогу и мост в Мантолокинге, шт. Нью-Джерси, США (фото Дага Миллса) (Doran et al., 2012); в) лидарные профили острова Хэттерас (Северная Каролина) до (левое изображение) и после (среднее изображение) урагана “Изабель”; видны эрозия/прорыв песчаного барьера (см. также аэрофотоснимок на правом изображении) (Stockdon et al., 2012).....	24
Рисунок 23	Дороги, находящиеся под угрозой затопления в случае повышения уровня моря приблизительно на 1,2 м (4 фута), что входит в диапазон значений, прогнозируемых для этой части побережья Мексиканского залива Соединенных Штатов Америки в текущем столетии в рамках сценариев среднего и высокого уровня выбросов. Согласно прогнозам, в этом случае будет затоплено 2 400 миль основных дорог (CCSP, 2008; Karl et al., 2009).....	25
Рисунок 24	Опасность затопления/разрушения наиболее важных автомобильных и железных дорог, аэропортов и элементов трубопроводной инфраструктуры в Мобиле (побережье Мексиканского залива США) в результате штормового нагона согласно сценарию с изменением траектории урагана “Катрина” и повышением среднего уровня моря на 0,75 м: а) глубина штормового нагона (в м относительно нынешней суши); б) высота волн. Было установлено, что при повышении среднего уровня моря на 0,3–0,75 м последствия для наиболее важных транспортных объектов Мобила будут минимальными, так как уязвимыми оказываются лишь 0–2% важнейших объектов каждого вида транспорта; при более серьезном сценарии (повышение на 2 м) уязвимыми становятся от 2,6% до 50% наиболее важных объектов каждого вида транспорта (USDOT, 2012a)	26

Рисунок 25	Порты, расположенные в пределах 50 км от траекторий движения тропических штормов (1960–2010). Данные о портах и штормах заимствованы из публикаций Национального агентства геопространственной разведки (2011) и Кнапп et al. (2010). (Becker et al., 2013)	28
Рисунок 26	Ущерб, причиняемый автодорогам при паводках: а) автомагистраль № 8 (Мюнхен – Зальцбург) в Грабенштетте вблизи Траунштайна (южная Германия) (начало июня 2013 года, Маттиас Шрадер, АП); б) сильные повреждения дороги между Лофером и Вайдрингом в Тироле (Австрия) (3 июня 2013 года, Керстин Йонссон, АП); в) затопленное шоссе в Деггенфдорфе; и d) обрушение моста в Кумбрии (Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии) в ноябре 2009 года (http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/8369934.stm)	31
Рисунок 27	Потенциальный ущерб от наводнений в Европе (ЕЕА, 2010). Расчеты выполнены для наводнения, наблюдаемого с периодичностью один раз в 100 лет (т.е. подъема воды до максимального за 100 лет уровня), при современных параметрах климата и отсутствии мер защиты. Водосборные бассейны площадью менее 500 кв. км не учитывались.....	31
Рисунок 28	Современная угроза затопления (с вероятностью 95%) транспортных сетей в Украине и центральноазиатских государствах – членах ЕЭК в результате наводнения, наблюдаемого один раз за 100 лет, согласно глобальной ГИС-модели, построенной на основе временных рядов данных о стоке рек (Прогнозы наводнений – по данным ЮНЕП-ГРИД и UNISDR (2008))	32
Рисунок 29	Прогнозируемые изменения среднегогодового стока в 2041–2060 годах (по сравнению с 1901–1970 годами). В заштрихованных регионах отмечается высокая, а в незаштрихованных – низкая степень совпадения между прогнозами, полученными путем моделирования. Результаты основаны на уровнях выбросов, занимающих промежуточное положение между минимальным и максимальным сценариями (Milly et al., 2008).....	33
Рисунок 30	Распределение (предполагаемое число и доля в процентах) мостов на автомагистралях в Соединенных Штатах Америки, которые могут оказаться под угрозой в случае повышения максимального стока рек из-за изменения климата (сценарий выбросов А1В; явление, наблюдаемое один раз за 100 лет; уровень осадков за 24 часа в период 2046–2065 гг. (Wright et al., 2012).....	34
Рисунок 31	Изменение количества дней снегопада в году в Европе (ЕЕА, 2012), прогнозируемое по шести моделям для сценария выбросов А1В: а) среднее изменение количества дней снегопада (1 см) в году с 1971–2000 гг. по 2041–2070 гг.; б) среднее изменение количества дней снегопада (10 см) для тех же периодов.....	35
Рисунок 32	а) Среднее количество зимних дней с порывами ветра, превышающими 17 м/с, в 1971–2000 гг.; б) рассчитанный по ряду моделей средний прогноз изменения количества дней с порывами ветра, превышающими тот же порог, к 2041–2070 гг. (Vajda et al., 2012).....	36
Рисунок 33	Прогнозируемое среднегодовое число дополнительных дней, в которые Tmax будет превышать критическую температуру железнодорожных путей КТЖП–30 (т.е. температуру, при которой устанавливается ограничение скорости 30 км/час.), по сравнению с текущей ситуацией (сценарий А1В) (ЕС, 2012а).....	39
Рисунок 34	Изменение семидневной максимальной температуры дорожного покрытия в разных климатических зонах Европы в случае реализации сценария А1В (сопоставление между периодами 2040–2070 гг. и 1990–2010 гг.) (ЕС, 2012а).....	40

Рисунок 35	Прогнозируемое изменение пожарной опасности, выраженное с помощью сезонного коэффициента опасности (СКО) на основе прогнозов региональной климатической модели (ПКМ) RACMO2, функционирующей на базе глобальной климатической модели (ГКМ) ECHAM5 в рамках сценария А1В (ЕЕА, 2012). Судя по полученным результатам, изменение климата может привести к заметному повышению вероятности возникновения пожаров на юго-востоке и юго-западе Европы, а также в черноморском регионе.....	41
Рисунок 36	Влияние засухи 2003 года на внутренние водные пути Франции. Красным цветом отмечены водные пути, на которых навигация была прекращена, а желтым – водные пути, на которых она была ограничена 30 августа 2003 года (Leuxe, 2011, источник – VNF).....	42
Рисунок 37	Прогнозируемый на 30-летней основе среднемесячный сток Рейна в районе Лобита в 2071–2100 годах согласно разным климатическим моделям. Все модели указывают на значительное сокращение средней величины стока в летний период (Ben van de Wetering, 2011).....	43
Рисунок 38	Прогнозируемые (на 2090 год) границы районов вечной мерзлоты на севере региона ЕЭК по сравнению с началом XXI века (ACIA, 2005).....	44
Рисунок 39	Дороги Аляски, зависящие от вечной мерзлоты (USARC, 2003).....	45
Рисунок 40	Моделируемая долгосрочная тенденция изменения урожайности картофеля в Европе (Supit et al., 2010). Обозначения: голубой цвет – значительное снижение; красный цвет – значительное увеличение.....	47
Рисунок 41	Жизненный цикл транспортной инфраструктуры в сопоставлении с временной шкалой изменения климата (CCSP, 2008). Учитывая длительность соответствующих процессов и долгий срок службы инфраструктурных объектов, воздействие изменения климата должно учитываться уже на ранних этапах планирования, проектирования и строительства.....	49
Рисунок 42	Представления респондентов об основных целевых аудиториях при разъяснении последствий изменения климата для транспорта.....	50
Рисунок 43	Известные респондентам исследования, посвященные специфическим последствиям изменения погодных/климатических условий для а) транспортной инфраструктуры и б) функционирования и услуг транспорта.	51
Рисунок 44	Значение, придаваемое участию различных сторон/организаций в изучении/научном исследовании/широком разъяснении последствий изменения климата для транспорта.....	51
Рисунок 45	Меры реагирования, принимаемые или планируемые с целью повышения жизнеспособности транспортных сетей.....	53
Рисунок 46	Модели/компьютерные программы, которые, по мнению ряда респондентов, могут использоваться в целях прогнозирования создаваемых погодными явлениями рисков для транспортной инфраструктуры [B28].....	54
Рисунок 47	Конкретные группы первоочередных вопросов, которые, по мнению респондентов, заслуживают дальнейшего внимания.....	55
Рисунок 48	Мнения респондентов о полезных механизмах сотрудничества в целях адаптации транспорта к изменению климата.....	55
Рисунок 49	Предлагаемые виды/методы международного сотрудничества, которые могут с пользой применяться для преодоления последствий изменения климата и решения адаптационных задач.....	56
Рисунок 50	Различные последствия изменения климата для инфраструктуры и функционирования внутреннего водного транспорта.....	57

Рисунок 51	Принятие решений о расходах на создание транспортной инфраструктуры (анализ секретариата ЕЭК)	62
Рисунок 52	Рамочная адаптационная модель Дорожного управления (UK Highways Agency, 2009)	68
Рисунок 53	Расчетный ресурс объектов (UK Highways Agency, 2011).....	68
Рисунок 54	Уязвимость прибрежных районов Франции – картографирование низинных участков.....	77
Рисунок 55	Дорожная транспортная инфраструктура в низинных районах Франции, км.....	78
Рисунок 56	а) Защита от размыва опор б) укрепление склонов с) ветрозащитные заграждения/экраны и d) противолавинные сооружения.....	91
Рисунок 57	Адаптационные меры для речного флота (Heyndrickx and Breemersch 2012): а) регулируемые заслонки на судах туннельного типа, убирающиеся в корпус судна при полной осадке на большой глубине (сверху) и выдвигающиеся при эксплуатации судна на мелководье (внизу); б) общая схема речного судна с боковыми выдвигаемыми плавучими элементами; с) поперечное сечение речного судна с боковыми выдвигаемыми плавучими элементами и d) плавучие элементы крупным планом.....	96
Рисунок 58	Деградация речного русла может иметь значительные последствия для судоходства, особенно в тех местах, где речное русло имеет фиксированные слои, например а) донные направляющие щиты и б) фиксированные слои (Turpjin, 2012). В таких случаях инженерные работы должны быть пересмотрены или модифицированы.....	96
Рисунок 59	Адаптационные гидротехнические методы, использованные в рамках экспериментального проекта в Витцельсдорфе (Siedl, 2012). Старые буны (желтые) были удалены и заменены новыми бунами более совершенной конструкции с целью улучшения динамики речного потока и сдерживания процесса заиления	97
Рисунок 60	Планы защиты и расширения портов (IAPH, 2010; Becker, 2012)	99



Железнодорожный мост Putna Seaca, Румыния. Ущерб от наводнений в 2005 году © Club Ferroviar

Таблицы

Таблица 1	Изменения средней температуры на поверхности Земли и среднемирового уровня моря к 2081–2100 годам (средние величины и вероятные диапазоны) по сравнению с 1986–2005 годами, прогнозируемые исходя из различных сценариев (по данным IPCC, 2013). В основу прогнозов положены четыре сценария радиационного воздействия (репрезентативные траектории изменения концентраций – РТИК): РТИК 8,5 – 6 184 Гт CO ₂ (суммарные выбросы CO ₂ в 2012–2100 годах); РТИК 6,0 – 3 890 Гт CO ₂ ; РТИК 4,5 – 2 863 Гт CO ₂ ; РТИК 2,6 – 991 Гт CO ₂ . Изменения среднемировой температуры на земной поверхности рассчитаны по совокупности данных CMIP5 (при диапазонах моделей 5–95%). Прогнозы повышения уровня моря получены с помощью 21 модели CMIP5 (при диапазонах моделей 5–95%). Распределение вероятности воздействия таких факторов, как быстрое динамическое изменение ледникового покрова и накопление воды в наземных антропогенных резервуарах, принято равномерным и в основном независимым от сценариев, т.к. при современном уровне знаний количественная оценка такой зависимости не представляется возможной.....	3
Таблица 2	Факторы критического воздействия, проблемы, пороговые уровни и последствия в ближайшие 50 лет (см. также Lawrence and Slater, 2005; Zimov et al., 2006; Vecchi et al., 2006; Challinor et al., 2006; Scholze et al., 2006; Rahmstorf, 2007; Barnett et al., 2008; Kurz et al., 2008; Lenton, 2013; Lenton et al., 2008, 2009; и Shanahan et al., 2009)	17
Таблица 3	Последствия изменения климата для морских портов (Crist, 2011).....	27
Таблица 4	Резюме потенциальных последствий изменения климата для транспорта (перечень не является исчерпывающим).....	48
Таблица 5	Предполагаемая взаимосвязь между факторами изменения климата и транспортной инфраструктурой (UK Royal Academy of Engineering, 2011). Предполагаемые повреждения инфраструктуры (П) и вероятность возникновения последствий, связанных с изменением климата (В), оцениваются как высокие (Н), средние (М) или низкие (L). Следует учитывать, что а) последствия повторяющихся или кумулятивных явлений будут отличаться от последствий единичных явлений; б) регулярно наступающие неблагоприятные погодные условия будут способствовать выделению инвестиций на устранение возникающих последствий, в то время как спорадические явления, даже более катастрофические, возможно, не будут этому способствовать; в) последствия изменения климата различаются по регионам, и разные виды инфраструктуры имеют разную степень жизнеспособности; например, организовать объезд в случае повреждения автомобильной дороги значительно проще, чем принять ликвидировать ущерб, причиненный аэропорту; г) изменение климата может привести к изменению растительности, что в свою очередь может отразиться на инфраструктуре; е) изменение сезонного спроса на инфраструктуру может стать дополнительным стресс-фактором; и ф) изменение климата может привести к изменению практики землепользования, что в свою очередь может потребовать изменения инфраструктуры.....	63
Таблица 6	Выявленные Дорожным управлением высокие риски для корпоративных целей, связанные с изменением климата.....	67

Таблица 7	Потенциальные изменения климата, их воздействие на наземный транспорт и варианты адаптации (см. National Research Council, 2008).....	70
Таблица 8	Дороги, расположенные в каждой из трех низинных зон автомобильной и железнодорожной инфраструктуры (км) во Франции (без учета существующих защитных сооружений. Расчеты исходя из текущих столетних уровней моря) ..	78
Таблица 9	Обзор рисков для железнодорожного хозяйства (Network Rail, 2011).....	81
Таблица 10	Резюме приоритетных тем, связанных с ж/д объектами и их эксплуатацией; перечень приоритетов постоянно обновляется (Network Rail, 2011)	83
Таблица 11	Значительные опасные явления и потенциальные решения (Dora, 2011; 2012. См. также приложение III).....	85
Таблица 12	Потенциальные изменения климата, их последствия для ж/д транспорта и возможные адаптационные меры (National Research Council, 2008)	86
Таблица 13	Последствия изменения климата для железных дорог (Kaddouri, 2012).....	92
Таблица 14	Возможные меры по адаптации к последствиям повышения температуры/аномальной жары (Kaddouri, 2012)	93
Таблица 15	Воздействие изменения климата на основные внутренние водные пути в ЕС (Heyndrickx and Breemersch, 2012)	94
Таблица 16	Меры по адаптации флота и их предварительная оценка (Heyndrickx and Breemersch, 2012).....	95
Таблица 17	Стратегии адаптации портов Австралии (по материалам McEvoy and Mullett, 2013).....	101

Общее резюме

Несмотря на то, что о последствиях изменения климата в различных сферах человеческой деятельности в последние годы стали задумываться как правительства, так и международные организации, воздействию этих изменений на инфраструктуру и функционирование международных транспортных сетей, а также соответствующим мерам адаптации уделяется сравнительно мало внимания. Понимая необходимость согласованных действий, эксперты из разных стран, международных организаций и научных кругов создали под эгидой Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН) Группу экспертов по последствиям изменения климата для международных транспортных сетей и адаптации к ним. Эта группа провела шесть сессий, а в июне 2012 года организовала международную конференцию, посвященную данной проблеме. Группа проанализировала соответствующую информацию по региону ЕЭК и странам, расположенным за его пределами, и определила возможные последствия климатической изменчивости и изменения климата с точки зрения транспортной инфраструктуры и услуг. Было проведено обследование (с помощью вопросника), имевшее своей целью сбор информации по таким темам, как а) современный уровень информированности и готовности; б) наличие соответствующей информации и инструментария; в) существующие и планируемые адаптационные стратегии на транспорте; г) меры и инициативы; д) потребности в научно-исследовательской работе и финансировании, а также механизмы сотрудничества на национальном, региональном и международном уровнях. Были проведены обзор соответствующих национальных инициатив, примеров из практики и научно-исследовательских проектов и обмен опытом адаптации применительно к конкретным видам транспорта, а также информацией об успехах национальных директивных органов в области регулирования рисков и повышения жизнеспособности. Наряду с этим эксперты признали необходимым расширять осведомленность о результатах анализа последствий изменения климата для транспортного сектора и о надлежащих адаптационных мерах.

Тенденции и прогнозы изменчивости и изменения климата

Современная динамика климатической системы четко указывает на наличие долгосрочной тенденции к повышению средней температуры воздуха. Атмосферные осадки также претерпевают изменения, но более сложного характера. Согласно прогнозам, в будущем эти тенденции сохранятся или даже усилятся. Одним из самых негативных побочных последствий роста температуры является значительное повышение среднего уровня моря. За период с 1860-х годов он стал выше примерно на 0,2 м, причем начиная с 1990-х годов данные спутников указывают на то, что этот процесс неуклонно ускоряется. Если говорить о прогнозах, то, согласно недавнему докладу (AR5) Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC, 2013), к концу XXI века температура воздуха повысится на 1,0–3,7 °C (в зависимости от сценария). Такое потепление может привести к дальнейшему существенному повышению уровня моря, которое за тот же период предположительно составит от 0,26 м до 0,82 м, причем в других недавних исследованиях называются еще более высокие цифры.

Изменения средних климатических условий также могут вызывать колебания частоты, интенсивности, пространственного охвата, продолжительности и времени возникновения экстремальных погодных и климатических явлений, что в свою очередь способно повлиять на климатическую ситуацию в будущем. Эти экстремальные явления (ураганы, штормовой нагон воды, наводнения, засухи и аномальная жара), а также изменения режимов отдельных климатических систем, таких как муссоны, могут в ограниченных пространственно-временных масштабах сильнее сказываться на состоянии транспортных сетей, нежели изменения средних параметров. Одной из наиболее выраженных тенденций, судя по всему, является рост частоты и интенсивности сильных ливней. Расчеты по климатическим моделям показывают, что подобная

тенденция сохранится и впредь, и к 2100 году ливневые дожди такой интенсивности, которая сегодня отмечается примерно раз в 20 лет, будут выпадать каждые 4–15 лет, в зависимости от географического района. Очевидно, что немалую угрозу представляют собой разливы рек, особенно в Центральной и Восточной Европе и в Центральной Азии. Согласно имеющимся данным, учащаться и усиливаться будут и такие явления, как аномальная жара и засуха.

Одной из главных причин наблюдаемого потепления считается увеличение концентрации в атмосфере парниковых газов (ПГ), которые поглощают отражаемое земной поверхностью тепловое излучение и тем самым усиливают аккумуляцию тепла в системе Земли. С начала промышленной революции содержание ПГ в атмосфере неуклонно возрастало и к настоящему времени превысило уровни, существовавшие в течение миллионов лет. Процесс глобального потепления может ускориться за счет положительной обратной связи, т.е. в результате явлений, вызываемых изменением климата и в свою очередь приводящих к дальнейшему повышению температур, – как, например, высвобождение углерода из инертных на сегодняшний день природных резервуаров (в частности, из тропических торфяников и вечной мерзлоты Заполярья, содержащей огромные количества CH_4) и быстрое сокращение площади льда в Северном Ледовитом океане.

Последствия для транспортных сетей

Спрос на перевозки увеличивается по мере роста мировой экономики, торговли и народонаселения. Поскольку состояние транспортного сектора определяется спросом, значительные последствия для него могут иметь также обусловленные изменением климата перемены в распределении населения, объемах и географии производства товаров, туристических потоках, структуре торговли и потребления и т.д.

Изменчивость и изменение климата (включая повышение среднего уровня моря, рост температуры воды, усиление штормов и штормового нагона, а также потенциальные изменения волнового режима) могут серьезно отражаться на состоянии береговой инфраструктуры и услуг транспорта, включая функционирование портов и других транспортных узлов/сетей в прибрежной зоне. Именно порты, являющиеся ключевыми узлами международных транспортных сетей и связующими звеньями транснациональных цепей поставок, особенно сильно ощутят на себе это воздействие, прежде всего в силу длительных сроков эксплуатации их основной инфраструктуры, их незащищенного расположения и зависимости от торговли, судоходства и внутреннего транспорта, в свою очередь также уязвимых в условиях изменчивости и изменения климата. Штормовой нагон воды может прямо влиять на повседневную работу портов; затопление побережья будет делать невозможной их эксплуатацию в течение всей продолжительности наводнения, попутно вызывая повреждения терминалов, интермодальных объектов, логистических центров, складских площадок и грузов и тем самым приводя к сбоям интермодальных поставок и нарушениям транспортного сообщения.

Изменения уровня осадков могут влиять на динамику стока рек, что чревато последствиями для автомобильных и железных дорог, функционирования железнодорожных и автобусных терминалов, портов и аэропортов. Такие явления способны причинять непосредственный ущерб, ликвидация которого потребует чрезвычайных мер. Это также может приводить к разрушению или ухудшению эксплуатационно-технического состояния дорог, железнодорожных путей, мостов, туннелей, дренажных систем, систем телекоммуникаций и управления движением, увеличивая потребность в ремонтно-профилактических работах. Следствием учатившихся ливневых осадков и паводков будут рост числа аварий, вызванных погодными явлениями, задержки и сбои в функционировании и без того перегруженных транспортных сетей. На внутренних водных путях возможны такие проблемы, как приостановка судоходства, заиление, изменение морфологии рек, повреждение берегов

и противопаводковых сооружений, а в аэропортах – причинение вреда инфраструктуре, более частые задержки и отмены рейсов.

Ураганные ветры могут наносить ущерб портовым сооружениям (например, кранам и грузовым терминалам), повреждать оборудование аэропортов, приводить к нарушениям воздушного сообщения и осложнять работу автомобильного и железнодорожного транспорта; они также способны уничтожать посевы сельскохозяйственных культур, что будет косвенно отражаться на состоянии транспортной отрасли. Изменение розы ветров и направленности ветровых волн чревато серьезными последствиями для функционирования и безопасности морских портов. Периоды аномальной жары также могут влиять на услуги и инфраструктуру транспорта, вызывая стихийные пожары и неурожай, приводя к нехватке воды, осложняя хранение продуктов питания и создавая дополнительную нагрузку на энергетические сети и системы охлаждения. При этом возможны деформирование/ухудшение качества дорожных покрытий и перебои в движении автотранспорта, деформация железнодорожных путей и иссушение их земляного полотна, что грозит длительными задержками из-за ограничения скорости движения поездов. Последствия коснутся также инфраструктуры аэропортов, включая состояние и эксплуатацию взлетно-посадочных полос, равно как и функционирования внутреннего водного транспорта. Таяние льдов в Северном Ледовитом океане может открыть для судоходства новые маршруты, но при этом повлечет за собой изменения спроса и предложения на рынке региональных перевозок и значительно увеличить расходы на сообщение арктических портов с национальными и международными сетями внутреннего транспорта. Следствием потепления в Арктике может стать изменение циклов замерзания и таяния, влекущее за собой повреждение фундаментов, криогенное вспучивание полотна автомобильных дорог и железнодорожных путей, нарушение структурной целостности мостов и других транспортных сооружений.

Рекомендации

Во избежание значительных расходов в будущем представляется необходимым, чтобы руководство транспортного сектора и соответствующие заинтересованные стороны безотлагательно приступили к рассмотрению вопросов, связанных с изменением климата. Четкое уяснение его возможных последствий, а также связанных с ним рисков и факторов уязвимости должно стать первым шагом и обязательной предпосылкой в деле проектирования и строительства объектов транспортной инфраструктуры и систем управления ею, обладающих повышенной жизнеспособностью. Следует иметь в виду, что транспортный сектор стран с развивающейся и слабо диверсифицированной экономикой будет особенно уязвимым по отношению не только к экстремальным явлениям катастрофических масштабов, но и к «вялотекущим» неблагоприятным процессам в связи с ожидаемым ростом средних температур, повышением среднего уровня моря, более частыми наводнениями и/или засухами.

Адаптационные меры направлены на уменьшение уязвимости и повышение устойчивости систем к действию климатических факторов. В транспортном секторе это предполагает не только физическую прочность и долговечность инфраструктуры, позволяющую ей выдерживать неблагоприятные воздействия, не теряя способности к выполнению своих основных функций, но и возможность быстрого восстановления с минимальными затратами. Из этого следует, что потенциальное воздействие меняющегося климата должно учитываться при планировании, проектировании, строительстве и эксплуатации, а также в рамках более общих экономических стратегий и политики в области развития, затрагивающих данный сектор. Разработка эффективных стратегий адаптации требует принятия мер в области политики, инвестиций и совместных научных исследований. Первым необходимым шагом к восполнению нынешних пробелов в знаниях и определению приоритетных направлений работы представляется целенаправленное изучение факторов уязвимости, проведение эмпирических исследований и оценка вероятных рисков и соответствующих издержек.

Изложенные ниже общие рекомендации исходят из накопленного на сегодняшний день опыта и научно подтвержденных последствий, к которым может приводить изменение климата. Для разработки и формулирования правительствами эффективных стратегий адаптации к новым климатическим условиям требуются четкое понимание и систематизированное изучение факторов уязвимости транспортного сектора в условиях изменчивости и изменения климата с учетом характера/масштабов такого изменения, чувствительности транспортной системы и необходимого потенциала адаптации. Ниже следует перечень рекомендуемых мер:

- i) Правительствам в сотрудничестве с владельцами/операторами транспортных сетей и международными организациями следует составить реестры жизненно важных и уязвимых узлов транспортной инфраструктуры.
- ii) Проблему изменчивости и изменения климата следует учитывать в долгосрочных программах капитального ремонта и реконструкции, в ходе проектирования объектов, инвестиционной деятельности, ремонтно-профилактического обслуживания, эксплуатации и инженерно-технических работ, а также в планах на случай чрезвычайных ситуаций.
- iii) Поскольку транспортная инфраструктура и транспортные услуги подлежат регулированию, может потребоваться также адаптация институциональных и нормативных механизмов.
- iv) Планировщикам и проектировщикам транспортной инфраструктуры и ее управляющим, а также изготовителям транспортных средств и подвижного состава следует уже на стадии планирования принимать во внимание прогнозы изменения климата и его потенциальных последствий.

Стратегии адаптации:

- i) Адаптационные меры следует принимать в рамках комплексных программ реагирования на природные угрозы; такие программы должны быть рассчитаны не только на активное преодоление трудностей и сбоев, вызываемых погодными явлениями в настоящее время, но и на планирование и реализацию среднесрочных и долгосрочных мер адаптации к изменению климата. Опора на существующие системы реагирования, уже используемые для преодоления неблагоприятных климатических явлений, позволит создать действенный механизм адаптации.
- ii) Основой эффективной системы реагирования на природные угрозы транспортному сектору могут стать интегрированные на национальном и международном уровнях базы оцифрованных сетевых данных, имеющие продуманную структуру и включающие информацию о проблемных участках и происшествиях, планы управления и обслуживания, а также модели управления имуществом. Такие базы данных нуждаются в обслуживании и обновлении и должны быть снабжены необходимыми инновационными (программными) средствами прогнозирования будущих рисков, что позволит использовать их в качестве комплексного инструмента адаптации транспорта к изменению климата.
- iii) Возможные последствия изменения климата следует рассматривать на ранних этапах планирования и учитывать в оценках рисков и факторов уязвимости; в рамках будущих проектов вопросы, связанные с изменением климата, необходимо принимать во внимание уже на стадии проектирования объектов и планирования обслуживания.

Хотя настоящий доклад посвящен адаптации транспортного сектора к изменению климата, следует всегда помнить об аспектах, связанных со смягчением последствий такого изменения.

- i) Адаптация не является альтернативой сокращению выбросов ПГ. Считается, что для сдерживания процесса изменения климата необходим глобальный мониторинг выбросов.

- ii) Многие основополагающие решения, касающиеся как адаптации к изменению климата, так и смягчения его последствий, будут зависеть от сравнительной оценки затрат и выгод. Проведение таких оценок в настоящее время осложняется рядом факторов неопределенности; поэтому уменьшение неопределенности там, где это возможно, должно стать важнейшим приоритетным направлением комплексных исследований.
- iii) Следует дополнительно изучить возможность получения кумулятивного эффекта от мер по сокращению выбросов ПГ и мер, направленных на достижение других экологических целей.

Настоящий обзор выявил значительные пробелы в информации и знаниях, которые необходимо восполнить путем проведения соответствующих исследований. В этой связи предлагаются следующие рекомендации:

- i) Изучение последствий изменения климата и возможностей адаптации к ним должно охватывать широкий спектр дисциплин, таких как право, естественные и социальные науки, инженерное дело и экономика.
- ii) Различные последствия изменения климата должны стать предметом целенаправленных исследований. Эти исследования могут быть дополнены изучением конкретных случаев, иллюстрирующих потенциальные экономические, социальные и экологические последствия различных вариантов адаптации, а также соотношение связанных с ними затрат и выгод. Так, опасности для автодорожных и железнодорожных сетей, возникающие при разливах рек, могут оцениваться на основе детального моделирования вероятности экстремальных наводнений в регионе ЕЭК при различных сценариях изменения климата, с тем чтобы выявить зоны с высоким риском затопления.
- iii) Первичный анализ уязвимости транспортного сектора возможен и в отсутствие подробных данных о будущих климатических изменениях: он может основываться на изучении чувствительности к изменениям климата в прошлые периоды и оценке потенциала существующих систем в плане их сопротивляемости сбоям и способности адаптироваться к меняющимся условиям.
- iv) В силу взаимосвязанности и взаимозависимости национальных экономик в рамках глобальной торговой системы во внимание следует принимать также особые потребности развивающихся стран, и особенно малых островных развивающихся государств.
- v) Важно укреплять сотрудничество ЕЭК ООН с другими заинтересованными международными организациями и учреждениями – в частности с Рамочной конвенцией об изменении климата Организации Объединенных Наций (РКИКООН) и Глобальной рамочной основой для услуг в области климата (ГРОУК) Всемирной метеорологической организации – имея в виду наладить более эффективное взаимодействие между специалистами в области транспорта, климатологами и другими соответствующими научными экспертами и по возможности создать координационный центр для обмена информацией об изменении климата, имеющей отношение к транспорту. Принимая во внимание глобальный характер изменения климата и его общемировые последствия для транспортного сектора, а также важность учета связанных с этим проблем при обсуждении международных норм и стандартов в области транспорта в КВТ и его вспомогательных органах, ЕЭК ООН следует выступить с инициативой установления контактов с Консультативным комитетом партнеров ГРОУК. Целесообразно также развивать обмен передовой практикой преодоления потенциальных последствий изменчивости и изменения климата в транспортном секторе.



Объем и структура доклада

Данные измерений за последние несколько десятков лет свидетельствуют о повышении температур (глобальном потеплении) на нашей планете, причиной которого считается парниковый эффект. Несмотря на общемировые усилия по сокращению выбросов парниковых газов (ПГ), научные исследования указывают на то, что процесс глобального потепления необратим и что его можно лишь замедлить. Глобальное потепление существенно воздействует на климат, и это воздействие, по-видимому, усугубится в предстоящие десятилетия, независимо от того, до какой степени удастся сократить выбросы ПГ. Более теплый климат изменит нашу среду обитания во всех ее аспектах и будет сопровождаться экстремальными явлениями (колебаниями температур, ливневыми дождями и наводнениями, а также повышением уровня моря). Эти климатические изменения, вероятно, повлияют на то, как мы живем, путешествуем, перевозим грузы и ведем дела друг с другом. Отсюда ясно вытекает неотложная необходимость не только уделять внимание причинам изменения климата, но и учиться преодолевать его последствия.

Настоящий доклад подготовлен в помощь Группе экспертов ЕЭК ООН по последствиям изменения климата для международных транспортных сетей и адаптации к ним, в соответствии с ее согласованной программой работы и основными задачами (ECE/TRANS/WP.5/GE.3/2011/1).

Доклад состоит из пяти глав, непосредственно посвященных рассматриваемой теме. В главе 1 приводится краткий обзор научных знаний об изменении климата и его последствиях как в глобальном масштабе, так и в регионе ЕЭК. В главе 2 говорится о некоторых потенциальных последствиях изменения климата в различных его проявлениях применительно к транспортным сетям. Особый акцент при этом делается на указании проблем, актуальных для транспортной инфраструктуры региона ЕЭК с учетом специфики разных видов транспорта. Глава 3 содержит краткий анализ ответов на вопросник, разосланный в 2012 году в страны – члены ЕЭК ООН и международные организации. В главе 4 дается сжатое описание возможных мер адаптации. В главе 5 изложены выводы и рекомендации группы экспертов.

Доклад включает также четыре приложения. Приложение I содержит краткий обзор некоторых наиболее актуальных исследований, посвященных различным видам транспорта. В приложении II обобщенно излагается содержание работ, представленных на Международной конференции ЕЭК ООН по проблемам адаптации транспортных сетей к изменению климата (25 и 26 июня 2012 года, Александруполис, Греция) и материалов, полученных от экспертов. В приложении III приводится вопросник, разосланный правительствам и организациям, а в приложении IV – краткий количественный анализ полученных на него ответов.

Следует отметить, что доклад не является всеобъемлющим и не может рассматриваться как полный перечень возникающих проблем. Скорее его можно назвать первым шагом к частичному обобщению имеющейся информации (т.е. данных и результатов их анализа) о последствиях изменения климата для инфраструктуры международного транспорта в регионе ЕЭК ООН и за его пределами, включая разновидности таких последствий, их масштабы и распределение по географическим районам и видам транспорта. В нем анализируются ответы 27 государств-членов и семи организаций на вопросы Группы экспертов, позволившие впервые документировать существующие взгляды и представления относительно последствий климатической изменчивости и изменения климата для транспортной отрасли¹.

¹ Настоящий проект доклада содержит информацию по состоянию на июль 2013 года. В нем также учтены замечания по предыдущим проектам, представленные в ЕЭК ООН международными экспертами.



Глава 1. Изменение климата: физические основы

1.1 Климатические изменения: характеристика явлений

1.1.1 Температура, осадки и повышение уровня моря

Определяющее воздействие на климат оказывают приток и отток тепла и динамика его накопления различными компонентами системы Земли, т.е. океаном, сушей и атмосферой (Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) (IPCC, 2007a). Накопление тепла происходит преимущественно в океане, и изменение температуры морской воды, таким образом, служит важным показателем климатических изменений (e.g. Domingues et al., 2008). За последние годы накоплен большой объем данных о потеплении мирового океана, темпы которого в период с 1993 по 2008 год оцениваются в $0,64 \text{ Вт/м}^2$ (Lyman et al., 2010). Этот процесс происходит независимо от временной изменчивости, обусловленной, в частности, крупномасштабными климатическими флуктуациями и циклами солнечной активности (e.g. Richardson et al., 2009).

Что касается температуры атмосферного воздуха, то в соответствии с опубликованными ранее прогнозами (e.g. IPCC, 2001; 2007), наблюдается отчетливая долгосрочная тенденция к ее повышению (рис. 1). В океане наибольший рост температур зафиксирован в поверхностных водах: так, в 1971–2010 годах вода на глубинах до 75 м становилась теплее на $0,11 \text{ }^\circ\text{C}$ за десятилетие (IPCC, 2013). Прогнозы показывают, что к концу XXI века атмосфера дополнительно прогреется, по различным сценариям, на $1,0\text{--}3,7 \text{ }^\circ\text{C}$ (усредненные оценки, см. таблицу 1). Срединная (средняя) величина потепления, прогнозируемого в рамках целого ряда возможных сценариев изменения концентраций парниковых газов (IPCC, 2013), за период с 2046 по 2065 год предположительно составит от $1,0$ до $2,0 \text{ }^\circ\text{C}$ по сравнению со средним уровнем 1986–2005 годов, тогда как к концу XXI века (2081–2100 годы) ожидается потепление на $1,0\text{--}3,7 \text{ }^\circ\text{C}$. Вместе с тем при учете неопределенности параметров модели этот диапазон расширяется до $0,3\text{--}4,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

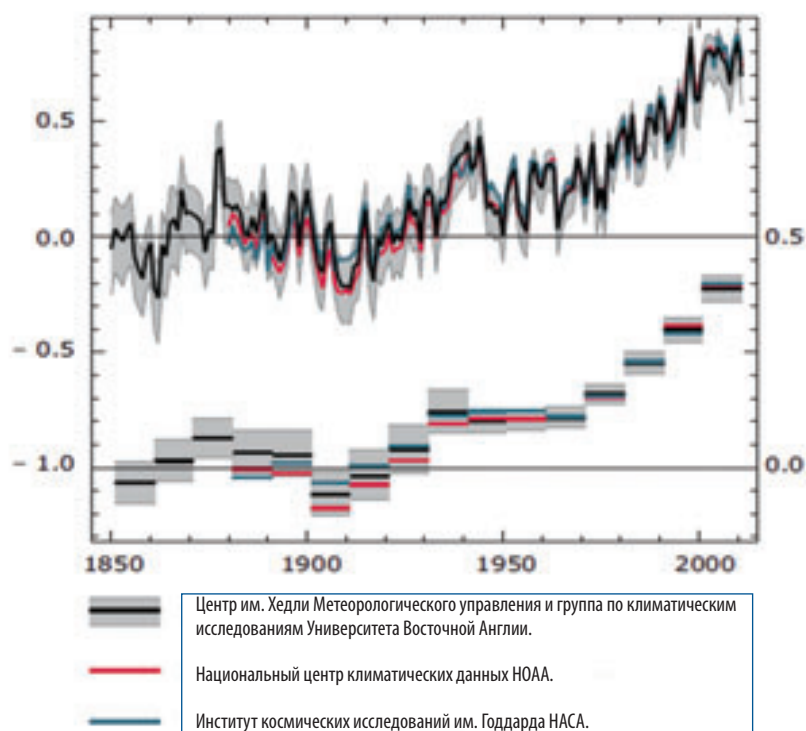


Рисунок 1. Изменения среднемировой температуры воздуха (°C): а) годовые аномалии; б) средние величины аномалий за десятилетие. Обозначения: черная кривая – данные набора HadCRUT3, составленного Центром им. Хедли Метеорологического управления Соединенного Королевства и Университетом Восточной Англии; серая полоса – 95-процентный доверительный интервал; красная кривая – данные набора MLOST, составленного Национальным центром климатических данных при Национальном управлении Соединенных Штатов Америки по исследованию океанов и атмосферы (НОАА) (базисный период – 1880–1899 годы); синяя кривая – данные набора GISTemp, составленного Институтом им. Годдарда при Национальном управлении по авиации и исследованию космического пространства (НАСА) (базисный период – 1880–1899 годы). (Источник: ЕЕА, 2012)

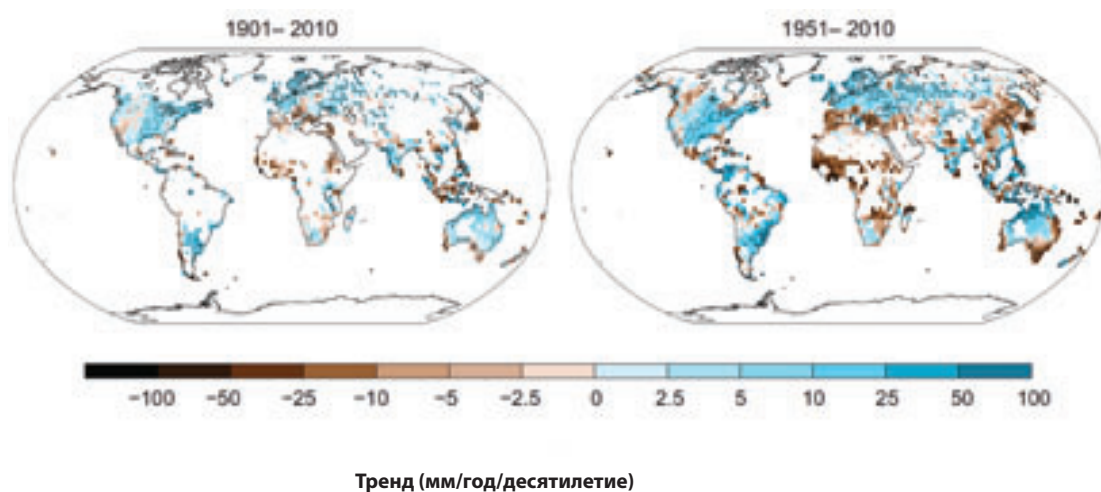


Рисунок 2. Изменение уровней осадков, наблюдавшихся на суше в период с 1951 по 2010 год (IPCC, 2013).

Таблица 1. Изменения средней температуры на поверхности Земли и среднемирового уровня моря к 2081–2100 годам (средние величины и вероятные диапазоны) по сравнению с 1986–2005 годами, прогнозируемые исходя из различных сценариев (по данным IPCC, 2013). В основу прогнозов положены четыре сценария радиационного воздействия (репрезентативные траектории изменения концентраций – РТИК²): РТИК 8,5 – 6 184 Гт CO₂ (суммарные выбросы CO₂ в 2012–2100 годах); РТИК 6,0 – 3 890 Гт CO₂; РТИК 4,5 – 2 863 Гт CO₂; РТИК 2,6 – 991 Гт CO₂. Изменения среднемировой температуры на земной поверхности рассчитаны по совокупности данных CMIP5 (при диапазонах моделей 5–95%). Прогнозы повышения уровня моря получены с помощью 21 модели CMIP5 (при диапазонах моделей 5–95%). Распределение вероятности воздействия таких факторов, как быстрое динамическое изменение ледникового покрова и накопление воды в наземных антропогенных резервуарах, принято равномерным и в основном независимым от сценариев, т.к. при современном уровне знаний количественная оценка такой зависимости не представляется возможной³.

Сценарий	Температура		Повышение уровня моря	
	Среднее значение (°C)	Вероятный диапазон (°C)	Среднее значение (м)	Вероятный диапазон (м)
РТИК 2,6	1,0	0,3–1,7	0,40	0,26–0,55
РТИК 4,5	1,8	1,1–2,6	0,47	0,32–0,63
РТИК 6,0	2,2	1,4–3,1	0,48	0,33–0,63
РТИК 8,5	3,7	2,6–4,8	0,63	0,45–0,82

Изменение климата – неравномерный процесс, при котором потепление в приполярных районах происходит быстрее, чем на экваторе. Картина изменения уровней осадков выглядит значительно сложнее: некоторые районы становятся более влажными, другие – более засушливыми (рис. 2). В будущем эти тенденции предположительно ускорятся: так, прогнозы уровня осадков в Восточном Средиземноморье в течение десятилетия 2020–2029 годов показывают, что его уменьшение по сравнению с 1990–1999 годами может составить до 25% (IPCC, 2007a). Площадь снежного покрова в Северном полушарии также имеет тенденцию к сокращению, темпы которого в период 1970–2010 годов оцениваются примерно в 0,8 млн. км² за десятилетие (по состоянию на март и апрель); по сравнению с мартовскими и апрельскими уровнями, наблюдавшимися до 1970 года, речь идет о сокращении, соответственно, на 7% и 11% (Brown and Robinson, 2011). Подобные тенденции, однако, наблюдаются не везде: в некоторых регионах, таких, как Альпы и Скандинавия, глубина снежного покрова неуклонно уменьшается в низинах, но при этом увеличивается в горах, тогда как в других горных районах (например, в Карпатах, Пиренеях и на Кавказе) какие-либо закономерности не прослеживаются (EEA, 2012).

Что касается засух, то в недавних исследованиях (e.g. SREX, 2012) прогнозируется (со средней степенью достоверности) сокращение их продолжительности/интенсивности в Южной Европе и Средиземноморье, а также в Центральной Европе и ряде районов Северной Америки.

С ростом температур связывают также существенное повышение среднего уровня моря. Причинами такого повышения в глобальном масштабе являются а) тепловое расширение океана, т.е. изменение его объема под воздействием стерических эффектов; б) ледниковая эвстазия, т.е. увеличение массы мирового океана за счет таяния материковых льдов Гренландии и Антарктики, а также ледников и полярных ледяных

² Прогнозы, представленные в последнем (пятом) Докладе МГЭИК об оценках (2013), основаны на сценариях РТИК (репрезентативные траектории изменения концентраций), а не на разработанных МГЭИК сценариях СДСВ. При этом были приняты следующие значения концентраций в пересчете на CO₂ (e.g. Moss et al., 2010): для РТИК 8,5 – 1 370 единиц эквивалента CO₂ к 2100 году; для РТИК 6,0 – 850 единиц эквивалента CO₂ к 2100 году; для РТИК 4,5 – 650 единиц эквивалента CO₂ к 2100 году; и для РТИК 2,6 – достижение максимального уровня 490 единиц эквивалента CO₂ до 2100 года.

³ Согласно имеющимся сценариям, повышение уровня моря не прекратится в 2100 году, но будет продолжаться в течение последующих столетий; к 2500 году средний уровень моря предположительно повысится на 1,84 м при самом слабом и на 5,49 м при самом интенсивном (РТИК 8,5) сценарии воздействия (Jevrejeva et al., 2012).

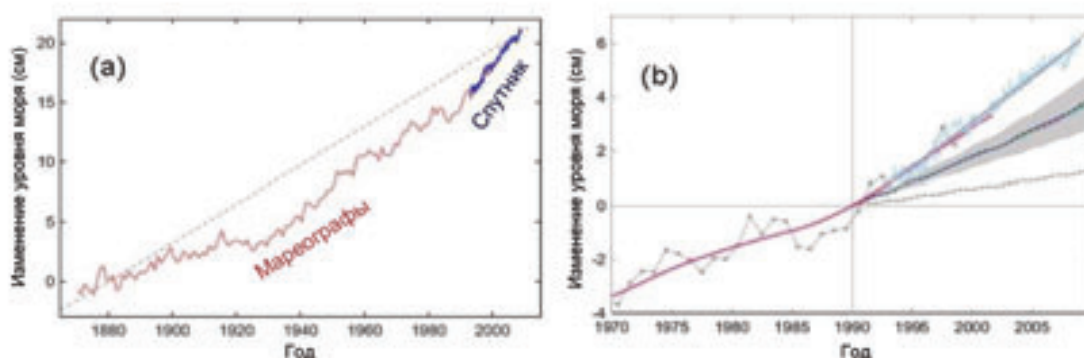


Рисунок 3. а) Данные о глобальных изменениях уровня моря в 1860–2010 годах (Rahmstorf, 2011), свидетельствующие о том, что он повышается все более быстрыми темпами. б) Изменения уровня моря в 1970–2008 годах по сравнению с уровнем 1990 года. Сплошная красная кривая отображает измерения, полученные с помощью мареографов, с поправкой на межгодовые колебания, синяя кривая – данные спутниковых наблюдений. Показан также диапазон ранних прогнозов МГЭИК (Richardson et al., 2009).

шапок⁴; с) гляциоизостатические сдвиги; d) изменение количеств воды, накапливаемых на суше (e.g. Hanna et al., 2013). С 1860 года уровень моря повысился примерно на 0,20 м, и темп его повышения неуклонно ускоряется, особенно начиная с 1990-х годов; спутниковые наблюдения (Church and White, 2011) показывают, что сейчас он близок к верхней границе диапазона, обозначенного в более ранних прогнозах МГЭИК (около 3,1 мм в год, см. также рис. 3).

Тот факт, что в последние десятилетия кривая повышения уровня моря пошла вверх более резко, объясняют преимущественно таянием материковых льдов Гренландии и Антарктики, которое, судя по всему, ускоряется (e.g. Velicogna, 2009; Rignot et al., 2011; вместе с тем см. Hanna et al., 2013). Однако протекающие в ледниках процессы изучены, по-видимому, еще недостаточно для того, чтобы можно было точно предсказывать их поведение. Поэтому прогнозы повышения уровня моря к концу XXI века, полученные путем моделирования процессов, по-прежнему характеризуются неопределенностью (Richardson et al., 2009). Примером альтернативного подхода является использование накопленных за последние 120 лет данных о зависимости между ростом средних глобальных температур и повышением уровня моря, исходя из предположения, что эта зависимость сохранится в долгосрочной перспективе (Rahmstorf, 2007; Rahmstorf et al., 2007). Расчеты повышения уровня моря, проведенные недавно на основе альтернативных подходов, дают результат, в среднем значительно (в 3–5 раз) превосходящий прогнозы МГЭИК, сделанные в 2007 году (см., например, рис. 4)⁵. Уровень моря не прекратит повышаться в 2100 году (см. Jevrejeva et al., 2012), поскольку изменение теплосодержания океана может вызывать его термическое расширение еще в течение нескольких веков, а таяние и динамическое сокращение площади ледников Антарктики и Гренландии также будут продолжаться длительное время.

Тенденции изменения среднего уровня моря и региональная изменчивость климата привели в конце XX века к общемировым изменениям динамики максимальной высоты приливов (IPCC, 2007a). Вместе с тем повышение уровня моря характеризуется значительной географической неравномерностью, особенно вдоль береговой линии. Используя данные 258 мареографов, установленных в разных районах мира, Menendez and Woodworth (2010) подтвердили результаты предыдущих исследований, согласно

⁴ При сокращении материкового ледяного покрова на 360 Гт (360 x 10⁹ тонн, или 360 км³ воды) средний уровень моря повышается приблизительно на 1 мм; в настоящее время материковый лед тает со скоростью порядка 500 Гт в год (Cronin, 2012).

⁵ Недавно МГЭИК скорректировала свой прогноз повышения уровня моря к 2100 году до 0,26–0,82 м (таблица 1 и рис. 4).

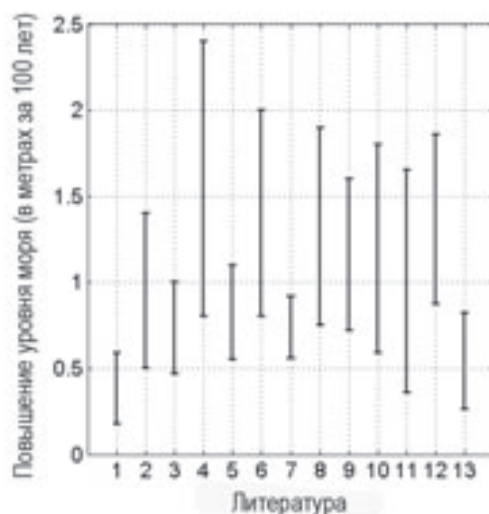


Рисунок 4. Недавние прогнозы повышения уровня моря к 2100 году в сравнении с прогнозом МГЭИК (2007а). Обозначения: 1 – IPCC (2007а), 0,18–0,59 м; 2 – Rahmstorf et al. (2007); 3 – Horton et al. (2008); 4 – Rohling et al. (2008); 5 – Vellinga et al. (2008); 6 – Pfeffer et al. (2008); 7 – Kopp et al. (2009); 8 – Vermeer and Rahmstorf (2009); 9 – Grinsted et al. (2010); 10 – Jevrejeva et al. (2010); 11 – Jevrejeva et al. (2012); 12 – Mori et al. (2013); 13 – IPCC (2013). Расхождения между прогнозами обусловлены различиями в подходах и исходных посылках.

которым начиная с 1970-х годов максимальные уровни приливов обнаруживают тенденцию к повышению, соответствующему изменениям среднего уровня моря (e.g. Woodworth and Blackman, 2004; Lowe and Gregory, 2006; Marcos et al., 2009; и Haigh et al., 2010). Другие недавние исследования выявили существенные региональные вариации. Например, в Европе в последние четыре десятилетия уровень моря повышался вдоль большей части побережья, за исключением северной Балтики (рис. 5).

Следует отметить, что, ввиду значительной географической неравномерности темпов повышения уровня моря, при оценке его потенциальных последствий на том или ином участке побережья необходимо учитывать региональные тенденции. Наблюдаемые изменения уровня моря могут быть вызваны не только глобальными процессами (см. выше), но и причинами регионального характера, такими, как явления океанической циркуляции (например, меридиональная опрокидывающая циркуляция) и региональные различия в темпах таяния ледников, гляциоизостатических сдвигов и образования осадочных отложений. Изучение палеоклимата, а также исследования, проводившиеся с помощью измерительной аппаратуры и путем моделирования, показали, что под воздействием совокупности глобальных и региональных факторов уровень моря на определенных участках побережья может повышаться сравнительно быстрыми темпами, существенно опережая общемировой показатель, составляющий сейчас около 3 мм в год (e.g. Cronin, 2012).

Согласно прогнозам для Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии (не учитывающим изменения уровня суши), повышение уровня моря в XXI веке должно составить от 0,12 до 0,76 м в зависимости от сценария выбросов, причем в случае ускоренного таяния материковых льдов оно будет еще более значительным (Lowe et al., 2009). В рамках реалистичного сценария, предполагающего относительно большой объем выбросов, Katsman et al. (2011) прогнозируют повышение уровня моря у североморского побережья Нидерландов на 0,40–1,05 м. В то же время Marcos and Tsimplis (2008), основываясь на данных 12 глобальных климатических моделей для трех сценариев выбросов, предсказывают, что к концу XXI века уровень Средиземного моря повысится под действием температурных факторов на 0,03–0,61 м; при этом следует учитывать последствия изменения концентрации солей в морской воде, способного за тот же период снизить уровень моря на 0,22–0,31 м (см. также ЕЕА, 2012).

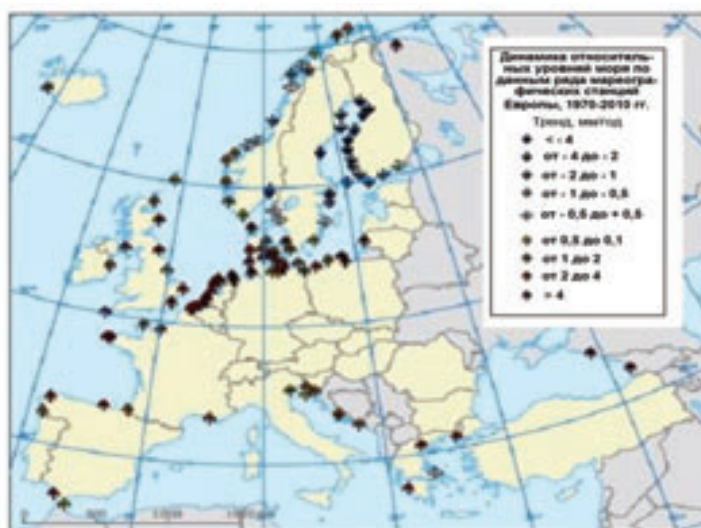


Рисунок 5. Тенденции изменения относительного уровня моря, зафиксированные мареографическими станциями в Европе (1970–2010) (без учета локальных сдвигов земной коры) (по данным ЕЕА (2012), см. также [HTTP://WWW.PSMSL.ORG/PRODUCTS/TRENDS](http://www.psmsl.org/products/trends)).

1.1.2 Экстремальные явления

Изменения средних климатических параметров также способны повлечь за собой перемены частоты, интенсивности, пространственного охвата, продолжительности и времени наступления экстремальных погодных и климатических явлений, которые могут в результате этого принимать беспрецедентный характер. Упомянутые явления в свою очередь способны привести в будущем к новому распределению климатических условий; поэтому ожидается, что средние значения некоторых климатических переменных будут располагаться у внешних границ диапазона, наблюдаемого на сегодняшний день (SREX, 2012).

Экстремальные явления – штормы, наводнения, засухи и периоды аномальной жары – а также изменения режимов отдельных климатических систем, таких как муссоны (Richardson et al., 2009) в ограниченных пространственно-временных масштабах могут представлять собой наиболее ощутимую форму климатического воздействия (IPCC, 2007a), так как они способны приводить к более тяжким последствиям/стихийным бедствиям (рис. 6), чем изменение средних параметров. При этом общество, привыкшее полагаться на долгосрочные, предсказуемые климатические закономерности, редко оказывается готовым эффективно противостоять экстремальным погодным явлениям.

Последствия экстремальных явлений трудно предсказать. Они весьма многообразны и могут включать внезапные резкие перепады температур, быстрое отступление морского и озерного льда, выпадение аномальных количеств осадков, сильные штормы, штормовой нагон, продолжительные засухи, периоды сильной жары и стихийные пожары, а также одновременный сток больших масс воды из-под тающих ледников и просадку грунта в районах вечной мерзлоты⁶ (e.g. Post et al., 2009). Судя по некоторым данным, экстремальный характер таких явлений, как ураганы в тропических и умеренных широтах, с потеплением климата может еще усилиться (Webster et al., 2005; Emanuel, 2005; Allan and Soden, 2008; Ruggiero et al., 2010). Так, даже небольшое (на 5 м/с) увеличение приземной скорости ветра при тропических циклонах, вызванное повышением температуры мирового океана на 1 °С, способно привести к значительно более частому возникновению наиболее мощных и разрушительных ураганов пятой

⁶ Вечной мерзлотой называется грунт, постоянно находящийся в промерзшем состоянии; в его состав входят осадочные породы и почва, температура которых более двух лет не поднималась выше 0 °С. Данное явление широко распространено в Арктике и в высокогорных районах (Dobinski, 2011; Boeckli, et al., 2012).

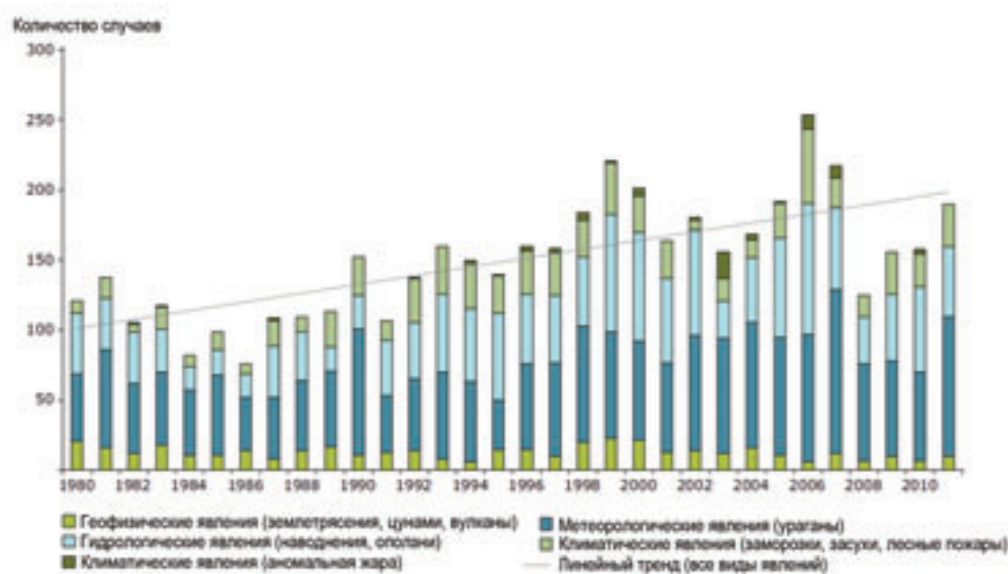


Рисунок 6. Стихийные бедствия в государствах – членах ЕАО (1980–2011 годы). Прослеживается нарастающая тенденция, связанная, по-видимому, с ростом числа ураганов, наводнений, оползней, периодов аномальной жары, засух и лесных пожаров (поскольку число стихийных бедствий, вызванных геофизическими причинами, в этот период оставалось сравнительно неизменным). Ущерб от этих явлений достиг 455 млрд. евро, из которых страховому возмещению подлежали 126 млрд. (EEA, 2012)

категории (e.g. Steffen, 2009). Последствия таких экстремальных явлений, в частности для населенных пунктов и инфраструктуры прибрежных районов, могут быть весьма серьезными, поскольку при этом увеличивается вероятность сильного повышения уровня моря из-за штормового нагона⁷, а также вероятность заплеска волн (e.g. Stockdon et al., 2012), что может вызывать затопление побережья – особенно с учетом ожидаемого повышения среднего уровня моря (McKee Smith et al, 2010).

Кроме того, рост интенсивности и частоты и/или изменение режима сверхсильных волн (e.g. Callaghan et al., 2008; Ruggiero, 2013; Bertin et al., 2013) также будет приводить, как минимум время от времени, к эрозии или затоплению побережья, особенно в условиях повышения среднего уровня моря (e.g. Tsimplis and Shaw, 2010; Xu and Huang, 2013; Losada et al., 2013). Размеры страхуемого ущерба от наводнений в прибрежных зонах европейского континента, где проживает 200 млн. человек, по всей вероятности, увеличатся в текущем столетии, по крайней мере на берегах Северного моря (Gaslikova et al., 2011).

Штормовые нагоны воды являются особенно серьезной угрозой для плотно застроенных береговых районов, и прежде всего для низинных местностей в устьях таких рек, как Рейн, Дунай и Миссисипи, которые из-за сравнительно сильного ожидаемого повышения в этих районах среднего уровня моря считаются наиболее уязвимыми и подверженными береговой эрозии (IPCC, 2007b). Исследование, проведенное в дельтах 40 крупнейших рек во всех основных климатических зонах, показало, что средний уровень моря в этих районах повышается с относительной скоростью от 0,5 до 12,5 мм в год (Erickson et al., 2006). Важным фактором береговой эрозии при этом также может быть уменьшение речных наносов (Velegakis et al., 2008; Ranasinghe et al., 2013). Изучение динамики экстремальных подъемов уровня моря/штормовых нагонов в прибрежной зоне по данным мареографов (e.g. Woodworth and

⁷ Штормовой нагон воды представляет собой временное превышение астрономических приливных уровней, вызванное изменениями атмосферного давления и направления ветра; штормовые нагоны возникают в зависимости от региональных/местных топографических особенностей, повышают уровень воды при приливах до экстремальных значений и соответственно увеличивают риск затопления прибрежных районов (Horsburgh and Wilson, 2007).

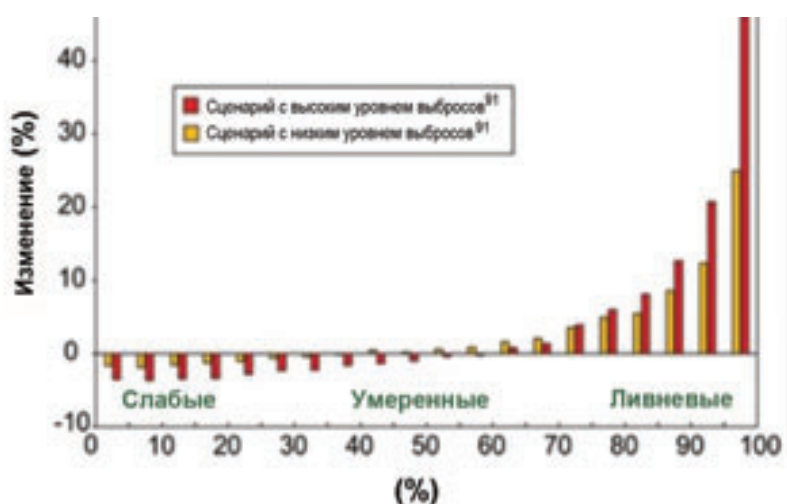


Рисунок 7. Прогноз средней частотности слабых, умеренных и сильных атмосферных осадков в Северной Америке в 2090-е годы по сравнению со средними показателями 1990-х годов (см. также IPCC, 2007а). Ожидается сокращение количества слабых и рост количества сильных осадков. Показательно, что более значительные изменения прогнозируются при более высоких уровнях выбросов (Karl et al., 2009).

Blackman, 2004; Menendez and Woodworth, 2010; Haigh et al., 2010; and Marcos et al., 2011) показывает, что изменения экстремальных уровней подъема воды обусловлены главным образом повышением среднего уровня моря. С большой долей уверенности можно говорить о том, что при неизменном воздействии других факторов повышение уровня моря будет и в дальнейшем приводить к береговой эрозии и/или наводнениям в тех районах побережья, которые подвержены им в настоящее время (SREX, 2012).

Одной из самых заметных тенденций является учащение и усиление ливневых дождей. Именно с этим в первую очередь связано общее повышение уровня осадков, наблюдаемое в последние 50 лет. Согласно климатическим моделям, в текущем столетии эта тенденция сохранится. В частности, Karl et al. (2009) прогнозируют, что к 2100 году ливни такой силы, которая в современных условиях отмечается примерно один раз за 20 лет, будут повторяться каждые 4–15 лет, в зависимости от географического района; одновременно пойдет на убыль частота наиболее слабых атмосферных осадков (рис. 7). Учащение ливневых дождей в XXI веке ожидается во многих регионах мира, особенно в высоких и тропических широтах, а в зимнее время также в средних широтах Северного полушария. Со средней степенью достоверности прогнозируется более частое выпадение проливных дождей даже в тех регионах, где общий уровень осадков предположительно будет снижаться (SREX, 2012).

Разливы рек возникают при экстремальных увеличениях водосбора, которые могут быть обусловлены как естественными, так и социально-экономическими причинами. Естественные факторы при этом тесно связаны с гидрологическим циклом, на который в настоящее время влияют изменения температуры и уровней осадков, а также таяние ледников и снежного покрова (IPCC, 2007а). К социально-экономическим факторам относятся прежде всего изменения в землепользовании и схемах эксплуатации речных бассейнов, а также застройка пойменных долин, снижающая их способность к поглощению паводковых вод. Деятельность человека приводит к существенным изменениям естественных водотоков, затрудняя точное определение того, в какой степени динамика гидрологических переменных обусловлена климатическим воздействием (EEA, 2010). В регионе ЕЭК угроза наводнений присутствует постоянно (см. рис. 8).

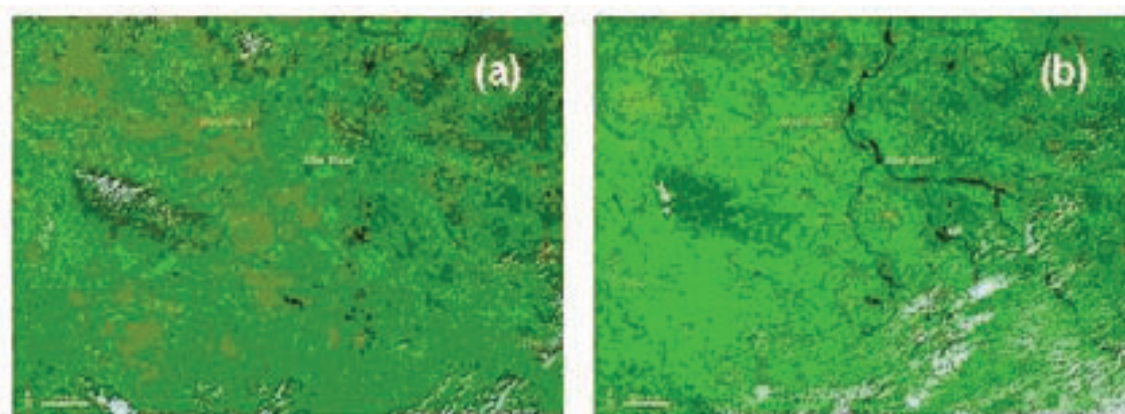


Рисунок 8. Спутниковые фотоснимки района Германии, подвергшегося затоплению в начале июня 2013 года (получены с помощью аппаратуры MODIS на спутнике Terra (НАСА): а) снимок от 5 мая 2013 года (до начала наводнения) и б) снимок от 6 июня 2013 года (во время наводнения). В конце мая – начале июня 2013 года аномально интенсивные осадки привели к сильным наводнениям в Германии, Австрии и Чешской Республике. В день, когда был сделан второй снимок, уровень р. Эльба в данном районе достиг 8,76 м при норме 2 м. На снимке речная вода имеет темно-синий или черный цвет, а растительность – ярко-зеленый. Облака имеют бледный голубовато-зеленый оттенок и отбрасывают тень. (<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=81287>)

Тенденции, наблюдаемые в настоящее время в странах Евразии, свидетельствует о существенной опасности наводнений (в масштабах, до сих пор отмечавшихся один раз за сто лет), особенно в Центральной и Восточной Европе, в Центральной Азии и в бассейнах больших сибирских рек, текущих в северном направлении (рис. 9). При этом изменения, касающиеся экстремальных гидрологических явлений и их последствий, более изучены на региональном и местном уровнях; большинство проведенных исследований посвящены механизму возникновения и последствиям наводнений, вызываемых, в частности, усилением проливных дождей. В Европе в целом наблюдается увеличение годового стока рек на севере континента и его уменьшение на юге (ЕЕА, 2010; 2012); эта тенденция предположительно сохранится и в будущем в связи с ожидаемыми изменениями режима осадков, от которых зависят интенсивность и частота дождевых паводков, а также возможность внезапных наводнений (Feyen et al., 2006, 2010).

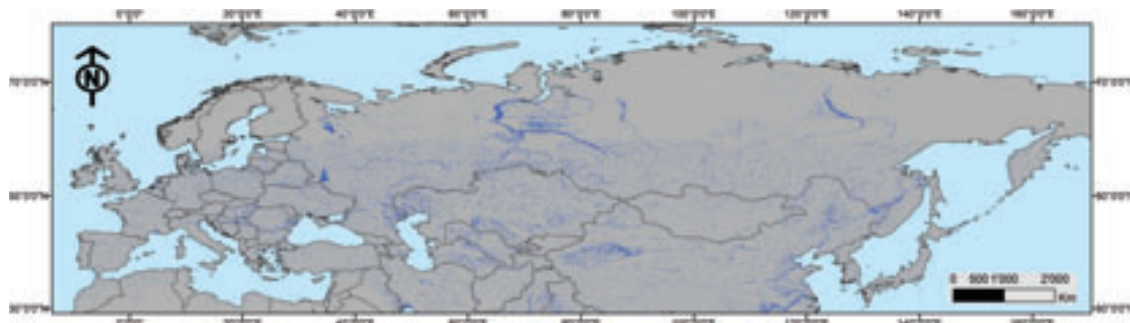


Рисунок 9. Существующая угроза наводнений уровня, наблюдаемого один раз за сто лет, в евразийском регионе ЕЭК ООН, рассчитанная с помощью глобальной ГИС-модели по временным рядам данных о стоке рек (вероятность – 95%). Разрешение цифровой модели рельефа (DEM) – 90 м. Районы севернее 60° N охвачены не полностью по причине недостаточности данных DEM. (Источники – UNEP-GRID и UNISDR, 2008)

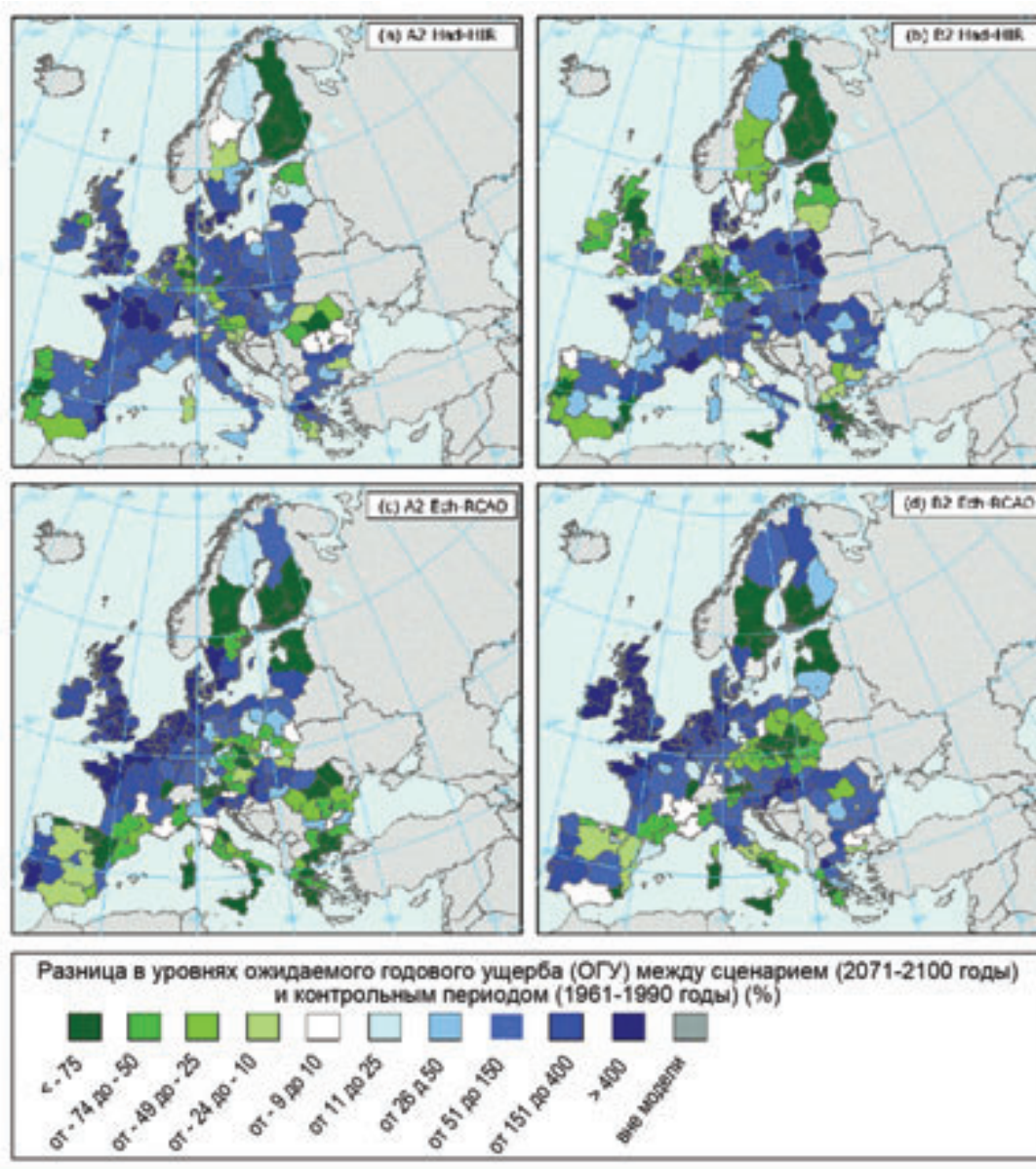


Рисунок 10. Разница в уровнях ожидаемого годового ущерба от паводков в Европе между прогнозируемыми сценариями (2071–2100 годы) и контрольным периодом (1961–1990 годы) (<http://ies.jrc.ec.europa.eu/>).

Вероятность оползней/обвалов (Kawagoe and Kazama, 2009) в горных районах, согласно прогнозам, также будет увеличиваться (Beniston, 2003) в силу аналогичных причин, связанных с ожидаемым ростом частоты и интенсивности проливных дождей (рис. 7). К концу века это, по всей вероятности, приведет к значительному возрастанию ущерба от наводнений, в частности в Европе (рис. 10), в северных районах которой он будет, как правило, более значительным, чем в южных.

Наряду с этим имеются данные, свидетельствующие об учащении и усилении волн аномальной жары, продолжающихся от нескольких дней до нескольких недель. Период такой жары в Европе в 2003 году (e.g. Stott et al., 2004) – когда температура воздуха, как показали исследования, приближалась к летним уровням, прогнозируемым на основе региональных климатических моделей по сценарию А2 МГЭИК для второй половины XXI века (Beniston and Diaz, 2004), – побил ряд температурных рекордов, включая

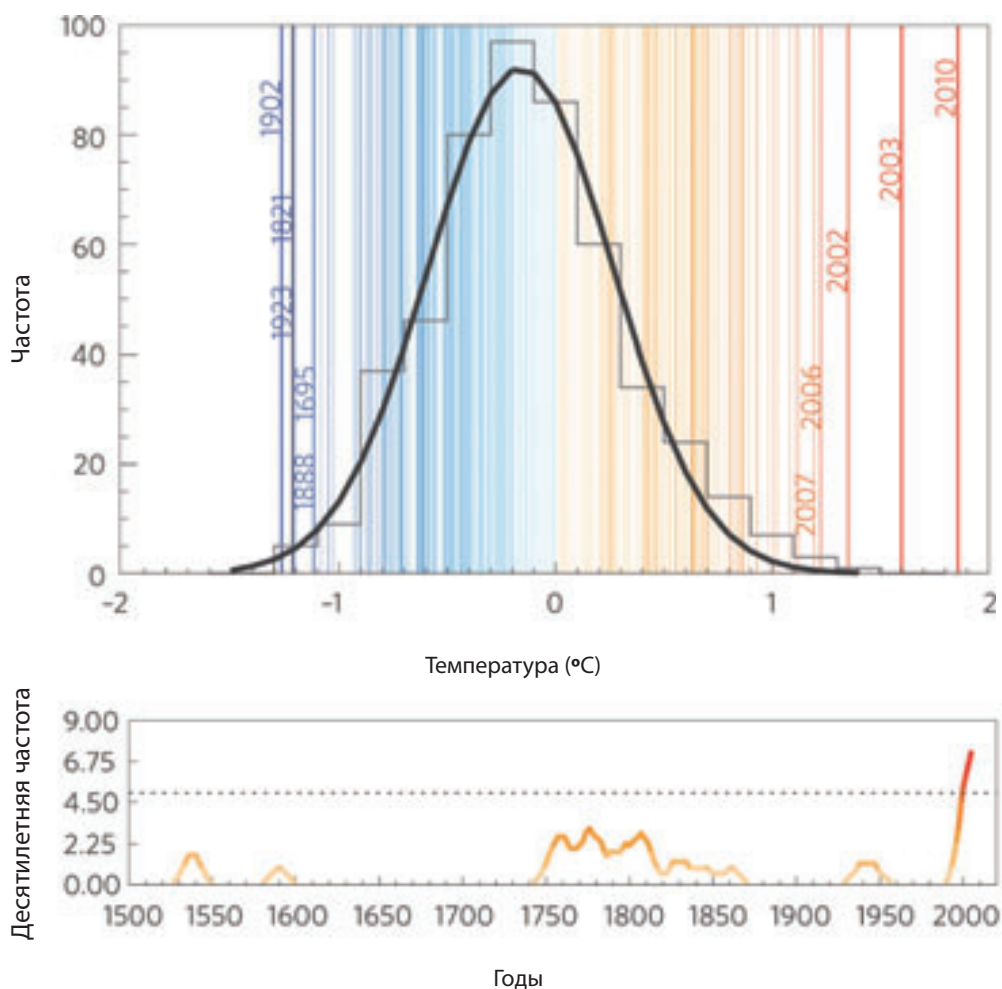


Рисунок 11. Кривая частотности летних температурных аномалий на суше в странах Европы по сравнению с 1970–1999 годами (Coumou and Rahmstorf, 2012).

превышение во многих районах континента абсолютных максимумов, зафиксированных в 1940 – начале 1950-х годов; при этом среднелетние температуры в некоторых случаях превзошли соответствующие показатели за длительный предыдущий период на целых пять стандартных отклонений. Однако рекорд, установленный в 2003 году, продержался лишь до 2010 года (рис. 11). В целом за период с 1920-х годов превышение наблюдаемых в течение месяца экстремальных значений температуры воздуха над теми, которых можно было ожидать при неизменном климате, увеличилось в три раза (Coumou and Rahmstorf, 2012).

С большой долей уверенности можно утверждать, что по сравнению с 1950 годами общее число необычно холодных дней и ночей в глобальном масштабе уменьшилось, а общее число необычно теплых дней и ночей – увеличилось (в тех областях суши, для которых имеются данные в достаточном объеме). Так, в большинстве районов Северной Америки необычно жарких дней и ночей, по-видимому, стало больше, а необычно холодных дней и ночей, а также заморозков в дневное время – меньше.

Периоды аномальной жары нередко сопровождаются сильными засухами (как это было в 2003 году). В ряде регионов засухи в целом становятся более жестокими (SREX, 2012), и в XXI веке такая тенденция, согласно прогнозам, продолжится и может усилиться (рис. 13).

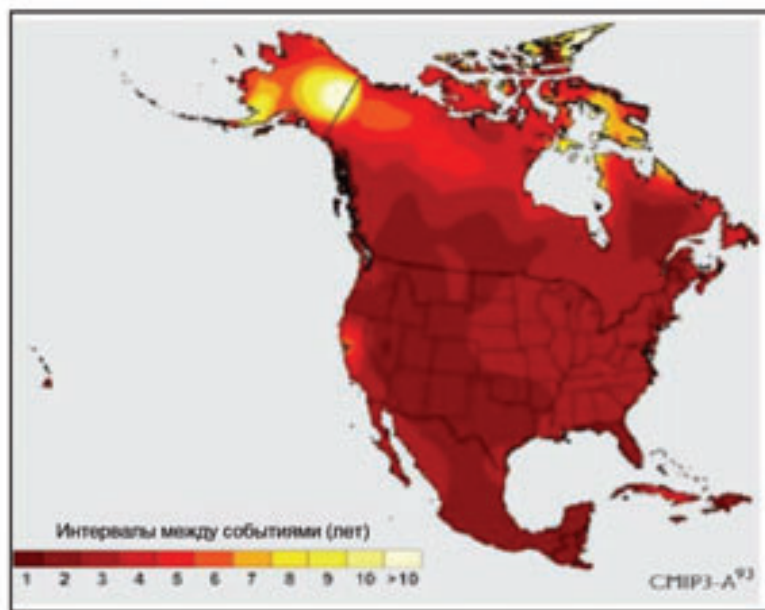


Рисунок 12. Прогнозируемая частота периодов экстремальной жары (в среднем в 2080–2099 годах). Результаты моделирования показывают, что в период с 2080 по 2099 год экстремальные явления редких масштабов (наблюдаемые один раз за 20 лет) в Северной Америке станут происходить чаще. В рамках сценария, предполагающего более высокий уровень выбросов, аномальная жара, которая в наше время наступает с периодичностью в 20 лет, к концу века во многих районах Северной Америки может повторяться ежегодно или каждые два года (Karl et al., 2009).

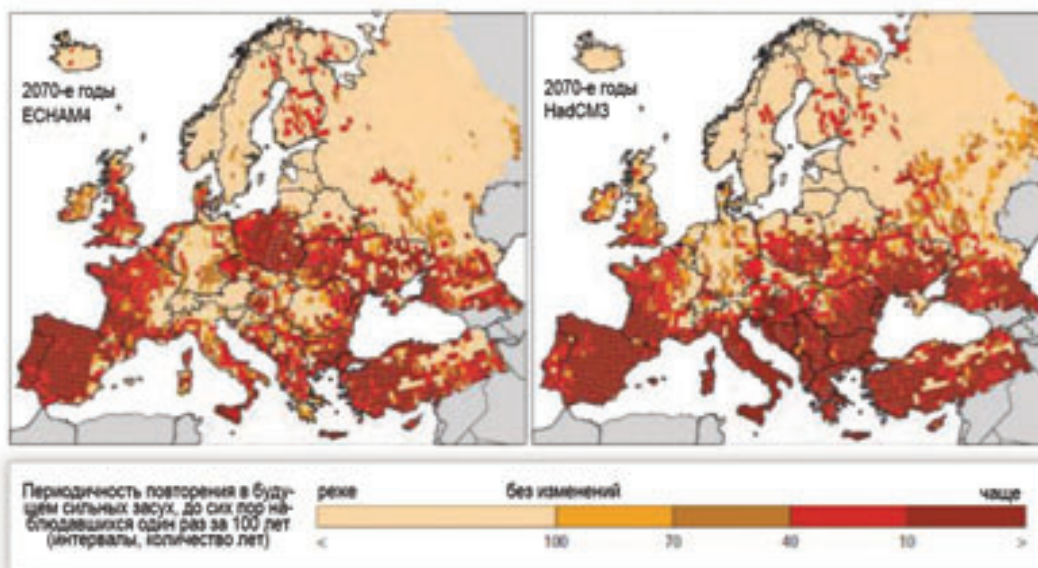


Рисунок 13. Изменения частоты засух, наблюдавшихся ранее с периодичностью в 100 лет, прогнозируемые к 2070-м годам по сравнению с периодом 1961–1990 годов в рамках двух климатических моделей – ECHAM4 и HadCM3 (SREX, 2012).

1.2 Механизм

Одной из основных причин наблюдаемого роста теплосодержания поверхности нашей планеты считается увеличение концентраций парниковых газов (ПГ) в атмосфере (рис. 14). Эти газы усиливают так называемый «парниковый эффект» – хорошо документированный и изученный физический процесс в системе Земли, известный еще с XIX века (e.g. Canadell et al., 2007). Такие входящие в состав атмосферы ПГ, как водяной пар, двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4) и закись азота (N_2O), поглощают тепловое излучение, отражаемое земной поверхностью, что приводит к дополнительному накоплению тепла в океане, земной коре и воздухе. Без парникового эффекта средняя температура на Земле составляла бы около -19°C (т.е. была бы примерно на 34°C холоднее нынешней). Парниковый эффект существует на всех планетах, в атмосфере которых содержатся теплопоглощающие газы. Например, большую концентрацию ПГ в атмосфере Венеры можно считать причиной крайне высоких температур (порядка 440°C) на ее поверхности.

Изменения атмосферных концентраций ПГ влияют на силу парникового эффекта. Его главной «естественной» причиной является водяной пар – парниковый газ, в избытке присутствующий в воздухе. Прямое антропогенное влияние на количество водяного пара, поступающего в атмосферу и покидающего ее, пока существенно не проявляется в глобальном масштабе (e.g. Richardson et al., 2009), хотя на местном уровне такое влияние может иметь место – например, вследствие обезлесения или создания крупных ирригационных сооружений.

В то же время, поскольку способность воздуха удерживать водяной пар сильно зависит от температуры, содержание пара в атмосфере определяется самой температурой Земли, увеличиваясь по мере глобального потепления. Таким образом, концентрация водяного пара не только зависит от изменений глобальной температуры воздуха, вызываемых иными причинами, и в частности ростом концентрации остальных ПГ (см., например, Richardson et al., 2009), но и, в свою очередь, усугубляет эти изменения. За последние десятилетия количество CO_2 , CH_4 и других ПГ в атмосфере, судя по всему, очень существенно выросло (рис. 14) – вероятно, вследствие деятельности человека. Исследования кернов льда и осадочных отложений показывают, что атмосферные концентрации парниковых газов сегодня превышают уровни, существовавшие в течение миллионов лет (e.g. Solomon et al., 2009; Caldeira, 2009). Одновременно накапливаются данные, свидетельствующие о наличии связи между содержанием ПГ в атмосфере и климатом. Так, ковариация уровней CO_2 и температуры, выявляемая при исследовании кернов антарктического льда, позволяет предположить тесную связь между концентрациями CO_2 и климатом в ледниковый период эпохи плейстоцена. Однако конкретная роль и сравнительное значение концентраций CO_2 как фактора, вызывающего подобные климатические изменения на глобальном уровне, до сих пор не ясны (e.g. Shakun et al., 2012).

1.3 Обратные связи и «критические рубежи»

Процесс глобального потепления под воздействием растущих концентраций ПГ может ускоряться из-за положительных обратных связей, т.е. явлений, порождаемых изменением климата и способных в свою очередь приводить к дополнительному потеплению. Наряду с обратным воздействием водяного пара, о котором говорилось выше, важна и другая обратная связь, которую могут создавать различные «резервуары углерода», т.е. процессы, способствующие выведению CO_2 из атмосферы. Более половины углекислого газа, попадающего в атмосферу в результате человеческой деятельности, оседает в таких наземных и океанских резервуарах. Без их способности поглощать и накапливать CO_2 из окружающего воздуха суммарные антропогенные выбросы за период с 1800 года привели бы к увеличению атмосферной концентрации

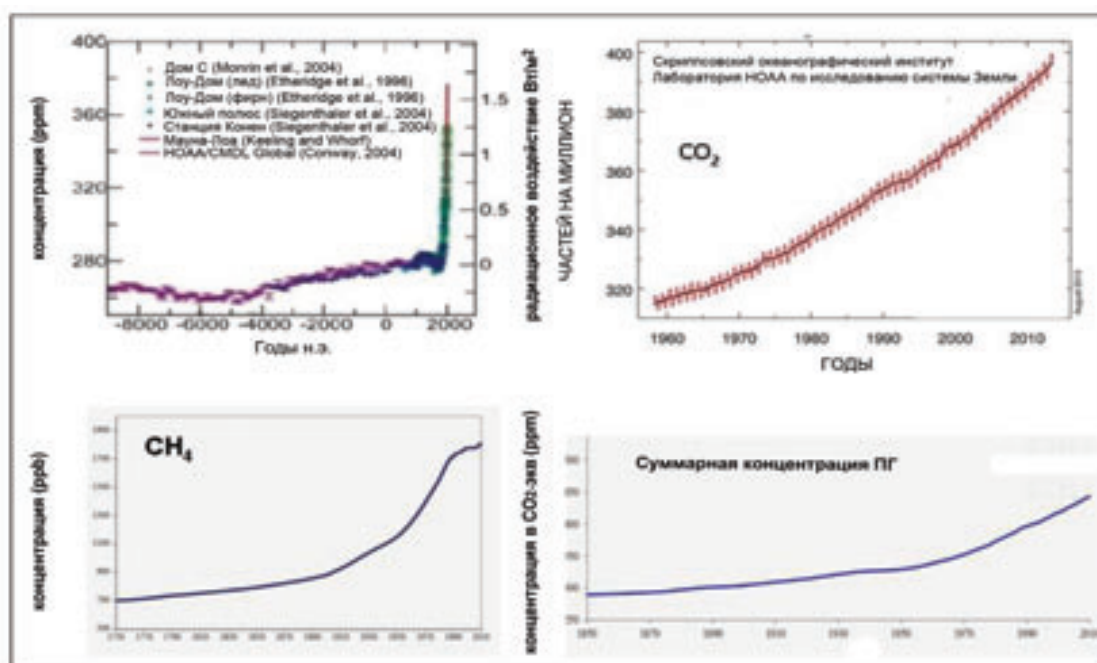


Рисунок 14. Концентрации CO₂ в частях на миллион (ppm) в атмосфере в течение последних 11 000 лет (Rahmstorf, 2011) и в последние 50 лет (данные обсерватории Мауна-Лоа, P. Tans (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/) and R. Keeling (scrippsco2.ucsd.edu/), 2013). Предварительный анализ новейших имеющихся данных указывает на продолжающееся увеличение концентраций CO₂, которые к 9 мая 2013 года впервые за последние 800 000 лет превысили уровень 400 ppm (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>). Показаны также концентрации CH₄ в частях на миллиард (ppb) (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/atmospheric-concentration-of-ch4-ppb-1>) и совокупные концентрации шести ПГ, охватываемых Киотским протоколом (в пересчете на ppm CO₂), увеличившиеся примерно на 60% по сравнению с доиндустриальными уровнями (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/observed-trends-in-the-kyoto-gases-1>).

двуокиси углерода, находившейся в доиндустриальную эпоху на уровне 280 ppm, примерно до 500 ppm, что значительно выше современных значений (Richardson et al., 2009).

Однако за последние 50 лет в силу ряда причин (таких, как подкисление морской воды, изменение циркуляции вод в мировом океане, а также ограничение связывания CO₂ на суше из-за гидрологических факторов, температурного режима и влияния нутриентов) доля антропогенных выбросов углекислого газа, поглощаемая этими резервуарами, по-видимому, сократилась, причем имеются данные, позволяющие предположить ее дальнейшее сокращение в предстоящие десятилетия (e.g. Canadell et al., 2007). Если такое ослабление роли резервуаров CO₂ будет продолжаться, то в атмосфере станет задерживаться более значительная часть выбросов углекислого газа, в связи с чем для достижения целевых показателей по атмосферным концентрациям CO₂ потребуются более строгие ограничения выбросов. Кроме того, повышение температур может вывести из равновесного состояния инертные на сегодняшний день резервуары углерода, из которых в окружающий воздух начнет высвобождаться CO₂ и/или CH₄ (чья способность к созданию парникового эффекта значительно выше, чем у двуокиси углерода). В этом плане обращают на себя внимание тропические торфяники, неприкосновенность которых нарушается проведением работ по мелиорации/осушению, а также обширные резервуары CH₄ в арктических районах вечной мерзлоты (e.g. Dobinkski, 2011), уязвимые к воздействию глобального потепления (e.g. Zimov et al., 2006).

Следует отметить такое важное новое явление, как быстрое сокращение площади льда в Северном Ледовитом океане, особенно в летние месяцы (e.g. Richardson et al., 2009). В последние три десятилетия она уменьшалась на 3–4% каждые 10 лет; при этом сентябрьские значения площади арктических льдов сокращались еще быстрее (более чем на 11% за десятилетие). Очевидно, что в последние годы скорость таяния льдов в Арктике значительно опережает прогнозы большинства климатических моделей (рис. 15), что, возможно, объясняется неспособностью этих моделей точно учитывать толщину ледяного покрова (e.g. Wang et al., 2012). Ожидается, что в будущем площадь льда в Северном Ледовитом океане в летние месяцы будет продолжать сокращаться вплоть до его полного исчезновения к концу летнего периода ледотаяния; при этом в зимнее время ледяной покров может оставаться значительным (EEA, 2012).

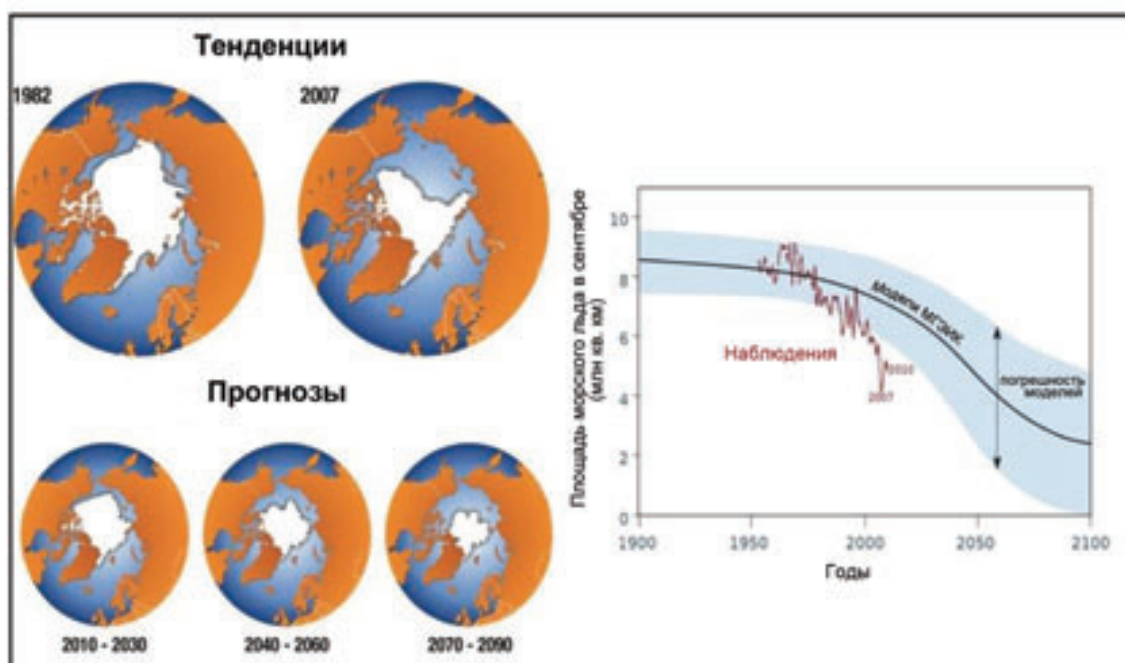


Рисунок 15. а) Отступление морских льдов в Арктике: минимальная площадь ледяного покрова в сентябре 1982 и сентябре 2007 гг., а также прогнозы ее изменения к концу летнего периода в предстоящие годы (2010–2030, 2040–2060 и 2070–2090) (<http://maps.grida.no/go/graphic/the-decrease-of-arctic-sea-ice-minimum-extent-in-1982-and-2007-and-climate-projections-norwegian>). б) Результаты моделирования/данные наблюдений таяния морских льдов (Rahmstorf, 2011).

Помимо прямого воздействия на арктические прибрежные районы, выражающегося, в частности, в усилении береговой эрозии (e.g. Lantuit and Pollard, 2008), сокращение площади океанских льдов может иметь намного более широкомасштабные последствия для климата, поскольку в отличие от морской воды ледовый покров океана отражает в атмосферу основную часть падающего солнечного излучения (e.g. ACIA, 2005). Соответственно, океан, освободившийся от льда вследствие глобального потепления, поглощает больше тепловой энергии, чем океан, покрытый льдом, что создает положительную обратную связь, ускоряющую процесс потепления. Сокращение ледового покрова также может влиять на океанские течения, облачность, влажность и теплообмен у морской поверхности (IPCC, 2007a).

Еще одно важное соображение касается «критических рубежей» в процессе изменения климата, при переходе которых этот процесс из линейного и обратимого может превратиться в скачкообразный (и потенциально необратимый во временных масштабах, соразмерных истории человечества), что будет иметь обширные последствия для населения и инфраструктуры (Lenton et al., 2008; Lenton, 2013). В настоящее время политика смягчения последствий изменения климата (РКИКООН) нацелена главным образом на «предупреждение опасного антропогенного воздействия на климатическую систему Земли». Хотя в научной среде нет единодушия относительно того, где пролегают границы между опасным и допустимым изменением климата, исходной посылкой/ориентиром для лиц, определяющих политику, могло бы стать недопущение роста средней глобальной температуры более, чем на 2 °С по сравнению с уровнями доиндустриальной эпохи (см. также материалы Балийской конференции 2007 года и июльского саммита «Большой восьмерки» 2009 года) (Lenton et al., 2009). Если же эти цели достигнуты не будут, то при превышении определенных пороговых уровней температуры существует возможность перехода ряда критических рубежей и наступления серьезных последствий (таблица 2).

Таблица 2. Факторы критического воздействия, проблемы, пороговые уровни и последствия в ближайшие 50 лет (см. также Lawrence and Slater, 2005; Zimov et al., 2006; Vecchi et al., 2006; Challinor et al., 2006; Scholze et al., 2006; Rahmstorf, 2007; Barnett et al., 2008; Kurz et al., 2008; Lenton, 2013; Lenton et al., 2008, 2009; и Shanahan et al., 2009).

Факторы критического воздействия	Ключевые проблемы	Пороговые уровни -последствия- (в ближайшие 50 лет)
Таяние льдов Северного Ледовитого океана	Усиление регионального/глобального потепления, дополнительное повышение температур из-за сокращения альбедо при таянии льдов, открытие новых (более коротких) маршрутов судоходства	0,5–2 °C сверх среднего уровня 1980–1999 годов -Да-
Частичное таяние ледников Гренландии и Западной Антарктики	К 2050 году возможно глобальное повышение уровня моря примерно на 0,5 м	1–5 °C сверх среднего уровня 1980–1999 годов -Да-
Таяние континентальных ледников (например, высокогорных)	В начале – усиление паводков/наводнений, затем – сокращение стока рек, которое для Индии может составить до 30% за следующие 50 лет, с вытекающими из этого последствиями (среди прочего) для внутреннего судоходства	1–3 °C сверх среднего уровня 1980–1999 годов -Да-
Вечная мерзлота как резервуар углерода	Ускорение глобального потепления; вместе с тем прогнозы лавинообразных циклических эффектов, возможно, преувеличены	9 °C сверх среднего уровня 1980–1999 годов для Восточной Сибири -В некоторых случаях-
Бореальные леса	Рост числа лесных пожаров, разрушение транспортных коммуникаций, нарушения воздушного сообщения	3–5 °C сверх среднего уровня 1980–1999 годов -В некоторых случаях-
Термохалинная циркуляция вод Атлантического океана	Ослабление, приводящее к динамическим изменениям уровня моря в различных регионах (особенно в Северной Атлантике) и воздействию на элементы гидрологической системы	3–5 °C сверх среднего уровня 1980–1999 годов -Возможны-
Южное колебание "Эль-Ниньо" (ЭНСО)	Влияние на другие переменные/критические факторы воздействия в климатической системе: усиление явлений "Эль-Ниньо" чревато последствиями для многих регионов	3–6 °C сверх среднего уровня 1980–1999 годов -Возможны-
Западно-африканские муссоны (ЗАМ)	Возможность появления растительности в Сахеле и некоторых районах Сахары. При наиболее оптимистичном сценарии запуск процессов, связанных с ЗАМ, может иметь в целом позитивные последствия	3–5 °C сверх среднего уровня 1980–1999 годов -Последствия могут быть в целом позитивными-
Индийские летние муссоны	Нарушения частотности циклов муссонов/засух, возможное ослабление муссонных явлений; потепление может вызвать более сильные муссоны с более выраженными межгодовыми флуктуациями	В основном связаны с воздействием аэрозолей -Да-
Тропические леса бассейна Амазонки	Засухи, стихийные пожары, последствия для гидроэнергетики, сельскохозяйственного производства и связанного с ним сектора услуг, а также речного судоходства; изменение состояния важнейшего резервуара углерода	Учащение засух при повышении на 1 °C, вымирание растительности при повышении на 2 °C сверх среднего уровня 1980–1999 годов -Да-
Юго-Восток Северной Америки	Засухи, усиление стихийных пожаров, воздействие на водные ресурсы	Наблюдаются в настоящее время -Да-



Gara de Nord, Bucuresti, Румыния, Сильный снегопад и метель, январь 2008 года © Club Ferroviar

Глава 2. Последствия изменения климата для транспорта

2.1 Введение

Различные проявления процесса изменения климата/экстремальные климатические явления могут иметь самые разнообразные последствия для транспортной инфраструктуры и транспортных служб. Эти последствия существенно различаются в зависимости от вида транспорта и фактора изменения климата и зависят от локальных или региональных обстоятельств и уязвимых мест, связанных, в том числе, с природной средой, а также от широкого круга социально-экономических параметров, которые не рассматриваются в настоящем докладе подробно.

Транспортный сектор имеет важное значение для реализации многих экономических и социальных функций. В то же время транспортная инфраструктура и транспортные службы зависят от погодных условий, поэтому важно глубже разобраться в том, как на них будет воздействовать текущее и будущее состояние климата и его изменение. Утверждается, что транспортный сектор особенно уязвим к изменению климата (e.g. Eddowes et al., 2003; IPCC, 2007b; Karl et al., 2009; USDOT, 2012a), при том что подробные исследования, посвященные изучению конкретных последствий/воздействия изменения климата, адаптационных стратегий и соотношения затрат и выгод, проводились в этом секторе сравнительно редко по сравнению с другими секторами, такими как энергетика и сельское хозяйство (EEA, 2010).



Рисунок 16. Мировые транспортные потоки. https://qed.princeton.edu/index.php/User:Student/World_Transportation_Patterns

Перевозки превратились в важнейшую мировую отрасль (рис. 16), которая требует наличия эффективно действующих транспортных сетей. Вместе с тем изменение климата может иметь для этих сетей значительные последствия. Поэтому на основе соответствующих подробных исследований необходимо разработать адресные адаптационные меры (e.g. Lochman, 2012). Нарушение нормального режима работы или причинение ущерба инфраструктуре нельзя напрямую связывать с изменением климата, особенно с учетом того, что информация о его последствиях для транспорта, имевших место в прошлом, как правило касается отдельных экстремальных погодных явлений (EEA, 2012). Однако в последнее время благодаря ряду исследовательских проектов (см. приложения I, II и III) удалось получить более качественную информацию о текущих и будущих рисках изменения климата для транспорта.

Значительная часть изложенной ниже информации о последствиях изменения климата весьма актуальна для региона ЕЭК (рис. 17) вследствие его значительной протяженности и многообразия климатических зон. Повышение уровня моря, штормовые нагоны и волны могут иметь значительные последствия для береговых районов, включая временное и долгосрочное затопление аэропортов, автомобильных дорог, железных дорог и туннелей. Наводнения, вызванные ростом интенсивности экстремальных осадков/ливней, а также другие связанные с ними экстремальные явления (например, оползни) (см. Kawagoe and Kazama (2009)), повышают вероятность нарушения или задержки воздушных, железнодорожных и автомобильных перевозок (см., например, рис. 18).

Аномальная жара нарушает нормальный режим работы транспорта и вызывает повреждение дорожного покрытия и железнодорожных путей (PIARC, 2012), а повышение интенсивности тропических штормов и ураганов может стать причиной более частых эвакуаций населения, причинения ущерба инфраструктуре или сбоев в ее работе и срыва перевозок. Потепление в Арктике приведет к дальнейшему уменьшению толщины морского льда и увеличению продолжительности навигации в Заполярье, но одновременно и к усилению эрозии вследствие повышения активности волн на побережье северных государств – членов ЕЭК (e.g. Lantuit and Pollard, 2008). Таяние

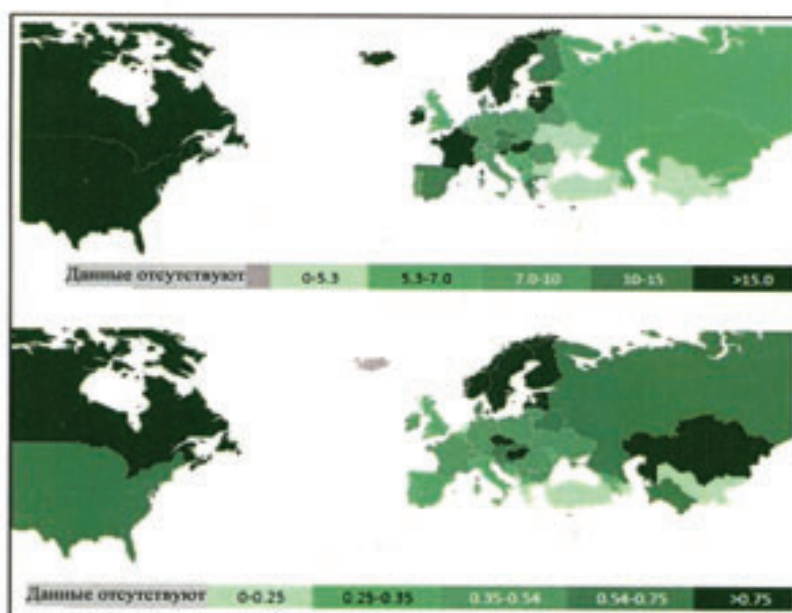


Рисунок 17. Плотность а) автомобильных и б) железнодорожных сетей на 1000 жителей в регионе ЕЭК (UNECE, 2011).

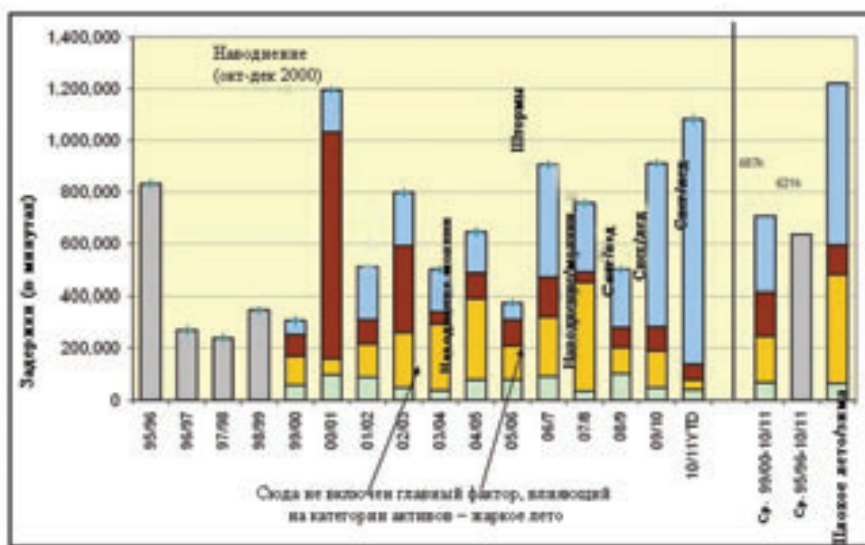


Рисунок 18. Задержки (в минутах) на британских железных дорогах, связанные с экстремальными погодными явлениями (Ropa, 2011). Обозначения: летние задержки – голубой цвет; осенние задержки – красный; зимние задержки – желтый; весенние задержки – зеленый.

вечной мерзлоты, например на Аляске, в Канаде и на севере Российской Федерации, также приведет к повреждению инфраструктуры; при этом сократится период перевозок по ледовым дорогам.

О значимости транспортных коммуникаций в регионе ЕЭК свидетельствуют повышенная плотность автодорожных и железнодорожных сетей в этом районе (рис. 17), а также наличие большого числа крупных морских портов и аэропортов. Поскольку глобализация и развитие торговли привели к весьма существенному расширению мировой торговли и перевозок как внутри региона ЕЭК, так и через него (рис. 16 и 19), наличие эффективных, комплексных и гибких международных транспортных сетей имеет первостепенное значение для дальнейшего экономического развития, особенно для евроазиатских стран, не имеющих выхода к морю (рис. 20).

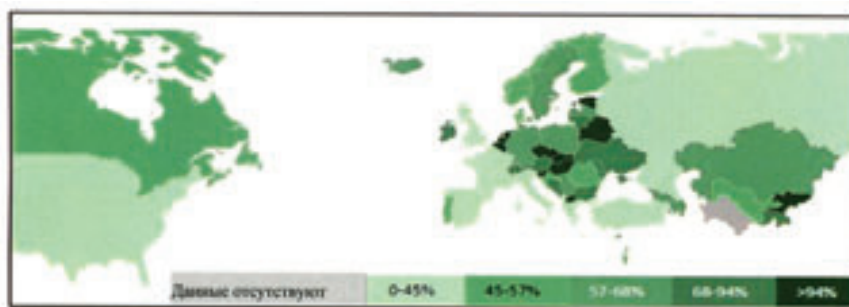


Рисунок 19. Внешняя торговля товарами (импорт и товары) в регионе ЕЭК, в процентах от ВВП (UNECE, 2011).

Что касается уязвимости транспортных сетей к изменению и изменчивости климата, то недавнее исследование (USDOT, 2012a) показало, что: а) объекты транспортной инфраструктуры, как правило, более чувствительны к экстремальным явлениям, таким как штормовые нагоны, выпадение большого количества осадков, аномальная жара и сильные ветры, чем к постепенным изменениям средних значений климатических параметров; б) службы (например, материально-технического обеспечения, доставки и обеспечения безопасности) более чувствительны к климатическим стресс-факторам,



Рисунок 20. Важнейшие сети международных железнодорожных и смешанных перевозок в евразийском регионе ЕЭК (UNECE, 2009 год).

чем материальная инфраструктура, поскольку критический уровень непогоды, при котором возможны задержка или отмена услуг, ниже, чем для причинения ущерба инфраструктуре; и с) объекты уязвимы для стресс-факторов, возникновение которых относительно маловероятно по сравнению с обычными флуктуациями погоды. Например, во время урагана «Катрина» в 2005 году надводные конструкции мостов на побережье Мексиканского залива США оказались подвержены чрезмерной нагрузке от прямых ударов волн в связи с беспрецедентным повышением прибрежного уровня моря из-за штормового нагона.

Что касается уязвимости транспортного сектора, то, судя по результатам недавних исследований, последствия могут различаться в зависимости от региона. Наиболее восприимчив к ним, по-видимому, железнодорожный транспорт: так, самый высокий (в процентном отношении) рост расходов вследствие экстремальных погодных явлений отмечается в европейском железнодорожном секторе; согласно прогнозам, более всего из-за этого пострадают Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Центральная Европа и Франция, Восточная Европа и Скандинавия (EEA, 2012).

За последнее время реализовано два проекта по линии Седьмой рамочной программы ЕС, посвященных изучению воздействия климатических изменений и экстремальных погодных явлений на европейские транспортные системы: проект «WEATHER» (<http://www.weather-project.eu>) и проект «EWENT» (<http://www.weather-project.eu/weather/inhalte/research-network/ewent.php>). Проект «WEATHER» был нацелен на определение рисков, экономических последствий и адаптационных стратегий для всех видов транспорта. В рамках проекта «EWENT» более подробно рассматривались долгосрочные сценарии изменения климата. Участниками обоих проектов отмечалась нехватка надежных статистических данных для анализа уязвимости разных видов транспорта. Согласно оценкам, подготовленным в рамках проекта «WEATHER», общий объем расходов, понесенных транспортным сектором (например, в связи с

причиненным ущербом, ремонтом/поддержанием инфраструктуры, повреждением транспортных средств, ростом эксплуатационных расходов) за период 1998–2010 годов, достигал примерно 2,5 млрд. евро в год, причем косвенные издержки, связанные с нарушением перевозок, ежегодно составляли порядка 1 млрд. евро. В наибольшей степени затронутым оказался железнодорожный транспорт, причем особенно заметно это было в Восточной Европе и Скандинавии, в то время как последствия для автомобильного транспорта распределялись более равномерно. В рамках проекта «EWENT» были оценены среднегодовые издержки, связанные с экстремальными погодными явлениями, в настоящее время и в будущем (2041–2070 годы). В базисный период (1998–2010 годы) расходы, связанные с экстремальными климатическими явлениями, по оценкам, составили около 15 млрд. евро, причем их львиная доля приходится на дорожно-транспортные происшествия. Согласно выводам проекта «EWENT», разные регионы Европы будут по-разному реагировать на происходящие изменения. К 2050 году в Северной и Восточной Европе похолодания будут случаться реже, тогда как периоды аномальной жары в Средиземноморском регионе станут более продолжительными. Предполагается, что для автомобильного транспорта это будет иметь как положительные, так и отрицательные последствия, а железнодорожный транспорт будет сталкиваться преимущественно с негативными последствиями. Авиация, по всей видимости, также испытает на себе негативное воздействие по всей Европе.

2.2 Прибрежные районы

Изменчивость и изменение климата влекут за собой ряд последствий, имеющих отношение к транспортному сектору в прибрежных районах, включая повышение среднего уровня моря, рост температуры воды, усиление циклонов и штормовых нагонов и потенциальные изменения волнового режима; все это может серьезно отразиться на работе портов (Becker et al., 2013), а также других транспортных узлов и сетей в прибрежных районах. Присущие прибрежным системам относительные колебания уровня моря (например, в связи с тектоническими движениями, см. Vott, 2007) будут усугубляться последствиями повышения среднего уровня моря (ПСУМ), штормовых нагонов и волн, а также аномальных уровней осадков и стоков, которые могут стать более частыми и более выраженными (e.g. Wang et al., 2008; Allan and Soden, 2008; Ruggiero et al., 2010). Кроме того, отмечаемый в последнее время рост интенсивности событий в прибрежных районах становится испытанием для способности береговых систем эффективно реагировать на климатические изменения (Nicholls et al., 2007; Lenton et al., 2009).



Рисунок 21. а) Нью-йоркское метро (<http://www.bbc.co.uk/news/world-us-canada-20135420>) и б) улица (<http://eandt.theiet.org/news/2012/nov/sandy-storm-warning.cfm>) во время наводнения, вызванного ураганом «Сэнди» (30 октября 2012 года). По оценкам, страховые убытки составили 10–20 млрд. долл. США, а общий экономический ущерб оценивается в 30–50 млрд. долл. США (EQECAT, 2012).

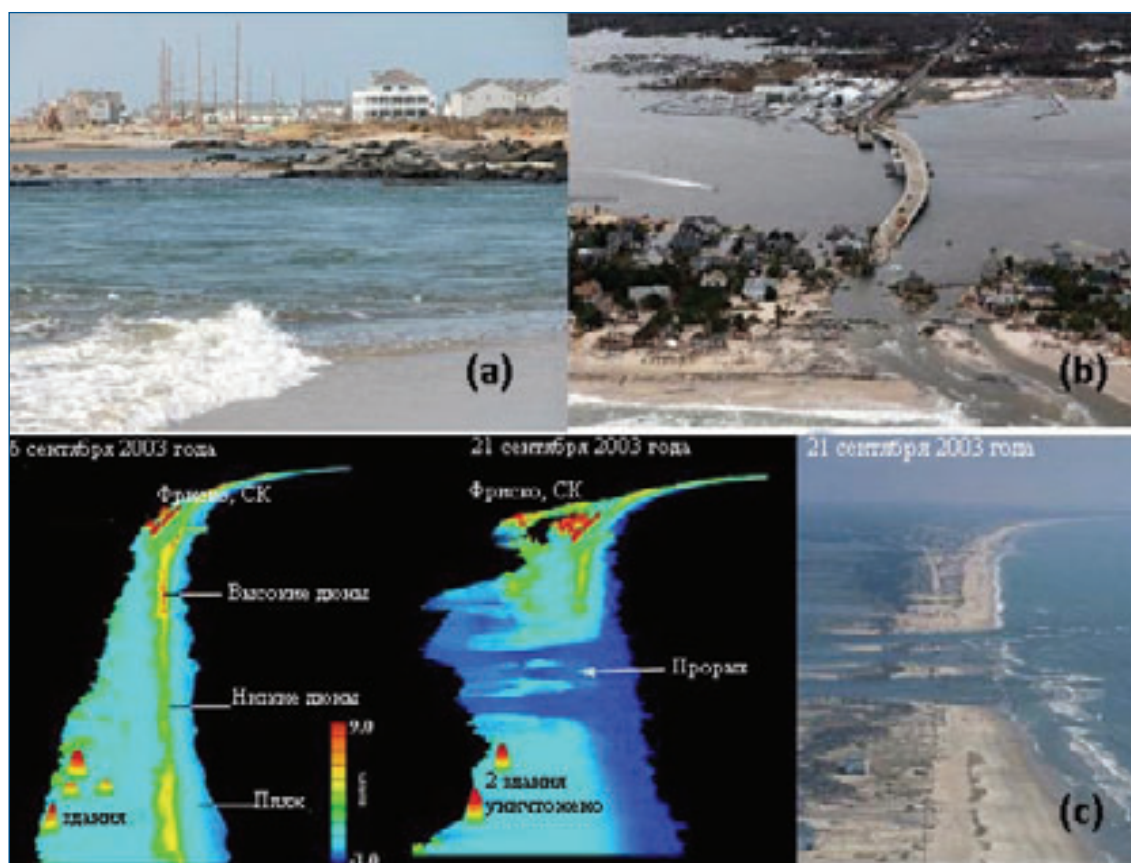


Рисунок 22. а) Штормовой нагон, волны и течения, вызванные ураганом «Изабель» (август 2003 года), прорвали шоссе № 12 на острове Хэттерас (шт. Северная Каролина, США); на снимке Атлантический океан виден с левой стороны, а часть асфальтового покрытия разрушенного шоссе – с правой (Stockdon et al., 2012); б) штормовой нагон, волны и течения, вызванные ураганом «Сэнди» (октябрь 2012 года), разрушили дорогу и мост в Мантолокинге, шт. Нью-Джерси, США (фото Дага Миллса) (Doran et al., 2012); в) лидарные профили острова Хэттерас (Северная Каролина) до (левое изображение) и после (среднее изображение) урагана «Изабель»; видны эрозия/прорыв песчаного барьера (см. также аэрофотоснимок на правом изображении) (Stockdon et al., 2012).

Хотя воздействие неблагоприятных климатических изменений необходимо прогнозировать в масштабе десятилетий (e.g. Viles and Goudie, 2003), подавляющая часть имеющихся данных/моделей основаны на долгосрочных (от века до тысячелетия) (e.g. Nott et al, 2009) или годовых (e.g. Greenwood and Orford, 2008) оценках или даже оценках отдельных случаев штормовой погоды (e.g. Callaghan et al., 2008). Неоднократно предпринимались попытки создать глобальные базы данных опасных явлений в прибрежных районах (e.g. Vafeidis et al., 2008) и разработать методы или средства оценки уязвимости таких районов к повышению уровня моря и экстремальным погодным явлениям (e.g. Hinkel and Klein, 2009; Ramieri et al., 2011; Peduzzi et al., 2013; Ranasinghe et al., 2013), но эта работа по-прежнему далека от завершения (Nicholls et al., 2007; McLeod et al., 2010).

Хотя затопление прибрежной зоны вследствие долгосрочного повышения уровня моря (см. рис. 3 и 4), несомненно, будет представлять серьезную проблему для населения прибрежных районов, а также хозяйственной деятельности и инфраструктуры/объектов в низинных областях побережья (McGranahan et al., 2007), наиболее серьезные последствия будут связаны с экстремальным повышением уровня моря в результате тропических/внетропических штормов (e.g. Ebersole et al., 2010; Stockdon et al., 2012),



Рисунок 23. Дороги, находящиеся под угрозой затопления в случае повышения уровня моря приблизительно на 1,2 м (4 фута), что входит в диапазон значений, прогнозируемых для этой части побережья Мексиканского залива Соединенных Штатов Америки в текущем столетии в рамках сценариев среднего и высокого уровня выбросов. Согласно прогнозам, в этом случае будет затоплено 2 400 миль основных дорог (CCSP, 2008; Karl et al., 2009).

особенно в дельтах рек, на небольших островах и в крупных городах, расположенных в береговой зоне (e.g. Dasgupta et al., 2009) (см. также рис. 21 и 22)⁸.

Например, статистический анализ прибрежного уровня моря в период 1900–2010 годов показал, что уровень штормового нагона воды, вызываемого тропическими циклонами на побережье Мексиканского залива США, колеблется от 2,7 м за двухлетний период наблюдений до 8,2 м за столетний период (Needham et al., 2012). Повседневное функционирование портов также может непосредственно страдать из-за неблагоприятной волновой обстановки, которая может приводить к их закрытию. Гавани могут стать непригодными для больших судов, например, вследствие проникновения в них длиннопериодных волн, порождаемых волнами зыби, которые распространяются группами (e.g. Rossouw and Theron, 2012). Масштабы/распределение воздействия на каждый конкретный район/город будут зависеть как от его природных особенностей (например, наличия прибрежных водно-болотных угодий, способных гасить силу штормовых нагонов, см. Wamsley et al., 2010), так и от антропогенных изменений – например, создания систем управления водными ресурсами и мелиоративных систем (e.g. Le et al., 2007). Следует также отметить, что, поскольку порты и другие звенья транспортной инфраструктуры соединены не только с открытыми берегами, но и с эстуариями, последствия изменения климата в этих средах особенно заметны.

В эстуариях повышение уровня моря обычно вызывает трансгрессию (Pethic, 2001) и, как следствие этого, изменение (повышение) относительного уровня и динамики вод (e.g. Shennan et al., 2003). Поэтому повышение уровня моря может увеличивать опасность затопления портов, расположенных в устьях рек, особенно в тех случаях, когда штормовые нагоны совпадают по времени с увеличением речного стока (e.g. Karim and Mimura, 2008). Повышение уровня моря может также приводить к

⁸ Ураган «Сэнди» 2012 года стал тяжелейшим бедствием для систем общественного транспорта (автобусов, метро, пригородных поездов). Тридцатого октября 2012 года, на следующее утро после того, как шторм обрушился на побережье, более половины людей, ежедневно пользующихся общественным транспортом, оказались лишены этой возможности, причем нью-йоркское метро было закрыто еще до этого. Нью-Йорк пережил транспортный коллапс. Морская вода причинила ущерб многим чрезвычайно важным объектам инфраструктуры: так, были затоплены туннель Хью Л. Кэри (Бруклин-Бэттэри) и восемь туннелей метро; пострадала также другие региональные транспортные системы (HSRTE, 2013).

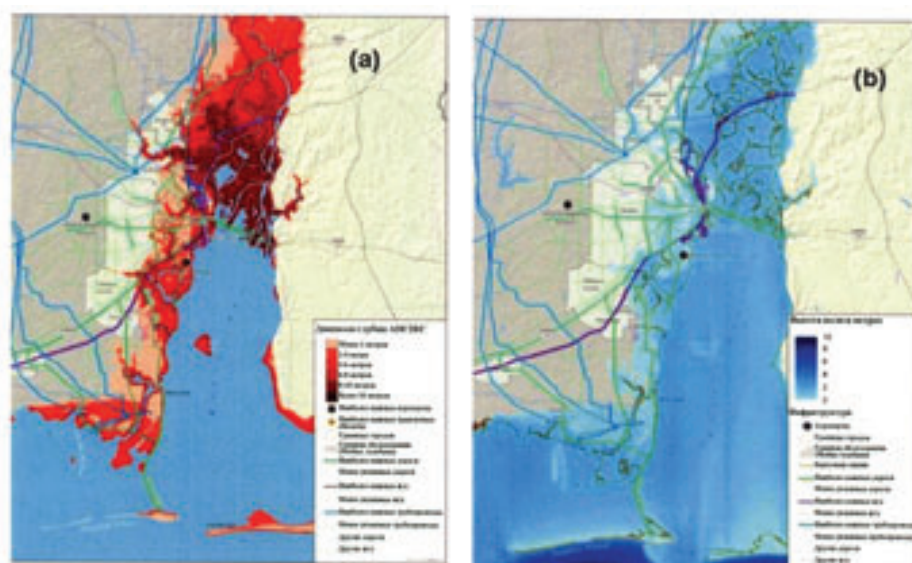


Рисунок 24. Опасность затопления/разрушения наиболее важных автомобильных и железных дорог, аэропортов и элементов трубопроводной инфраструктуры в Мобиле (побережье Мексиканского залива США) в результате штормового нагона согласно сценарию с изменением траектории урагана «Катрина» и повышением среднего уровня моря на 0,75 м: а) глубина штормового нагона (в м относительно нынешней суши); б) высота волн. Было установлено, что при повышении среднего уровня моря на 0,3–0,75 м последствия для наиболее важных транспортных объектов Мобила будут минимальными, так как уязвимыми оказываются лишь 0–2% важнейших объектов каждого вида транспорта; при более серьезном сценарии (повышение на 2 м) уязвимыми становятся от 2,6% до 50% наиболее важных объектов каждого вида транспорта (USDOT, 2012a).

изменению регионального приливного режима. Недавнее исследование (Pickering et al., 2012), в котором на основе валидированной рабочей модели голландского континентального шельфа (DCSM98a, см. Verlaan et al. (2005)) проводилась оценка влияния повышения среднего уровня моря на приливы в зоне континентального шельфа северо-западной Европы, показал, что в случае повышения уровня моря на 2 м амплитуда преобладающей приливной составляющей M2, а также весенняя амплитуда приливов изменятся весьма существенно (на многие десятки сантиметров): уменьшатся в резонантных областях Бристольского канала и залива Сен-Мало и увеличатся на юго-востоке Немецкой бухты и в Ваттовом море (Голландия). Такие изменения приливов могут иметь существенные последствия для будущих адаптационных мер, принимаемых в отношении портов, расположенных на открытых побережьях и в устьях рек, и в частности для проектирования эффективных защитных сооружений и разработки стратегий дноуглубительных работ. Что касается изменений антропогенного характера, то, как показало исследование, их последствия для морфологии и динамики эстуариев в некоторых случаях могут быть более значительными, чем последствия самого повышения уровня моря (e.g. Chust et al., 2009; Reeve and Karunarathna, 2009).

Тропические циклоны и связанные с ними штормовые нагоны и волновые наводнения могут причинять застроенным береговым районам весьма значительный ущерб, исчисляемый десятками миллиардов долларов (см., например, рис. 21 и 22), и обнажать уязвимые места в проектировании и строительстве инфраструктуры (Arumala, 2012). С целью оценки экономических последствий изменения климата для прибрежных районов было проведено исследование Nicholls et al. (2008), в рамках которого изучалось воздействие этого фактора на население/активы 136 портовых городов с населением более миллиона человек (по состоянию на 2005 год). По их оценкам, к 2070-м годам экстремальные явления в этих портовых городах могут затронуть более 120 миллионов человек, если не будут созданы эффективные системы береговой защиты. По оценкам Lenton et al. (2009), рассматривавшим в том числе сценарии перехода

критических рубежей (см. раздел 1.3), к 2050 году в тех же 136 портовых мегаполисах стоимость уязвимых активов достигнет 28 трлн. долларов США.

Транспорт подвержен воздействию экстремальных температур и осадков, штормовых нагонов и повышения уровня моря. Затопление прибрежных районов в результате штормовых нагонов (см., например, рис. 21–24) может иметь очень существенные последствия для транспортных систем, а) делая их непригодными к эксплуатации до схода воды (в течение нескольких часов/суток) и б) причиняя значительный ущерб терминалам, интермодальным объектам, логистическим центрам, а также складским площадям и грузу и, как следствие этого, на более длительное время нарушая функционирование интермодальных логистических цепей и транспортное сообщение. Масштабы затопления наиболее важных объектов транспортной инфраструктуры при штормовых нагонах являются значительно более широкими, чем в процессе долговременного повышения среднего уровня моря (USDOT, 2012a).

Порты, представляющие собой ключевые узлы международных транспортных сетей и выступающие в роли связующих элементов международных производственно-сбытовых цепей, будут подвергаться особенно серьезному воздействию (см. таблицу 3), главным образом из-за а) длительного срока эксплуатации их основных объектов, поскольку многие существующие порты проектировались в расчете на значительно более мягкий климат, б) их расположения в незащищенных местах (см. например, рис. 25) и с) их зависимости от торговли, судоходства и внутреннего транспорта, которые также уязвимы к климатическим изменениям (в том числе к изменениям спроса на транспортные услуги) (см. ЮНКТАД, 2011). Развитие портов зависит от многих условий, включая наличие глубоководных участков и/или защищенных гаваней, а также возможности комбинирования различных видов транспорта.

Таблица 3. Последствия изменения климата для морских портов (Crist, 2011).

Уязвимый аспект	Чувствительность к последствиям изменения климата
Навигация и стоянка судов	<ul style="list-style-type: none"> a. Повышение уровня моря – сокращение масштабов дноуглубительных работ, модернизация причалов, мостовые переходы b. Штормовые нагоны и ветры – невозможность швартовки, скопление судов c. Усиление осадков – заиливание, расширение дноуглубительных работ d. Уменьшение осадков – ограничения внутреннего судоходства e. Морские льды – изменение условий доступа в порт
Обработка грузов	<ul style="list-style-type: none"> a. Повышение частоты и усиление штормов – причинение ущерба, ограничение возможностей работы кранов или погрузки/разгрузки насыпных/наливных грузов из-за ветров и молний
Хранение грузов	<ul style="list-style-type: none"> a. Штормовые нагоны и усиление осадков – затопление в прибрежных районах или по берегам рек складских площадок и объектов, разрушения, материальный ущерб инфраструктуре, порча грузов b. Повышение температуры – причинение материального ущерба конструкциям, увеличение расходов на энергоснабжение
Движение транспорта в порту	<ul style="list-style-type: none"> a. Штормовые нагоны, усиление осадков и отсутствие адекватной дренажной системы – затопление портовых сооружений затрудняет необходимое движение транспортных средств b. Хроническое/окончательное затопление может сделать некоторые части порта непригодными к эксплуатации
Инфраструктура, строения и оборудование	<ul style="list-style-type: none"> a. Затопление и сильные ветры – угроза для зданий и оборудования b. Повышение уровня моря и штормовые нагоны могут причинять ущерб основной защитной инфраструктуре c. Штормовые нагоны и вызванная наводнением эрозия могут причинять ущерб мостам, причалам и пирсам d. Повышение температуры может привести к выходу из строя металлических элементов оборудования и инфраструктуры
Внутренние транспортные сети	<ul style="list-style-type: none"> a. Внутренние транспортные сети необходимы для функционирования портов; нарушение наиболее важных звеньев таких сетей может сделать порт непригодным к эксплуатации

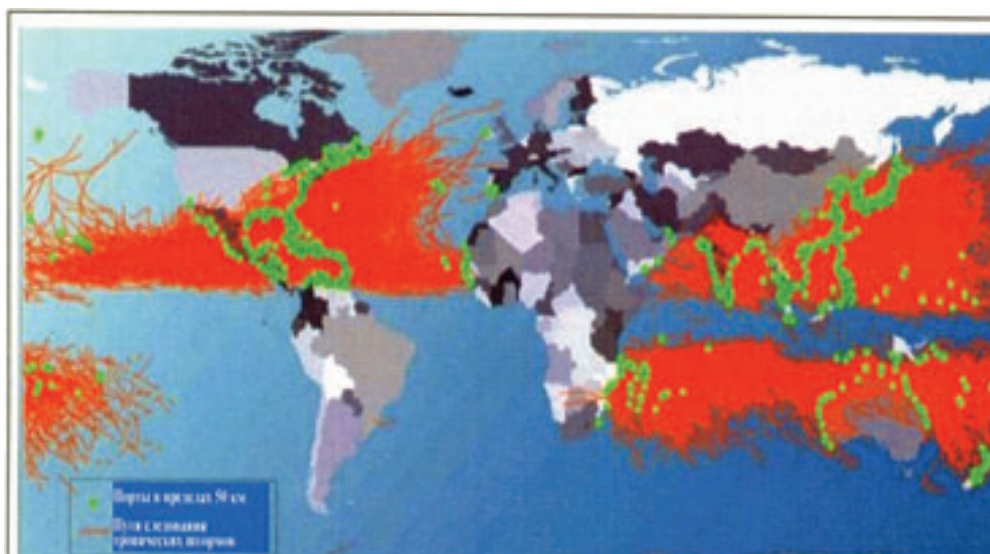


Рисунок 25. Порты, расположенные в пределах 50 км от траекторий движения тропических штормов (1960–2010 годы). Данные о портах и штормах заимствованы из публикаций Национального агентства геопространственной разведки (2011) и Knapp et al. (2010). (Becker et al., 2013)

Некоторые порты оказываются крайне уязвимыми в случае возникновения таких экстремальных явлений, как вызванные тропическими штормами нагоны воды и сильные ветры (рис. 25), а также ПСУМ (CCSP, 2008), которые могут причинять экономический ущерб на многие миллиарды долларов США (Haveman and Shatz 2006).

Как материальная инфраструктура, так и деятельность портов оказываются особенно уязвимыми в условиях изменения климата. Для того чтобы оценить связанные с изменением климата риски для какого-то определенного порта, необходимо проанализировать все потенциальные последствия изменения климата, все факторы уязвимости и критические пороговые уровни, а также факторы, от которых зависит успех деятельности порта. В результате подробного исследования, посвященного порту «Мусельес-эль-Боске Картахена» (Колумбия) (Stenek et al. (2011), см. также приложение I), было установлено, что изменение климата может привести к: i) изменению объема/структуры перевозок, ii) усилению наводнений, из-за которых могут пострадать операции порта и может быть причинен ущерб хранимым в порту товарам, iii) снижению проходимости входных фарватеров и d) нарушению нормальной коммерческой деятельности. Вместе с тем порты, которые окажутся устойчивыми к проблемам, связанным с неблагоприятными погодными/климатическими явлениями, смогут извлечь из этого выгоду. В ходе исследования, посвященного порту Мусельес-эль-Боске, было установлено, что тяжесть последствий изменения климата может различаться очень существенно в зависимости от места расположения, вида и эксплуатационных возможностей порта.

Исследование, проведенное путем опроса членов МАПГ/ААПА (см. IAPH/AAPA, 2010; и Becker, 2012, приложение II), показало, что если об общем воздействии изменения климата на порты, как правило, имеется определенное представление, то его конкретные последствия не изучены. Респонденты разделили последствия экстремальных явлений (штормов) на 6 групп: i) непосредственный ущерб, ii) засорение территории порта обломками, iii) последствия для коммерческих операций, iv) местные/региональные последствия за пределами порта, v) нарушение работы интермодальных систем и производственно-сбытовых цепей и vi) ухудшение состояния окружающей среды. В рамках этого исследования было определено 125 уникальных способов повышения жизнеспособности портов.

Чрезвычайно уязвимы к затоплению и другие элементы прибрежной транспортной инфраструктуры. Например, в рамках недавнего исследования, проведенного Robertson et al. (2011), было установлено, что из-за штормового нагона/волнения, вызванных ураганом «Катрина» в 2005 году, серьезно пострадали большинство железобетонных мостов на побережье Мексиканского залива Соединенных Штатов Америки. Конструкция мостов не препятствовала поднятию мостовых палуб или боковым смещениям элементов конструкции относительно несущих опор под действием весьма значительных гидродинамических потоков во время урагана «Катрина». По-видимому, следует безотлагательно пересмотреть применяемые нормы строительного проектирования с целью обеспечить возведение в будущем более надежных сооружений или модернизировать существующую транспортную инфраструктуру, находящуюся под угрозой затопления в прибрежных районах.

Одно из самых подробных исследований, посвященных потенциальному воздействию изменения климата на транспортные системы, было проведено на побережье Мексиканского залива Соединенных Штатов Америки (см. также приложение I). Согласно этому исследованию, в случае повышения относительного уровня моря приблизительно на 1,2 м (4 фута) (рис. 23) могут быть перманентно затоплены более 3 800 км автомобильных дорог, более 70% существующих портовых сооружений, 9% железнодорожных путей и три аэропорта. В случае штормового нагона воды до уровня 5,5 м (меньше, чем было при урагане Катрина), в зоне поражения могут оказаться более 50% дорог федерального значения и автомагистралей, 98% портовых сооружений, 33% железных дорог и 22 аэропорта на побережье Мексиканского залива США (CCSP, 2008). Эти результаты следует рассматривать в сочетании с другими выводами исследования, в частности о том, что связи интермодальных систем, включая перевозку грузов в порты и из портов, могут быть серьезно нарушены даже при затоплении отдельных небольших участков дорог (Savonis et al., 2008). В результате другого, более свежего исследования, посвященного изучению уязвимости наиболее важных объектов инфраструктуры на побережье Мексиканского залива Соединенных Штатов Америки (Choate et al, 2012; USDOT, 2012a), были сделаны выводы о том, что: а) ключевые портовые сооружения, наряду с наиболее важными железнодорожными линиями в прибрежных районах, наиболее уязвимы в случае возникновения экстремальных погодных условий и штормового нагона, б) масштабы затопления ключевых транспортных объектов в результате штормового нагона будут более значительными, чем в результате долговременного повышения уровня моря, которое, тем не менее, усугубляет проблему штормовых нагонов (рис. 24) и в) трубопроводы имеют самую низкую относительную степень уязвимости (3–16% протяженности трубопровода), в то время как уязвимость ключевых автодорог существенно различается (от 16% до 62% общей протяженности) в зависимости от сценария.

Французские исследователи (e.g. ONERC, 2009; Pecherin et al., 2010) также прогнозируют значительные последствия изменения климата для транспортной инфраструктуры прибрежных районов. По их оценкам, повышение уровня моря на 1 м сверх уровня затопления при штормах, наблюдаемых на сегодняшний день один раз за 100 лет (если исходить из того, что средняя стоимость дорожного покрытия составляет 10 млн. евро за км, а стоимость ремонта – около 250 000 евро за км), повлечет за собой расходы на автомобильные дороги категории А (в которую не входят автомагистрали) материковой части Франции в объеме до 2 млрд. евро, не считая эксплуатационных расходов и расходов на обеспечение связи. Было также установлено, что такое повышение уровня моря может привести к затоплению 2,9% шоссе, 1,7% дорог национального значения и 6,3% железнодорожной сети. В другом недавнем исследовании (ЕС, 2012a) была подготовлена предварительная оценка будущих рисков для транспортной инфраструктуры прибрежных районов Европы в результате повышения среднего уровня моря (ПСУМ) и штормовых нагонов. Эта оценка основывалась на сопоставлении высоты размещения прибрежной инфраструктуры над уровнем моря с уровнем наводнения, вызванного ПСУМ на 1 м в сочетании с штормовым нагоном, наблюдаемым один раз за 100 лет. Согласно этому исследованию, под угрозой

находятся 4,1% всей транспортной инфраструктуры прибрежных районов (в том числе автодорог) общей стоимостью около 18,5 млрд. евро.

Поскольку многие обеспокоены тем, что изменение климата будет создавать все больше проблем для эксплуатации морских портов Австралии, в рамках недавнего исследования (McEnvoy et al., 2013) с помощью метода комплексной оценки, включающего количественный, качественный и всесторонний подходы, были проанализированы последствия изменения климата в Австралии и его потенциальное воздействие на портовую инфраструктуру. Было признано, что заключения экспертов и знания портовых властей и других заинтересованных сторон могут стать важным вкладом в этот процесс оценки. Оценка рисков включала шесть основных компонентов: i) системный анализ портов, ii) учет результатов наблюдений за климатом/погодой, iii) прогнозы изменения климата в будущем, iv) сопоставление информации о климате с исследовательскими задачами (оценка рисков и планирование адаптации инфраструктуры и функций), v) сбор климатологической информации по портам, являющимся объектами целевых исследований, и vi) учет факторов, не имеющих отношения к климату. Согласно одному из выводов исследования, самая значительная проблема заключается в неопределенности климатологических данных.

В целом ожидается, что изменение климата окажет значительное воздействие на береговую инфраструктуру (например, порты, транспортные узлы и т.д.) и службы (SREX, 2012). Это может иметь далеко идущие последствия для международной торговли, поскольку более 80% мировой торговли товарами (по объему) осуществляется по морю (UNCTAD, 2011). Уязвимыми считаются все виды транспорта в прибрежных районах, однако степень воздействия на них и предполагаемые последствия различаются, например, в зависимости от региона, вида транспорта, места, высоты над уровнем моря и состояния транспортной инфраструктуры (SREX, 2012).

2.3 Разливы рек, обильные осадки, снегопады и сильные ветры

Изменение режима осадков может привести к изменению стока рек и тем самым существенно повлиять на состояние автомобильных дорог (рис. 26) и железнодорожных путей, на портовые операции и эксплуатацию аэропортов, автобусных станций и железнодорожных терминалов. Непосредственный ущерб может быть причинен во время или сразу после выпадения осадков, что потребует принятия безотлагательных мер. Возможны также нарушения структурной целостности дорог, мостов, дренажных систем и туннелей и проблемы с их обслуживанием, что может требовать более частого проведения ремонтно-восстановительных работ (USDOT, 2012a).

Климатические изменения в сочетании с современной практикой освоения территорий – в районах, подверженных экстремальным наводнениям в одном лишь бассейне Рейна, проживают более 10 млн. человек и сосредоточено имущество на сумму около 165 млрд. евро (ЕЕА, 2010) – приводят к значительному повышению рисков⁹, связанных с разливами рек/кратковременными катастрофическими паводками (см. рис. 8, 9 и 10 и раздел 1.1.2). Например, в период 1998–2002 годов в Европе произошло более 100 крупных наводнений (включая катастрофические наводнения 2002 года в бассейнах Дуная и Эльбы), повлекших за собой гибель нескольких сотен человек, перемещение около 500 000 человек и подлежащий страховому возмещению ущерб в размере более 25 млрд. евро (ЕЕА, 2004). Новые катастрофические наводнения в последующие годы подтолкнули Европейский союз к принятию директивы об опасности наводнений (2007/60/ЕС) (ЕС, 2007). На рис. 27 представлен прогноз потенциального ущерба от наводнений, обусловленных изменением климата, без учета возможных

⁹ Риск наводнения определяется путем сопоставления вероятности/опасности наводнения, степени защищенности объектов/инфраструктуры и населения и уязвимости к наводнениям на основе информации о землепользовании и оценки вероятности затопления при наводнениях.



Рисунок 26. Ущерб, причиняемый автодорогам при паводках: а) автомагистраль № 8 (Мюнхен – Зальцбург) в Грабенштетте вблизи Траунштайна (южная Германия) (начало июня 2013 года, Маттиас Шрадер, АП); б) сильные повреждения дороги между Лофером и Вайдрингом в Тироле (Австрия) (3 июня 2013 года, Керстин Йонссон, АП); в) затопленное шоссе в Деггендорфе; и д) обрушение моста в Кумбрии (Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии) в ноябре 2009 года (http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/8369934.stm).

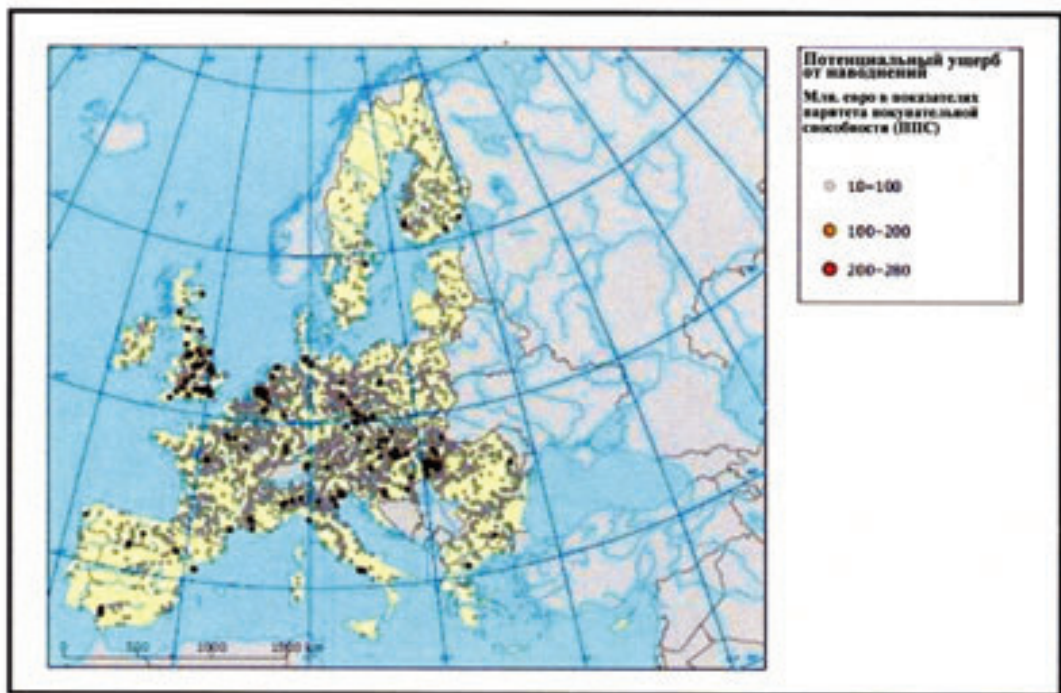


Рисунок 27. Потенциальный ущерб от наводнений в Европе (ЕЕА, 2010). Расчеты выполнены для наводнения, наблюдаемого с периодичностью один раз в 100 лет (т.е. подъема воды до максимального за 100 лет уровня), при современных параметрах климата и отсутствии мер защиты. Водосборные бассейны площадью менее 500 кв. км не учитывались.

адаптационных мер или мер по уменьшению опасности стихийных бедствий (Feuен et al., 2010; ЕЕА, 2010).

Согласно прогнозам исследования “ПЕСЕТА” (Ciscar et al., 2009), в значительной части Западной и Центральной Европы ущерб от наводнений может вырасти. К концу XXI века в 27 государствах – членах ЕС ожидаемый годовой ущерб (ОГУ), составляющий сегодня 6,4 млрд. евро, предположительно увеличится до 14–21,5 млрд. евро (в постоянных ценах 2006 года) в зависимости от конкретного сценария; при этом количество пострадавших от наводнений, по прогнозам, также увеличится приблизительно на 250 000–400 000 человек. Наиболее значительное увеличение убытков из-за наводнений прогнозируется для Западной Европы (Бельгия, Германия, Дания, Ирландия, Люксембург, Нидерланды, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии и Франция), а также для Венгрии и Словакии (Feuен et al., 2010). При этом ожидается уменьшение речного стока/паводков на реках в северо-восточной части Центральной Европы (см. рис. 10).

Alcamo et al. (2007) оценили ситуацию в Российской Федерации на основе межгодовой климатической изменчивости и высказали предположение, что, хотя в целом сток воды в Российской Федерации увеличится, в юго-западной ее части все чаще будет отмечаться уменьшение стока. При этом необходимо отметить, что разливы рек будут иметь наиболее катастрофические последствия именно для транспортных сетей, поскольку основные автомобильные и железные дороги пролегают по пойменным равнинам и/или пересекают их (см., например, рис. 28).

Что касается осадков, то более частые, а также более интенсивные и обильные осадки могут причинять непосредственный ущерб, нарушать структурную целостность дорожного полотна, затруднять ремонтно-техническое обслуживание дорог, мостов, дренажных систем и туннелей и вызывать задержки авиаперевозок (USDOT, 2012a). Согласно прогнозам Milly et al, (2008), к 2050 году на северо-востоке США объем дождевого стока увеличится, а на юго-западе – уменьшится (рис. 29). Сильные ливни уже значительно участились: так, за последнее столетие количество наиболее интенсивных осадков (составлявших 1% от общего объема) увеличилось на 20%, при росте общего количества осадков всего на 7% (Kunkel et al., 2008). Такое интенсивное выпадение осадков, которое, судя по прогнозам, в будущем дополнительно усилится (см. рис. 7), скорее всего приведет к увеличению частоты и интенсивности катастрофических наводнений в поймах крупных рек.

В государствах – членах ЕЭК, расположенных на юго-востоке Евразии, наводнения уже сегодня представляют серьезную угрозу для транспортных сетей (последствия в евразийском регионе ЕЭК см. на рис. 9 и 28). Прогнозируемые изменения частоты

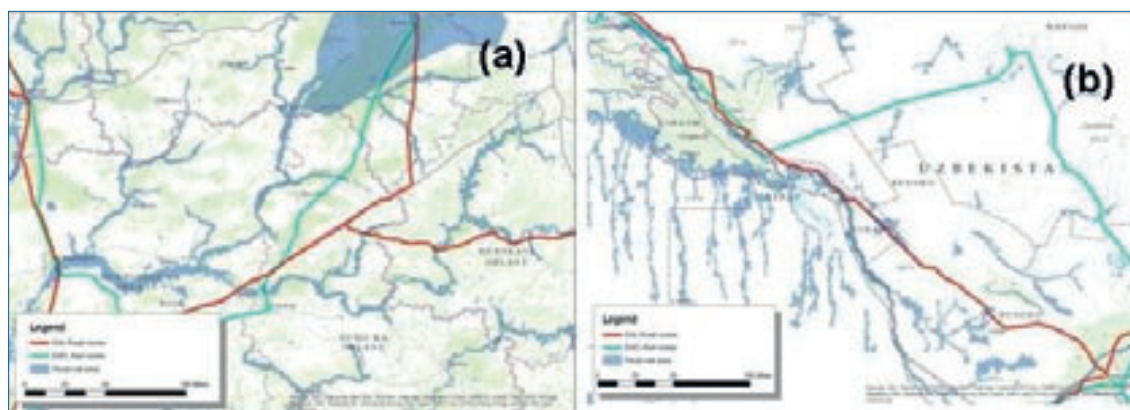


Рисунок 28. Современная угроза затопления (с вероятностью 95%) транспортных сетей в Украине и центральноазиатских государствах – членах ЕЭК в результате наводнения, наблюдаемого один раз за 100 лет, согласно глобальной ГИС-модели, построенной на основе временных рядов данных о стоке рек (Прогнозы наводнений – по данным ЮНЕП-ГРИД и UNISDR (2008)).

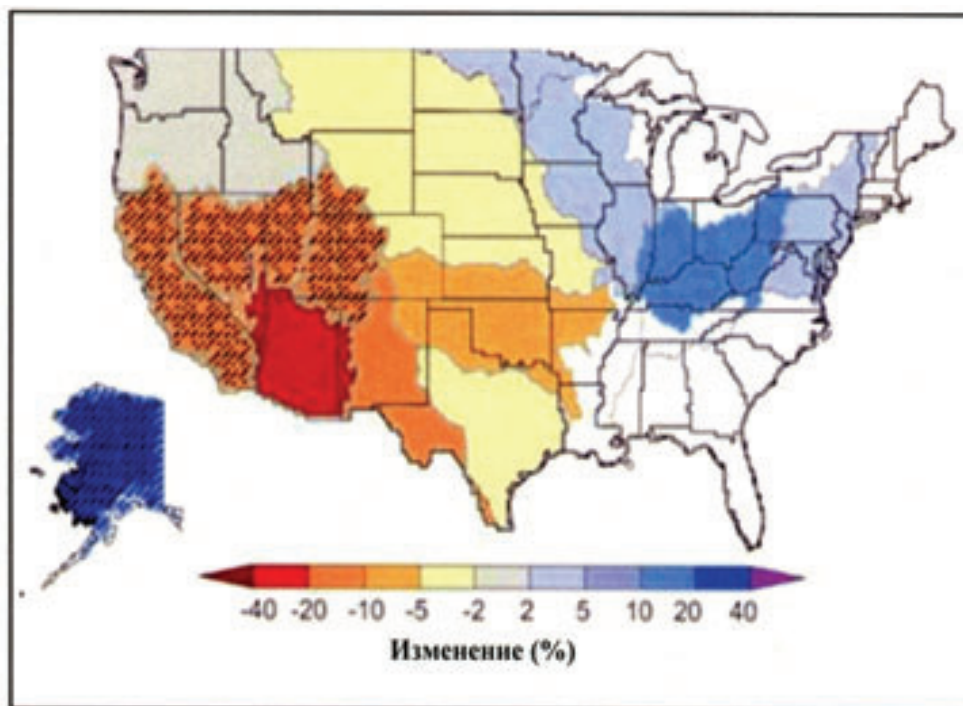


Рисунок 29. Прогнозируемые изменения среднемноголетнего стока в 2041–2060 годах (по сравнению с 1901–1970 годами). В заштрихованных регионах отмечается высокая, а в незаштрихованных – низкая степень совпадения между прогнозами, полученными путем моделирования. Результаты основаны на уровнях выбросов, занимающих промежуточное положение между минимальным и максимальным сценариями (Milly et al., 2008).

катастрофических наводнений, вероятно, затронут все виды транспорта, что подтверждается современным опытом. Например, наводнение на Среднем Западе США в 2008 году привело к разрушению/переливу дамб на границах ряда штатов и затоплению огромных территорий, в результате чего многочисленные автодорожные и железнодорожные мосты вместе с длинными участками автомагистралей, железнодорожных линий и обычно судоходных водотоков стали непригодными для использования (Karl et al., 2009).

Особую обеспокоенность исследователей (e.g. Galbraith et al., 2005) вызывает потенциальное увеличение зимних осадков, с которыми могут не справиться дренажные системы. Рекомендуется предпринять следующие шаги: i) пересмотреть ливневые параметры, закладываемые в конструкцию поверхностных дренажных систем, с тем чтобы они могли выдержать прогнозируемое увеличением объема осадков; ii) пересмотреть ливневые параметры конструкции водоводов и мостов через реки; iii) определить места прежних затоплений дорог и оценить потенциальные решения путем анализа затрат/выгод, уделяя первоочередное внимание тем районам, где наводнения происходят чаще всего; iv) в районах повышенной опасности наводнений на регулярной основе и в упреждающем порядке очищать от мусора открытые дренажные каналы и водотоки; v) продолжать исследования с целью более точной оценки стока водосборных бассейнов и выработки на этой основе рекомендаций в отношении проектирования с учетом существующих рисков. В докладе о результатах исследования, проведенного недавно правительством Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии (DEFRA, 2012), также высказывается предположение, что транспортная инфраструктура Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии будет испытывать на себе последствия как экстремальных погодных явлений, так и постепенного долгосрочного изменения климата. Предполагается, что наводнения и подмыв мостовых опор создадут серьезную угрозу для автодорожных и железнодорожных сетей.

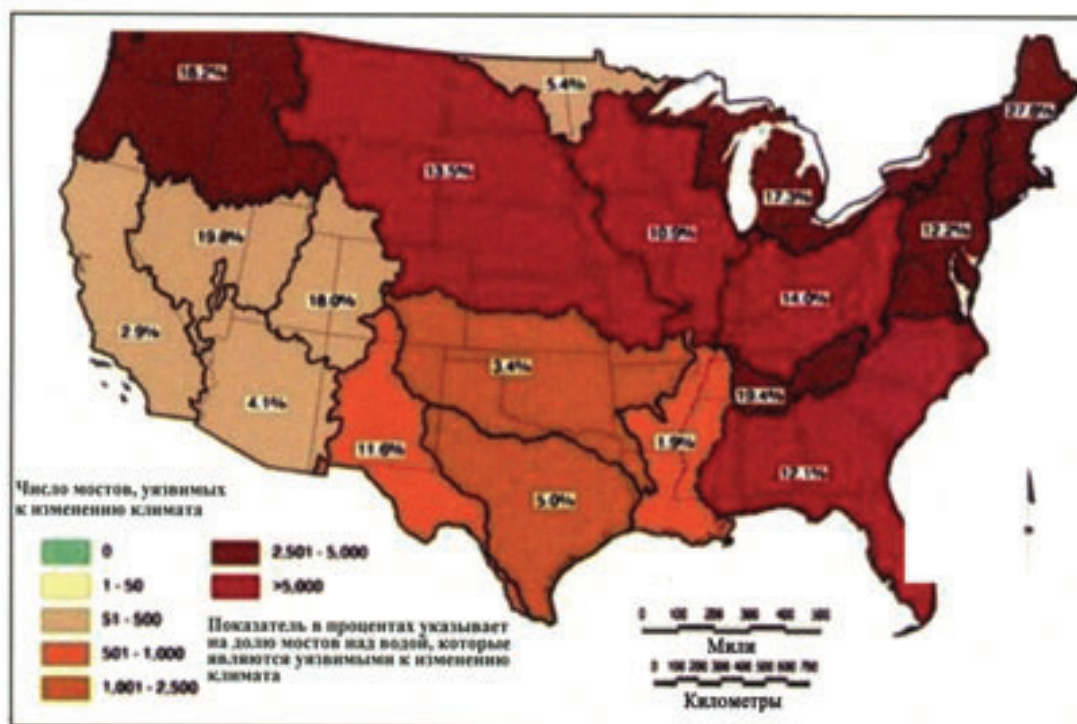


Рисунок 30. Распределение (предполагаемое число и доля в процентах) мостов на автомагистралях в Соединенных Штатах Америки, которые могут оказаться под угрозой в случае повышения максимального стока рек из за изменения климата (сценарий выбросов А1В; явление, наблюдаемое один раз за 100 лет; уровень осадков за 24 часа в период 2046 2065 гг. (Wright et al., 2012).

Более частые ливни/наводнения приведут также к увеличению числа связанных с непогодой аварий из-за поломок транспортных средств, повреждения дорог и плохой видимости, к дополнительным задержкам и сбоям в функционировании и без того перегруженных транспортных сетей (e.g. Potter et al., 2008). В одном из недавних исследований, посвященных изучению связи между изменением климата и безопасностью на дорогах (Hambly et al., 2012), сделан вывод о том, что к середине 2050-х годов прогнозируемое изменение количества осадков приведет к увеличению числа ДТП в районе Большого Ванкувера (Канада).

Районы, где наводнения уже стали обычным явлением, будут сталкиваться с более частыми и более серьезными проблемами. Из-за стоячей воды при паводках может серьезно пострадать дорожная система. Например, ущерб, связанный с длительным затоплением 320 км шоссе на территории штата Луизиана, оценивается в 50 млн. долларов США. Во время краткосрочных дождевых паводков в уязвимом положении оказываются также портовые сооружения, а из-за заиления, вызванного особо сильными осадками, может уменьшиться глубина фарватера, вследствие чего существенно вырастут расходы на дноуглубительные работы (e.g. Karl et al., 2009). Внутренние водные пути могут пострадать из-за приостановки навигации, заиления и изменения морфологии рек, а также разрушения берегов и противопаводковых сооружений (Siedl, 2012). Кроме того, из-за наводнений в районах расположения аэропортов могут участиться случаи задержки и отмены авиарейсов; могут также пострадать структурная целостность взлетно-посадочных полос и другая инфраструктура аэропортов (National Research Council, 2008).

В рамках недавнего исследования (Wright et al., 2012) была проведена оценка потенциального воздействия разлива рек, связанного с изменением климата, на мосты в континентальной части США, являющиеся важнейшим компонентом национальной

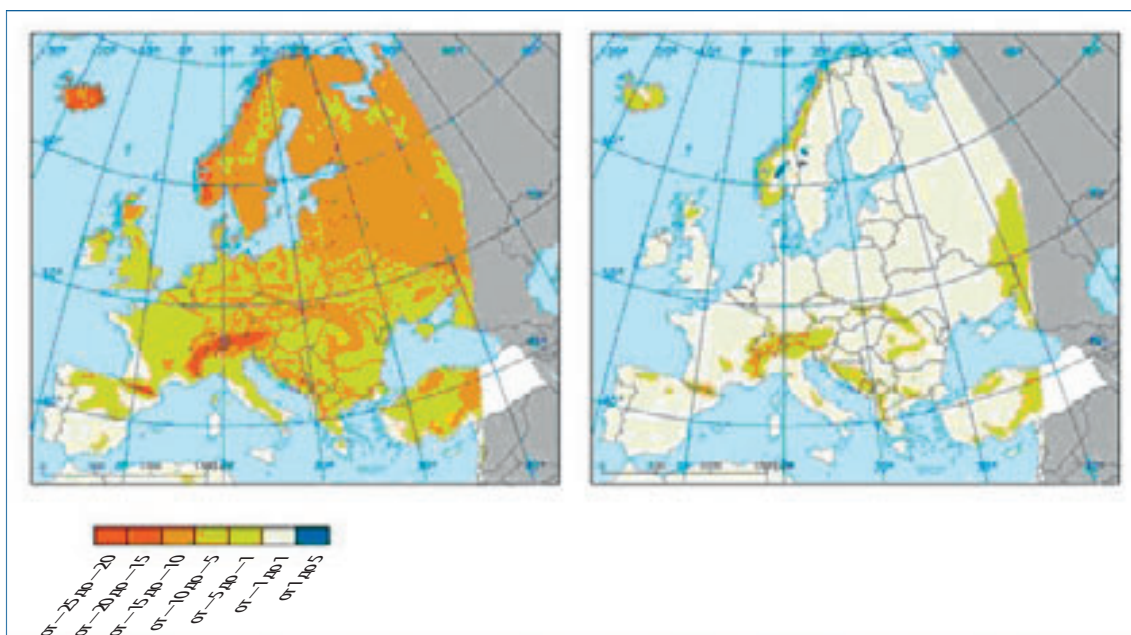


Рисунок 31. Изменение количества дней снегопада в году в Европе (ЕЕА, 2012), прогнозируемое по шести моделям для сценария выбросов А1В: а) среднее изменение количества дней снегопада (1 см) в году с 1971–2000 гг. по 2041–2070 гг.; б) среднее изменение количества дней снегопада (10 см) для тех же периодов.

транспортной системы. Предполагаемые максимальные величины стока, повышающее уязвимость мостов, рассчитывались исходя из единого допущения. Статистические данные о суточном количестве осадков, получаемые с помощью четырех моделей общей циркуляции (МОЦ) (климатические модели) в рамках трех сценариев выбросов парниковых газов (А2, А1В, и В1), использовались для определения диапазона потенциальных изменений уровня осадков и масштабов разлива пресноводных водоемов, на основе которых в сочетании с информацией Национального кадастра мостов Соединенных Штатов Америки оценивалась уязвимость мостов с точки зрения размыва опор. Для выявления мостов, подверженных значительному риску, использовались прогнозы увеличения стока, происходящего с периодичностью в 100 лет (рис. 30). Судя по этим результатам, на сегодняшний день в уязвимом положении находятся около 129 000 мостов, к 2055 году в случае наблюдаемого один раз за 100 лет паводка под угрозой окажутся от 48 000 до 96 000 мостов, а к 2090 году – примерно 66 000–117 000 мостов. Расходы на модернизацию уязвимых мостов в XXI веке, по оценкам, составят от 140 до 250 млрд. долларов США. Расходы по сценарию А2 приблизительно на 40% превышают расходы по сценарию В1 и приблизительно на 15% – расходы по сценарию А1В. Прогнозы для 27 стран ЕС (ЕС, 2012а) являются более скромными: будущие расходы на защиту мостов от размыва опор оцениваются в 0,38–0,54 млрд. евро в год, 80% из которых предназначены для автодорожных, а 20% – для железнодорожных мостов. Такие различия в оценках могут быть связаны с различиями в кадастрах мостов ЕС и Соединенных Штатов Америки и/или различиями в исходных посылах/используемых методологиях.

Исследования, посвященные влиянию изменения климата на британские железные дороги (e.g. RSSB, 2010), также указывают на вероятность причинения серьезного ущерба инфраструктуре; при этом возможны такие последствия, как отказ путевого оборудования и оборудования на полосах отчуждения, подмыв мостовых опор и размыв дамб из-за высокого паводка и эрозии водопропускных труб, оползни, а также проблемы обеспечения безопасности персонала и ограничение доступности судов и ремонтных мастерских. Расходы, связанные с экстремальными осадками и наводнениями и с

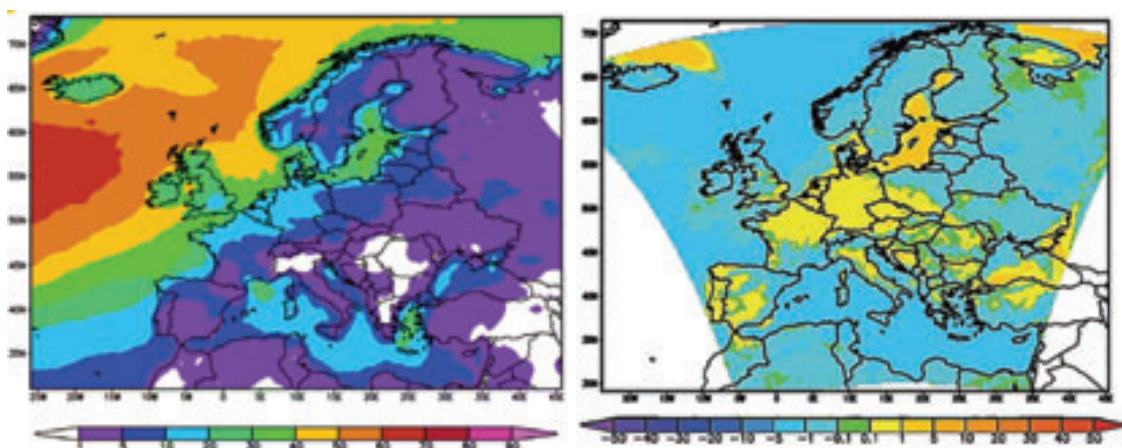


Рисунок 32. а) Среднее количество зимних дней с порывами ветра, превышающими 17 м/с, в 1971–2000 гг.; б) рассчитанный по ряду моделей средний прогноз изменения количества дней с порывами ветра, превышающими тот же порог, к 2041–2070 гг. (Vajda et al., 2012).

другими чрезвычайными событиями, которые на сегодня оцениваются в 50 млн. фунтов стерлингов в год, к 2040-м годам могут возрасти до 500 млн. фунтов стерлингов в год (e.g. Rona, 2011; 2012). Ожидается, что из-за прогнозируемого усиления обильных осадков и наводнений серьезно пострадают также сети автомобильных дорог; при этом в зависимости от вида покрытия (асфальт или бетон) последствия будут различаться, в связи с чем потребуются применять надлежащие технические методы, такие как строительство соответствующих дренажных систем и использование водонепроницаемых дорожных покрытий и связывающих материалов из модифицированных полимеров (e.g. Willway et al., 2008).

Согласно оценкам, транспортная сеть Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии несет значительные расходы в связи с наводнениями, которые будут продолжать расти, если в результате усиления обильных осадков, вызванного будущим изменением климата, наводнения участятся (Hooper and Chapman, 2012). Издержки, связанные с нарушением движения на автомобильных дорогах вследствие наводнений оцениваются не менее чем в 123 000 евро за час задержки на каждой основной дороге (Arkell and Darch, 2006). В случае увеличения частоты наводнений в будущем из-за увеличения количества осадков эти расходы, скорее всего, существенно увеличатся (Hooper and Chapman, 2012).

В глобальном масштабе, по всей видимости, продолжится уменьшение сезонного снежного покрова. На рис. 31 представлены изменения годового количества дней снегопада, рассчитанные на основе многомодельного ансамбля прогнозов. Средний результат, полученный с помощью ряда моделей, указывает на то, что число дней, в течение которых выпадает более 1 см снега, сократится повсюду в Европе, а число дней выпадения более 10 см снега увеличится на значительной части территории северной Европы и сократится в большинстве других регионов. Однако для этих прогнозов характерна высокая степень неопределенности, объясняемая большой разницей между верхними и нижними значениями, рассчитанными по разным моделям (EEA, 2012).

Поскольку снежный покров зависит не только от выпадения снега, но и от температуры, усиление снегопадов не всегда приводит к увеличению толщины снежного покрова. В одном из недавних исследований (Kjellström et al., 2011) прогнозировалось сокращение числа дней со снежным покровом в северной Европе (55–70° с.ш., 4,5–30° в.д.) к 2071–2100 годам на 40–70 дней по сравнению с базисным периодом 1961–1990 годов, причем степень ожидаемого сокращения зависит от сценария выбросов и используемой модели. Несмотря на прогнозируемое уменьшение в долгосрочной перспективе уровней усредненного водного эквивалента снега (ВЭС)

в северном полушарии, расчеты по моделям не исключают отдельных зим с сильными снегопадами, которые, однако, будут в конце XXI века становиться все более редким явлением. Значительное сокращение снежной массы в Европе скорее всего произойдет в Швейцарии, в альпийской части Италии, в Пиренеях, на Балканах и в горах Турции (e.g. López-Moreno et al., 2009; Soncini and Vocchiola, 2011). Такие изменения в этих районах могут привести к очень существенным последствиям, поскольку на талые воды приходится до 60–70% годового стока рек (EEA, 2012).

Наконец, прогнозируется также, что в будущем экстремальные ветры, которые, как правило, но не всегда, связаны с тропическими штормами, будут иметь более катастрофические последствия (e.g. Emanuel, 2005; Rahmstorf, 2012). Такие явления могут стать причиной перелива защитных сооружений и затопления железных дорог в прибрежных районах и эстуариях (RSSB, 2010), причинения ущерба портовым сооружениям, например кранам и погрузочным терминалам, нарушения нормального функционирования морских буровых платформ, нефтеперерабатывающих заводов и трубопроводов, полегания или уничтожения посевов, косвенно затрагивая тем самым транспортную отрасль, а также могут вызывать более частые перебои в авиоперевозках, причинять ущерб сооружениям аэропортов, например терминалам, навигационному оборудованию, ограждениям и предупреждающим знакам, приводить под действием ветра к образованию мусора, причиняющего ущерб инфраструктуре автомобильных и железных дорог, и создавать дополнительную нагрузку для автомобильных и железнодорожных перевозок (e.g. Karl et al., 2009, Kamburow, 2011). Изменение преобладающего направления ветров и ветровых волн (см. e.g. Callaghan et al., 2008) может иметь серьезные последствия, например, для эксплуатации и обеспечения безопасности морских портов, а также для автомобильной и железнодорожной инфраструктуры в прибрежных районах. Однако силу и направление ветра, как известно, очень сложно предсказывать с уверенностью. Например, недавние расчеты по моделям позволяют предположить нулевое или умеренное увеличение экстремальной силы ветров в Европе (рис. 32), однако прогнозируемые значения существенно различаются в зависимости от используемых моделей (Vajda et al., 2012).

2.4 Аномальная жара и засуха

Аномальная жара, под которой понимаются продолжительные (от нескольких дней до нескольких недель) периоды необычно жаркой погоды, могут иметь существенные, а порой и самые пагубные, последствия для транспортных служб и инфраструктуры (Hooper and Chapman, 2012). Например, аномальная жара в Европе в 2003 году (сопровождавшаяся дефицитом осадков в размере до 300 мм во многих регионах Западной и Центральной Европы (Trenberth et al., 2007)), привела к значительному снижению влажности почвы вследствие интенсификации испарения с поверхности/эвапотранспирации, вызвав сильный эффект обратной связи (Beniston and Diaz, 2004). Жара и сухость привели к возникновению множества обширных стихийных пожаров и гибели урожая; экономические (незастрахованные) потери сельскохозяйственного сектора ЕС, по оценкам, составили около 13 млрд. евро, вследствие чего очень существенные убытки понесла транспортная отрасль. С другой стороны, вызванное этим небывалое таяние ледников в Альпах предотвратило катастрофическое уменьшение стока Дуная и Рейна (Fink et al., 2004). Аномальная жара и засуха, которые поразили Европу в 2003 году, повлекли за собой самые разнообразные последствия для населенных пунктов и хозяйственных служб, увеличив нагрузку на системы водоснабжения, хранения продовольствия и энергообеспечения. Во многих крупных реках (например, По, Рейне и Луаре) был отмечен рекордно низкий уровень воды, что вызвало сбои во внутренней навигации, орошении и охлаждении электростанций (Beniston and Díaz, 2004); точность соблюдения железнодорожных расписаний во Франции упала с 87% в предыдущем году до 77%. На основе опыта этого стихийного бедствия во Франции был введен в действие превентивный план, который, по-видимому, оправдал себя при следующем наступлении аномальной жары в 2006 году (e.g. Pascal,

2008). На юго-востоке Англии летом 2003 года наблюдалось «вытапливание» гудрона из дорожного покрытия. Второстепенные дороги становились скользкими из-за выхода на поверхность отдельных камней под действием жары (Standley et al., 2009). Кроме того, на железных дорогах Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии имели место серьезные задержки движения поездов (общая продолжительность задержек в период с 14/05 по 18/09 составила 165 000 минут по сравнению с аналогичным периодом 2004 года, когда задержки составили всего 30 000 минут) (Hunt et al., 2006).

Хотя аномальная жара 2003 года не привела к такому совокупному ущербу, который поставил бы под вопрос целостность и надежность дорог и других инженерных сооружений, а лишь вызвала отдельные проблемы на местах, связанные главным образом с усадкой глинистых почв (ONERC, 2009), участившиеся случаи такой жары могут привести к более серьезным последствиям. Продолжительные и повторяющиеся периоды экстремальной летней жары (постоянная температура воздуха выше 90 °F, или ~32 °C) могут вызвать повреждение дорог из-за размягчения асфальта и образование колеи при интенсивном движении (Field et al., 2007). Экстремальная жара способна также вызвать деформацию железнодорожных путей, что может стать причиной схода поездов с рельсов и потребовать введения скоростных ограничений. Сход с рельсов возможен в случае, если машинист своевременно не заметит искривленного участка пути. Чтобы предотвратить эту опасность, операторы железнодорожного транспорта издают общие предупреждения о снижении скорости, чтобы она оставалась в пределах, надежно обеспечивающих безопасность; во избежание превышения этих пределов устанавливаются ограничения. Для обеспечения запаса прочности, при превышении которого скорость должна ограничиваться. Безопасные пределы скорости определяются критической температурой железнодорожных путей (КТЖП)¹⁰. Согласно оценкам одного из последних европейских исследований (ЕС, 2012а), в XXI веке число дней в году, когда максимальные температуры (Тмакс) в Европе будут превышать КТЖП–30, существенно увеличится (рис. 33), что приведет к росту задержек/эксплуатационных расходов.

В Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии сухое и засушливое лето может вызвать целый ряд последствий в системе железнодорожных перевозок, а именно: а) более заметное искривление путей; б) усыхание железнодорожного полотна; в) повышение спроса на системы кондиционирования воздуха; г) усложнение задач, связанных с вентиляцией на подземных участках железнодорожных линий и е) увеличение числа проблем, создаваемых листопадом, вследствие удлинения вегетационного периода (Baker et al., 2010). Что касается проблемы искривления путей, то поскольку изменение климата, согласно прогнозам, приведет к существенному изменению температурного режима в Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии, в частности в сторону учащения экстремальных подъемов температуры, число случаев искривления путей и вызываемых ими задержек в течение года, при сохранении нынешних стандартов ремонтно-профилактического обслуживания путей, по-видимому, возрастет (Dobney et al., 2009).

Соответственно, борьба с искривлением железнодорожных путей считается одним из главных приоритетов, наряду с защитой от наводнений и затопления прибрежных районов, и железнодорожная отрасль вместе с Управлением регулирования железных дорог (УРЖД) и министерством транспорта (МТ) занимается согласованием адаптационных мер, которые должны приниматься и контролироваться на самом высоком уровне в течение «пятилетнего контрольного периода» (2013/14–2018/19 годы).

Температуры выше 100 °F (около 38 °C) могут привести к отказам другого транспортного оборудования. Более сухое и более жаркое лето вызывает износ/проседание дорожного покрытия, что приводит к снижению его рабочих характеристик

¹⁰ Критическая температура железнодорожных путей (КТЖП) – это критическая температура, при превышении которой применяются скоростные ограничения; например, КТЖП 70 и КТЖП 30 обозначают критические температуры, при превышении которых должны применяться ограничения скорости, составляющие соответственно 70 км/час. и 30 км/час.

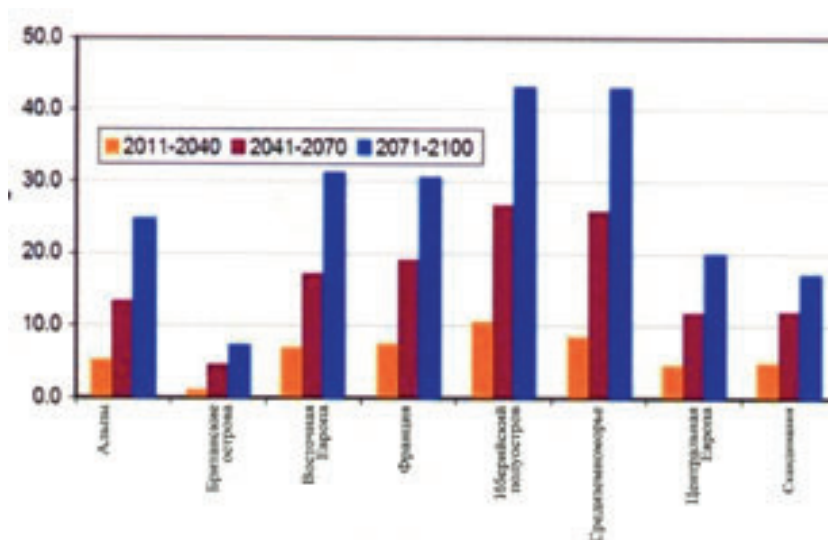


Рисунок 33. Прогнозируемое среднегодовое число дополнительных дней, в которые Tmax будет превышать критическую температуру железнодорожных путей КТЖП–30 (т.е. температуру, при которой устанавливается ограничение скорости 30 км/час.), по сравнению с текущей ситуацией (сценарий A1B) (ЕС, 2012a).

и устойчивости (e.g. Scott Wilson, 2009; PIARC, 2012). Возможны и такие последствия, как сокращение срока службы дорожного асфальта (Meizhu et al., 2010), тепловое расширение и более заметное смещение швов бетонирования, защитных оболочек, покрытий и герметиков в мостовых конструкциях и отдельных объектах инфраструктуры аэропортов, а также усиление напряжения на стальные конструкции мостов (Arkell and Darch, 2006; USDOT, 2012a). Возникают также проблемы перегрева автомобилей и износа шин (National Research Council, 2008). Что касается дорожного покрытия, то исследование, проведенное Управлением автомагистралей Соединенного Королевства (UK Highway Agency, 2008), показало, что повышение температуры может причинить серьезный ущерб дорогам. С учетом этих прогнозов в Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии было решено пересмотреть нормативные характеристики дорожного покрытия, с тем чтобы оно могло выдерживать более высокие температуры (DEFRA, 2012). Ожидается, что при изменении этих характеристик будут заранее учтены соответствующие издержки, во избежание неожиданных потребностей в значительных капиталовложениях при принятии адаптационных мер в будущем.

В рамках проведенного недавно европейского исследования (ЕС, 2012a) на основе модельных прогнозов (см., например, рис. 34) рассчитывались годовые издержки, связанные с усовершенствованием связующего слоя асфальтобетонного покрытия с учетом разных температурно-климатических сценариев. Так, согласно сценарию A1B дополнительные ежегодные издержки в 27 странах ЕС в 2040–2070 годах будут составлять 38,5–135 млн. евро, а в 2070–2100 годах – порядка 65–210 млн. евро. Тем не менее следует отметить, что дорожное покрытие обычно обновляется по крайней мере каждые 20 лет, и при его замене можно будет учесть изменение климата (SREX, 2012).

Из-за повышения температуры может возрасти потребность в использовании холодильной техники, в связи с чем увеличатся расходы на грузоперевозки, особенно в более теплых районах региона ЕЭК (e.g. Kafalenos et al., 2008). Ожидается, что увеличение числа и повышение частоты особо жарких дней (см., например, рис. 12) приведет к установлению ограничений на строительные-монтажные работы по соображениям охраны здоровья и производственной безопасности (e.g. Karl et al., 2009).

При повышении температуры воздуха увеличивается интенсивность испарения, что способствует установлению более сухих условий, особенно в тех регионах, где наблюдается снижение объема и/или частоты осадков. Поэтому ожидается, что некоторые регионы ЕЭК, такие как юго-запад Соединенных Штатов Америки и Юго-Восточная Европа (IPCC, 2007a, b) будут все чаще испытывать засуху, что в свою очередь может отразиться на транспорте. Прогнозируется рост стихийных пожаров, особенно на юго-западе Соединенных Штатов Америки и в Южной Европе (рис. 35); эти пожары создают угрозу транспортной инфраструктуре и приводят к прекращению движения автомобильного и железнодорожного транспорта. В районах, где лес уничтожен пожарами, повышается вероятность оползней. Ухудшение видимости вследствие пожаров может отразиться на деятельности аэропортов.

С другой стороны, наступление более теплых зим может привести к сокращению расходов, связанных с уборкой снега и льда, увеличению продолжительности сезона строительных работ и повышению степени мобильности/безопасности пассажиров и грузов. Прогнозируемое сокращение числа самых холодных дней может привести к уменьшению образования наледи на корпусах, палубах и оснастке судов и на причалах, а также ледяного тумана и ледяных заторов в портах. В то же время прогнозируемое увеличение числа дней замерзания-оттаивания в северных регионах может привести к повреждениям дорог и мостов (e.g. National Research Council, 2008).

Повышение температуры воздуха может также отразиться на состоянии различных объектов инфраструктуры аэропортов, особенно взлетно-посадочных полос, в то время как аэропорты в северных районах Европы могут выиграть от этого благодаря сокращению расходов на уборку снега и льда. Более частые экстремальные подъемы температуры чреваты эксплуатационными проблемами, такими как рост энергопотребления самолетов на земле. Кроме того, это может отразиться на летных качествах воздушных судов, поскольку более горячий воздух, будучи менее плотным, уменьшает подъемную силу крыльев и тягу двигателей. Таким образом, самолетам потребуется более высокая скорость при взлете и, следовательно, более длинные взлетно-посадочные полосы. В аэропортах с короткими взлетно-посадочными полосами возможны ограничения полезной нагрузки, отмены рейсов и сбои в обслуживании. Согласно недавнему исследованию, в результате повышения температуры и влажности воздуха к 2030 году в Денверском аэропорту прогнозируется уменьшение допустимой грузоподъемности самолетов Боинг-747 на 17%, а в аэропорту Феникса – на 9% (Karl et al., 2009).

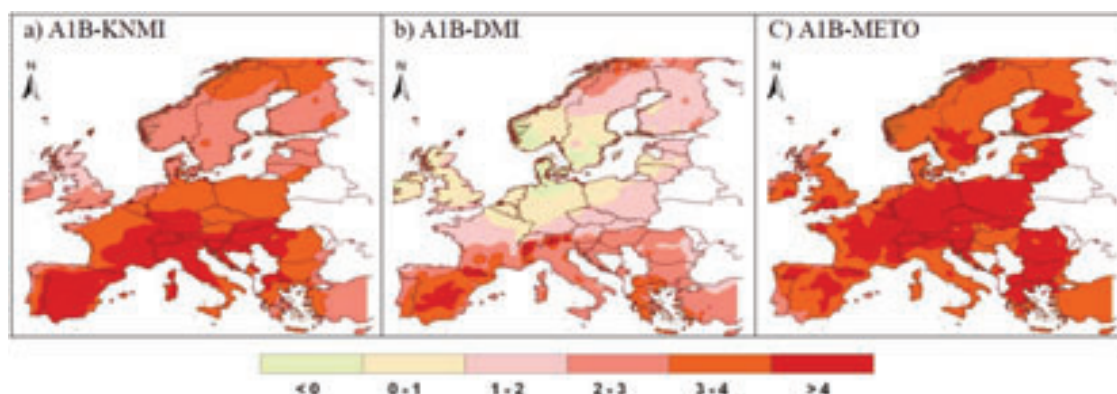


Рисунок 34. Изменение семидневной максимальной температуры дорожного покрытия в разных климатических зонах Европы в случае реализации сценария A1B (сопоставление между периодами 2040–2070 гг. и 1990–2010 гг.) (ЕС, 2012а).

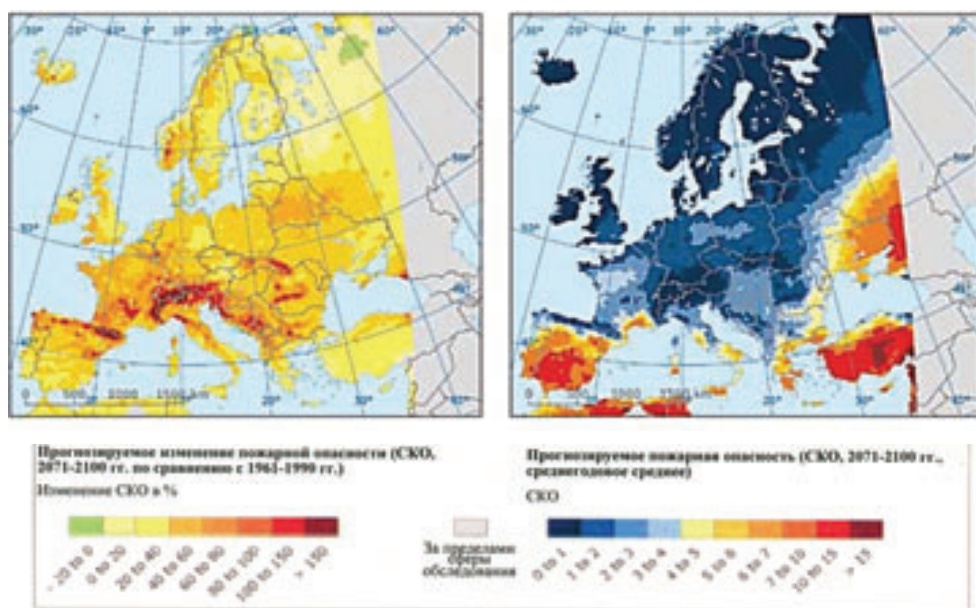


Рисунок 35. Прогнозируемое изменение пожарной опасности, выраженное с помощью сезонного коэффициента опасности (СКО)¹¹ на основе прогнозов региональной климатической модели (РКМ) RASMO2, функционирующей на базе глобальной климатической модели (ГКМ) ECHAM5 в рамках сценария A1B (EEA, 2012). Судя по полученным результатам, изменение климата может привести к заметному повышению вероятности возникновения пожаров на юго-востоке и юго-западе Европы, а также в черноморском регионе.

Внутренние водные пути (ВВП) могут серьезно пострадать из-за снижения уровня воды в периоды аномальной жары (рис. 36). Хотя до 2050 года, согласно прогнозам, транспортные возможности внутренних водных путей Европы существенно не сократятся из-за изменения климата (Siedl, 2012), во второй половине столетия из-за уменьшения стока рек могут возникнуть серьезные проблемы (рис. 37). Это способно привести к уменьшению числа судоходных маршрутов, сокращению периода навигации, уменьшению грузоподъемности и росту расходов на топливо (т/км), а также более частым посадкам судов на мель (e.g. Siedl, 2012; Turpjin, 2012). Может быть серьезно затронута система транспортировки грузов, а для поддержания фарватеров в рабочем состоянии могут потребоваться масштабные и дорогостоящие дноуглубительные работы (e.g. Karl et al., 2009; Krekt, 2010).

В 2013 году при финансовой поддержке министерства экологии, устойчивого развития и энергетики Франции был начат научно-исследовательский проект под названием «GEPET'Eau» (Eric Duviella – EMD Douai – Armines), который призван помочь в достижении целей Национального плана адаптации к изменению климата, касающихся развития транспорта. Предлагаемый подход предусматривает моделирование водных путей, которое позволяет прогнозировать уровень воды и принимать адаптационные меры. В целом речь идет о возможности управлять водными ресурсами различных водосборных бассейнов.

Проект преследует две цели: во-первых, обеспечить поддержание определенного уровня воды, который требуется для более интенсивного использования сети внутренних водных путей как альтернативы наземному транспорту; и, во-вторых, повысить эффективность управления водными ресурсами. Ожидается, что в результате

¹¹ СКО представляет собой усредненный по временам года суточный индекс опасности (основанный на канадском индексе пожароопасной погоды – ИПП), который, по мнению специалистов, линейно соотносится с трудностями пожаротушения. Сезонный коэффициент опасности (СКО) позволяет сопоставлять пожарную опасность по годам и регионам, и хотя он не имеет собственной шкалы, его значения выше 6 можно считать экстремальными.



Рисунок 36. Влияние засухи 2003 года на внутренние водные пути Франции. Красным цветом отмечены водные пути, на которых навигация была прекращена, а желтым – водные пути, на которых она была ограничена 30 августа 2003 года (Leuze, 2011, источник – VNF).

его осуществления компания Агентство по управлению водными путями Франции (VNF) сможет избежать нежелательных экономических последствий и перебоев в обслуживании, а местные органы власти извлекут из него определенные социально-экономические выгоды.

В рамках проведенного недавно исследования (проект РП7 ЕС «ECCONET») была проведена оценка воздействия изменения климата на внутренний водный транспорт, а также на потенциальные адаптационные меры (см. также Heyndrickx and Breemersch, 2012). Проект представлял собой целевое исследование, посвященное изучению коридора Рейн-Майн-Дунай (РМД), с уделением основного внимания проблеме снижения уровня воды. Было установлено, что в последние 20 лет среднегодовые потери от снижения уровня воды в реках составляли около 28 млн. евро, а в 2003 году, когда уровень воды был экстремально низким, они достигли 91 млн. евро (см. также Jonkeren et al., 2007). Результаты прогнозов, подготовленных на основе различных климатических моделей, не отражают никаких существенных последствий в плане понижения уровня воды в коридоре РМД вплоть до 2050 года, в то время как в верхнем течении Дуная данная проблема может несколько обостриться. Кроме того, согласно оценкам этого исследования, в засушливые годы возможно увеличение совокупных транспортных расходов на 6–7% по сравнению с «дождливыми» годами (см. также ЕЕА, 2012).

В докладе PIANC (2006) высказывается мнение о том, что сектор внутреннего водного транспорта обладает более значительным потенциалом реагирования на подобные факторы изменения климата, чем сектор морских перевозок, поскольку в большинстве стран имеется надлежащая инфраструктура для регулирования водотоков и водосброса. В то же время потребности внутреннего судоходства следует рассматривать в контексте конкурирующих потребностей в водоснабжении, регулировании стока, гидроэлектроэнергетики и ирригации.

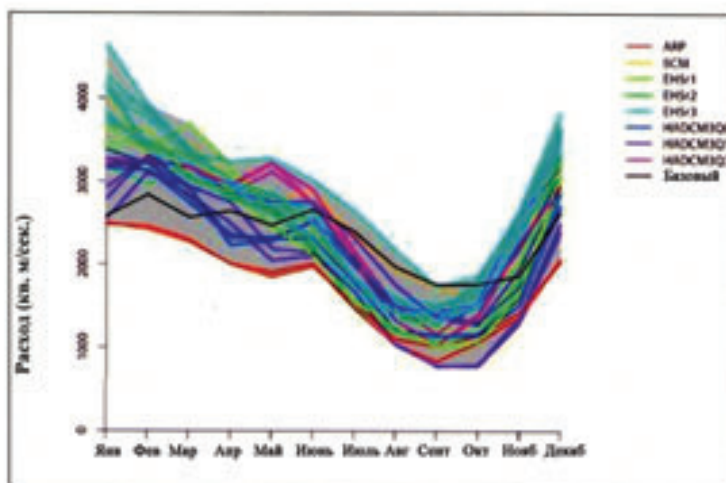


Рисунок 37. Прогнозируемый на 30-летней основе среднемесячный сток Рейна в районе Лобита в 2071–2100 годах согласно разным климатическим моделям. Все модели указывают на значительное сокращение средней величины стока в летний период (Ben van de Wetering, 2011).

2.5 Арктические моря и вечная мерзлота

Отступление морских льдов в Арктике (см. рис. 15) может иметь как положительные, так и отрицательные последствия для транспорта. Утончение морского льда и сокращение его площади может рассматриваться как фактор, благоприятный для транспортной отрасли (e.g. Bennet, 2011). Помимо прогнозируемого увеличения продолжительности навигации в Арктике и потенциального открытия северо-западного морского пути (см. рис. 15), который может существенно сократить протяженность некоторых грузовых маршрутов и обеспечить существенную экономию, например, за счет сокращения расходов на топливо, изменение климата может привести к появлению новых незамерзающих портов и облегчить доступ к рыбным ресурсам в отдаленных арктических районах. Однако при этом могут возрасти расходы на новые вспомогательные службы, измениться связанные с транспортными услугами спрос и предложение и существенно увеличатся затраты на сообщение арктических портов с основными национальными и международными внутренними транспортными сетями (e.g. Bennet, 2011). Таким образом, ситуация в ближайшие несколько десятилетий может оказаться совершенно непредсказуемой с точки зрения перевозок по новым арктическим маршрутам из-за целого ряда факторов, таких, как: а) значительные межгодовые колебания площади ледяного покрова в канадском секторе Арктики и б) таяние морских льдов на фарватерах канадского архипелага, что может способствовать более частому появлению в этих районах айсбергов, которые будут затруднять перевозки по северо-западному морскому пути (ACIA, 2005).

В то же время уменьшение глубины Великих озер и морского пути Св. Лаврентия в Северной Америке вследствие усиленного испарения в условиях потепления климата скорее всего приведет к росту издержек из-за сокращения грузоподъемности судов. Согласно недавно проведенному исследованию, к 2050 году себестоимость доставки грузов коммерческим внутренним водным транспортом Канады вырастет за счет этого на 13–29% (National Research Council, 2008). Кроме того, из-за усиления береговой эрозии, вызванной а) воздействием волн на свободный от льда берег и б) протаиванием вечной мерзлоты в прибрежной зоне, будет ухудшаться состояние автомобильных и железных дорог в прибрежных районах (e.g. Lantuit and Pollard, 2008). В связи с необходимостью устранения ущерба, причиненного инфраструктуре, оборудованию и грузам, могут также возрасти расходы на строительство и материально-техническое

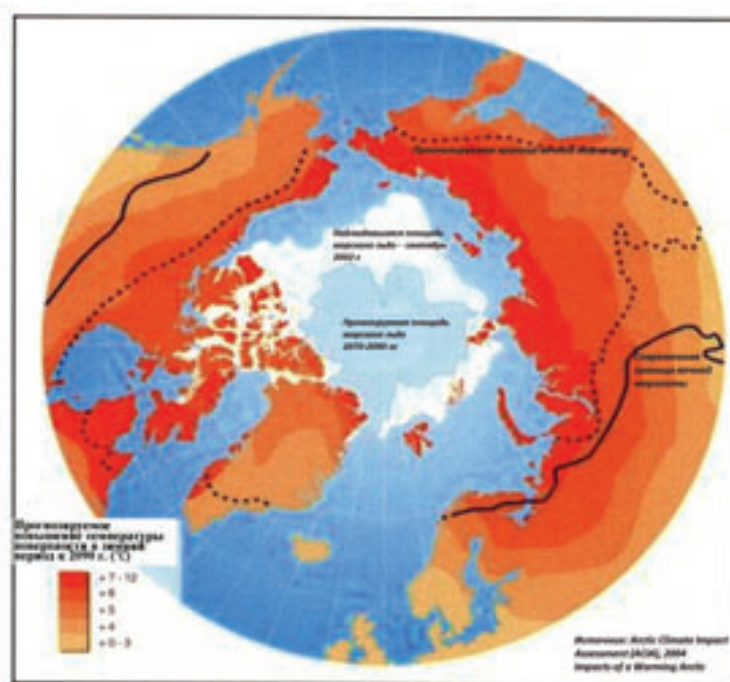


Рисунок 38. Прогнозируемые (на 2090 год) границы районов вечной мерзлоты на севере региона ЕЭК по сравнению с началом XXI века (АСИА, 2005).

обслуживание; при этом ожидается увеличение энергопотребления в портах и других транспортных терминалах, а также понижение степени надежности существующих служб (e.g. Crist, 2011).

Потепление климата ведет к нарушению равновесия в районах вечной мерзлоты, и в частности к сезонному оттаиванию замерзшей почвы (до глубины 0,4–0,8 м) и смещению к северу изотермы (рис. 38), которая определяет южные границы вечной мерзлоты (см., например, Шерстюков, 2009). Изменение площади вечной мерзлоты и нарушение циклов заморозания и оттаивания могут привести к повышению вероятности таких стихийных бедствий, как камнепады, селевые потоки и просадка грунта (Huggel et al., 2012), разрушению фундаментов зданий и сбоям в функционировании жизненно важной инфраструктуры. В результате изменения климата в течение следующих 20–25 лет общая площадь вечной мерзлоты может сократиться на 10–12%, а южная граница вечной мерзлоты – сместиться на 150–200 км к северу (Анисимов и др., 2004). По мнению Daanen et al. (2012), наблюдаемое на Аляске на протяжении последних 30 лет ускорение смещения границы вечной мерзлоты, возможно, связано с увеличением глубины активного слоя и повышением температуры вечной мерзлоты вследствие изменения климата.

Согласно модельным прогнозам (на основе сценария выброса A1B), к концу XXI века температура поверхности вечной мерзлоты существенно вырастет, а во внутренних районах Аляски в низких широтах поверхностный слой вечной мерзлоты исчезнет почти полностью (Streletskiy et al., 2012). Наконец, в рамках исследования (Zhang et al., 2012), проведенного недавно в Национальном парке «Иввавик» на Юконе, Канада, также прогнозировалось значительное сокращение площади вечной мерзлоты.

Таяние вечной мерзлоты создает серьезные проблемы для перевозок (e.g. Field et al., 2007; Qingbai et al., 2008). Оно вызывает оседание земляного полотна и криогенное вспучивание, что отражается на прочности и долговечности дорог. В северной части региона ЕЭК (например, на Аляске) многие скоростные автомагистрали уже сейчас

расположены в районах несплошной вечной мерзлоты, что значительно увеличивает расходы на их обслуживание (e.g. Karl et al., 2009). Таяние вечной мерзлоты приводит к деформации дорожного покрытия, и движение по некоторым дорогам разрешается только после промерзания грунта. За последние 30 лет период эксплуатации таких дорог сократился с 200 до 100 дней в год (Karl et al., 2009). В настоящее время районы с более 1 900 км автомобильных дорог и населением около 90 000 располагаются в зоне вечной мерзлоты более чем на 50% (рис. 39) и, следовательно, могут испытать на себе последствия ее протаивания.

Наиболее восприимчивыми к движению грунта, вызванного таянием вечной мерзлоты, являются мосты, которые, как правило, значительно сложнее отремонтировать и перестроить, чем дороги. Поэтому для них последствия изменения климата еще более актуальны, чем для автомобильных дорог. Кроме того, чрезмерной нагрузке подвергаются временные ледовые дороги и мосты, которые используются во многих районах северных территорий для связи с проживающим там населением и обеспечения горнодобывающих, нефтедобывающих и газодобывающих предприятий. Повышение температуры уже привело к сокращению периода, в течение которого могут использоваться эти чрезвычайно важные объекты. Кроме того, из-за криогенного вспучивания и проседания грунта, связанного с таянием вечной мерзлоты, могут пострадать отдельные участки железных дорог, что отразится на состоянии железнодорожных сетей в районах вечной мерзлоты и приведет к существенному увеличению расходов на их материально-техническое обслуживание (ACIA, 2005).

Наконец, если таяние вечной мерзлоты приведет к снижению надежности оснований аэродромов, потребуются значительные усилия по их ремонту и переносу. Согласно оценкам одного недавно проведенного исследования (Larsen et al., 2008), к 2030 году расходы на поддержание объектов коммунальной инфраструктуры Аляски вследствие потепления возрастут на 10–20% (4–6 млрд. долл.), причем около половины этих расходов будет приходиться на дороги и аэропорты. Возрастут также расходы на поддержание систем трубопроводов. Поскольку большинство этих систем проектировались в начале 1970-х годов исходя из климатических условий и состояния вечной мерзлоты того периода, они будут требовать постоянного контроля, материально-технического обслуживания и ремонта (Karl et al., 2009).

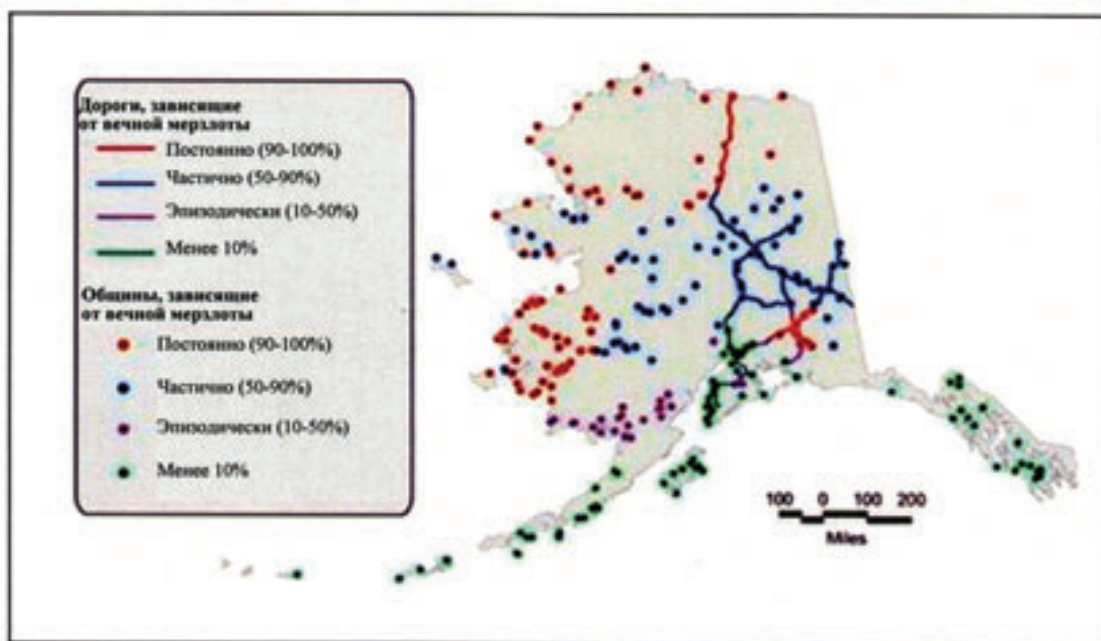


Рисунок 39. Дороги Аляски, зависящие от вечной мерзлоты (USARC, 2003).

2.6 Последствия изменения спроса на транспортные услуги (косвенные последствия)

Не следует забывать о том, что транспорт является отраслью, развитие которой зависит от спроса. Изменение климата может существенно повлиять практически на все отрасли экономики, косвенно затронуть тем самым транспортные услуги и, соответственно, отразиться на международных транспортных сетях. Так, несомненно будут затронуты перевозки товаров, поскольку из-за изменения климата прогнозируются значительные перемены в сфере производства (и его географическом размещении). В частности, крайне уязвимой к воздействию изменения климата является продуктивность растениеводства и животноводства. В течение следующего столетия в условиях медленно развивающихся сценариев глобального потепления урожайность сельскохозяйственных культур в Соединенных Штатах Америки может уменьшиться на 30–46%, а при наиболее стремительном глобальном потеплении – на 63–82% (Thornton and Cramer, 2012).

Schlenker and Roberts (2009), изучавшие влияние температур на рост кукурузы (41% общемирового производства), соевых бобов (38% общемирового производства) и хлопка в Соединенных Штатах Америки, прогнозируют увеличение урожайности при повышении температуры до 29–32 °C и ее резкое снижение при дальнейшем росте температур. Согласно их выводам, при быстром потеплении урожайность понизится, соответственно, на 79%, 71% и 60%, а при более медленном – на 44%, 33% и 25%. На фоне повышения температур и частоты экстремальных температурных явлений в большинстве регионов мира прогнозируется также снижение урожайности пшеницы, являющейся наиболее важным источником растительного белка (в 2008–2010 годах ее среднегодовое потребление на душу населения составляло около 76 кг) (Gbegbelegbe et al. 2012) (однако см. выводы Varshney (2011) об отрицательной обратной связи при повышении концентраций CO₂). Данные последнего времени говорят о том, что моделируемые показатели могут быть существенно занижены (Lobell et al., 2012).

При этом спрос на пшеницу в развивающихся странах к 2050 году, по прогнозам, возрастет на 60% (Rosegrant et al. 2009). Что касается Европы, то согласно исследованию Supit et al. (2010), изменение температуры и радиационного фона скорее всего отразится на европейском растениеводстве. Последствия будут разными в зависимости от возделываемых сельскохозяйственных культур (см., например, рис. 40), однако в целом для южной Европы прогнозируется тенденция к снижению, а для северной Европы – к повышению урожайности (EEA, 2012).

Популярные туристические направления – это, как правило, удаленные регионы, требующие больших объемов пассажирских и грузовых перевозок морским и воздушным транспортом. В то же время в последние годы туризм все чаще ассоциируется с пляжами (Phillips and Jones, 2006), а эта форма берегового рельефа оказывается под все большей угрозой разрушения вследствие изменения климата (SREX, 2012). Наряду с эрозией самих пляжей затопление туристической инфраструктуры в прибрежных районах в результате экстремальных климатических явлений (e.g. Snoussi et al., 2008), засоление подземных вод вследствие повышения уровня моря, чрезмерная эксплуатация прибрежных водоносных пластов (e.g. Alpa, 2009) и изменение погодных условий (Hein et al., 2009) будут создавать дополнительные проблемы для данной отрасли (e.g. Rigall-Torrent et al., 2010; Pacheco and Lewis-Cameron, 2010), которой также

придется преодолевать последствия изменения климата для таких ключевых элементов транспортной инфраструктуры, как морские порты, аэропорты и автомобильные дороги в прибрежных районах (см. ECLAC, 2011; Velegrakis, 2012). Поэтому ожидается, что туристический сектор и связанный с ним транспорт будут переживать потрясения, в том числе вследствие изменения потребительских предпочтений и регионального перераспределения доходов. В то же время туристическая индустрия зимнего спорта ежегодно привлекает миллионы туристов, и, например, в Европе годовой оборот этой отрасли составляет почти 50 млрд. евро (ЕЕА, 2012). Прогнозируемое повсеместное сокращение снегопадов в течение XXI века (см. раздел 2.2) отразится на надежности снежного покрова и, следовательно, на продолжительности лыжного сезона. В Альпах и ряде других регионов Европы прогнозируется значительное уменьшение числа горнолыжных курортов со стабильным естественным снежным покровом (e.g. Endler and Matzarakis, 2011). В таблице 4 приводится резюме потенциальных последствий изменения климата для транспорта.

Картофель

Потенциальная тенденция к изменению урожайности

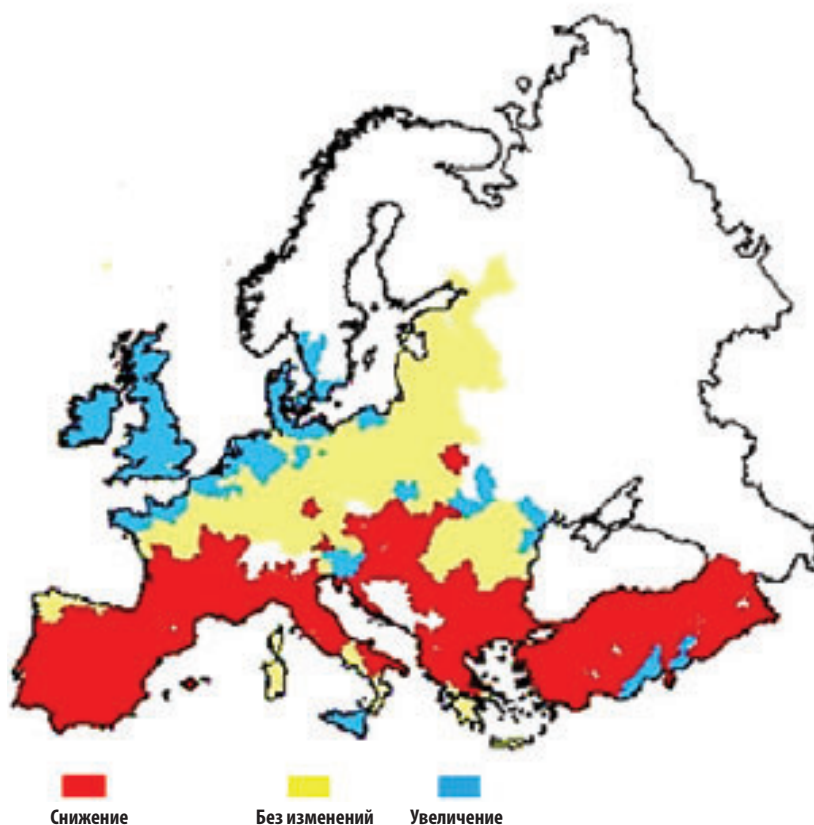


Рисунок 40. Моделируемая долгосрочная тенденция изменения урожайности картофеля в Европе (Supit et al., 2010). Обозначения: голубой цвет – значительное увеличение; красный цвет – значительное снижение.

Таблица 4. Резюме потенциальных последствий изменения климата для транспорта (перечень не является исчерпывающим).

Фактор	Последствия		
Температура	Автомобильные дороги	Железные дороги	Порты, ВВП и аэропорты
Повышение средних температур; Периоды аномальной жары/засухи; Более частая смена теплых/холодных дней	Тепловая нагрузка на покрытие/износ; колейность; термическое повреждение мостов; более частые оползни в горах; сокращение сроков эксплуатации; рост потребностей в охлаждении (при перевозке пассажиров/грузов) и, следовательно, в топливе; сокращение интервалов между ремонтными работами; увеличение расходов на строительные и ремонтные работы; изменение спроса	Деформация путей; перегрев/сбои в работе объектов инфраструктуры и подвижного состава; пожары на откосах и отказ оборудования; проблемы с электроникой и сигнальными устройствами; ограничение скорости; сокращение срока эксплуатации оборудования; рост потребностей в охлаждении/топливе; сокращение интервалов между ремонтными работами; рост расходов на строительные и ремонтные работы; изменение спроса	Повреждение инфраструктуры, оборудования и грузов; рост энергопотребления для охлаждения грузов; понижение уровня воды и ограничение внутренней навигации; уменьшение полезной нагрузки авиационного транспорта; потепление погоды приведет к снижению расходов на уборку снега/льда и увеличению продолжительности периода строительных работ
Деградация и таяние вечной мерзлоты; сокращение площади арктических льдов	Деформация дорог; сокращение количества дней, пригодных для перевозок; нестабильность склонов и разрушение насыпей; ограничение грузовых и пассажирских перевозок	Повреждение путей; ненадежность склонов и разрушение насыпей; ограничения грузовых и пассажирских перевозок	Нарушение инфраструктуры морских портов и аэропортов; увеличение срока навигации по СМП; сокращение протяженности маршрутов на СЗМП/сокращение расходов на топливо при увеличении расходов на вспомогательное обслуживание
Осадки	Автомобильные дороги	Железные дороги	Порты, ВВП и аэропорты
Изменение интенсивности/частоты экстремальных осадков (наводнения и засухи)	Затопление; учащение оползней, случаев разрушения склонов и земляного полотна и отказов оборудования; воздействие на узловые объекты, например мосты; ухудшение видимости, приводящее к увеличению числа аварий; увеличение частоты случаев схода грязевых потоков; задержки; изменение спроса	Затопление, размывание мостовых опор, проблемы с дренажными системами и туннелями; оползни; затопление подземных объектов; разрушение насыпей/земляных сооружений; эксплуатационные проблемы; задержки, изменение спроса	Затопление наземной инфраструктуры; повреждение грузов и оборудования; ограничение навигации на внутренних водных путях вследствие засухи
Ветры/грозы	Автомобильные дороги	Железные дороги	Порты, ВВП и аэропорты
Изменение частоты и интенсивности явлений	Разрушение ограждений; ДТП	Повреждение объектов инфраструктуры и контактных сетей; скачки напряжения; перебои в эксплуатации	Проблемы с навигацией и швартовкой в портах
Уровень моря/штормы	Автомобильные дороги	Железные дороги	Порты, ВВП и аэропорты
Изменение среднего уровня моря; усиление разрушительной силы штормов/штормовых нагонов; изменение силы и направления волн	Повышение опасности затопления и эрозии прибрежных районов с причинением ущерба автомобильным дорогам; временное затопление, невозможность использования дорог во время штормовых нагонов	Подмыв мостовых опор, повреждение объектов инфраструктуры/контактных сетей, ограничение/перебои в эксплуатации ж/д, затопление насыпей/земляных сооружений	Повреждение инфраструктуры/грузов в результате затопления и усиления волн; увеличение расходов на строительство и обслуживание портов; заиливание портовых/судоходных каналов; воздействие на ключевые транзитные пункты (например, Панамский канал); перемещение людей/предприятий, страховые проблемы

Глава 3. Анализ результатов опроса

В рамках настоящего исследования был проведен опрос, имевший своей целью выяснение и оценку существующих точек зрения, потенциалов и направлений деятельности, связанных с последствиями изменения климата и соответствующими директивами/мерами по адаптации к нему. Секретариат ЕЭК ООН разослал правительствам и организациям список из 44 вопросов (см. приложение IV), ответы на которые поступили от 34 респондентов (см. приложение V). Анализ этих ответов приводится ниже.

3.1 Степень осведомленности и доступность информации о последствиях изменения климата

На вопрос о том, в какой степени респонденты считают изменение климата проблемой для транспорта [B1, см. приложение V], 62% из них ответили, что в их стране и регионе оно рассматривается как серьезная проблема (выше 6 баллов по 10-балльной шкале). При этом почти треть (31%) респондентов считают эту проблему актуальной уже сейчас и в ближайшем будущем (временной масштаб от 0 до 15 лет), а с тем, что изменение климата создаст проблемы в ближайшие 30 лет, согласны почти 80% [B2]. Если сопоставить сроки планирования, проектирования и строительства транспортной инфраструктуры, а также длительный срок службы инфраструктурных объектов с прогнозируемой динамикой изменения климата (рис. 41), то можно сделать вывод, что респонденты усматривают неотложную необходимость в соответствующих инициативах уже на нынешнем этапе. В то же время 54% респондентов полагают, что в странах/регионах их происхождения уровень знаний и осведомленности о воздействии изменения климата на транспорт скорее невысок [B3].

Интересно отметить то, как респонденты представляют себе основную целевую аудиторию при разъяснении последствий изменения климата для транспорта (рис. 42). 38% из них считают такой аудиторией органы государственного регулирования, министерства и местные органы власти; в то же время очень многие (43%) убеждены, что в таком разъяснении более всего нуждаются руководство предприятий, операторы, инвесторы и провайдеры инфраструктуры. При этом всего 16% ответивших на данный вопрос полагают, что усилия по повышению осведомленности должны быть адресованы таким важнейшим заинтересованным сторонам, как пользователи, компании-перевозчики, общественность и страховой бизнес.

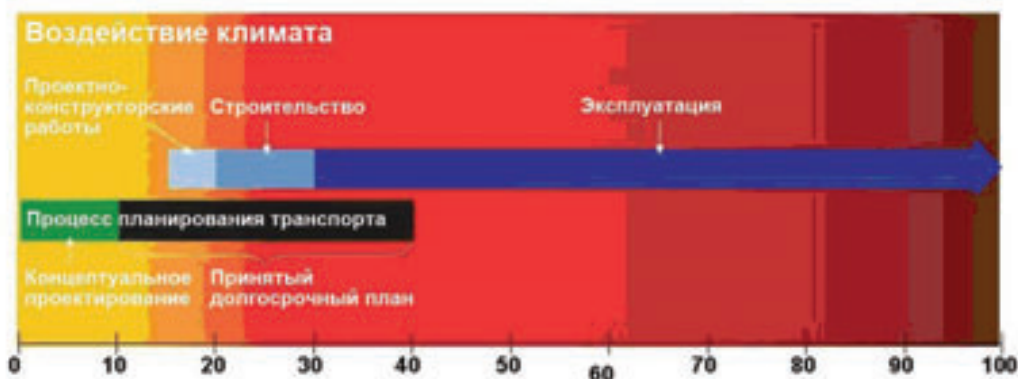


Рисунок 41. Жизненный цикл транспортной инфраструктуры в сопоставлении с временной шкалой изменения климата (CCSP, 2008). Учитывая длительность соответствующих процессов и долгий срок службы инфраструктурных объектов, воздействие изменения климата должно учитываться уже на ранних этапах планирования, проектирования и строительства.

Из этих ответов следует, что респонденты либо сомневаются в достаточной осведомленности регулирующих органов и предприятий транспортной отрасли, либо считают роль пользователей и страховых компаний в обсуждаемых вопросах несущественной. Следует отметить, однако, что такая склонность определять целевую аудиторию по принципу «сверху вниз» может быть обусловлена самим составом выборки респондентов, более трех четвертей которых являлись сотрудниками государственных органов.

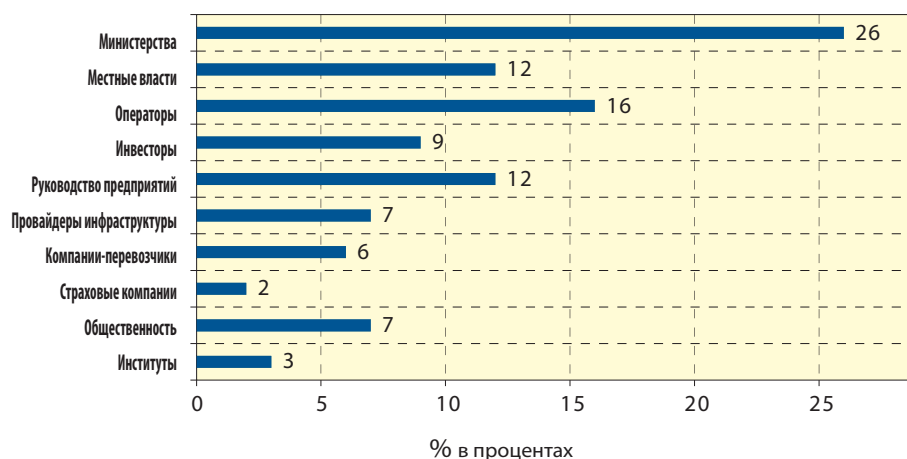


Рисунок 42. Представления респондентов об основных целевых аудиториях при разьяснении последствий изменения климата для транспорта.

По вопросу о том, насколько сильно влияют на транспорт погодные/климатические факторы (рост температур, экстремальные явления, засухи, наводнения, повышение уровня моря и штормовой нагон воды, протаивание вечной мерзлоты и т.д.) мнения респондентов разделились: 52% оценивают это влияние как сильное (выше 6 баллов по 10-балльной шкале), а остальные – как умеренное (до 6 баллов по 10-балльной шкале) [B5]. По поводу отдельных видов транспорта 54% респондентов ответили, что основную тяжесть воздействия климатических/погодных явлений испытывают на себе автомобильные и железные дороги [B6]. Воздействие на морское и внутреннее судоходство, воздушный транспорт и логистические центры сочли значительным лишь, соответственно, 15%, 9%, 11% и 4% респондентов.

На вопрос о наличии конкретных оценок уязвимости отдельных видов транспорта, транспортных сетей, функций, инфраструктуры и т.д. к воздействию новых погодных явлений и/или климатических факторов заметное большинство (65%) ответило утвердительно [B7]. Аналогичным образом, если 63% респондентов сообщают, что в их стране или организации проводились исследования с целью анализа потенциальных последствий климатических изменений, то лишь 50% осведомлены о работах по оценке издержек, связанных с причинением или возможностью причинения ущерба транспортной инфраструктуре [B8]. Чаще всего, по-видимому, изучается воздействие, оказываемое на инфраструктуру наводнениями и ростом температур. Это можно объяснить тем, что влиянию упомянутых факторов подвержены прежде всего автомобильные и железные дороги (см. также раздел 2). В то же время 59% респондентов осведомлены также об исследованиях, в которых изучались последствия повышения уровня моря и штормового нагона воды для транспортной инфраструктуры прибрежных районов (рис. 43). В том, что касается воздействия на функционирование и услуги транспорта, наиболее активно изучаются последствия наводнений, за которыми следуют такие факторы, как ураганные ветры, рост температур и повышение уровня моря в сочетании с штормовым нагоном. Напротив, исследования, посвященные аномальной жаре, видимо, распространены не столь широко: их удельный вес составляет всего 33%,

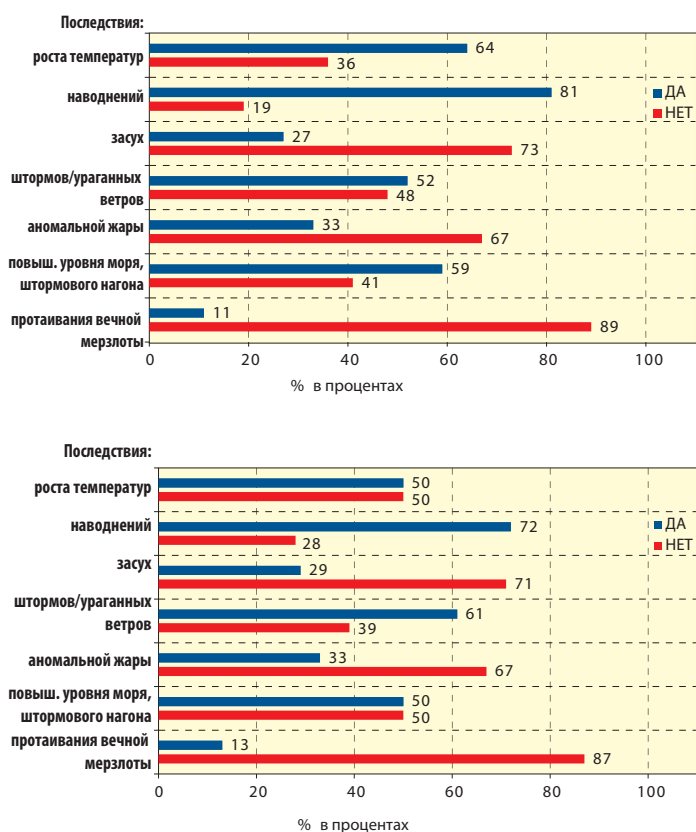


Рисунок 43. Известные респондентам исследования, посвященные специфическим последствиям изменения погодных/климатических условий для а) транспортной инфраструктуры и б) функционирования и услуг транспорта.

несмотря на то, что, как показывают прогнозы изменения климата, в XXI веке частота и продолжительность периодов аномальной жары будут возрастать (см. также раздел 3.4). Наконец, малое внимание к изучению последствий протаивания вечной мерзлоты может объясняться всего-навсего ограниченностью географического района, в котором проявляется действие этого фактора, а также составом респондентов. По мнению опрошенных, исследованию воздействия климатических изменений на транспорт мешают в основном нехватка денежных средств и наличие более первоочередных задач (51%) [B9]. Интересно отметить, что в качестве еще одного препятствия 22% респондентов упомянули слабую информированность общества (см., однако, ответы на B4).

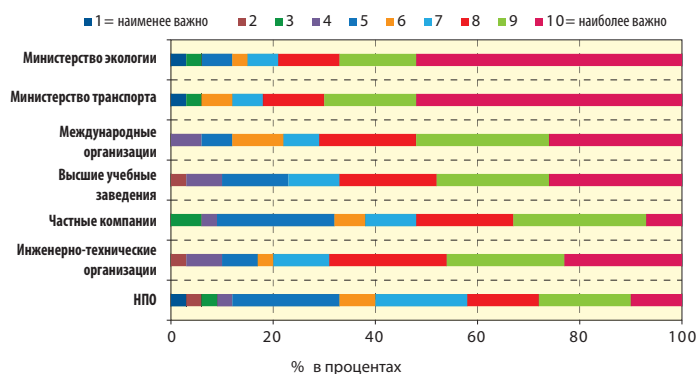


Рисунок 44. Значение, придаваемое участию различных сторон/организаций в изучении/научном исследовании/широком разъяснении последствий изменения климата для транспорта.

По мнению респондентов, наиболее важную роль в изучении, научном исследовании и широком разъяснении последствий изменения климата для транспорта [B10] должны играть министерства экологии и транспорта, за которыми следуют инженерно-технические организации и высшие учебные заведения. Важным они считают также участие международных организаций (рис. 44), тогда как участию частных компаний придается меньшее значение (менее 8 баллов по 10-балльной шкале в 55% ответов). Важнейшими дополнительными перспективами для развития транспорта, которые могут открываться в связи с изменением климата, респонденты считают потенциальное расширение туризма и увеличение сельскохозяйственного производства. Некоторые из них также отметили рост спроса или создание новых рабочих мест в таких секторах, как строительство и модернизация транспортных сетей, исследования и разработки в целях создания инфраструктуры, защищенной от климатических воздействий и устойчивой к ним, а также планирование и выработка политики в области транспорта [B11].

3.2 Степень готовности, а также существующие и планируемые стратегии, меры и инициативы по адаптации транспорта

На вопрос об общей стратегии адаптации к последствиям изменения климата 36% респондентов ответили, что в их стране или организации такая стратегия осуществляется или принята, 34% – что ее принятие планируется, а остальные 30% – что такой стратегии пока нет или что им о ней «не известно» [B12]. Аналогичные ответы были получены на вопрос о том, имеются ли в странах или организациях респондентов планы адаптации к изменению климата, специально предназначенные для транспортного сектора [B14]. 47% респондентов указали, что анализ затрат и выгод, связанных с теми или иными планами или стратегией адаптации к изменению климата [B13], уже проведен (22%) или планируется (25%). Однако 53-процентное большинство сообщило, что подобный анализ не проводился и не планируется (28% ответили, что им о таком анализе ничего не известно). Из сравнительно немногих содержательных ответов на вопрос об эффективности специальной стратегии адаптации для транспортного сектора, если таковая была принята, складывается неоднозначная картина: в частности, лишь 15% респондентов оценивают соответствующие планы как весьма эффективные [B15]. Большим разнообразием отличаются также ответы на вопрос о стратегии и методологии оценки адаптационных мероприятий [B16]: 39% респондентов оставили этот вопрос без ответа, в то время как другие указали, что существующие методы оценки включают представление и изучение докладов о ходе работы (14%), показатели результативности (14%), сопоставление с нормативами (6%), текущую оценку рисков (6%), мониторинг газовых выбросов (6%), мониторинг показателей (6%) и научный мониторинг (6%).

Из ответов на вопрос о том, какие конкретные меры принимаются или планируются с целью повышения жизнеспособности транспортных сетей в условиях изменения климата [B17], примерно в 25% случаев следует, что никаких мер подобного рода не принималось и не планируется; остальные респонденты, по-видимому, осведомлены о принятии либо сами принимали весьма разнообразные адаптационные решения и меры, в зависимости как от возникающих потребностей, так и от сферы своей компетенции (рис. 45). В некоторой или даже значительной степени эти меры, как выясняется, связаны с инвестициями, проектированием, строительством и эксплуатацией транспортных сетей [B18].

Других подробностей, однако, не сообщалось. Интересно отметить, что, по мнению одного из респондентов, шагом вперед в деле повышения жизнеспособности транспортных сетей было бы создание сетей ТЕС–Т (см., однако, раздел 4.15).

На вопрос об учете последствий изменения климата (таких, как экстремальные явления, более интенсивные осадки, повышение уровня моря и т.д.) при планировании и проектировании новой транспортной инфраструктуры [B19] значительное большинство респондентов ответили, что эти последствия учитываются в некоторой (59%) или

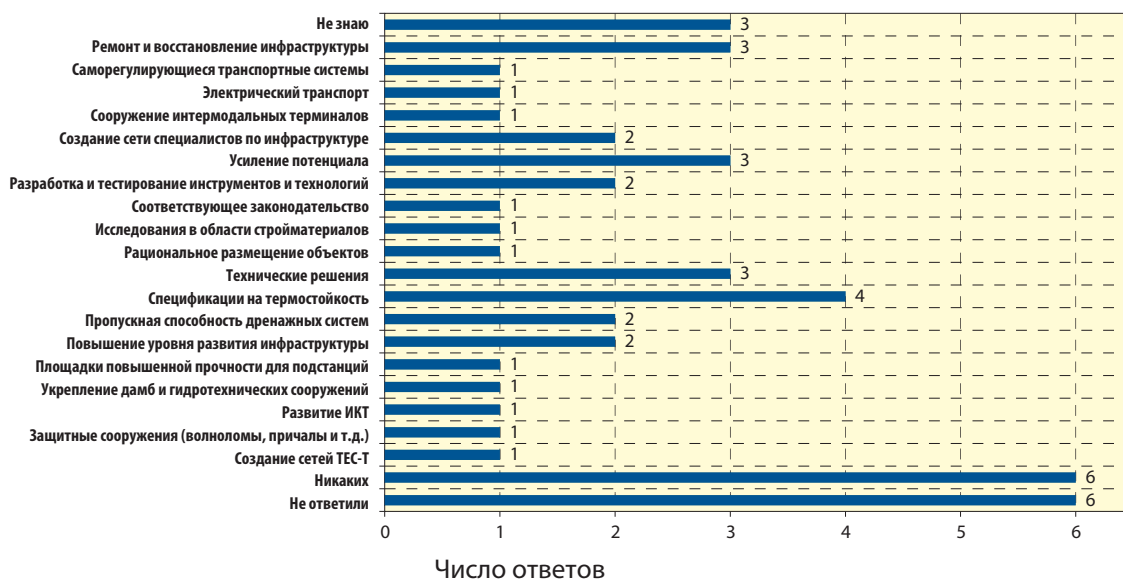


Рисунок 45. Меры реагирования, принимаемые или планируемые с целью повышения жизнеспособности транспортных сетей.

большой (28%) степени. По мнению респондентов, основные виды передовой практики/уроки на будущее в том, что касается адаптации транспорта к изменению климата [B20], связаны прежде всего с пониманием и анализом будущих последствий (22%), эффективным планированием (9%) и сотрудничеством всех заинтересованных сторон (10%). В отношении создания и/или планируемого создания систем реагирования на чрезвычайные ситуации [B21] большинство респондентов указали, что в их странах и организациях уже созданы и внедрены системы организации работы транспортной отрасли в целом и/или ее подотраслей по отдельности в чрезвычайных ситуациях. Наконец, по сведениям, имеющимся у респондентов, страховые компании при разработке продуктов, предлагаемых ими транспортному сектору/отрасли, учитывают соображения, связанные с изменением климата, лишь в редких случаях и только в определенных пределах (29%).

3.3 Потребности в информации, данных и исследованиях, а также другие нужды, в том числе финансовые

Вопросы, касающиеся потребностей в данных и исследованиях, а также вопросы финансирования имеют принципиальное значение. Наиболее полезными для успешной подготовки к изменению климата и разработке соответствующих мер адаптации к его воздействию на транспорт [B23] респонденты считают информацию/данные и прогнозы, касающиеся в первую очередь уровней осадков (28%), температуры (24%), ураганных ветров на суше (23%), а также штормового нагона воды и повышения уровня моря (20%). При этом они вновь выражают наибольшую обеспокоенность тем, как будут воздействовать на инфраструктуру и услуги транспорта наводнения, рост температур и ураганные ветры, поскольку именно эти факторы сильнее всего затрагивают инфраструктуру и функционирование автотранспорта и железных дорог. В то же время следует отметить, что пожелание респондентов расширить работу по мониторингу и прогнозированию действия этих факторов может быть связано с тем, что именно их воздействие на транспорт изучается наиболее активно (см. рис. 43). Респонденты отмечают также, что наилучшими источниками информации на этот счет являются государственные органы и национальные ведомства (в совокупности – 42%), за которыми следуют соответствующие институты (13%) и высшие учебные заведения (7%) [B24]. Заслуживает упоминания то, что возможность использования международных

и европейских учреждений в качестве источников соответствующей информации оценивается очень низко (5%); такая оценка трудно поддается объяснению в свете той важной роли, которую респонденты отводят международным организациям в изучении, научном исследовании и широком разъяснении последствий изменения климата для транспорта (см. рис. 44).

Доступность необходимых данных/информации [B25] респонденты склонны оценивать скорее негативно: те, кто считает ее плохой (6%) или неудовлетворительной (27%), численно превосходят сторонников иного мнения, согласно которому доступность таких данных можно назвать хорошей (9%) или самой полной (9%). Негативные оценки преобладают и в том, что касается полезности, актуальности и качества имеющихся данных/информации [B26]: плохими их считают 6%, неудовлетворительными – 27%, удовлетворительными – 40%, хорошими – 15% и отличными – 6%. Более половины респондентов (58%), как выяснилось, не знают о существовании функциональных моделей и компьютерных программ, позволяющих прогнозировать создаваемые погодными явлениями риски для транспортной инфраструктуры [B27]; такие средства, по-видимому, знакомы лишь явному меньшинству (42%) (см. рис. 46). Это говорит о неотложной необходимости развивать дальнейшее сотрудничество и шире распространять в регионе ЕЭК соответствующую информацию и инструменты прогнозирования.

Механизмы и источники финансирования – как существующие, так и потенциальные, – которые были указаны респондентами для поддержки изучения последствий ИК и соответствующих адаптационных мероприятий [B29], предполагают в основном использование государственных средств: в 22% ответов упоминаются национальные фонды, в 17% – фонды ЕС, и в 11% – международные фонды; при этом лишь немногие респонденты упоминают возможность финансирования за счет частных инвесторов (5%), донорских взносов (5%) и/или существующих инициатив (7%). Следует отметить, что 1/5 всех респондентов не предложили вообще никаких механизмов финансирования, будь то существующих или потенциальных, что вновь указывает на необходимость дальнейшего сотрудничества и более широкого распространения соответствующей информации в регионе ЕЭК. Что касается конкретных вопросов, которые в первую очередь заслуживают дальнейшего внимания на предмет разработки эффективных адаптационных стратегий для транспорта [B30], то здесь респонденты выдвигают на передний план (рис. 47) определение воздействия (15%), анализ уязвимости (10%), научные исследования и вопросы финансирования (12%), стратегии/технологии адаптации (10%), а также создание и внедрение систем раннего оповещения (9%). По-видимому, ими четко осознается необходимость дальнейшей научно-



Рисунок 46. Модели/компьютерные программы, которые, по мнению ряда респондентов, могут использоваться в целях прогнозирования создаваемых погодными явлениями рисков для транспортной инфраструктуры (B28).



Рисунок 47. Конкретные группы первоочередных вопросов, которые, по мнению респондентов, заслуживают дальнейшего внимания.

исследовательской работы по таким темам, как опасности, связанные с изменением климата и его воздействием на транспорт, а также эффективные меры оповещения и адаптации.

3.4 Механизмы сотрудничества на национальном/местном, региональном и международном уровнях

Механизмы сотрудничества, которые респонденты считают наиболее полезными для планомерного и скоординированного решения проблемы адаптации транспорта к изменению климата [B31], представлены на рис. 48. Полученные ответы весьма разнообразны, причем самым популярным оказался наименее конкретный из них – «сотрудничество непосредственных участников» (25%). Интересно, однако, то, что в нескольких ответах указывается на целесообразность создания сетей экспертов по инфраструктуре (9%), многоуровневых рабочих групп (9%) и механизмов партнерства правительств с институтами (18%), а также сотрудничества министерств и транснационального сотрудничества.

В то же время значительная часть респондентов не считает достаточной нынешнюю степень сотрудничества на национальном и местном уровнях; оптимальным или удовлетворительным такое сотрудничество назвали лишь 34% [B32]. Картина не

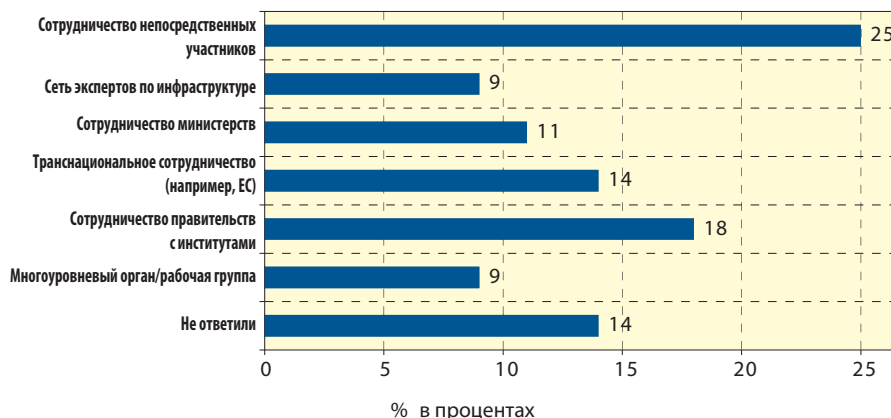


Рисунок 48. Мнения респондентов о полезных механизмах сотрудничества в целях адаптации транспорта к изменению климата.

улучшается и при оценке сотрудничества в более широком – региональном и субрегиональном – масштабе. Несмотря на, по-видимому, существующую политику и практику обмена соответствующей информацией [B33], нынешняя степень сотрудничества удовлетворяет лишь 22% респондентов [B34].

Сравнительно более высоко респонденты оценивают сотрудничество на международном уровне, которое 42% из них считают оптимальным или достаточным [B36]; при этом они конкретно называют методы [B37], с помощью которых можно углубить это сотрудничество (рис. 49). Наконец, на вопрос о том, заслуживает ли серьезного рассмотрения идея внесения в некоторые региональные соглашения между странами ЕЭК поправок, поощряющих или облегчающих адаптацию транспортных сетей к изменению климата, 32% респондентов ответили утвердительно, 10% такую возможность не исключили и еще 10% дали отрицательный ответ.



Рисунок 49. Предлагаемые виды/методы международного сотрудничества, которые могут с пользой применяться для преодоления последствий изменения климата и решения адаптационных задач.

3.5 Конкретные вопросы, касающиеся инфраструктуры автомобильного и железнодорожного транспорта и внутренних водных путей

На вопрос о знании и понимании государственными учреждениями и организациями факторов уязвимости современной инфраструктуры автомобильного и железнодорожного транспорта к естественным угрозам [B38] значительная часть (42%) респондентов дают однозначно утвердительный ответ. Однако резервы для повышения такой осведомленности, судя по всему, имеются, поскольку многие респонденты (34%) на этот вопрос не ответили вовсе, а 24% из них считают, что имеющиеся знания и понимание необходимо углубить. При более детальном рассмотрении вопроса (какова вероятность повреждения участка автодороги/железнодорожного пути при наводнении и к каким последствиям это приведет) выясняется, что лишь 44% респондентов сравнительно хорошо осведомлены о конкретных факторах риска и вероятных последствиях [B39]. Кроме того, на вопрос о наличии механизмов оценки существующих уровней рисков [B40] прямой утвердительный ответ дали только 23% респондентов, в то время как 18% заявили, что такой механизм у них создается в настоящее время или что механизмы подобного рода существуют лишь для тех или иных конкретных случаев.

В ответах на вопросы о последствиях климатических изменений и изменчивости климата для внутренних водных путей [B41–44] прослеживается четкая закономерность. От 50% до 70% респондентов не ответили на них вообще, что, вероятно, связано с особенностями данного вида транспорта и составом опрошенных (в который входят страны и организации, не имеющие практически никакой инфраструктуры водного транспорта и не пользующиеся его услугами). Из остальных ответов следует, что воздействие изменения климата может быть существенным и многообразным (см. рис. 50), но что справиться с этим воздействием возможно.

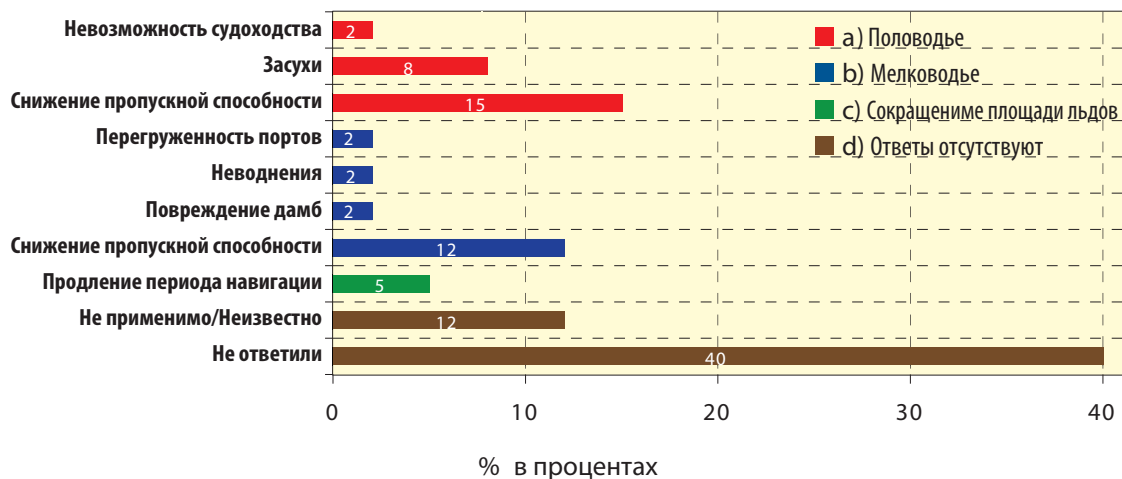


Рисунок 50. Различные последствия изменения климата для инфраструктуры и функционирования внутреннего водного транспорта.



Gara de Nord, Bucuresti, Румыния, Сильный снегопад и метель, январь 2008 года © Club Ferroviar



Железнодорожный мост Putna Seaca, Румыния. Ущерб от наводнений в 2005 году © Club Ferroviar

Глава 4. Возможные меры адаптации к последствиям изменения климата

4.1 Введение

Общепризнано, что международный транспорт способствует расширению торговли и повышению уровня мобильности, стимулирует социальное развитие и является двигателем экономического роста. С другой стороны, постоянное увеличение объемов грузовых и пассажирских перевозок¹² оказывает неблагоприятное воздействие на окружающую среду, энергопотребление и климат. Например, в настоящее время на долю транспорта приходится около 62% мирового потребления нефти, которое, по прогнозам, будет расти приблизительно на 1,4% в год до 2035 года, когда доля транспорта в мировом потреблении жидких видов ископаемого топлива достигнет 82% (IEA, 2012; UNCTAD, 2012). Все это, помимо прочего, может повлечь за собой значительные последствия с точки зрения энергетической безопасности (e.g. Haydock and Kollamthodi, 2009) и проводимой политики в отношении выбросов¹³. Пренебрежение этими тенденциями приведет к повышению вероятности ухудшения состояния окружающей среды и энергопотребления, что в конечном итоге может подорвать развитие и рост экономики. Именно по этой причине задачам смягчения последствий изменения климата придается все большее значение в международной политической повестке дня, в том числе в работе, проводимой под эгидой КВТ ЕЭК ООН (e.g. Rothengatter, 2009). С учетом того, что растущие грузовые и пассажирские перевозки будут приводить к увеличению транспортных заторов и повышению рисков загрязнения, а также расходов¹⁴, следует безотлагательно приступить к разработке устойчивой, энергоэффективной и максимально безопасной в экологическом отношении стратегии обеспечения мобильности.

Интеграция и глобализация рынка невозможны без интеграции транспортных сетей. Эта посылка получила широкое признание и лежит в основе принципов общей транспортной политики, которые закреплены, например, в учредительных международных договорах Европейского союза (см. e.g. ЕС, 2012b) и многих инициативах ЕЭК. Для того чтобы во всем регионе ЕЭК действовала эффективная, всеобъемлющая сеть смешанных транспортных перевозок, необходимо создать эффективные наземные, морские и воздушные международные транспортные сети, которые позволят осуществлять свободную, безопасную и быструю перевозку грузов и пассажиров между государствами-членами, а также обеспечить эффективную связь с другими партнерами по международной торговле (см., например, рис. 16 и 19). Одним из очевидных решений является обеспечение оптимального сочетания различных видов транспорта, например, в рамках существующих транспортных цепей, которое будет способствовать внедрению технических инноваций и постепенному переходу на наиболее устойчивый, экономичный и наименее загрязняющий окружающую среду транспорт¹⁵. В то же время

¹² Например, по некоторым оценкам, к 2050 году объем коммерческих грузоперевозок (в тонно-километрах) вырастет втрое (UNCTAD, 2012).

¹³ В настоящее время на долю транспортного сектора приходится около 13% всех выбросов ПГ (около 25% выбросов CO₂); по прогнозам, до 2030 года эти выбросы будут расти на 1,7% в год (UNCTAD, 2012). В США выбросы ПГ на транспорте составляют около 28% от общего объема выбросов (в экв. CO₂) (<http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/sources/transportation.html>).

¹⁴ Например, расходы на развитие инфраструктуры ЕС с учетом потребностей в транспорте в период 2010–2030 годов, по оценкам, составят более 1,5 трлн. евро. На завершение строительства сети ТЕС-Т до 2020 года потребуется около 550 млрд. евро, включая 215 млрд. евро, которые предназначены для устранения основных узких мест (http://ec.europa.eu/transport/themes/sustainable/index_en.htm).

¹⁵ Выбросы в разбивке по видам транспорта, осуществляющего грузовые перевозки (в кг CO₂ на тонну груза на 1 км): автомобильный транспорт (грузовики грузоподъемностью >35 т) 0,051–0,091; дизельные поезда

в процессе развития устойчивых транспортных стратегий следует безусловно учитывать чрезвычайно существенные последствия изменения и изменчивости климата для транспортной инфраструктуры и транспортных операций и планировать эффективные адаптационные меры.

Адаптационные меры призваны понизить степень уязвимости и повысить жизнеспособность (и т.д.) транспортных систем к климатическим явлениям. Под устойчивостью понимается способность системы сохранять свои базовые функции несмотря на негативные природные явления. Применительно к транспорту жизнеспособность означает не только физическую надежность и долговечность инфраструктуры, но и способность транспортной системы быстро и с минимальными затратами восстанавливаться в случае возникновения аварийной ситуации. Таким образом, адаптационные меры можно рассматривать в качестве «страховочных мер», которые планируются и принимаются с целью ограничить будущие эксплуатационные расходы и расходы на восстановительные работы, связанные с увеличением числа климатических изменений, таких как повышение температуры и среднего уровня моря, и/или экстремальными погодными явлениями. Следует отметить также, что адаптация к изменению климата заключается не только в управлении рисками. Она может также открыть возможности для создания инновационных и передовых в технологическом отношении систем и служб в рамках транспортной инфраструктуры.

Нынешняя транспортная инфраструктура создавалась в основном в соответствии с требованиями национальной политики. Имеется целый ряд факторов, которые определяют национальные и региональные варианты адаптации, включая, в частности, оценку рисков и кратко-, средне- и долгосрочные финансовые последствия. Для определения приоритетов в области адаптации к изменению климата необходимо прежде всего провести классификацию имеющихся объектов (и т.д.) с точки зрения их критичности в рамках транспортной сети (e.g. Potter, 2012), а также сложности и стоимости работ по обеспечению их устойчивости к изменению климата. Применительно к объектам, подвергающимся контролируемому риску, необходимо планировать мероприятия по управлению рисками и реагированию на чрезвычайные ситуации. Прекращение эксплуатации объектов следует рассматривать в качестве крайней меры, к которой можно прибегнуть, если преодоление рисков является слишком сложной задачей или если задача перемещения объекта выполнима в логистическом и финансовом отношении. Например, порты являются ключевыми звеньями международных производственно-сбытовых цепей, их защита требует значительных затрат, а перенос является чрезвычайно сложной задачей. Вместе с тем осуществимость различных адаптационных мер зависит от наличия финансовых ресурсов, поступление которых из государственных, смешанных или частных источников может стать важным определяющим фактором для выбора того или иного адаптационного подхода (e.g. O'Toole, 2008; Parker et al., 2013).

Для разработки эффективных стратегий адаптации к воздействию изменения климата на транспорт требуются как соответствующие политические меры, так и совместные исследования. Первым шагом в направлении заполнения существующих пробелов в знаниях и определения приоритетных областей деятельности является проведение четко ориентированных исследований факторов уязвимости, эмпирических исследований и оценок прогнозируемых рисков и связанных с ними расходов. Такие исследования, некоторые из которых будут вкратце рассмотрены далее в настоящей главе, проводятся преимущественно на национальном уровне.

0,017–0,069, электропоезда 0,019–0,040; сухогрузы 0,0025–0,008, контейнеровозы (<8000 ДФЭ) 0,013–0,020; трейлеровозы, 0,050–0,060; дальние авиаперевозки (>1 600 км) 0,57–0,63 (Crist, 2012, см. также http://www.airportwatch.org.uk/?page_id=3262 (по состоянию на 17.08/2013)). Выбросы в разбивке по видам пассажирского транспорта (в кг CO₂ на пассажира на 1 км): легковые автомобили – 0,124, двухколесные средства – 0,083, городские автобусы – 0,067, междугородные автобусы – 0,034; железнодорожный транспорт – 0,045; морской транспорт – 0,043; авиационный транспорт – 0,130 (http://knowledge.allianz.com/mobility/transportation_safety/?813/which-transport-methods-produce-most-emissions, по состоянию на 17/08/2013).

4.2 Подходы к осуществлению политики адаптации

В условиях меняющегося и изменчивого климата для обеспечения устойчивости международных транспортных сетей требуется применение комплексных подходов, объединяющих усилия различных государственных органов и правительств и других заинтересованных сторон транспортного сектора из разных климатических регионов. Анализ применяемых адаптационных подходов и мер (Eisenack et al., 2011; 2012), а также выводы настоящего исследования (см. главу 3) свидетельствуют о том, что в политике превалирует схема «сверху вниз», при которой инициатива принятия мер, которые должны обеспечивать адаптацию, исходит или ожидается от государственной структуры или субъекта/оператора «смешанного» типа.

Разработка и осуществление планов адаптации и технических мероприятий определяют стратегический выбор, различные подходы к которому описаны ниже. Вариант «бездействия» (т.е. решение пойти на риск, не планируя и не осуществляя соответствующих технических мероприятий по адаптации) в краткосрочной перспективе может принести экономию, однако в среднесрочной и/или долгосрочной перспективе может повлечь за собой значительные расходы, особенно если страна или отдельные районы этой страны находятся в зоне повышенного риска с точки зрения изменения климата. Издержки могут быть прямыми и косвенными. Прямые издержки и потери связаны с гибелью людей, причинением вреда здоровью, повреждением инфраструктуры, а также последующими работами по реконструкции и восстановлению. Косвенные затраты связаны с различными последствиями для общественной жизни, торговли и экономики, которые вызваны разрушением и/или нарушением нормальной работы транспортных сетей.

Общепризнано, что вариант «бездействия» может выглядеть заманчивым, особенно в нынешних финансовых условиях. Во-первых, государственные операторы предпочитают финансировать проекты, приносящие прямые выгоды, которые сразу же признаются населением. В отличие от них проекты, направленные на адаптацию к изменению климата, в основном представляют собой дорогостоящие инвестиции в будущее. Во-вторых, государственному оператору или правительству может быть сложно отдать предпочтение мерам по адаптации к изменению климата, которые на начальном этапе потребуют сравнительно высоких затрат, особенно когда в рамках политики развития транспорта имеются другие параллельные задачи, такие как инвестирование в создание транспортных сетей, которые могут облегчить торговые и социальные связи. В таких случаях выбор менее обременительных в финансовом отношении инфраструктурных норм сулит некоторые непосредственные выгоды (например, снижение расходов, появление функционирующих дорог) и поэтому может рассматриваться в качестве прагматичного стратегического решения. Однако вариант «бездействия» чреват сбоем в работе и повреждению транспортной инфраструктуры, которые отразятся на: а) национальной и региональной экономике, б) социальном развитии, в) безопасности и защите населения и г) связи. В этом случае масштабы последствий будут в значительной степени зависеть от времени, затраченного на восстановительные работы, а срочность принятия мер по восстановлению поврежденной транспортной инфраструктуры скорее всего приведет к росту расходов, поскольку в чрезвычайной ситуации сложно применять обычные процедуры. Эти соображения следует принимать во внимание в ходе анализа затрат и выгод, связанных с планированием и принятием технических адаптационных мер (рис. 51).

Например, правительство Франции считает, что, если страна не примет подготовительных мер по адаптации к изменению климата, она понесет в транспортном секторе, равно как и в других секторах потери и затраты, которые будут значительно выше затрат на адаптацию этих отраслей экономики.

Действительно, человек и природа несомненно обладают способностью в любой момент начать приспосабливаться к переменам, вызванным изменением климата. Но какие затраты потребуются для такой адаптации и как долго она продлится? И если факт изменения климата сегодня ни у кого не вызывает сомнения, то масштабы его последствий и динамика этого процесса по-прежнему остаются неясными. Именно по этой причине принятый Францией национальный план адаптации сочетает в себе практические упреждающие меры и мероприятия по мониторингу, а также усилия по расширению знаний о состоянии окружающей среды.

Национальный план адаптации к изменению климата был принят правительством Франции в июле 2011 года. Ввиду неопределенности прогнозов, оценок и предполагаемых последствий изменения климата составители плана руководствовались в процессе его разработки следующими первоочередными задачами:

- a) увеличить объем имеющихся знаний во всех областях, включая использование социально-экономического подхода;
- b) определить методы для включения адаптации в русло основной деятельности;
- c) усовершенствовать механизмы ведения наблюдений и оповещения.

По мнению французских экспертов, изменение климата затрагивает все виды транспортных сетей. Необходимость адаптационных мер обусловлена продолжительностью срока эксплуатации таких сетей и соответствующего оборудования. Намечен целый ряд мер, которые предусматривают использование аналитических средств для оценки последствий изменения климата, предотвращение возникновения в транспортных системах факторов уязвимости и создание условий для повышения степени надежности и устойчивости существующей и будущей инфраструктуры для обеспечения непрерывности и надежности транспортных услуг. Предусмотренные национальным планом Франции меры касаются прежде всего пересмотра технических стандартов (например, строительных норм) и стандартов эксплуатации и материально-технического обслуживания транспортной

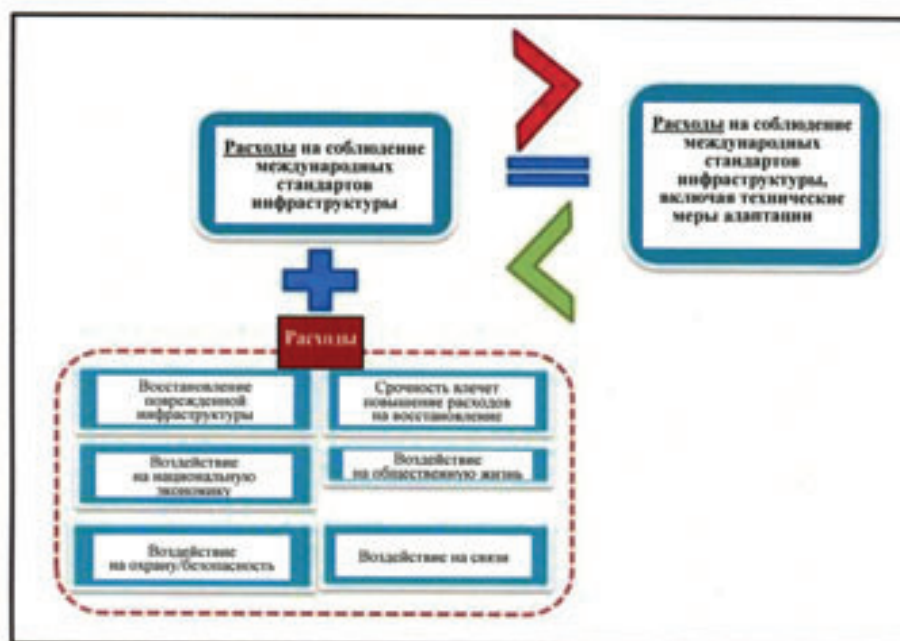


Рисунок 51. Принятие решений о расходах на создание транспортной инфраструктуры (анализ секретариата ЕЭК).

инфраструктуры. Кроме того, они касаются создания системы оценки уязвимости сети и анализа риска. Важным условием осуществления этой программы является проведение государством оценки климатических условий, информация о которой распространяется на региональном или местном уровне (уровень моря, высота волн, дожди, температура, снегопады, ветры, состояние рек).

Упреждающий подход в контексте адаптации транспорта к изменению климата подразумевает принятие осознанного решения выделять средства на разработку и осуществление соответствующих адаптационных планов, стратегий и мер с учетом возможных последствий изменения климата. Реализация такого подхода представляет определенную трудность не только из-за связанных с ним затрат, но и потому, что его сложно воспроизвести в любых условиях, так как он не является универсальным. Хотя прежние инициативы и извлеченные уроки несомненно заслуживают изучения и внимательного анализа, необходимо провести детальную оценку рисков с учетом в том числе мелких факторов изменения климата, а также таких аспектов конкретной транспортной системы и инфраструктуры, как критичность, стратегическая важность, подверженность внешним воздействиям и уязвимость. Подобные оценки должны сопровождаться анализом затрат и выгод,

Таблица 5. Предполагаемая взаимосвязь между факторами изменения климата и транспортной инфраструктурой (UK Royal Academy of Engineering, 2011). Предполагаемые повреждения инфраструктуры (П) и вероятность возникновения последствий, связанных с изменением климата (В), оцениваются как высокие (Н), средние (М) или низкие (L). Следует учитывать, что а) последствия повторяющихся или кумулятивных явлений будут отличаться от последствий единичных явлений; б) регулярно наступающие неблагоприятные погодные условия будут способствовать выделению инвестиций на устранение возникающих последствий, в то время как спорадические явления, даже более катастрофические, возможно, не будут этому способствовать; в) последствия изменения климата различаются по регионам, и разные виды инфраструктуры имеют разную степень жизнеспособности; например, организовать объезд в случае повреждения автомобильной дороги значительно проще, чем принять ликвидировать ущерб, причиненный аэропорту; г) изменение климата может привести к изменению растительности, что в свою очередь может отразиться на инфраструктуре; е) изменение сезонного спроса на инфраструктуру может стать дополнительным стресс-фактором; и ф) изменение климата может привести к изменению практики землепользования, что в свою очередь может потребовать изменения инфраструктуры.

ЗАТРОНУТАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ИЛИ ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	Высокая температура		Низкая температура		Изменение уровня подземных вод		Повышение уровня моря		Штормовый ветер		Преципитация/дождь		Засуха		Снегопад		Углекислый газ		Грозы		Мороз		Тsunami		Усиление уровня	
	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В
	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В
Автострады	М	Н	М	Л	М	М	М	Л	Н	Н	Н	Н	Н	М	М	Н	Н	Н	М	Л	Л	Н	М	Н	М	Н
Небесные дороги	Л	Л	М	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	М	М	Н	Н	Л	Л	Л	Л	М	М	Л	М	Л
Вспомогательные дороги	Л	Л	М	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Н	М	М	Н	Л	Л	Л	Л	М	М	Л	М	Л	М
Поверхностные пути	Л	Н	Л	Л	М	М	М	М	Н	М	Н	Н	Н	Н	Л	М	Н	Н	М	Л	Л	М	М	М	М	М
Подземные пути	Л	М	Л	Л	Л	М	Л	Л	М	М	Н	М	М	М	Л	М	Н	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	М	М
Аэропорты	М	Н	М	М	Л	М	Л	Л	М	М	М	М	Н	М	Н	М	Н	М	Н	М	М	М	Н	М	М	М
Авианарушки	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Н	Н	Н	Н	Л	Л	М	М	Л	Л
Терминалы	Л	Л	Л	Л	М	М	Л	Л	М	М	М	М	М	М	М	М	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л
Приобретение инфраструктуры	Л	Л	Л	Л	М	Н	Н	Н	Н	М	Л	Н	Н	Л	Л	Л	Л	М	Л	Л	Л	Л	Л	Н	М	Л
Морские порты	Л	Л	Л	Л	Л	М	Н	Н	Н	Н	М	М	Н	М	М	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Н	Л	Л
Внутренние водные пути	Л	Л	М	Л	Л	М	М	Н	М	Н	Н	Н	М	Н	М	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Н	М	Л	Н	М
Доки	Л	Л	Л	Л	Н	М	Л	Л	Н	М	Н	Н	Н	М	М	М	М	Л	Л	Л	Л	М	М	Л	Н	Н
Туманли	Л	Л	Л	Л	М	М	Л	Л	М	М	М	М	Н	М	Л	М	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	М	Л
Мосты	М	Н	М	Л	Л	М	Л	Л	Н	М	Н	М	М	М	М	М	Л	М	Н	Л	Л	Л	Л	Л	М	Л
Трубопроводы	Л	Л	Л	Л	Л	М	Л	Л	Н	Л	Н	М	Н	М	Л	М	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	М	М
Контрольные системы	М	М	Л	Л	М	М	М	Н	М	Н	М	М	М	Л	М	Л	Л	Л	М	М	Л	Л	Л	Л	Л	Л
Системы вентиляции	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Н	Н	Л	Л	Л	Л	Л	Л
Системы подачи воды	Л	Л	Л	Л	М	Л	Н	М	Н	М	М	М	Н	М	Л	Л	М	М	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л
Системы подачи газа	Л	Л	Л	Л	М	Л	Н	М	Н	М	М	М	Н	М	Л	Л	М	М	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л
Сеть зарядки электромобилей	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	М	М	Н	М	Н	М	М	Л	Л	М	М	Л	Л	Н	М	Л	Л	Л
Первич. СО ₂	М	М	Л	Л	М	М	Л	Л	М	М	М	М	Н	М	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л	Л

связанных с инвестированием в системы адаптации транспорта к изменению климата при различных сценариях изменения климата. Как показывает опыт ряда регионов, в разных местах одной и той же страны и одного и того же региона могут требоваться разные адаптационные меры. Например, специалистам транспортных сетей разных стран следует изучить инженерные решения, применяемые на железных дорогах Японии в связи с частым «застыванием» сигнальных систем (Mizukami, 2012), а также меры по установке защитных конструкций (например, габионов и бетонных стен у подножья откосов) для уменьшения скорости лавинных потоков, которые были предложены для защиты дорог на севере Европы (e.g. Hudecz, 2012). Однако эти целевые исследования должны быть скорректированы таким образом, чтобы отражать местную специфику, включая текущие и будущие данные учета средних и экстремальных величин, а также потенциальные последствия.

Применение стратегических подходов к техническим мерам адаптации зависит от различных экономических соображений, и имеются факторы, в значительной степени сдерживающие повсеместное принятие технических мер по адаптации к прогнозируемым последствиям изменения климата. Могут возникать и дополнительные факторы, например когда приходится иметь дело со строительными нормами, касающимися инфраструктуры, которые зависят в том числе от среды их применения, т.е. от наличия конкретных нормативных документов¹⁶ и/или дополнительного и специального финансирования. В отсутствие специального режима регулирования экономика, находящаяся в тяжелом состоянии, с большей вероятностью будет инвестировать в проекты транспортной инфраструктуры, не в полной мере учитывающие последствия изменения климата, если только не будет обеспечено целевое финансирование. Растущая экономика, напротив, будет содействовать скорее развитию транспортной инфраструктуры в соответствии с новыми стандартами, которые отражают факторы изменения климата и создают условия для адаптации, хотя финансовые вопросы все же могут влиять на принятие тех или иных решений. Как уже отмечалось выше, без предварительной детальной оценки национальных или местных рисков воспроизведение адаптационных подходов и мер может оказаться трудноосуществимым.

4.3 Отдельные примеры адаптационных подходов и мер, применяемых на транспорте

С учетом изложенной информации ниже представлен обзор некоторых технических мер по адаптации на транспорте, которые применяются или планируется применить в разных странах и организациях и которые оказывают влияние на различные виды транспортной инфраструктуры, оборудование, службы и операции, включая автомобильный и железнодорожный транспорт, внутренние водные пути и морские порты. Такой подход признан более приемлемым, поскольку степень зависимости от тех или иных видов транспорта и их стратегическая значимость могут различаться в зависимости от того или иного места и прогнозов в отношении изменения климата.

Сразу же следует отметить, что транспортные системы подвержены воздействию разных факторов, связанных с изменением климата, поскольку они включают множество различных подсистем, каждая из которых уязвима в отношении целого ряда климатических опасностей (см. главу 2 и таблицу 5). Для дорог, включая автомобильные

¹⁶ Например, в июне 2013 года были окончательно согласованы пересмотренные руководящие принципы Трансъевропейских транспортных сетей (http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-478_en.htm); это соглашение может способствовать реализации законодательной инициативы, касающейся соответствующего постановления ЕС (EU COM(2011) 650 final/2, см. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0650:REV1:EN:PDF>). В соответствии с принятым постановлением во всех будущих трансъевропейских транспортных проектах должны надлежащим образом учитываться факторы уязвимости и устойчивости инфраструктуры к изменению климата.

дороги, пешеходные и велосипедные дорожки, основную угрозу представляют затяжные дожди и ливни, наводнения, аномальная жара, засухи, снегопады и морозы, ураганные ветры и туманы, а также штормовые нагоны воды в прибрежных районах. Железнодорожному транспорту также угрожают штормовые нагоны в прибрежных и пойменных районах, ливни, наводнения, аномальная жара, снегопады, ураганные ветры и повышенная влажность, которые могут нарушить работу путевого оборудования. Железнодорожные терминалы могут также пострадать из-за наводнений, засухи, аномальных температур, а отдельные железнодорожные пути в прибрежных районах – из-за наводнений, вызванных штормовым нагоном (см., например, рис. 21). Главными факторами уязвимости прибрежной инфраструктуры, например морских портов, являются повышение уровня моря, штормовые нагоны и волны, наводнения, ураганные ветры, аномальная жара и туман, в то время как внутренние водные пути и порты уязвимы к аномальному повышению и понижению уровня воды в реках, засухам, образованию льда и морозам, которые могут стать причиной усыхания почвы и повреждения дамб.

4.3.1 Технические адаптационные меры для автомобильных дорог

В 2011 году в мире было продано 75 млн. автомобилей, в результате чего общее число используемых автотранспортных средств достигло приблизительно 1 миллиарда. Ожидается, что к 2020 году их количество существенно возрастет, причем значительная часть этих новых автомобилей будет передвигаться по дорогам развивающихся стран (статистика ЕЭК за 2012 год). Кроме того, ожидается, что в течение следующих 40 лет численность городского населения вырастет до 6 миллиардов, что говорит о насущной необходимости оценки соответствующих будущих тенденций и потребностей и в реагировании, включая адаптацию к изменениям климата, которые будут оказывать воздействие на качество автомобильного транспорта и уровень безопасности пользователей автомобильных дорог.

Кроме того, нельзя недооценивать важность автомобильного транспорта для международных коммерческих перевозок. На долю автомобильного транспорта приходится соответственно 46% и 83% грузо- и пассажироперевозок в пределах ЕС (ЕС, 2012b), а согласно статистике Международного союза автомобильного транспорта (МСАТ) на долю автомобильного транспорта приходится в среднем более 80% внутренних грузовых перевозок. Таким образом, объем грузооборота только в ЕС, Соединенных Штатах Америки, Содружестве Независимых Государств, Китае и Японии составляет более чем 6 000 млрд. тонно-км в год. В условиях современной экономики 85% доставляемых автотранспортом грузов перевозятся на расстояние до 150 км, и никакой реальной экономической альтернативы таким перевозкам, как правило, нет. Наконец, следует отметить, что, хотя более 80% товаров в рамках мировой торговли (в объемном выражении) перевозятся по морю (см. также раздел 4.6), этот груз почти всегда следует автомобильным транспортом до или от порта и/или склада в соответствии с договором о смешанных перевозках. Таким образом, очевидно, что подавляющее большинство по крайней мере контейнерных грузовых перевозок включает этап перевозки по автодорогам.

Перед системой грузовых автомобильных перевозок стоит целый ряд задач, включая повышение эффективности (например, путем более четкой интеграции с другими видами транспорта), предоставление инновационных транспортных услуг и создание интеллектуальных транспортных систем, а также устойчивой инфраструктуры, которая будет обеспечивать доступность и мобильность в условиях изменения климата. Современные технологии могут существенно помочь данному сектору в выполнении этих задач, обеспечив более эффективное использование инфраструктуры, применение передовых методов управления транспортом, уменьшение выбросов углекислого

газа и строительство более устойчивых к изменению климата дорог¹⁷. Например, за счет применения передовых методов логистики можно уменьшить долю «порожнего» пробега, который составляет в настоящее время около 25% автомобильных перевозок, в то время как применение современных навигационных приборов и других систем управления движением может сократить время в пути, понизить степень загруженности дорог, обеспечить слежение за автомобилями и грузами и внедрить стандарты эксплуатационной совместимости. Специализированные проекты НИОКР могут обеспечить создание более экономичных двигателей и снижение уровня выбросов; например, так называемый стандарт «Евро-VI» для двигателей (обязательный с 2014 года) был разработан с целью сократить выбросы более чем на 60% (ЕС, 2012b).

Последствия изменения климата для автотранспорта связаны с вопросами безопасности, эксплуатации и материально-технического обслуживания дорожной инфраструктуры и соответствующих систем. Они могут быть как прямыми (например, повреждения, деформация и оседание дорожного покрытия и оползни, ограничение доступности вследствие наводнений и эрозии), так и косвенными (экономические, экологические, демографические и касающиеся пространственного планирования). Каждое из этих последствий требует применения разных технико-эксплуатационных мер адаптации, включая установление новых температурных нормативов для дорожных покрытий и расширительных швов мостов, укрепление кромок дорожных насыпей, использование стальной арматуры при строительстве дорог, повышение уровня размещения дорог, мостов и туннелей выше уровня наводнений и снежного покрова и разработка «погружных» дорожных покрытий, устойчивых к частым затоплениям (Tsampoulas, 2012, см. также <http://www.worldhighways.com/>). Деятельность по обеспечению учета факторов изменения климата при проектировании и эксплуатации дорог включает: i) оценку рисков, в ходе которой оцениваются подверженность автодорожных систем различным воздействиям, их уязвимость и жизнеспособность, а также меры по их адаптации; ii) планирование сроков (учет долгосрочных последствий изменения климата в процессе планирования) и iii) целевые стратегии адаптации (см. также PIARC, 2012).

С учетом всего этого ниже описываются некоторые из надлежащих адаптационных мер, применяемых или планируемых в отдельных государствах ЕЭК (Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии, Соединенных Штатах Америки и Канаде). Они служат хорошим примером политики и практики, применяемых в области адаптации автомобильного транспорта к изменению климата.

4.3.1.1 Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии

Дорожное управление Соединенного Королевства провело в последние годы несколько исследований с целью оценки потенциальных рисков, которым вследствие изменения климата подвергаются эксплуатация, обслуживание и работа по совершенствованию дорожных сетей. На основе результатов этих исследований в 2009 году были опубликованы стратегия и рамочная программа адаптации к изменению климата Дорожного управления Соединенного Королевства, а в августе 2011 года – дополнительные документы по оценке рисков изменения климата (UK Highways Agency, 2009; 2011). В таблице 6 приведены примеры некоторых связанных с изменением климата рисков, которые могут повлиять на состояние дорог Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии, и соответствующих последствий, которые отражены в вышеперечисленных докладах.

¹⁷ См. также PIARC, 2012. Следует также отметить, что, хотя имеется все больше фактов, указывающих на необходимость применения НИОКР для строительства более устойчивых к изменению климата дорог, это соображение не нашло отражения в приоритетных областях исследований, предложенных недавно Автомобильной федерацией Европейского союза (ERF, 2013).

Таблица 6. Выявленные Дорожным управлением высокие риски для корпоративных целей, связанные с изменением климата.

Риск	Примеры
Ухудшение состояния и понижение уровня безопасности объектов	Ухудшение состояния объектов происходит быстрее вследствие изменения средних климатических условий; объектам наносится более серьезный ущерб в результате более экстремальных климатических явлений
Снижение уровня доступности и/или функциональности сетей	Необходимость введения ограничений в отношении использования сетей для обеспечения безопасности; увеличение потребностей в дорожных работах
Рост расходов на поддержание безопасного и исправного состояния сети	Чаще возникает потребность в строительных, технических, ремонтных и восстановительных работах или техническом перевооружении; требуются новые (и высокозатратные) решения, касающиеся применяемых конструкций, материалов и компонентов, и связанные с этим расходы на строительство
Повышение уровня опасности работы дорожных рабочих	Повышение уровня рисков, с которыми сталкиваются рабочие, выполняя строительные и материально-технические работы, и работники, занимающиеся регулировкой движения, вследствие изменения климата (работа во время экстремальных погодных явлений и выполнение более "рискованных" видов деятельности)
Усиление программных/качественных рисков вследствие внесения требуемых изменений в строительную деятельность	Более обременительные требования, предъявляемые к проектированию; требуются новые технические решения, при этом растет степень неопределенности, что отражается на программах и/или качестве проектов
Неадекватность действующих внутренних оперативных процедур	Последствия изменения климата обуславливают необходимость применения новых оперативных и коммерческих процедур, новых навыков и умений
Рост административных расходов	Потребность в расширении штата; более частые аварии (сопряженные с более значительными затратами); необходимость проведения дополнительных исследований для преодоления последствий изменения климата

Рамочная адаптационная модель дорожного управления (РАМДУ) представляет собой семиэтапный процесс (рис. 52), позволяющий определить виды деятельности, которые будут затронуты изменением климата, а также связанные с ними риски и возможности и предпочтительные варианты действий. РАМДУ, в частности: i) увязана с корпоративными целями Дорожного управления; ii) ориентирована на сферы деятельности Дорожного управления и поиск путей ее адаптации; iii) предусматривает приоритетные направления деятельности; iv) отражает, по возможности, современные процессы и процедуры Дорожного управления; v) четко определяет сферу полномочий; vi) облегчает осуществление стратегического надзора за ходом работы и управление остаточными рисками и vii) предусматривает возможность гибкого подхода с учетом имеющихся потребностей и достижений климатологии.

Что касается определения приоритетности адаптационных мер, то было высказано мнение, что сроки реализации зависят от цикличности расчетного ресурса объектов/деятельности (рис. 53). Связанные с изменением климата последствия, которые материализуются со временем, следует рассматривать с учетом цикла обновления активов, с тем чтобы меры по адаптации осуществлялись ближе ко времени материализации последствий изменения климата. Например, камера видеонаблюдения и дорожные знаки, имеющие короткий цикл обновления (см. рис. 53), должны относиться к объектам, имеющим низкую степень приоритетности в плане скорейшего принятия мер, в то время как объектам и видам деятельности с большим расчетным ресурсом

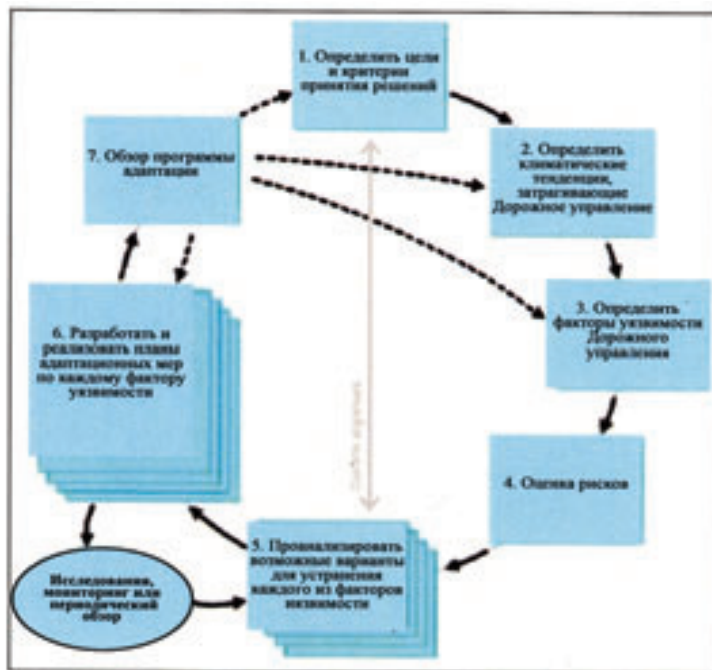


Рисунок 52. Рамочная адаптационная модель Дорожного управления (UK Highways Agency, 2009).

следует заблаговременно уделять внимание, поскольку в будущем может не быть возможности для вмешательства.

Согласно докладу, адаптационные меры рекомендуется принимать заблаговременно, если: а) требуется много времени для планирования/осуществления адаптационных мер (например, время, требуемое для организации исследования или внесения изменений в действующую политику и стандарты); б) требуются значительные усилия по планированию вследствие необходимости проведения работ на многих участках сети; и

Расчетный ресурс

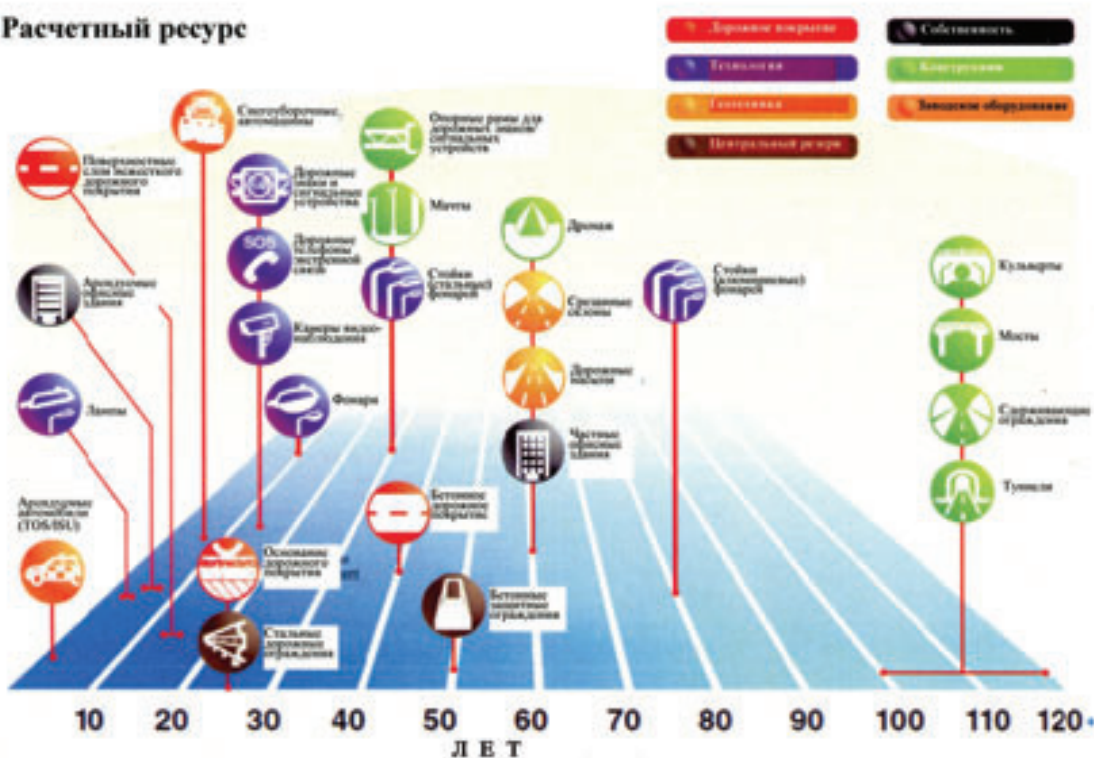


Рисунок 53. Расчетный ресурс объектов (UK Highways Agency, 2011).

с) меры по защите от климатических изменений касаются дорогих объектов с большим расчетным ресурсом, обеспечение устойчивости которых к будущим изменениям климата будет несомненно экономически выгодным.

4.3.1.2 Соединенные Штаты Америки

Транспортная система США включает около 4 миллионов миль публичных автомобильных дорог (<http://www.nationalatlas.gov/transportation.html>). Федеральное управление шоссейных дорог (ФУШД) выделило финансовые ресурсы для отбора бенефициаров с целью оказания поддержки проведению на региональном уровне оценок рисков и уязвимости инфраструктуры и/или систем (завершенных в декабре 2011 года), которые позволят государственным транспортным ведомствам и городским плановым организациям (ГПО) применять извлеченные в результате этого уроки в рамках собственных оценок уязвимости. С помощью экспериментальных проектов ФУШД намерено доработать типовую концептуальную основу проведения оценок уязвимости и рисков, которая сначала будет распространена среди партнеров на местном уровне и на уровне штатов, после чего будет задействована в новых экспериментальных проектах. Было решено, что на мероприятия по адаптации к изменению климата могут быть направлены средства, выделяемые на оказание помощи из федерального бюджета, если эти мероприятия будут учитываться в процессах принятия решений по транспортным вопросам на уровне штатов и ГПО (USDOT, 2012b). Кроме того, Федеральное управление шоссейных дорог провело коллегиальные практикумы по обмену опытом между ГПО и соответствующими учреждениями на уровне штатов, уделяя основное внимание эффективным подходам к рассмотрению вопросов адаптации к изменению климата в рамках планирования деятельности транспортного сектора на уровне городов и штатов.

В Соединенных Штатах Америки воздействие изменения и изменчивости климата на дороги связано главным образом с повышением температуры воздуха, усилением ветра, повышением интенсивности осадков и наводнений, усилением прибрежных штормов и повышением уровня моря (Potter, 2012). Согласно недавнему исследованию уязвимости автомобильных мостов Соединенных Штатов Америки в условиях наводнений (Wright et al., 2012), большинство повреждений мостов связано с размывом донных отложений, которое ведет к эрозии речного русла и, как следствие этого, к снижению степени устойчивости мостовых опор. Дорожные мосты являются жизненно важной частью национальной транспортной системы, и согласно проведенным исследованиям, в настоящее время недостаточно защищенными являются 129 000 мостов, к 2055 году под угрозой будут находиться 48 000–96 000 мостов (вследствие повышения интенсивности максимального стока, наблюдаемого один раз за 100 лет), а к 2090 году в опасном состоянии окажутся 66 000–117 000 мостов (см. также раздел 2.2 и рис. 30).

В рамках исследования Федерального управления шоссейных дорог был предложен процесс скрининга климатических рисков на транспорте, который включает: i) оценку критичности всех объектов транспортной отрасли, ii) оценку степени важности всех критических объектов, iii) оценку степени воздействия на все критические и наиболее важные объекты и iv) оценку сосредоточения всех критических, наиболее важных и уязвимых объектов. В целях адаптации могут быть приняты, в частности, такие меры, как строительство заграждений для защиты от штормовых нагонов и укрепление мостов и вспомогательных конструкций, защита от паводковых вод путем размещения соответствующих конструкций на большей высоте, более интенсивное и более частое материально-техническое обслуживание, повышение запаса прочности (по глубине) на случай наводнений, более частое проведение дноуглубительных работ, демонтаж и перенос объектов, а также повышение гибкости планирования путем понижения уровня необратимых инвестиционных затрат и сокращение сроков аренды (National Research Council, 2008). Было также высказано мнение (e.g. Potter, 2012), что оценки рисков в сочетании с адаптационными мерами могут повысить степень устойчивости инфраструктуры. Считается, что их интеграция в существующие процедуры

Таблица 7. Потенциальные изменения климата, их воздействие на наземный транспорт и варианты адаптации (см. National Research Council, 2008).

Фактор ИК	Операции/Нарушения	Инфраструктура	Изменения в операциях	Изменение проектно-конструкторских решений и материалов	Прочее
Температура: повышение в очень жаркие дни и периоды аномальной жары	Ограничение продолжительности строительных работ из-за угрозы для здоровья и безопасности; ограничение обычно вступает в силу при температуре 29,50C (850F); при температуре 40,50C (1050F) возможен тепловой удар	Нарушение дорожного покрытия и бетонных конструкций	Перенос строительных работ на более прохладное время суток	Разработка новых термостойких дорожных покрытий	
	Перегрев автомобилей и износ шин	Тепловое расширение мостовых компенсаторов и дорожных покрытий		Более широкое применение метода ландшафтного проектирования термостойких улиц и дорог	
		Воздействие на ландшафтное проектирование шоссейных дорог и правила проезда			
Температура: понижение в очень холодные дни	Изменение расходов на уборку снега и льда и экологические последствия применения соли и химикатов (в целом сокращение, но в некоторых регионах увеличение)	Возможные нарушения покрытия, например размягчение, образование колеи, смещение расплавленного асфальта; серьезным фактором является длительное сохранение температуры выше 32 °C (90 °F)	Сокращение объема работ по уборке снега и льда		
	Уменьшение количества связанных с похолоданием ограничений в отношении ремонтных работ		Увеличение продолжительности сезона строительно-ремонтных работ		

Фактор ИК	Операции/Нарушения	Инфраструктура	Изменения в операциях	Изменение проектно-конструкторских решений и материалов	Прочее
Температура: повышение в Арктике		Таяние вечной мерзлоты, являющееся причиной проседания дорог, мостовых опор и трубопроводов Сокращение периода использования ледовых дорог	Сокращение продолжительности периода использования ледовых дорог Удлинение потенциального сезона строительных работ Более широкое применение гидрокатакторов для мониторинга за стоком и подмывом мостовых опор	Использование изоляционного слоя в дорожной призме Применение различных систем пассивного охлаждения, включая термосифоны, скальные галереи и "холодные кульверты"	Перенос отдельных участков дороги на более твердый грунт
Температура: более позднее наступление заморозков и более раннее начало таяния	Изменения сезонных весовых ограничений	Замедление износа дорожного покрытия вследствие меньшего воздействия морозов, снега и льда, однако повышение вероятности учащения циклов замерзания/оттаивания в некоторых местах	Смягчение сезонных весовых ограничений (сокращение продолжительности использования ледовых дорог)		
	Изменения сезонных топливных потребностей				
	Повышение уровня мобильности и безопасности вследствие сокращения периода зимней погоды				
	Увеличение продолжительности сезонных строительных работ				

Фактор ИК	Операции/Нарушения	Инфраструктура	Изменения в операциях	Изменение проектно-конструкторских решений и материалов	Прочее
Повышение уровня моря в дополнение к штормовым нагонам	<p>Более частые нарушения перевозок по дорогам, пролегающим через прибрежные районы и низины вследствие штормовых нагонов</p>	<p>Загромождение дорог в прибрежных районах</p>		<p>Подъем улиц и мостов</p>	<p>Перенос отдельных участков дорог</p>
	<p>Более интенсивные штормовые нагоны, требующие эвакуации</p>	<p>Более частые или более сильные затопления подземных туннелей и объектов инфраструктуры, расположенных в низинах</p>		<p>Строительство дренажных каналов вблизи дорог в прибрежных районах</p>	<p>Усиление защиты расположенной в прибрежных районах недвижимости с помощью дамб, волноотбойных стен и валов</p>
		<p>Эрозия дорожной подушки и мостовых опор</p>		<p>Повышение высоты и защита мостов, туннелей и сквозных подъездных путей</p>	<p>Укрепление и увеличение высоты существующих дамб, волнозащитных стен и валов</p>
		<p>Размыв мостовых опор</p>		<p>Дополнительные мощности для откачивания воды из туннелей</p>	<p>Ограничения в отношении дальнейшей застройки наиболее уязвимых прибрежных районов</p>
		<p>Уменьшение высоты прохода под мостами</p>			<p>Повышение страховых премий с целью ограничения застройки</p>
		<p>Утрата прибрежных водно-болотных угодий и барьерной береговой линии, проседание грунта</p>			

Фактор ИК	Операции/Нарушения	Инфраструктура	Изменения в операциях	Изменение проектно-конструкторских решений и материалов	Прочее
Осадки: усиление интенсивности осадков	Увеличение продолжительности задержек из-за непогоды	Более сильные затопления дорог и подземных туннелей	Расширение систем мониторинга за подмывом мостовых опор/устоев	Обеспечение защиты наиболее важных маршрутов эвакуации	Более широкое применение сенсоров для мониторинга за стоком
	Более частые нарушения перевозок	Чрезмерная нагрузка на дренажные системы, приводящая к образованию противотока и затоплению улиц	Повышение интенсивности мониторинга земельных склонов и дренажных систем	Модернизация дорожных дренажных систем	Ограничения в отношении застройки пойменных районов
	Более сильное затопление маршрутов эвакуации	Более значительное разрушение дорог в результате размыва, повреждение вспомогательных сооружений и оползни/сели, приводящие к повреждению дорог	Повышение интенсивности мониторинга за состоянием трубопроводов, их смещением и размывом грунта на мелководье	Укрепление мостовых опор и устоев с помощью каменной наброски	
	Срыв строительных работ	Повышение уровня влажности почвы, приводящее к снижению конструкционной прочности дорог, мостов и туннелей	Необходимость более частого мониторинга за паводками в режиме реального времени	Повышение пропускной способности кульвертов	
	Изменение интенсивности дождей, снегопадов и сезонных наводнений, отражающееся на безопасности и работах по техническому обслуживанию	Неблагоприятное воздействие стоячей воды на дорожную подушку; более интенсивный размыв земляного полотна дороги и более сильные повреждения трубопроводов	Утверждение аварийных эвакуационных процедур	Увеличение мощности насосов для откачивания воды из туннелей	
				Создание конструкций для укрепления склонов и противопожизневых сооружений	
				Изменение стандартов мощности дренажных систем для новых и модернизируемых объектов инфраструктуры (например, допущение возможности 500-летнего, а не 100-летнего максимума при прогнозировании штормов)	

Фактор ИК	Операции/Нарушения	Инфраструктура	Изменения в операциях	Изменение проектно-конструкторских решений и материалов	Прочее
Штормы: повышение частоты и интенсивности ураганов (4—5 категории)	Увеличение количества мусора на дорогах, приводящее к нарушению пассажирских и грузовых перевозок	Повышение вероятности сбоев в работе инфраструктуры	Аварийные эвакуационные процедуры становятся более привычными	Изменение конструкций мостов с целью более надежного связывания мостовой палубы с опорными сооружениями /укрепление основания	Укрепление и повышение высоты дамб
	Повышение частоты и, возможно, интенсивности операций по аварийной эвакуации	Повышение опасности нарушения прочности мостовой палубы	Совершенствование возможностей прогнозирования оползней и траектории ураганов	Повышение требований к мощности дренажных систем для новых объектов транспортной инфраструктуры или крупных проектов реконструкции (например, допущение более частой повторяемости явлений)	Ограничения в отношении дальнейшей застройки уязвимых прибрежных районов
		Причинение более значительного ущерба указателям, осветительным приборам и опорным конструкциям	Повышение эффективности мониторинга за состоянием дорог и оповещение водителей автотранспорта в режиме реального времени	Ликвидация узких мест на ключевых путях эвакуации и создание дополнительных резервных сооружений	Повышение тарифов страхования на случай наводнений с целью ограничения застройки уязвимых районов
		Снижение прогнозируемого срока эксплуатации шоссейных дорог, подвергающихся штормовому нагону	Повышение эффективности моделей аварийной эвакуации	Разработка методов модульного строительства для тех районов, где инфраструктура находится под угрозой	Восстановление природного режима в прибрежных районах

планирования и управления рисками, возможно, позволит в целом добиться более благоприятных результатов. Наконец, прошлый опыт говорит о том, что: i) решения о принятии тех или иных мер следует принимать как можно быстрее, ii) следует внимательно подходить к оценке маловероятных экстремальных явлений, поскольку они могут иметь очень серьезные последствия, iii) одним из ключевых факторов является интеграция существующих парадигм, iv) важно учитывать часто возникающие среди заинтересованных сторон разногласия и v) основное внимание следует сосредоточить на принятии решительных мер.

В таблице 7 обобщаются соображения, касающиеся адаптации дорожной транспортной инфраструктуры в Соединенных Штатах Америки к изменению климата.

4.3.1.3 Канада

Меры, принимаемые в транспортном секторе Канады в целях адаптации к изменчивости и изменениям климата/погоды, связаны в основном с защитой инфраструктуры, а также поддержанием и повышением уровня мобильности и безопасности. Что касается дорог, то связанные с погодой и климатом факторы уязвимости должны рассматриваться в рамках стандартов и протоколов, относящихся к проектированию и строительству (e.g. CCIADC, 2004). Применительно к дорогам с асфальтовым покрытием изменчивость температуры должна учитываться при выборе дорожного битума и битумной эмульсии для сдерживания процесса образования колеи при высоких температурах и трещинообразования при низких температурах.

Повышение частоты жарких дней и усиление жары могут привести к увеличению числа случаев размягчения дорожного покрытия и образования связанного с движением транспорта колеи, а также появления на поверхности старых или плохо построенных дорог жидкого битума и образования пленки выпотевшего битума. Процесс образования колеи может усиливаться во время длительных периодов летней жары на дорогах с интенсивным движением грузовых автомобилей. В таких случаях для обеспечения более высокой термостойкости может потребоваться применение более совершенных и более дорогостоящих дорожных битумов. Трещинообразование на дорогах из-за морозов и повреждение дорог вследствие учащения циклов замерзания/оттаивания могут привести к преждевременному износу дорожного покрытия прежде всего в тех случаях, когда земляное полотно состоит из мелкозернистого водонасыщенного материала. Такие повреждения можно уменьшить, например, путем применения полистиролового изоляционного слоя, как это сделано на одном из участков Демпстерской магистрали. В контексте адаптации к сокращению и/или повышению степени неустойчивости сезонов ледовых путей сообщения могут приниматься такие меры, как повышение интенсивности использования барж в летний период, уделение более пристального внимания строительству и обслуживанию ледовых дорог для продления срока их эксплуатации, строительству всепогодных дорог и использованию систем мониторинга, таких как канадские системы информации о метеорологических условиях на дорогах (ARWIS), для контроля и прогнозирования погодных условий и сокращения тем самым масштабов использования соли (CCIADC, 2004).

Следует отметить, что по сравнению с исследованиями, посвященными смягчению последствий изменения климата, исследования по проблеме адаптации к изменению климата, за исключением районов вечной мерзлоты, проводятся значительно реже (Infrastructure Canada, 2006).

4.3.1.4 Франция

Согласно исследованию, проведенному в 2009 году (SETRA et LCPC – Contributions au Rapport interministériel – Coûts des impacts du changement climatique et de l'adaptation en France – MEEDDM) министерством по устойчивому развитию Франции, повышение средней температуры в течение длительного периода может повлечь за собой определенные разрушительные последствия.

Это исследование показало, что дорожное покрытие в целом довольно хорошо выдерживало аномальную жару, которая не привела к масштабным проблемам, связанным с нарушением прочности дорожного покрытия или мостов. Тем не менее собранная информация свидетельствует о наличии ряда проблем, касающихся дорожного покрытия и сооружений.

Засуха может нарушить режим эксплуатации мостов вследствие выноса грунта и обратной засыпки, в том числе глиняной набойки. Поступали сообщения о растрескивании элементов конструкций отдельных мостов и проседании береговых валов. По завершении аномальной жары 2003 года никаких масштабных нарушений отмечено не было.

Вследствие усыхания грунта возможно также его растрескивание. Следует принять во внимание, что во Франции все дороги (как на севере, так и на юге) имеют однородную конструкцию крепежного слоя. Различается главным образом поверхностный слой, который укладывается с учетом особенностей климата. Сортировка материалов по крупности и образование колеи – единственные вопросы, рассматриваемые в связи с проблемой изменения климата.

Климат оказывает незначительное воздействие на дороги, если интенсивность движения составляет от 300 до 750 грузовиков в день (режим T1). В материальном отношении климатический параметр является вторичным по отношению к интенсивности движения.

Как следствие этого:

- a) число случаев, связанных с изменением «типа климата», представляется ограниченным;
- b) интенсивность движения является главным критерием для определения нагрузки на дорожное покрытие;
- c) еще одним фактором, который, возможно, оказывает более значительное воздействие, чем климат, является высота;
- d) весьма существенным является критерий «низкой температуры»; как показывает практика, дорожное покрытие подвергается более значительному износу вследствие учащения циклов замерзания/оттаивания.

Высокие температуры обычно вызывают следующие механические повреждения в дорожном покрытии:

- a) явление усыхания почвы, приводящее к вспучиванию грунта, вызывает особое беспокойство в том случае, если после аномальной жары не происходит никакого широкомасштабного бедствия;
- b) на поверхности дорог появляются колеи. Проведенное исследование касается аномальной жары 2003 года, что ограничивает значимость полученных результатов.

Основные выводы, касающиеся дорог и мостов, сводятся к следующему:

- a) дорожные покрытия и холодные смеси подвергались более значительному выпотеванию летом 2003 года;
- b) значительно чаще повреждения наблюдаются на дорожных покрытиях, в которых использованы гидравлические вяжущие материалы. В частности, в

результате вспучивания образуются трещины с наплывами. Это связывается с высокой температурой. В некоторых местах отмечались отдельные проблемы, вызванные усадкой/набуханием глинистых почв.

Другое исследование (2008–2009 – *Vulnérabilité du territoire national aux risques littoraux pilotée par le CETMEF en lien avec les CETEs de l’Ouest et Méditerranée; contributions au Rapport interministériel sur le coût des impacts du changement climatique*) было посвящено оценке уязвимости дорожной инфраструктуры в случае затопления прибрежных районов. Важным условием определения уязвимости в прибрежных районах к наводнениям является картирование низинных участков. В рамках такого топографического подхода «низинными участками» считаются участки, на которых за последние 100 лет наблюдались экстремально низкие уровни. Воздействие изменения климата на степень уязвимости этих районов отображается на карте путем выделения районов, которые будут затоплены в результате превышения на 1 метр максимального уровня, наблюдаемого за 100-летний период. Таким образом моделируется потенциальная ситуация повышения уровня моря на 1 метр.

Рассматривалась гипотетическая ситуация повышения уровня моря к 2100 году на 1 метр. Мы считаем, что с точки зрения долговременного затопления под угрозой находятся сооружения, расположенные на высоте, находящейся ниже береговой линии +1 м. Понесенный ущерб может равняться стоимости потерянного имущества. Если исходить из информации о транспортной инфраструктуре, расположенной ниже 100-летней максимальной высоты затопления +1 м, которая взята из базы данных *BD Торо Pays®*, средней стоимости одного километра дорожного покрытия в размере 10 млн. евро и стоимости ремонта одного километра дороги в размере 250 000 евро, то в результате повышения уровня моря на 1 м имущественные убытки в связи с повреждением материковых дорог категории «А» без учета стоимости шоссе дорог и невозможности их использования могут достичь 2 млрд. евро. В таблице 8 ниже представлены виды линейной инфраструктуры в каждом из трех низинных районов.

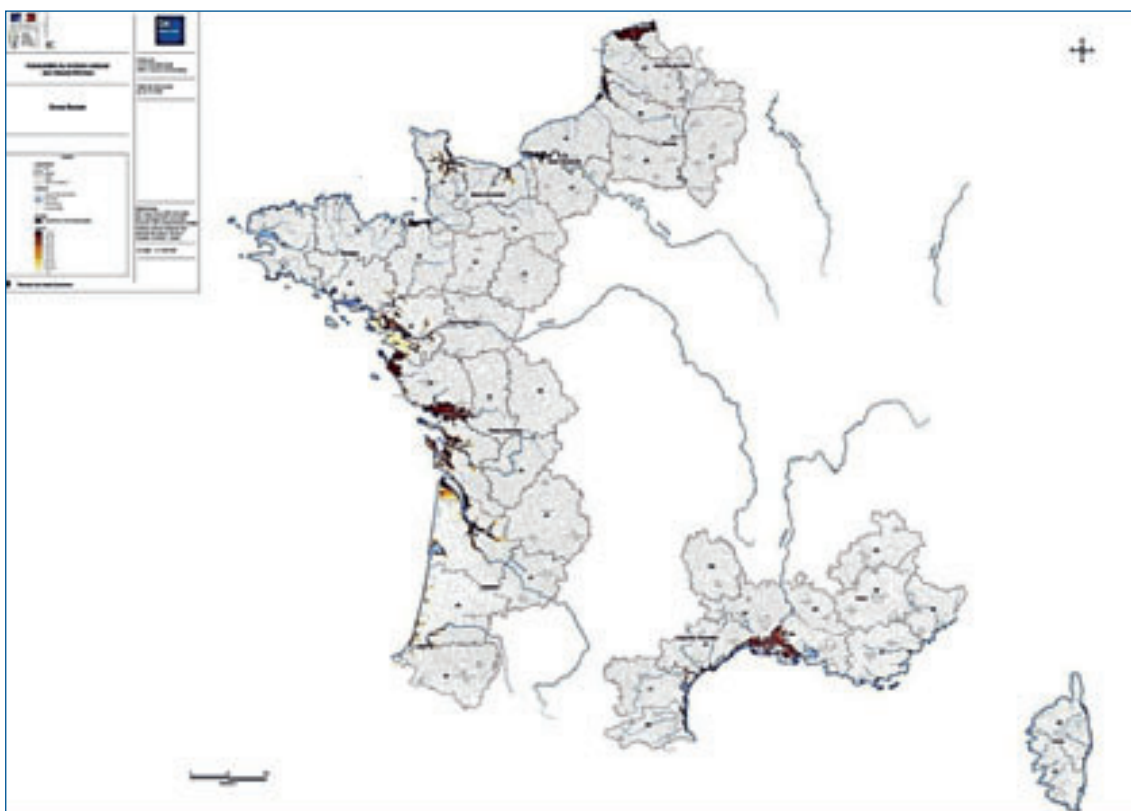


Рисунок 54. Уязвимость прибрежных районов Франции – картографирование низинных участков.

Таблица 8. Дороги, расположенные в каждой из трех низинных зон автомобильной и железнодорожной инфраструктуры (км) во Франции (без учета существующих защитных сооружений. Расчеты исходя из текущих столетних уровней моря).

	Столетний уровень моря –1 м	Столетний уровень моря	Столетний уровень моря +1 м
Autoroutes в % от национальных дорог	160 1,3%	301 2,5%	355 2,9%
Национальные дороги в % от национальных дорог	79 0,7%	148 1,3%	198 1,7%
Департаментские в % от национальных дорог	2074 0,5%	3314 0,9%	4338 1,1%
Прочие в % от национальных дорог	7032 1,12%	11559 1,84%	15522 2,47%
Железные дороги в % от национальных дорог	812 2,6%	1482 4,8%	1967 6,3%

Они распределяются на национальном уровне на категории в зависимости от характера соответствующей системы: шоссе, национальные дороги, департаментские дороги, прочие (местные) дороги. Эти данные основаны на общей совокупности объектов, что позволяет определить проблемы, касающиеся каждой категории дорог.

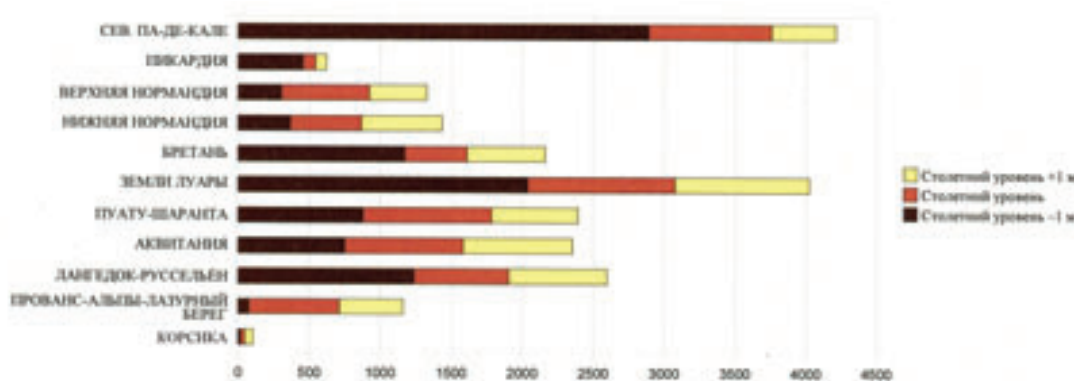


Рисунок 55. Дорожная транспортная инфраструктура в низинных районах Франции, км.

Низинные районы занимают значительные площади. Данные, приведенные в графе «Столетний уровень моря –1 м», включены также в графу «Столетний уровень моря». Данные, указанные в графе «Столетний уровень моря», включены в графу «Столетний уровень моря +1 м».

Такой подход демонстрирует более высокую степень потенциальной уязвимости в виде процентной доли сетевых, шоссе и местных дорог.

4.3.2 Технические адаптационные меры на железнодорожном транспорте

Железнодорожный транспорт осуществляет значительную часть грузовых и пассажирских перевозок (около 10,2% и 6,3% грузовых и пассажирских перевозок, соответственно, в рамках ЕС; см. ЕС, (2012b)), обеспечивает значительную экономию и

благодаря низкому уровню потребления энергии и углерода способствуют сокращению выбросов парниковых газов¹⁸. Однако вероятность значительного сдвига в сторону какого-либо вида транспорта в будущем на международном уровне будет зависеть от наличия стандартов, обеспечивающих эффективную эксплуатационную совместимость¹⁹, высокую результативность и безопасность (см., например, http://ec.europa.eu/transport/modes/rail/index_en.htm). В своей «белой книге» 2011 года по транспорту Европейская комиссия представила свое видение программы по созданию к 2050 году единой европейской транспортной зоны (SERA) с помощью комплексного подхода, призванного устранить административные, технические или нормативно-правовые барьеры. В этой связи в рамках четвертого железнодорожного пакета (01/2013) был принят ряд предложений, предусматривающих уделение первоочередного внимания инновациям в рамках управления железнодорожным транспортом и его эксплуатации. В этой инициативе, которая будет иметь важные последствия для международных транспортных сетей ЕЭК, признается, что интеграция является неременным условием для осуществления поэтапных изменений, касающихся качества обслуживания, мощностей и производительности, которые имеют решающее значение для SERA.

Разобшенная научно-исследовательская и проектно-конструкторская работа замедляет процесс поглощения рынком инновационных решений и не позволяет добиться необходимого прогресса в наращивании потенциала, повышении безопасности и надежности и сокращения расходов, связанных с обеспечением жизненного цикла. Поэтому необходимо объединить все соответствующие научно-исследовательские и инновационные ресурсы железнодорожного сектора, научно-исследовательских учреждений и университетов (<http://ec.europa.eu/transport/media/consultations/doc/2013-shift2rail/background.pdf>).

Если инфраструктура и принципы деятельности, технические стандарты и пороговые величины, определяющие необходимость вмешательства, будут оставаться в будущем примерно на том же уровне, что и сегодня, то в течение следующих 50 лет вследствие увеличения объема перевозок и изменения погоды на национальном и международном уровнях в железнодорожном секторе могут возникнуть проблемы. Сегодня уже нельзя считать устойчивой политику проектирования, строительства, эксплуатации и обслуживания инфраструктурных систем исходя из стандартов, основанных на исторических погодных закономерностях. Поскольку железные дороги имеют очень долгий срок эксплуатации и строятся с учетом возможных стихийных бедствий, таких как самое сильное за прошедшие 100 лет наводнение, которые определяются на стадии проектирования, повышение частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений вследствие изменения климата может стать серьезным испытанием для железнодорожной системы и привести к увеличению расходов (Nolte et al., 2011). Согласно прогнозам, изменение климата существенно затронет железнодорожный сектор, что обуславливает необходимость разработки комплексных мер (Lochman,

¹⁸ Следует отметить, что, хотя энергозатраты и выбросы парниковых газов, связанные с перевозкой грузов, на железнодорожном транспорте крайне малы по сравнению с другими видами транспорта (см. Crist (2012) и сноску 11), энергозатраты и выбросы парниковых газов, связанные с созданием новой инфраструктуры, также должны приниматься во внимание (Hill et al., 2011). Железнодорожная инфраструктура состоит из множества элементов, включая станции, баласт, рельсы, тунели, мосты, подвесные контактные линии, сигнальное оборудование и средства связи, третий контактный рельс, железнодорожные переезды и кульверты; расходы, энергозатраты и выбросы парниковых газов, связанные с их строительством, зависят от конкретного маршрута. Существенные различия в этих потребностях являются главной причиной широкого разброса приводимых в литературе данных о доли общих расходов, связанных с поддержанием жизненного цикла, и выбросах парниковых газов в связи с созданием новой железнодорожной инфраструктуры (O'Toole, 2008).

¹⁹ Эксплуатационная совместимость определяется как возможность эксплуатации на любом отрезке железнодорожной сети без каких-либо отклонений. Конкурентоспособность грузовой железнодорожной системы ограничивается национальными различиями в условиях эксплуатации подвижного состава, технологиях, сигнальных системах и правилах безопасности. В ЕС принята директива 2004/50/EC, в которой ставится задача разработки общих стандартов в отношении сигнальных и контрольных систем, телематических систем, предназначенных для грузовых перевозок, эксплуатации подвижного состава, предназначенного для международных грузовых перевозок, и управления им, а также квалификации персонала.

2012), систематического картирования климатических факторов уязвимости и создания системы эффективного планирования и объединение усилий (Lindgren et al., 2009). Такие последствия будут проявляться, в частности, в более частых и более интенсивных осадках, наводнениях, более сырых зимах и более сухих летах, повышении температуры и аномальной жаре, ураганах и штормовых нагонах, усилении ветра и грозах. Из-за этого чаще будут происходить затопления железнодорожных линий, размывы мостовых опор и береговых валов и деформация рельсов. Кроме того, эти погодные явления будут вызывать перебои в подаче электроэнергии, пожары на склонах и перегрев подвижного состава, повреждение объектов инфраструктуры, перенапряжение и нарушение работы сигнальных систем. В различных регионах необходимо будет применять новые и новаторские методы строительства, такие как охлаждение железнодорожной насыпи и контроль за теплопроводностью, солнечным излучением и конвекцией, которые использовались для борьбы с таянием вечной мерзлоты на Цинхай-Тибетской железной дороге (Qingbai et al., 2008).

В то время как технические проблемы, связанные с воздействием изменения климата на железные дороги, достаточно хорошо известны, общая основа для количественной оценки вероятных последствий изменения климата для железнодорожной отрасли отсутствует, так же как и метод оценки наиболее важных последствий, на борьбу с которыми следует выделять ресурсы (Baker et al., 2010). Считается, что наибольшей опасности в случае изменения климата подвергаются следующие основные элементы инфраструктуры: рельсы (экстремальные температуры); земляное полотно (экстремальные осадки); дренажные системы (экстремальные осадки); подвесные контактные линии (ураганные ветры); и системы защиты прибрежных и пойменных районов (повышение уровня моря и штормовой нагон). Ниже освещаются некоторые усилия, предпринимаемые публичными и частными структурами на национальном уровне с целью помочь определить подходы и меры, которые могут быть сочтены пригодными для обеспечения климатоустойчивости международных железнодорожных сетей.

4.3.2.1 Соединенное Королевство – железнодорожная сеть

В Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии сектор железнодорожных перевозок ощутит на себе значительные последствия изменения климата (Baker et al., 2010), поэтому данной отрасли следует принять различные адаптационные меры в течение предстоящих десятилетий. По прогнозам УКСИР02, можно говорить о трех потенциальных формах изменения климата: более жаркое и более сухое лето; более мягкая и более сырая зима; более частые и более сильные штормы. Эти три категории вполне могут служить основой для обсуждений потенциальных последствий изменения климата. В докладе 2003 года Совет по стандартам и безопасности на железнодорожном транспорте (ССБЖТ) выделил следующие основные последствия, которые могут представлять в будущем проблему для железнодорожной отрасли Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии: воздействие высокой температуры на рельсы (деформация и т.д.); воздействие сильных дождей на земляное полотно; воздействие экстремальных осадков на существующие дренажные системы и воздействие ураганных ветров на подвесные контактные линии.

По прогнозам, жаркое и сухое лето может иметь следующие последствия для железнодорожной системы Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии: а) более интенсивная деформация железнодорожных рельсов; б) усыхание земляного полотна; в) увеличение потребности в системах кондиционирования воздуха; г) увеличение числа проблем с вентиляцией в подземных железнодорожных системах; д) увеличение количества растительности вследствие увеличения продолжительности периода вегетации и е) проблема листопада. Более частые мягкие и сырые зимы, по прогнозам, вызовут следующие последствия на железной дороге: а) усиление наводнений, поражающих ж/д сеть, и нагрузки на дренажные системы; б) повреждение

Таблица 9. Обзор рисков для железнодорожного хозяйства (Network Rail, 2011).

Климатический фактор	Риски	Степень воздействия на безопасность	Степень воздействия на эксплуатацию	Степень возможного негативного воздействия ИК	Кратко- или долгосрочное?
Жара	Сбои в работе систем кондиционирования в вагонах	Низкая	Средняя	Высокая	К
Жара	Деформация рельсов	Высокая	Высокая	Высокая	Д
Жара	Ограничение скорости из-за деформации	Низкая	Высокая	Высокая	Д
Жара	Контроль наблюдателей за термдеформацией	Средняя	Высокая	Высокая	Д
Жара	Плавающее заземление вследствие низкого уровня подземных вод	Высокая	Высокая	Высокая	Д
Жара	Ограничение возможности для работы – восстановления и обслуживания – вследствие тепловых ограничений использования путей	Низкая	Средняя	Высокая	Д
Жара	Ухудшение качества путей вследствие менее регулярного обслуживания	Низкая	Средняя	Высокая	Д
Жара	Условия работы в жаркую погоду	Высокая	High	Высокая	Д
Жара	Усыхание земляного полотна	Низкая	Средняя	Высокая	Д
Жара	Воздействие жары на разводные мосты	Низкая	Low	Высокая	Д
Жара	Провисание контактных проводов	Низкая	Высокая	Высокая	Д
Жара	Сокращение срока службы трансформаторов	Низкая	Low	Высокая	Д
Жара	Воздействие усиления солнечной активности на путевое оборудование (сигнальное, электромеханическое, связь)	Средняя	Высокая	Высокая	К
Сильные дожди	Усиление паводков в целом	Низкая	Высокая	Высокая	Д
Сильные дожди	Затопление станций	Низкая	Средняя	Высокая	Д
Сильные дожди	Затопление депо	Низкая	Средняя	Высокая	Д
Сильные дожди	Затопление ремонтных мастерских	Высокая	Высокая	Высокая	К
Сильные дожди	Наводнение вследствие неэффективности дренажной системы	Низкая	Высокая	Высокая	Д
Сильные дожди	Наводнение в районах расположения мостов – размыв/ нагрузка/повреждение	Высокая	Высокая	Высокая	Д
Сильные дожди	Затопление туннелей	Низкая	Средняя	Высокая	Д
Сильные дожди	Затопление путевых цепей/ систем автоматического оповещения/путевых шкафов и оборудования	Низкая	Высокая	Высокая	К
Сильные дожди	Плювиальный паводок (поверхностные воды)	Низкая	Высокая	Высокая	Д
Сильные дожди	Увеличение осадков ведет к усилению поверхностного стока	Высокая	Высокая	Высокая	Д
Сильные дожди	Повышение уровня грунтовых вод	Высокая	Высокая	Средняя	Д
Сильные дожди	Вымывание донных пород вследствие повышения уровня воды в реках/шкафы	Средняя	Высокая	Высокая	Д
Сильные дожди	Безопасность людей, работающих в экстремальных условиях наводнения	Высокая	Высокая	Низкая	К

Климатический фактор	Риски	Степень воздействия на безопасность	Степень воздействия на эксплуатацию	Степень возможного негативного воздействия ИК	Кратко- или долгосрочное?
Сильные дожди	Наблюдатели в местах паводков	Средняя	Низкая	Высокая	Д
Холод	Вспучивание вследствие замерзания/оттаивания	Низкая	Низкая	Низкая	Д
Холод	Камнепад вследствие замерзания/оттаивания	Высокая	Высокая	Низкая	Д
Холод	Воздействие замерзания/оттаивания на состояние мостов	Средняя	Низкая	Низкая	Д
Холод	Оледенение туннелей	Низкая	Средняя	Низкая	К
Холод	Лопнувшие рельсы	Средняя	Высокая	Низкая	К
Холод	Покрытие третьего рельса льдом и снегом	Низкая	Высокая	Низкая	К
Холод	Покрытие путей снегом и льдом	Низкая	Высокая	Низкая	К
Холод	Подскальзывание, запинание и падение из-за снега и льда	Средняя	Высокая	Низкая	К
Ветер	Воздействие на мосты и движение по мостам	Низкая	Низкая	Низкая	Д
Ветер	Воздействие на оборудование (ПКО, сигнальное, связи), сооружения, станционные навесы и т.д.	Низкая	Низкая	Низкая	Д
Ветер	Воздействие на грузовые поезда	Высокая	Средняя	Низкая	Д
Ветер	Использование подъемных кранов	Низкая	Средняя	Низкая	Д
Ветер	Воздействие изменения направления и силы ветра на деревья	Средняя	Средняя	Низкая	Д
Ветер	Контактные провода/ токоприемник	Низкая	Средняя	Низкая	Д
Повышение уровня моря и усиление волнения	Защитные сооружения в море	Низкая	Средняя	Высокая	Д
Инсоляция/жара/дожди/ветер	Усиление роста и появление новых видов растительности	Высокая	Высокая	Средняя	Д
Инсоляция/жара/дожди/ветер	Цветочное склеивание	Средняя	Высокая	Низкая	Д
Инсоляция/жара/дожди/ветер	Растительность – Ухудшение видимости из-за заноса путей листвой	Средняя	Высокая	Низкая	Д
Инсоляция/жара/дожди/ветер	Растительность – Видимость сигналов	Средняя	Высокая	Низкая	Д
Ветер	Деревья, растущие вдоль путей – Опасность перекрытия путей	Высокая	Высокая	Высокая	Д
Инсоляция/жара/дожди/ветер	Повреждение сточной системы вследствие проникновения растительности	Средняя	Низкая	Средняя	Д
Инсоляция/жара/дожди/ветер	Паразиты – Сигнальные системы	Высокая	Высокая	Низкая	Д
Повышенная влажность	Коррозия рельсов	Средняя	Низкая	Низкая	Д
Повышенная влажность	Коррозия мостов	Низкая	Низкая	Средняя	Д
Разное	Меры по ликвидации аварий	Низкая	Средняя	Высокая	К
Разное	Прекращение движения поездов и воздействие на пассажиров	Средняя	Высокая	Высокая	Д

Таблица 10. Резюме приоритетных тем, связанных с ж/д объектами и их эксплуатацией; перечень приоритетов постоянно обновляется (Network Rail, 2011).

Климатический фактор	Кластер	Последствия
Жара	Пути	Управление рисками деформации путей
Жара	Пути	Сокращение возможностей проведения ремонтных / восстановительных работ из-за жары
Жара	Люди	Здоровье пассажиров из-за прекращения движения поездов в условиях экстремальных температур, включая жару и холод
Жара	Люди	Порча грузов из-за прекращения движения поездов в условиях экстремальных температур, включая жару и холод
Жара	Люди	Условия работы, например контроль за уровнем жары
Жара	Энергоснабжение/ Сигнальные системы/ Связь	Деформация подвесных контактных проводных систем на сортировочных станциях
Жара	Энергоснабжение/ Сигнальные системы/ Связь	Воздействие жары на оборудование полосы отчуждения, особенно на оборудование сигнальных систем и средства связи
Жара	Энергоснабжение/ Сигнальные системы/ Связь	Плавающее заземление, приводящее к возникновению блуждающих токов вследствие высыхания грунта/ понижения уровня грунтовых вод
Дожди	Речные наводнения	Отказ путевого оборудования и оборудования полосы отчуждения
Дожди	Повышение уровня грунтовых вод	Отказ путевого оборудования и оборудования полосы отчуждения
Дожди	Речные наводнения	Отказ путевого оборудования и оборудования полосы отчуждения
Дожди	Речные наводнения	Водная эрозия и другие водные явления вблизи мостов
Дожди	Речные наводнения	Размыв береговых валов из-за повышения уровня воды в реках и вымывание кульвертов
Дожди	Речные наводнения	Безопасность людей, производящих инспектирование во время экстремальных наводнений
Дожди	Речные наводнения	Оползни
Дожди	Речные наводнения	Доступность депо и ремонтных мастерских
Инсоляция/жара/ дожди/ветры	Растительность	Изменение видов, ухудшение сцепления, отказ рельсовой цепи
Инсоляция/жара/ дожди/ветры	Растительность	Падение деревьев, перекрывающих движение
Повышение уровня моря и штормы	Укрепления в прибрежных эстуарийных районах	Волновой перелив и затопление защищенных железнодорожных путей в прибрежных и эстуарийных районах

земляного полотна и разрушение насыщенных влагой железнодорожных насыпей и с) нарушение рельсовой цепи. Но могут быть и некоторые положительные последствия, такие как уменьшение количества ДТП, связанных со снежными заносами, обледенением и низкими температурами.

Усиление ветров может привести к: а) повышению вероятности разрыва цепей (т.е. нарушению контакта между токоприемниками и подвесными линиями); повышению вероятности опрокидывания и схода с рельсов поездов; и авариям или нарушениям электропередачи вследствие падения деревьев. Наконец, повышение уровня моря на 0,3–0,4 м может иметь серьезные последствия для железнодорожных систем как в пойменных, так и в прибрежных районах. Ниже представлен обзор последствий изменения климата, сроков их наступления (таблицы 9 и 10) и потенциальных способов адаптации (таблица 11).

В таблице 11 приведены примеры значительных опасных явлений, с которыми сталкивается железнодорожная сеть Великобритании, и потенциальных способов реагирования на них (как «жестких» инженерных, так и «мягких» управленческих подходов). Перечисленные решения уже применяются или предлагаются для применения на железных дорогах Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии.

4.3.2.2 Соединенные Штаты Америки

Транспортная система Соединенных Штатов Америки включает 120 000 миль основных железных дорог (<http://www.nationalatlas.gov/transportation.html>). Изменения климата повлекут за собой разные последствия для железнодорожной инфраструктуры Соединенных Штатов Америки и ее эксплуатации, поскольку эта сеть охватывает несколько климатических зон. В последние годы задача адаптации к изменению климата стала одним из главных вопросов в работе Федерального управления железных дорог (ФУЖД), которое будет учитывать потенциальные последствия изменения климата и необходимость адаптации в рамках дальнейшего планирования железных дорог и разработки программы коридоров. Предусмотрено, что вопросы адаптации к изменению и изменчивости климата должны учитываться при рассмотрении будущих грантов ФУЖД, выделяемых на планирование и развитие инфраструктуры (USDOT, 2012b). Кроме того, вместе с компанией «Амтрэк» ФУЖД намерено приступить к проведению экспериментальной оценки климатических рисков и уязвимости, которая должна быть завершена до конца 2013 года, с целью определения потенциального воздействия изменения климата на имеющиеся объекты и обеспечения учета результатов комплексного анализа изменения климата в процессе принятия будущих решений относительно финансирования с целью усовершенствования и материально-технического обслуживания железнодорожной сети. Этот план предполагает также проведение информационно-разъяснительной работы, в частности организацию встреч с представителями штатов и железных дорог, с целью обеспечить учет факторов изменения в планировании и эксплуатации железных дорог.

В таблице 12 обобщены вопросы адаптации к изменению климата, имеющие отношение к инфраструктуре железнодорожного транспорта, по мнению Национального совета научных исследований (2008).

Таблица 11. Значительные опасные явления и потенциальные решения (Dora, 2011; 2012. См. также приложение III).

Опасные явления	Поражаемая система	Проблема	Потенциальное решение
Повышение уровня моря и усиление штормового характера погоды	Ж/д в прибрежных районах	Повреждение волноломов — опасность разрушений, наводнения и схода с рельсов	<ul style="list-style-type: none"> – Перестройка волноломов в соответствии с новыми стандартами – Создание системы прогнозирования обстановки на море
Повышение уровня моря и усиление штормового характера погоды	Ж/д в прибрежных районах	Повреждение/нарушение работы транспортных средств из-за перелива волн	<ul style="list-style-type: none"> – Перестройка волноломов в соответствии с новыми стандартами – Создание системы прогнозирования обстановки на море
Аномальные интенсивные осадки	Размыв грунта — оползни	Создание препятствий вследствие размыва грунта — опасность схода с рельсов	<ul style="list-style-type: none"> – Картирование мест сосредоточения воды – Изучение состояния земляных сооружений – Изучение местоположения дренажных систем, их состояния и степени важности – Совершенствование земляных сооружений и/или дренажных систем за счет дополнительных инвестиций – Принятие целевых мер в области управления дренажными системами
Аномальные интенсивные осадки	Мосты — водная эрозия	Ослабление прочности мостовых опор повышает опасность разрушения мостов и схода с рельсов	<ul style="list-style-type: none"> – Определение вероятности размывания мостовых опор – Установление противоразмывных защитных сооружений – Создание системы мониторинга за опасностью наводнений, подключенной к системе прогнозирования наводнений – Контроль за уровнем воды в реках
Аномальные интенсивные осадки	Сигнальные и энергетические системы в полосе отчуждения	Затопление путей, нарушение работы ключевого оборудования в полосе отчуждения	<ul style="list-style-type: none"> – Картирование мест сосредоточения воды – Совершенствование земляных сооружений и/или дренажных систем с помощью дополнительных инвестиций – Целевые меры по управлению дренажными системами
Аномальная жара	Ж/д пути	Искривление путей, приводящее к опасности схода с рельсов	<ul style="list-style-type: none"> – Учет состояния путей в разных местах – Введение скоростных ограничений на опасных участках – Введение ограничений на деятельность, нарушающую состояние балласта в период жаркой погоды – Нанесение на рельсы белой краски на опасных участках
Аномальная жара	Сигнальные и энергетические системы в полосе отчуждения	Надежность программного обеспечения/компонентов	<ul style="list-style-type: none"> – Использование систем активного или пассивного охлаждения в шкафах для оборудования – Установка шкафов в затененных местах – Пересмотр спецификаций и замена оборудования
Аномальная жара	Люди	Тепловая нагрузка	<ul style="list-style-type: none"> – Определение продолжительности жары и ее последствий для человека и внесение соответствующей корректировки в графики работы – Подготовка кадров и признание разницы в работе в закрытых помещениях и на воздухе – Определение последствий с точки зрения нарушения сна и усиления усталости
Аномальная жара	Оборудование автотранспортных средств	Надежность программного обеспечения/частей	<ul style="list-style-type: none"> – Окрашивание автомобилей в светлый цвет – Использование систем активного или пассивного охлаждения – Отказ от размещения оборудования на крыше
Быстрое изменение высокой температуры	Сигнальные и энергетические системы в полосе отчуждения	Надежность программного обеспечения/частей	<ul style="list-style-type: none"> – Использование термостойких конструкций – Размещение шкафов в затененных местах – Пересмотр спецификаций и замена оборудования
Аномальная жара	Подвесные контактные линии	Провисание контактных проводов	<ul style="list-style-type: none"> – Укрепление опорных конструкций и контактных систем
Усиление скорости ветра	Подвесные контактные линии	Смещение контактного провода	<ul style="list-style-type: none"> – Укрепление опорных конструкций и контактных систем

Таблица 12. Потенциальные изменения климата, их последствия для ж/д транспорта и возможные адаптационные меры (National Research Council, 2008).

Фактор ИК	Эксплуатация/нарушения	Инфраструктура	Изменения в эксплуатации	Изменение используемых материалов и проектно-конструкторских решений, касающихся инфраструктуры	Прочее
Температура: повышение в очень жаркие дни и периоды аномальной жары	Временные ограничения в отношении строительных работ, связанные с вопросами охраны труда/безопасности; обычный максимум: 29,5 °C (85 °F); тепловой удар возможен при 40,5 °C (105 °F)	Деформация путей; повышение температуры выше 43 °C (110 °F) может привести к отказу оборудования	Перенос работ на более прохладное время суток	Более широкое применение сплошных бесстыковых путей	
Температура: понижение в очень холодные дни	Региональные различия в расходах на уборку снега и льда и экологических последствиях, связанных с использованием соли и химических веществ		Сокращение объема работ по уборке снега и льда		
	Сокращение количества связанных с холодом ограничений в отношении проведения ремонтных работ		Увеличение продолжительности периода строительных и ремонтных работ		
Температура: повышение в арктических районах		Оттаивание вечной мерзлоты, приводящее к проседанию земляного полотна, мостовых опор и трубопроводов	Увеличение потенциального периода строительных работ	Использование методов пассивного охлаждения (например, термосифонов)	Перенос отдельных участков ж/д путей на более твердые грунты
			Более широкое использование гидролокаторов для мониторинга придонных потоков и размыва мостовых опор		

Фактор ИК	Эксплуатация/нарушения	Инфраструктура	Изменения в эксплуатации	Изменение используемых материалов и проектно-конструкторских решений, касающихся инфраструктуры	Прочее
Повышение уровня моря в дополнение к штормовым нагонам	Более частое нарушение ж/д перевозок в прибрежных и низинных районах из-за штормовых нагонов	Затопление путей в прибрежных районах		Повышение высоты мостов и путей	Перенос отдельных участков путей во внутренние районы
	Более сильные штормовые нагоны, требующие эвакуации	Более частые и сильные затопления подземных туннелей и инфраструктуры в низинных районах		Строительство новых дренажных каналов вблизи железных дорог в прибрежных районах	Защита дорожной инфраструктуры недвижимости в прибрежных районах с помощью дамб, волноотбойных стенок и насыпей
		Размыв мостовых опор		Повышение высоты и защита мостов, туннелей и сквозных подъездных путей	Укрепление и повышение высоты существующих дамб, волноотбойных стенок и насыпей
		Уменьшение высоты прохода под мостами		Дополнительные насосные мощности для туннелей	Ограничения в отношении дальнейшей застройки уязвимых прибрежных районов
		Утрата прибрежных водно-болотных угодий и барьерной передовой линии			Повышение страховых премий по договорам страхования от наводнений для ограничения застройки
		Проседание грунта			

Фактор ИК	Эксплуатация/нарушения	Инфраструктура	Изменения в эксплуатации	Изменение используемых материалов и проектно-конструкторских решений, касающихся инфраструктуры	Прочее
Осадки: увеличение количества интенсивных осадков	Увеличение количества задержек из-за ухудшения погоды	Увеличение числа случаев затопления путей и подземных туннелей	Расширение систем мониторинга за размером мостовых опор и береговых устоев	Защита стратегических маршрутов эвакуации	Более широкое применение сенсорных устройств для мониторинга водных потоков
	Увеличение числа случаев нарушения движения	Чрезмерная нагрузка на дренажные системы	Дополнительные мероприятия по мониторингу склонов и дренажных систем	Защита мостовых опор и береговых устоев с помощью каменно-набросной одежды	Ограничения в отношении застройки в пойменных районах
	Более частые случаи затопления маршрутов эвакуации	Более сильные повреждения железнодорожного полотна и оползни/сели, разрушающие пути	Дополнительные мероприятия по мониторингу трубопроводов в мелководных районах на предмет повреждения, смещения и размыва	Повышение пропускной способности кульвертов	
	Нарушение строительных работ	Повышение уровня влажности грунта, приводящее к нарушению конструкционной прочности мостов и туннелей	Более интенсивный мониторинг водных потоков в реальном масштабе времени	Увеличение насосных мощностей для туннелей	
	Изменения в выпадении дождя/снега и сезонные наводнения, затрагивающие вопросы безопасности и технического обслуживания		Принятие процедур аварийной эвакуации	Установка дополнительных конструкций для укрепления склонов и противооползневых сооружений	
					Принятие новых пересмотренных стандартов дренажных сооружений для новой инфраструктуры и крупных восстановительных проектов (например, с учетом самого сильного шторма не за 100, а за 500 лет)

Фактор ИК	Эксплуатация/нарушения	Инфраструктура	Изменения в эксплуатации	Изменение используемых материалов и проектно-конструкторских решений, касающихся инфраструктуры	Прочее
Штормы: повышение частоты сильных ураганов (4–5 категории)	Увеличение количества мусора на путях, приводящее к нарушению перевозок	Более высокая вероятность отказов инфраструктуры	Процедуры аварийной эвакуации применяются более регулярно	Изменение конструкций мостов с целью более надежного соединения мостовой палубы с опорными конструкциями мостов	Укрепление/ повышение высоты насыпей
	Более частые и, возможно, более масштабные эвакуации	Повышение вероятности нарушения прочности мостового настила	Повышение эффективности прогнозирования оползней и траектории ураганов	Повышение пропускной способности дренажных систем на новых инфраструктурных объектах или в крупных восстановительных проектах (например, допущение более продолжительного периода наводнений)	Ограничения в отношении застройки уязвимых прибрежных районов
		Причинение более значительных поврежденных знакам, осветительным приборам и опорным конструкциям	Повышение эффективности мониторинга за состоянием путей и распространение предупреждений в реальном масштабе времени	Устранение узких мест на стратегических маршрутах эвакуации и строительство дополнительных резервных объектов	Повышение страховых премий для ограничения масштабов застройки в районах, подверженных опасности наводнений
			Более эффективное моделирование аварийной эвакуации	Применение методов модульного строительства в тех местах, где имеется опасность отказа инфраструктуры.	Восстановление естественного природного состояния некоторых прибрежных районов
				Разработка модульных систем перевозок	

4.3.2.3 Канада

Железнодорожная инфраструктура Канады чрезвычайно восприимчива к экстремальным температурам. Аномальная жара может привести к деформации железнодорожных путей. Тем не менее в настоящее время крайне низкие температуры представляют для железных дорог, так же как и для автомобильных дорог Канады, более серьезную проблему, чем аномальная жара, поскольку приводит к частым авариям из-за разрыва железнодорожных линий и замерзания коммутационных механизмов и требует более частой смены колес. Ожидается, что в целом связанные с изменением климата последствия будут вполне управляемыми (CCIADC, 2004) и даже могут принести некоторые выгоды железнодорожной инфраструктуре Канады, за исключением районов вечной мерзлоты (см. ниже).

Прошедшие десятилетия позволили извлечь ряд уроков, связанных со строительством транспортной и иной инфраструктуры в районах вечной мерзлоты. Например, несоблюдение соответствующих строительных стандартов и процедур регулярного технического обслуживания на участке железной дороги между городами Па и Черчилл (Манитоба) в начале XX века стало причиной значительного ущерба, поскольку из-за проседания грунта и морозов произошла деформация и смещение отдельных участков железной дороги. В настоящее время строительство в районах вечной мерзлоты ведется после тщательного отбора соответствующего маршрута, однако при принятии решений, как правило, не учитываются будущие последствия изменения климата, что отчасти связано с нехваткой информации. Вместе с тем, могут быть приняты некоторые меры для повышения долговечности инфраструктуры, построенной на вечной мерзлоте. Можно также строить временные объекты, которые могут быть легко перенесены. Реализация таких подходов потребует значительных средств, однако они свидетельствуют о наличии возможностей реагирования на изменение климата в крайне сложных условиях.

Железнодорожные компании разрабатывают также различные планы и процедуры работы в зимний период, на которые ежегодно тратятся миллионы долларов. Они включают такие меры, как очистка путей от снега, посыпание их песком и солью, проверка путей и колес, введение временных скоростных ограничений и подготовка кадров. Ожидается, что более мягкие или более короткие зимы принесут определенные выгоды операторам железнодорожных линий, однако для того, чтобы идентифицировать и количественно оценить такие выгоды, необходимо провести дополнительные исследования (Infrastructure Canada, 2006).

4.3.2.4 Япония – Восточнояпонская железнодорожная компания

В Японии железнодорожный сектор входит также в систему сейсмического мониторинга страны. Датчики, измеряющие изменение уровня содержания соли в грунтовых водах под рельсами, позволяют регистрировать слабые и сильные подземные колебания и подключены к системе предупреждения о землетрясениях. Сильные штормовые явления (e.g. Mori et al., 2013) и повышение уровня моря могут также привести к изменению напряжения сдвига и, возможно, повысить опасность сейсмической активности. Предполагается, что последствия изменения климата, которые будут оказывать все большее воздействие на системы железнодорожных перевозок, будут связаны с: i) сильными ливнями, приводящими к наводнениям, вымыванию грунта, повышению уровня грунтовых вод и оползням, ii) сильными ветрами, вызывающими сход с рельсов, iii) повышенной волновой активностью в прибрежных районах, вызывающей береговую эрозию и разрушение защитных стен вдоль железнодорожных путей в прибрежных районах, iv) сильными снегопадами, вызывающими лавины и падение деревьев, и v) землетрясениями, аномальной жарой и грозами (Mizukami, 2012, см. приложения II и III).



Рисунок 56. а) Защита от размыва опор, б) укрепление склонов, в) ветрозащитные ограждения/экраны и г) противолавинные сооружения .

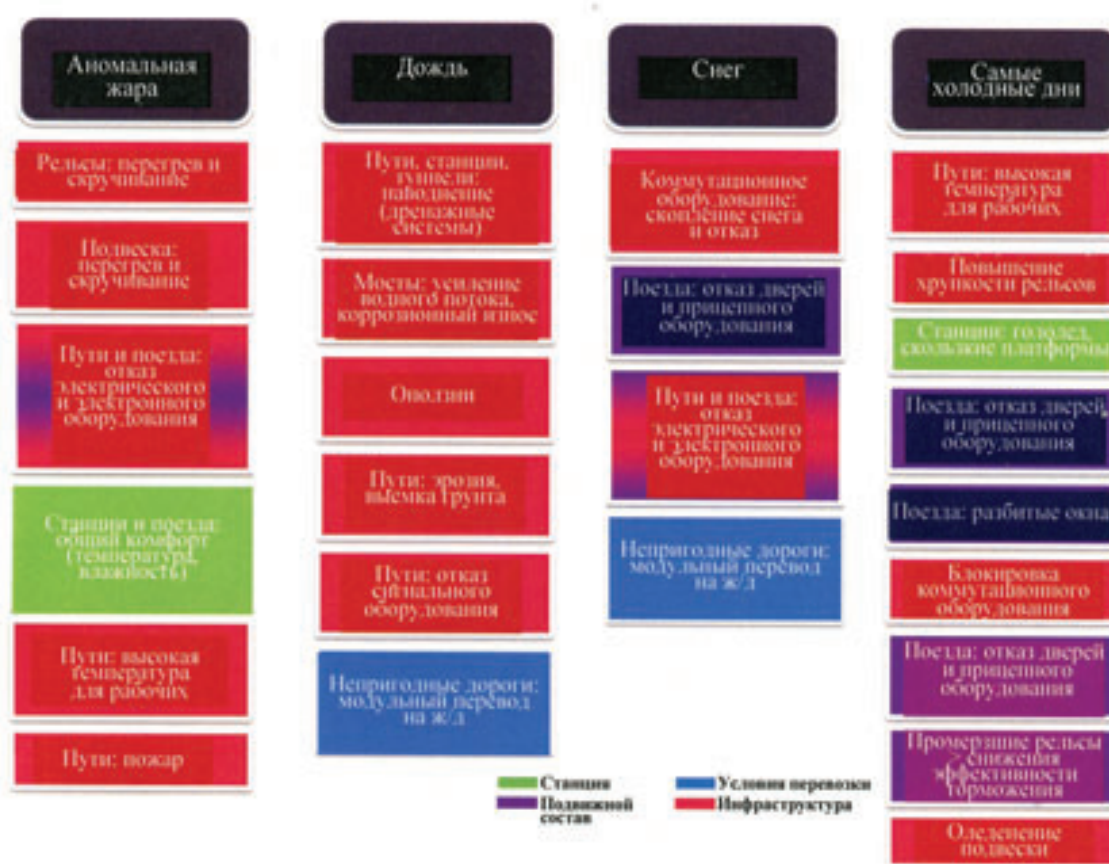
Основные контрмеры, разработанные и применяемые Восточнояпонской железнодорожной компанией:

- *Повышение устойчивости сети* (например, рис. 56) к интенсивным осадкам (например, путем укрепления склонов, строительства противоразмывных конструкций), сильным ветрам (например, путем установки ветрозащитных ограждений и экранов, выращивания ветрозащитных лесов) и сильными снегопадами (например, путем осуществления противолавинных мероприятий, более активного приобретения и использования снегоуборочного оборудования, принятия мер по борьбе с занесением снегом ж/д путей и выращивания снегозащитных лесных полос).
- *Установка систем мониторинга*, состоящих из различных приборов для контроля за состоянием окружающей среды и технических конструкций (например, анемометров около 11 шт. на 100 км ж/д путей), датчиков воды (около 8 на 100 км путей), дождя (около 8 на 100 км путей), снега и температуры, детекторов размыва и оползней и сейсмографов (порядка 4 на 100 км путей), которые поставляют соответствующую информацию в реальном масштабе времени в центры управления движением, предписывая, при необходимости, ограничение скорости и/или приостановление движения.
- *Программы обучения и профессиональной подготовки* для персонала компании
- *НИОКР* в специальной исследовательской лаборатории по предупреждению стихийных бедствий, которая изучает механизмы развития стихийных бедствий, производит оценку риска и разрабатывает методы ведения наблюдений и детектирования, контрмеры, а также технические стандарты и практические инженерные меры, на основе уже имеющегося опыта.

4.3.2.5 Франция – НОЖД (SNCF)

В рамках компании НОЖД исследования, посвященные детальному изучению рисков и последствий изменения климата, ведутся с 2009 года ("Гренельские законы"). НОЖД вносит существенный вклад в реализацию Национального плана борьбы с изменением климата: i) она инвестирует значительные средства в подвижной состав, срок службы которого составляет около 40 лет, и станции с еще более продолжительным сроком службы, поэтому эти активы в долгосрочной перспективе должны быть достаточно хорошо защищены от климатических факторов; ii) она исходит из того, что необходимо уменьшить операционные риски и повысить степень устойчивости; и iii) она учитывает, что изменение климата может вызвать поведенческие изменения и открыть новые возможности.

Таблица 13. Последствия изменения климата для железных дорог (Kaddouri, 2012).



Принятая во Франции программа адаптации включает четыре основных направления деятельности: 1) обзор и адаптация технических стандартов для строительства, технического обслуживания и эксплуатации транспортных сетей (инфраструктура и оборудование) в континентальной части и на заморских территориях Франции; 2) изучение воздействия изменения климата на потребности в транспорте и его последствий с точки зрения изменения транспортного рынка; 3) определение методологий диагностирования факторов уязвимости инфраструктуры, а также систем наземного, морского и воздушного транспорта; 4) определение факторов уязвимости сетей наземного, морского и воздушного транспорта в континентальной части и на заморских территориях Франции и разработка стратегий соответствующего поэтапного реагирования на происходящее на местах и в мире в целом изменение климата. В таблице 12 представлены последствия изменения климата по данным специалистов

Таблица 14. Возможные меры по адаптации к последствиям повышения температуры/аномальной жары (Kaddouri, 2012).

Риск	Последствия	Потенциальные адаптационные меры
Перегрев пассажирских вагонов	Дискомфорт/беспокойство персонала и пассажиров	<p>Более длительная подготовка поездов</p> <p>Более высокие технические требования, предъявляемые к кондиционерам</p> <p>Усовершенствование вентиляции (например, с турбовентилятором)</p> <p>Для транспортных средств средней скорости (например, трамваев) вентиляция без кондиционирования (например, реюньонский трамвай)</p>
Повреждения и преждевременный износ установленной на поездах электроники / путевых сигнальных систем	Снижение степени надежности	<p>Более частое обслуживание</p> <p>Более жесткие спецификации</p>
Перегрев двигателей	Потеря мощности тяговых единиц	Замедление движения
Вымирание растительности (засуха)	<p>Пожары вдоль путей</p> <p>Присутствие вблизи путей животных в поисках пастбищ</p>	<p>Высаживание менее легковоспламеняющихся видов</p> <p>Координация с органами гражданской безопасности усилий по предупреждению пожаров</p> <p>Установка ограждений вдоль путей и "скотосбрасывателей" в головной части локомотивов</p>
Миграция некоторых видов насекомых на север вследствие потепления	Заражение паразитами пассажирских вагонов (например, вентиляционных систем, спальных вагонов)	

НОЖД (Kaddouri, 2012, см. также приложение II), а в таблице 13 перечислены риски, возникающие при повышении температуры или в условиях аномальной жары, и потенциальные адаптационные меры.

4.3.3 Технические адаптационные меры для внутренних водных путей

Внутренние водные пути (ВВП) зависят от гидрологии рек и ее динамики. Прогнозы на будущее (например, в отношении более сухого лета и более влажной зимы) указывают на вероятность заметных последствий для ВВП, особенно после 2050 года – "отдаленные будущие сценарии" (Turriijn, 2012, см. также приложение III и разделы 2.3 и 3.5). Такие последствия связаны в основном с понижением уровня стока в летний период (например, в среднем течении Рейна, канале РМД и верхнем течении Дуная) и увеличением стока зимой. Прогнозируются и некоторые позитивные последствия, связанные главным образом с возможным уменьшением ледового покрытия. Повышению степени уязвимости сектора ВВП и увеличению расходов на замену шлюзов в случае увеличения продолжительности периодов повышения уровня воды и стока в реках наряду с экологическими факторами могут также способствовать новые отраслевые тенденции (например, тенденции к использованию более крупных

судов). Транспортные расходы стремительно растут в условиях понижения уровня воды в реках: при понижении уровня с 4 до 2 метров расходы на 1 т/км увеличиваются приблизительно втрое, а когда уровень воды опускается ниже 1,6 м, использование внутреннего водного транспорта становится практически невозможным. Как показывает практика, при обсуждении мер по адаптации к изменению климата в рамках данного сектора основное внимание уделяется вопросам инфраструктуры и автономности транспортного хозяйства (Turpjin, 2012).

4.3.3.1 Воздействие погодных факторов на сеть внутренней навигации и потенциальные адаптационные меры

Международное сотрудничество для обеспечения защиты внутреннего водного транспорта от изменения и изменчивости климата должно быть более широким, чем применительно к другим видам транспорта, поскольку воздействие климатических факторов на реки неизбежно смещается вниз по течению. Поэтому европейский проект FP7-ECCONET "Воздействие изменения климата на сеть внутренних водных путей" (начатый 01/2010) (www.ecconet.eu) имеет своей целью объединить экспертные знания 10 партнеров из 5 стран относительно текущих/будущих природных условий (например, метеорологии, гидрологии), инфраструктуры, эксплуатации, обслуживания и экономической деятельности для оценки воздействия изменения климата на европейскую транспортную сеть и особенно сеть внутренних водных путей, таких как Рейн и Дунай²⁰ (таблица 15).

Таблица 15. Воздействие изменения климата на основные внутренние водные пути в ЕС (Heyndrickx and Breemersch, 2012).

Явление	Период	Ср. течение Рейна	Канал РМД	Верх. течение Дуная
Минимальный сток	1950–2005 гг.	Позитивное	–	Позитивное
	2050 г.	–	Неизвестно	Негативное
	2090–2100 гг.	Негативное	Негативное	Негативное
Максимальный сток	1950–2005 гг.	–	–	–
	2050 г.	Негативное	–	–
	2090–2100 гг.	Негативное	–	Неизвестно
Лед на реках	1950–2005 гг.	Позитивное	Позитивное	Позитивное
	2050 г.	–	Позитивное	Позитивное
	2090–2100 гг.	–	Позитивное	Позитивное
Видимость	1950–2005 гг.	Позитивное	Позитивное	Позитивное
	2050 г.	Неизвестно	Неизвестно	Неизвестно
	2090–2100 гг.	Неизвестно	Неизвестно	Неизвестно

²⁰ Некоторые из наиболее крупных судоходных рек находятся на территории ЕС. Принятое в апреле 2013 года Стратегическое предложение ЕС в отношении адаптации к изменению климата может послужить основой для адаптации внутренней транспортной инфраструктуры, включая внутренние водные пути и внутренние порты. (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0216:FIN:EN:PDF>. См. также Lochman (2012).

Понижение уровня воды на внутренних водных путях может иметь серьезные финансовые последствия. Как показало наблюдение за Рейном (см. Heyndrickx and Breemersch, 2012, см. также приложение II), при понижении уровня воды расходы начинают стремительно расти: при понижении уровня воды с 4 до 2 метров средний уровень расходов на 1 т/км увеличивается почти втрое, а при понижении ниже 1,6 м использование внутреннего водного транспорта становится практически невозможным. Основными последствиями понижения уровня воды из-за засухи являются ухудшение условий навигации, увеличение числа аварийных ситуаций (посадка на мель), увеличение расхода топлива в расчете на т/км, а также низкая скорость течения и интенсивное заиливание. Повышение уровня воды или наводнения, хотя и являются краткосрочными явлениями, могут быть причиной приостановки судоходства, изменения морфологии рек и характера отложений донных осадков в русле, образования береговых отложений и повреждения дорог вдоль водных путей, берегов и противопаводковых конструкций. Наконец, образование льда на водных путях также может приводить к приостановке судоходства, создавать проблемы в эксплуатации шлюзов и вызывать повреждение навигационных знаков (Heyndrickx and Breemersch, 2012; Siedl, 2012).

Предлагаемые адаптационные меры касаются: i) адаптации флота ВВП (например, внедрение легких конструкций, регулируемых судов туннельного типа, извлекаемых элементов плавучести, боковых воздушных пузырей, плоскодонных корпусов) (см. таблицу 16 и рис. 57), ii) инфраструктуры (распространение информации, дноуглубление, проектирование водных путей) (рис. 58), iii) повышения эффективности прогнозирования (тенденции/прогнозы изменения уровня воды) и iv) более эффективных логистических механизмов (например, формирование караванов, сотрудничество с представителями других видов транспорта). Как показали первоначальные исследования, наиболее перспективными считаются меры по внедрению плоскодонных корпусов (множественных буксиров-толкачей), модернизации мелких судов для постоянной эксплуатации и формированию караванов (см. также приложение II).

Таблица 16. Меры по адаптации флота и их предварительная оценка (Heyndrickx and Breemersch, 2012).

Меры		Основной эффект	Предварительная оценка
A1	Легкая конструкция	Уменьшение собственного веса, обеспечивающее уменьшение осадки	Необходимы дополнительные исследования для поиска технических решений
A2	Регулируемые суда туннельного типа	Судоходство на обмелевших участках	В сочетании с A1
A3	Боковые воздушные пузыри	Полезная нагрузка от 115 до 260 тонн	Теоретический подход, эксплуатация представляется затруднительной
A4	Плоскодонные корпуса (множественные буксиры-толкачи)	Уменьшение осадки с 1,7 до 1,4 м	Перспективный подход, особенно применительно к технологии использования буксиров-толкачей, даже при высоких расходах на строительство
B1	Небольшие суда вместо больших судов	Небольшие суда менее чувствительны к воздействию воды	Идет вразрез с эффектом масштаба
B2	Модернизация новых судов для непрерывной эксплуатации	Повышение производительности	Перспективный подход
B3	Караваны судов	Перераспределение груза	Перспективный подход благодаря эффекту масштаба
C1	Стратегический союз между ВВП и другими видами транспорта	Сотрудничество с представителями других видов транспорта	Реализация затрудняется вследствие ограниченной пропускной способности железных дорог и высокой стоимости

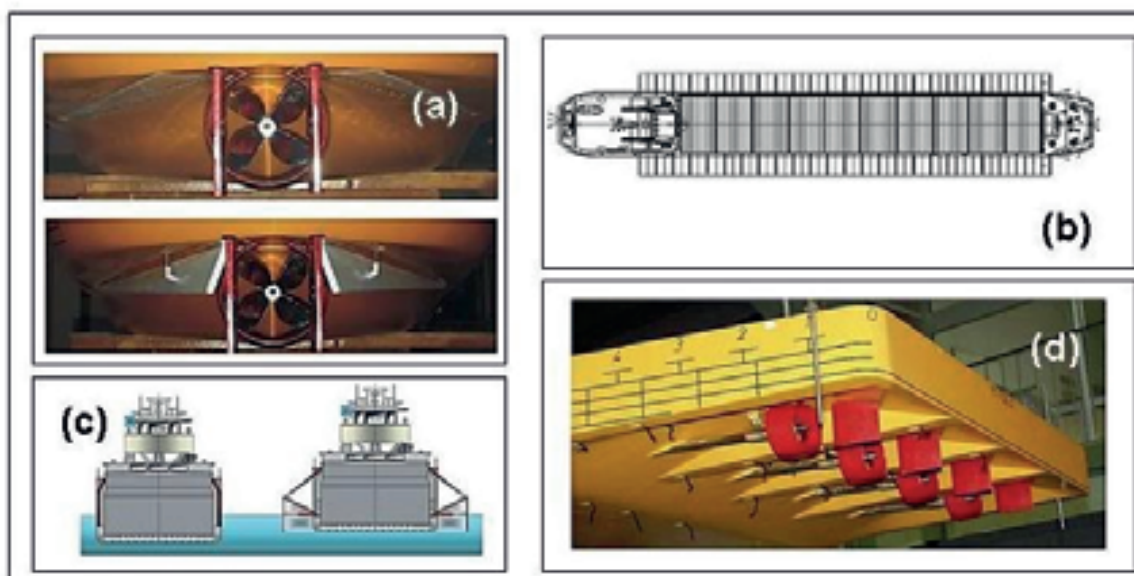


Рисунок 57. Адаптационные меры для речного флота (Heyndrickx and Breemersch 2012): а) регулируемые заслонки на судах туннельного типа, убирающиеся в корпус судна при полной осадке на большой глубине (сверху) и выдвигающиеся при эксплуатации судна на мелководье (внизу); б) общая схема речного судна с боковыми выдвигаемыми плавучими элементами и с) поперечное сечение речного судна с боковыми выдвигаемыми плавучими элементами и d) плавучие элементы крупным планом.

Что касается морфологических изменений внутренних водных путей, вызванных климатическими изменениями, то деградация русла рек будет продолжаться ускоренными темпами, если не предпринимать никаких усилий, и, как следствие этого, потребуются новые меры по адаптации морфологии речного русла (например, рис. 58), а также более эффективные мероприятия по управлению речным хозяйством. По оценкам, расходы на адаптацию инфраструктуры к условиям деградации речного русла сопоставимы с расходами на сдерживание эрозии речного русла (Turpjin, 2012).

Некоторые мероприятия по адаптации инфраструктуры водных путей (экспериментальный проект в Витцельсдорфе, см. Siedl (2012)) свидетельствуют о том, что гидротехнические сооружения на реках могут потребовать адаптации. В рассматриваемом случае старые буны вдоль берегов были демонтированы и заменены новыми бунами более совершенной конструкции (рис. 59), и были восстановлены речные берега; благодаря этому удалось добиться улучшения динамики потока и уменьшения размывающего действия потока в головной части бун.

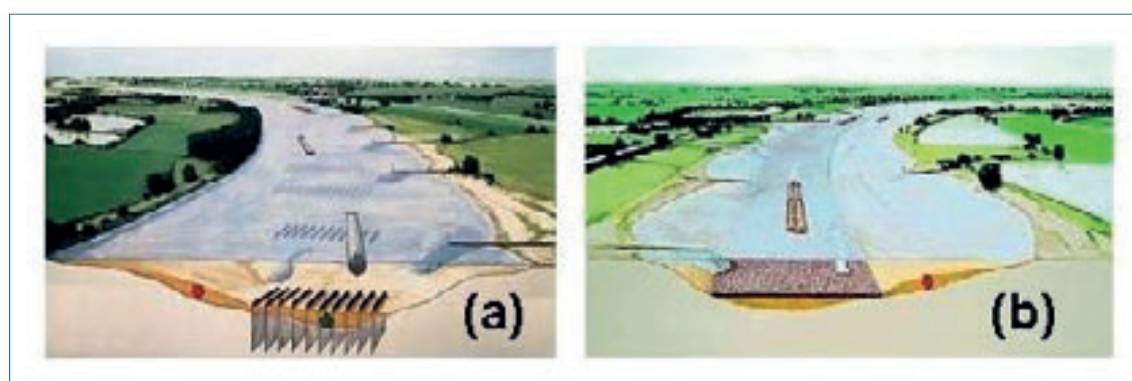


Рисунок 58. Деградация речного русла может иметь значительные последствия для судоходства, особенно в тех местах, где речное русло имеет фиксированные слои, например а) донные направляющие щиты и б) фиксированные слои (Turpjin, 2012). В таких случаях инженерные работы должны быть пересмотрены или модифицированы.

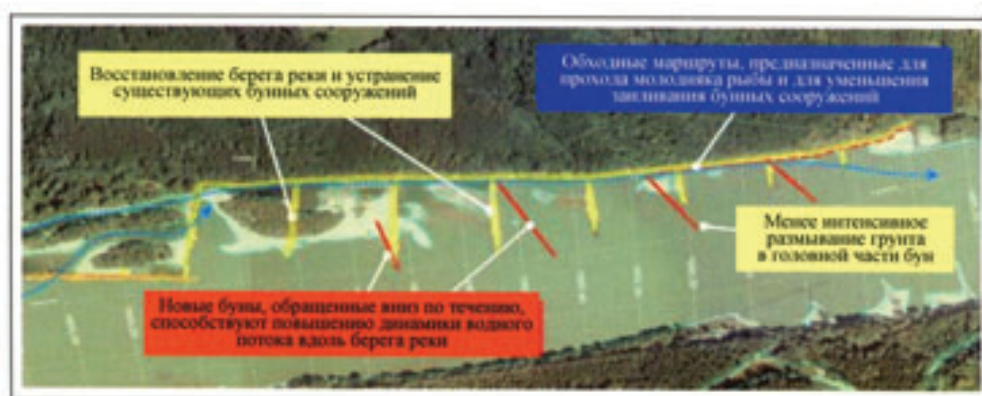


Рисунок 59. Адаптационные гидротехнические методы, использованные в рамках экспериментального проекта в Витцельсдорфе (Siedl, 2012). Старые бунны (желтые) были удалены и заменены новыми буннами более совершенной конструкции с целью улучшения динамики речного потока и сдерживания процесса заиливания.

В контексте проблемы комплексного управления водными путями в рамках того же исследования было высказано предложение о необходимости осуществления контроля за ВВП посредством циклического "обслуживания фарватеров", которое включает такие меры, как: i) регулярный мониторинг батиметрических характеристик рек; ii) своевременное проведение дноуглубительных работ с учетом природных процессов (периодов нереста и необходимости сохранения донного гравия) и iii) обеспечение онлайн-доступа пользователей водных путей к батиметрическим данным и информации о состоянии стока. Такая деятельность должна включать усилия по приведению фарватера в соответствие с согласованными на международном уровне параметрами и принятию кратко-, средне- и долгосрочных адаптационных мер.

В следующих разделах изложено краткое описание некоторых национальных адаптационных планов.

4.3.3.2 Соединенные Штаты Америки

Общая протяженность торговых водных путей в США составляет 25 000 миль. Что касается международной сети ВВП, то Агентство по сотрудничеству в целях развития морского пути Святого Лаврентия (АРМПСЛ) занималось разработкой плана действий по адаптации к изменению климата (АИК), с помощью которого вопросы адаптации к изменению климата будут интегрированы в его деятельность и предоставляемые услуги. С учетом налаживания комплексного сотрудничества с Агентством по развитию канадского морского пути этот план будет включать адаптационные планы координации с учреждениями-партнерами (USDOT, 2012b).

В результате инженерно-технического обследования электромеханических и гидравлических систем действующих шлюзов было установлено, что для того, чтобы защитить эти системы от экстремального повышения или понижения уровня воды, их следует модифицировать. Программа модернизации АРМПСЛ предусматривает обновление всех основных компонентов, обеспечивающих защиту системы в экстремальных условиях, включая системы вымывания льда, гидравлическое оборудование шлюзов, обогревательные системы для защиты канала в периоды аномального холода и дренажные системы для защиты от наводнения (USDOT, 2012b).

4.3.3.3 Канада

Главным объектом адаптационных мер являются шлюзы (см. также раздел 4.5.2). Последствия изменения и изменчивости климата отразятся на работе шлюзов, и для обеспечения судоходства в условиях экстремального понижения уровня воды потребуются более глубокие и более широкие шлюзы; другой альтернативой, например на морском пути Святого Лаврентия, будут осуществляться капиталовложения в строительство судов с меньшей осадкой. Обычной мерой реагирования на понижение уровня воды в реках является дноуглубление, которое широко применяется в настоящее время для борьбы с последствиями засухи; однако последствия изменения климата могут потребовать осуществления более частых и более интенсивных дноуглубительных работ, с которыми будут связаны более высокие финансовые и экологические издержки (CCIADC, 2004).

4.3.3.4 Нидерланды

В результате осуществления двух голландских научно-исследовательских программ ("Влияние изменения климата на внутренний водный транспорт и конкурентоспособность порта Роттердама" (2011)) и "Защита Нидерландов от повышения уровня моря и обеспечение достаточного водоснабжения пользователей системы пресного водоснабжения" (до 2014 года) была получена информация о воздействии изменения климата на внутренние водные пути. Эти исследования показали, что основные последствия, связанные с внутренним судоходством, которые приведут к снижению грузоподъемности и росту транспортных расходов, будут сравнительно незначительными до 2050 года (Turpjin, 2012; см. также приложение III.7).

4.3.4 Технические адаптационные меры для морских портов

Грузовые перевозки, во все времена выступавшие в качестве одного из ключевых факторов экономического роста, являются также одним из важных источников поступлений и важной сферой занятости. Например, на морские перевозки приходится 80% торгового оборота ЕС с миром, и около 40% грузов внутри ЕС перевозятся морем на короткие расстояния; кроме того, через порты ЕС ежегодно перевозятся 400 млн. пассажиров, при этом грузовые перевозки обеспечивают жизненно важную связь с островами и удаленными регионами (http://ec.europa.eu/transport/modes/maritime/index_en.htm). В результате стремительного расширения торговых перевозок контейнеров и насыпных грузов в 2011 году общемировой объем морской торговли вырос приблизительно на четыре процента, вследствие чего совокупный объем товаров, отгружаемых во всем мире, вырос до 8,7 млрд. тонн (UNCTAD, 2012). Поэтому для обеспечения непрерывности работы морского транспорта и его вклада в мировую экономику требуется разработка соответствующей политики (e.g. Asariotis and Venamara, 2012).

Морские порты, вероятно, больше всего пострадают от последствий изменения климата (см. раздел 2.1). Тем не менее и несмотря на присущий судоходству международный характер (см., например, рис. 1б), оценка рисков и связанных с ними адаптационных мер, нацеленных на повышение степени устойчивости портов к последствиям изменения климата, является новым вопросом в международной повестке дня, посвященной разработке транспортной политики²¹. К числу проводимых в этой связи мероприятий относятся глобальное обследование морских портов мира, проведенное Международной ассоциацией портов и гаваней (МАПГ) и Американской

²¹ Например, задача обеспечения устойчивости в условиях изменения климата не была включена в число стратегических целей/рекомендаций политики развития морского транспорта ЕС на период до 2018 года (ЕС, 2009) и не была прямо упомянута в послании ЕС 2013 года (ЕС, 2013). В отличие от нее задача смягчения последствий изменения климата, связанная с выбросами от судоходства, рассматривается достаточно часто (см., например, директиву 2012/33/EU "Содержание серы в морском топливе".

ассоциацией портовых властей (ААПВ). Эти ассоциации портовой индустрии провели обследование среди своих членов, желая определить, каким образом изменение климата, по мнению портовой администрации, может повлиять на работу портов, какие изменения уровня моря могут привести к возникновению портовых проблем и как они планируют адаптироваться к новым природным условиям (IAPH/AAPA, 2010). Результаты показали, что члены этих ассоциаций весьма обеспокоены последствиями изменения климата, однако в большинстве своем считают, что для принятия надлежащих решений требуется более конкретная информация от научного сообщества. Заслуживает внимания тот факт, что, хотя подавляющее большинство портов считают, что им надлежит принимать меры по адаптации к изменению климата, лишь 34% респондентов отметили, что они в достаточной степени проинформированы о проблеме изменения климата и связанных с ним последствиях для портов (Inoue, 2012; Becker, 2012).

Около половины охваченных обследованием портов сообщили, что они предприняли некоторые шаги по подготовке к потенциальным последствиям изменения климата. Вместе с тем, если расчетный срок многих проектов капитального строительства составляет около 50 лет, что вполне укладывается в рамки многих сценариев прогнозируемого изменения климата, то цикл планирования капиталовложений обычно составляет от 5 до 10 лет. Кроме того, научному сообществу до сих пор не удается представлять информацию об изменении климата на местном уровне, которая требуется для планирования деятельности в портах. Например, до сих пор не удается получать надежные прогнозы в отношении повышения уровня моря по конкретным портам и побережьям, равно как и данные о закономерностях и интенсивности штормовых нагонов в конкретных местах. Поэтому неопределенность данных о конкретных последствиях и долгосрочных процессах затрудняет принятие инвестиционных решений. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что большинство портов мира находятся лишь на начальных стадиях рассмотрения мер по адаптации к изменению климата. Поэтому научному сообществу во взаимодействии с морскими портами необходимо решить большое количество задач для обеспечения их устойчивости и эффективности в грядущем столетии.

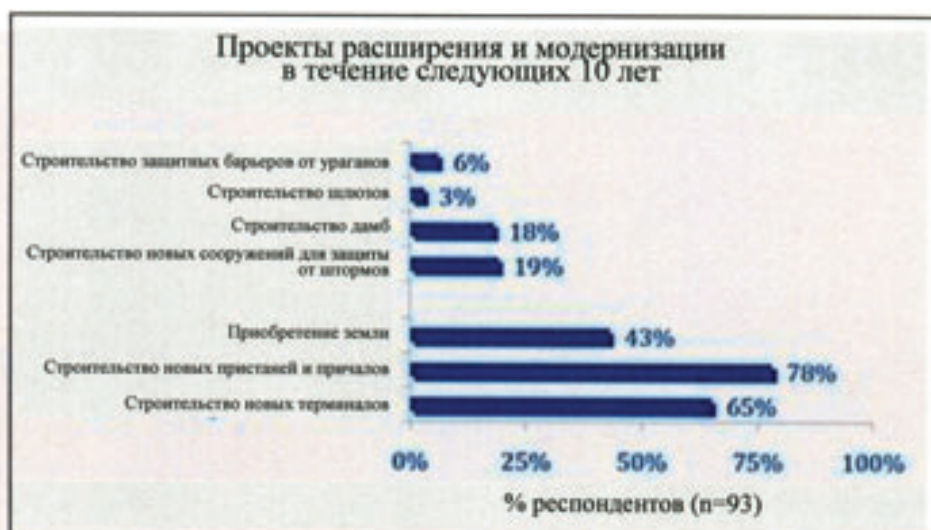


Рисунок 60. Планы защиты и расширения портов (IAPH, 2010; Becker, 2012).

Порты расширяются²². Например, около половины охваченных обследованием портов сообщили, что они завершат крупные инфраструктурные проекты в течение следующего десятилетия, однако 75% респондентов заявили, что эти проекты базируются на том, что весьма сильное штормовое явление происходит один раз в 100 лет. Поскольку эти крупномасштабные проекты рассчитаны на несколько десятилетий, такие стандарты представляются не вполне адекватными, так как изменение климата, по всей видимости, приведет к сокращению периода повторяемости экстремальных штормовых явлений (см. также раздел 1.3). Эти результаты указывают на один из наиболее проблемных аспектов планирования в связи с изменением климата. С учетом того, что горизонт планирования капитального строительства является относительно коротким по сравнению с большинством общепринятых прогнозов в отношении изменения уровня моря, в плановых решениях крайне редко учитываются соображения, касающиеся изменения уровня моря. Вместе с тем могут быть разработаны стратегии, допускающие наращивание деятельности, которые не будут создавать непредвиденных сложностей или препятствий для будущего планирования в связи с возможным изменением климата.

Судя по имеющейся информации, лишь немногие порты планируют осуществление проектов, например, по строительству новых волноломов или штормовых барьеров, которые позволят укрепить сооружения по защите от наводнений и разрушительных волн (см. также рис. 59). В данном случае следует отметить, что связанные с изменением климата риски для конкретных морских портов по сути мало чем отличаются от исторически существующих рисков, однако уровень риска скорее всего будет повышаться.

Управление по делам торгового флота Соединенных Штатов Америки (МАРАД) планирует включить до конца 2013 года вопросы адаптации к изменению климата во внутренние обзоры, особенно в отношении проектов портовой инфраструктуры, назначения грантов на развитие верфей и модификации принадлежащих Управлению активов. Кроме того, оно начало вести информационно-разъяснительную работу для обеспечения учета заинтересованными сторонами вопросов, связанных с изменением климата (USDOT, 2012b). В недавно проведенном австралийском исследовании (McEvoy and Mullett, 2013) подчеркивалась необходимость оценки устойчивости морских портов к изменению климата. Весь процесс оценки был разбит на 6 этапов: этап 0 – начало процесса и исполнительная поддержка; этап 1 – определение условий, в которых функционирует порт; этап 2 – определение текущих факторов уязвимости и будущих рисков; этап 3 – анализ и оценка рисков; этап 4 – определение и установление приоритетности адаптационных вариантов; этап 5 – мониторинг и оценка адаптационных мер.

В ходе этого исследования было определено несколько инновационных адаптационных решений, открывающих дополнительные возможности для совершенствования логистических потоков, управления жизненными циклами инфраструктуры и уменьшения потенциальных рисков в качестве дополнительных соответствующих выгод, возникающих в процессе повышения устойчивости к изменению климата. Было установлено, что наращивание потенциала адаптации к изменению климата требует развития организационных возможностей эффективного реагирования на проблемы, возникающие в процессе изменения климата, включая информационно-разъяснительную работу, повышение квалификации, сбор данных, мониторинг и исследования. Было также высказано мнение, что осуществление адаптационных мероприятий связано с принятием практических шагов по снижению уровня уязвимости к климатическим рискам или развитию возможностей. Эта деятельность включает технологические и инженерные изменения, организационно-

²² Порты являются ключевыми транспортными узлами. Одной из конкретных мер "Белой книги" ЕС (четвертый этап) в отношении создания конкурентоспособной и энергоэффективной транспортной системы в 2020–2030 годах является включение 82 крупных портов ЕС в основную инфраструктурную сеть, которая должна быть сформирована к 2030 году http://ec.europa.eu/governance/impact/planned_ia/docs/2013_move_016_future_eu_ports_policy_en.pdf.

Таблица 17. Стратегии адаптации портов Австралии (по материалам McEvoy and Mullett, 2013).

Область деятельности	Адаптационные действия
Технологическая	Целевое инвестирование в технологии (например, в разработку кранов, способных безопасно работать при сильных порывах ветра)
	Новые спецификации холодильного хранения, соответствующие более высоким температурным нагрузкам, с использованием менее энергоемких альтернатив
	Использование возобновляемой энергии/энергии с низким уровнем выбросов для предупреждения перебоев с энергоснабжением и роста расходов на энергообеспечение; такие решения уже реализуются: например, топливные ячейки для мобильных логистических элементов/
	охлаждения грузов и фотоэлектрические элементы для зданий
Инженерная	Закупка оборудования (например, портовых погрузчиков, конвейерных лент, береговых кранов) требует оценки с учетом будущих условий эксплуатации
	Хранилища должны быть модернизированы с учетом будущих экстремальных явлений
	Оценка/модернизация дренажных систем с учетом повышения интенсивности осадков
	Постоянный гидрографический мониторинг для определения потребностей в дноуглубительных работах
	Создание более надежных систем (например, системы пылеподавления) с учетом возможного усиления ветров
	Постепенное увеличение/реконструкция волноломов для защиты от повышения уровня моря и усиления волн
Организационно-техническая	Поощрение, при необходимости, переориентации на другие виды транспорта с целью повышения устойчивости путем устранения зависимости от избыточных элементов системы снабжения
	Обеспечение учета изменений климата (например, изменения уровня моря, повышения уровня штормовых нагонов) в будущих проектных спецификациях всех элементов портовой инфраструктуры
	Обеспечение разработки для портов планов упреждающих действий по управлению инфраструктурой и активами, в которых учитывается срок службы активов
	Налаживание партнерства с городскими властями и логистическими системами снабжения с целью надлежащего планирования и проектирования связанных между собой логистических центров, устойчивых к изменению климата на региональном уровне
	Изучение возможностей диверсификации торговли за счет товаров, устойчивых к изменению климата
Страхование	Взаимодействие со страховыми компаниями для количественной оценки рисков и надлежащего страхования от рисков, которые невозможно устранить
Системы управления	Факторы изменения климата следует постепенно интегрировать в природоохранные системы, системы преодоления чрезвычайных ситуаций и управления рисками путем обновления отдельных элементов политики, организации учебных мероприятий по последствиям изменения климата в рамках текущей деятельности по подготовке кадров, определения подходящих стратегий/параметров для разных систем управления и регулярного обновления правовых элементов обеспечения соблюдения норм
	Разработка "пандемических" планов в рамках системы подготовки к чрезвычайным ситуациям и реагирования на них

технические меры, меры по планированию и страхованию и изменение системы управления (см. таблицу 16). В других исследованиях предлагались конкретные практические шаги, например, для снижения ветровой нагрузки путем строительства постоянных ветрозащитных стен вдоль пристаней или использования уложенных штабелем контейнеров для защиты от ветра. Как показала практика, уложенные штабелем контейнеры на высоту до 13–15 м позволяют почти на 25% снизить скорость ветра и почти на 30% ветровую нагрузку (Paulauskas et al., 2009).

Эффективная адаптация морского порта требует детального и подробного изучения связанных с изменением климата рисков (например, долгосрочного и краткосрочного повышения уровня моря, изменений волнового режима, которые могут повлиять на проникновение длинных волн внутрь порта, и изменения стока и режимов образования донных отложений) (e.g. Becker et al., 2013). Такая исследовательская работа требует значительных людских и финансовых ресурсов. Возможно, было бы целесообразно провести ряд специальных исследований (см. e.g. Stenek et al., 2011), которые позволили бы определить оптимальные способы оценки последствий и вариантов адаптации.

В ряде морских портов уже предприняты некоторые шаги в направлении адаптации. Например, порт Роттердама (Нидерланды) во взаимодействии с другими заинтересованными сторонами разработал программу защиты Роттердама от воздействия климата, в которой ставится цель сделать Роттердам абсолютно устойчивым к последствиям изменения климата к 2025 году (Rotterdam Climate Initiative, 2013). Эта стратегия нацелена, в частности, на обеспечение продовольственной безопасности, доступности порта для судов, адаптивного строительства и совершенствования системы городского водоснабжения. Новые элементы портовой инфраструктуры призваны быть устойчивыми к изменению климата, а мероприятия по оценке изменения климата должны быть интегрированы в процесс пространственного планирования портов вместе с усилиями по расширению массива знаний (Vellinga and De Jong, 2012). Порт Сан-Диего (шт. Калифорния, Соединенные Штаты Америки) во взаимодействии с соседними общинами, на которых также лежит ответственность за принятие мер по реагированию на чрезвычайные ситуации, защите стратегически важных коммунальных служб и созданию ливневой канализации, разработал план адаптации к изменению климата и смягчения его последствий (Port of San Diego, 2013; Messner and Moran, 2013). Методология оценки включает систему оценки рисков, в которой учитываются вероятность и последствия изменения климата. Вышеперечисленные исследования и инициативы свидетельствуют о применении комплексного и коллективного подхода к разработке мер по противодействию изменению климата для портов и портовых регионов. Однако многое еще предстоит сделать, в частности предстоит разработать и испытать различные подходы, для того чтобы учесть все многообразие условий, в которых находятся разные порты мира (Becker et al., 2013).

4.4 Резюме и обсуждение

Изложенный выше краткий обзор свидетельствует о том, что адаптация к последствиям изменения и изменчивости климата для транспорта является новой темой в международной повестке дня в области развития транспорта. Несмотря на отдельные исследования, посвященные изучению воздействия изменения климата на транспорт и связанных с ним потребностей в адаптации, а также некоторые реализуемые или планируемые в настоящее время властями и промышленными компаниями в различных странах ответные адаптационные меры и планы, еще предстоит провести большую работу для улучшения понимания ключевых вопросов, находящихся на стыке транспортной отрасли и проблемы изменения климата. Большинство прилагаемых в настоящее время научно-исследовательских усилий ориентированы на конкретные виды транспорта, однако некоторые факты указывают на то, что в будущем будет

применяться более комплексный подход²³. В то же время, как показывает практика, до сих пор прилагалось мало усилий для решения проблемы климатической устойчивости международных транспортных сетей²⁴ на региональном и глобальном уровнях.

Изменение и изменчивость климата затрагивают такие аспекты автотранспорта, как безопасность, эксплуатацию и техническое обслуживание дорожной инфраструктуры и дорожных систем. Для преодоления различных непосредственных (например, износ, деформация и проседание дорожного покрытия и оползни, проблема обеспечения доступа вследствие наводнений и эрозии) и косвенных (экономических, экологических, демографических и связанных с пространственным планированием) последствий требуются различные технические и оперативные меры по адаптации. К их числу относятся установление новых температурных пределов для дорожных покрытий и мостовых шовных соединений, укрепление насыпей, включение стальной арматуры в дорожное покрытие и размещение дорог, мостов и туннелей выше уровня затопляемых территорий. Подходы, применяемые в целях учета соображений, связанных с изменением климата, в процессе проектирования и эксплуатации дорог, включают оценку воздействия на дороги, уязвимость и жизнеспособность, планирование сроков и разработку стратегий адаптации.

Изменение климата уже отражается на эксплуатации железных дорог в различных регионах, при этом ожидается, что в будущем воздействие таких явлений, как аномальная жара, наводнения и сильные ветры, усилится. Обильные осадки и сильные наводнения могут нарушить работу дренажных систем и земляные сооружения, в то время как сильные ветры могут вызвать нарушение подвесных контактных линий. Проводившиеся в ряде стран исследования, в том числе упомянутые выше, объединены, как представляется, одним общим вопросом: как можно наиболее эффективно преодолеть последствия изменения климата для железных дорог? В основе стратегии адаптации лежит задача повышения степени устойчивости инфраструктуры путем создания гарантий быстрого восстановления железнодорожных систем в случае экстремальных погодных условий. Наиболее предпочтительным методом создания новой железнодорожной инфраструктуры является внедрение технических инноваций в сферу строительства и изменение операционных процедур с учетом прогнозируемых последствий изменения климата.

Функционирование внутреннего водного транспорта (ВВТ) зависит от гидрологии реки и ее динамики. Как показывает практика, в рамках обсуждения вопросов адаптации к изменению климата на транспорте основное внимание уделяется инфраструктуре и экономическим аспектам транспортной отрасли. Прогнозы в отношении будущего Европы говорят о воздействии изменения климата на ВВТ, особенно после 2050 года, которое будет связано главным образом с понижением уровня воды в реках в летний период и увеличением стока зимой. Предлагаемые адаптационные меры связаны преимущественно с адаптацией речного флота, а также мониторингом и реабилитацией донной морфологии рек или каналов. В отличие от европейских мер меры по адаптации в Северной Америке касаются главным образом шлюзов морского пути Святого Лаврентия, которые, согласно прогнозам, значительно пострадают вследствие будущего изменения и изменчивости климата.

Порты, по всей видимости, больше всего пострадают от последствий изменения климата особенно с учетом их расположения на побережье, в низинных районах и дельтах рек, а также высокой стоимости их инфраструктуры и сосредоточения в них экономической деятельности (см. раздел 2.1). Тем не менее оценка рисков и связанных с ними мер по адаптации с целью повышения степени устойчивости портов к изменению климата до сих пор не вошла в число основных вопросов, рассматриваемых на

²³ Например, исследование на побережье Мексиканского залива Соединенных Штатов Америки (Annex I.13).

²⁴ Транспортные сети являются высокоценными активами. Например, в 2005 году сеть автомобильных дорог Великобритании была признана самым ценным единичным активом страны, и стоимость основных автомобильных и шоссежных дорог была оценена приблизительно в 62 млрд. фунтов стерлингов (Hooper and Chapman, 2012).

международном уровне при обсуждении транспортной проблематики. Как показывают отраслевые обследования (например, МАПГ), портовые власти особенно обеспокоены возможными последствиями изменения климата. Тем не менее операторы портов также считают, что для эффективного планирования и финансирования деятельности по повышению устойчивости портов требуются дополнительные и более подробные исследования.

Что касается международных транспортных сетей, то, как показал проведенный в рамках настоящего исследования обзор, для обеспечения эффективного, безопасного и быстрого международного перемещения грузов и людей требуются эффективные, комплексные и мультимодальные транспортные сети. Тем не менее до сих пор прилагалось крайне мало согласованных усилий для оценки последствий прогнозируемого изменения и изменчивости климата на международном уровне и проектирования соответствующих адаптационных ответных мер (e.g. ЕС, 2012). Несмотря на некоторые специфические трудности и аспекты этой задачи, такие как высокая пространственно-временная изменчивость климата, многообразие административных и технических условий, различные финансовые ограничения, а также ограниченность соответствующей информации (например, "парадокс данных", см. Potter (2012)), следует и впредь разрабатывать устойчивые международные стратегии развития транспорта таким образом, чтобы в них учитывались последствия изменения и изменчивости климата для международной транспортной инфраструктуры и ее эксплуатации и предусматривались эффективные меры по адаптации.

Для того чтобы создать в регионе ЕЭК комплексную международную транспортную сеть, государствам-членам, разработчикам и управляющим транспортной инфраструктуры, а также другим заинтересованным сторонам надлежит обратить особое внимание на меры, которые необходимо принять в целях: i) создания отсутствующих звеньев и устранения узких мест; ii) устранения административных и технических препятствий для достижения эксплуатационной совместимости всех элементов сети, обеспечивающей оптимальную интеграцию различных видов транспорта и доступность для всего региона; iii) создания интеллектуальных транспортных систем для управления транспортом, планирования перевозок с использованием разных видов транспорта, предоставления услуг по слежению, планирования использования имеющихся мощностей и предоставления комплексных онлайн-услуг по резервированию и заказу билетов; iv) обеспечения высокого уровня экологичности/причинения минимального ущерба окружающей среде, обеспечения высокого качества предоставляемых услуг и организации эффективных транспортных потоков; v) содействия передовому технологическому развитию, которое будет способствовать повышению уровня топливной безопасности и уменьшению выбросов углерода и vi) поддержания и повышения качества инфраструктуры в том, что касается ее эффективности, защиты, безопасности, а также устойчивости к изменению климата и стихийным бедствиям.

Чтобы обеспечить устойчивость региона ЕЭК к изменению климата, прежде всего необходимо осуществить подробное картирование международных транспортных сетей и коридоров ЕЭК, в том числе тех, которые еще планируются, например, в рамках программы ТЕС-Т (см. http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/index_en.htm). Кроме того, необходимо определить стратегически важные транспортные узлы региона и оценить степень их уязвимости к различным последствиям изменения климата в зависимости от их местоположения и разных сценариев развития климата. Эти усилия предположительно позволят принимать обоснованные решения, касающиеся не только приоритетных действий и стандартов проектирования, но и сочетания различных видов транспорта, а также переключения на наиболее устойчивые, экономичные и наименее уязвимые виды транспорта.



Наводнение, Ваја, Венгрия 2013 год. Фото: Mr. Otto Michna



Наводнение, Ваја, Венгрия 2013 год. Фото: Mr. Otto Michna

Глава 5. Выводы и рекомендации

5.1 Введение

Несмотря на то, что о последствиях изменения климата в различных сферах человеческой деятельности в последние годы стали задумываться как правительства, так и международные организации, воздействию этих изменений на инфраструктуру и функционирование международных транспортных сетей, а также соответствующим мерам адаптации уделяется сравнительно мало внимания. Как известно, стороны Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН), среди прочего, обязались принимать меры по адаптации к ИК (понимаемому здесь как антропогенное ИК). Проблемы, связанные с такой адаптацией, все чаще обсуждаются на сессиях представительных органов РКИКООН; на эту тему уже приняты определенные решения. Следует также отметить, что международным сообществом признается отсутствие повсеместного доступа к надлежащей информации и услугам в области климата. Желая восполнить этот пробел, правительства стран – участниц внеочередного Всемирного метеорологического конгресса приняли решение создать при руководящей роли ВМО Глобальную рамочную основу для услуг в области климата (ГРОУК). В то же время работа, проделанная за последнее время на национальном, а в ряде случаев также на наднациональном уровне, равно как и по линии транспортной отрасли, позволила продемонстрировать, что возникающие вследствие изменения климата погодные условия могут существенно отразиться на состоянии инфраструктуры международных транспортных сетей и, соответственно, на функционировании экономики и обеспеченности населения средствами к существованию в глобальном и региональном масштабах. Эти соображения дали толчок формированию в последнее время комплексных национальных и наднациональных стратегий, подобных принятой недавно (в апреле 2013 года) Стратегии Европейского союза в области адаптации к изменению климата, призванной укрепить устойчивость стран ЕС к воздействию климатических факторов. Основными направлениями этой стратегии применительно к транспортному сектору являются оценка стоимости, выгод и последствий адаптации, повышение уровня знаний, содействие принятию соответствующих стандартов и руководящих принципов, а также сбор и распространение информации о передовом опыте.

Признавая необходимость согласованных действий, эксперты из разных стран мира, международных организаций и из числа представителей научных кругов создали под эгидой Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций Группу экспертов по последствиям изменения климата для международных транспортных сетей и адаптации к ним. Проведя шесть сессий, эта группа а) обсудила соответствующую информацию по региону ЕЭК ООН и странам, расположенным за его пределами, а также выявила и проанализировала возможные последствия изменения климата для транспортной инфраструктуры и транспортных услуг применительно к различным звеньям производственно-сбытовой цепи; б) собрала и изучила информацию о нынешнем уровне осведомленности и готовности, о наличии соответствующих данных и инструментов, о существующих и планируемых адаптационных стратегиях, мерах и инициативах для транспортного сектора, а также о потребностях в научно-исследовательской работе и финансировании и механизмах сотрудничества на национальном, региональном и международном уровнях; в) провела обзор соответствующих национальных инициатив, тематических исследований и научно-исследовательских проектов; г) организовала обмен опытом по мерам адаптации для конкретных видов транспорта, способным уменьшить степень уязвимости транспортной сети; д) выявила существующие виды оптимальной практики в рамках национальных стратегий регулирования рисков и увеличения жизнестойкости транспортных

коммуникаций; f) признала необходимым повысить осведомленность об оценках последствий ИК и адаптационных мерах; и g) оценила вклад усилий по адаптации к изменению климата в разработку общих руководящих принципов и развитие передовой практики в транспортном секторе.

5.2 Тенденции, прогнозы и последствия изменения климата

5.2.1 Тенденции и прогнозы

Современная динамика климатической системы и прогнозы на будущее ясно указывают на наличие долговременной тенденции к повышению средней температуры воздуха. Атмосферные осадки также претерпевают изменения, но более сложного характера: одни регионы становятся более влажными, другие – более засушливыми. В будущем ожидается сохранение или даже ускорение этих тенденций. Прослеживается тенденция к уменьшению снежного покрова, хотя этот процесс протекает неравномерно. Одним из самых негативных последствий роста температур является значительное повышение среднего уровня моря в результате теплового расширения океана, таяния ледовых щитов Гренландии и Антарктики, ледников и ледниковых шапок, а также изменения объема воды, накапливаемого на суше. За период с 1860-х годов уровень моря стал выше примерно на 0,2 м, причем начиная с 1990-х годов данные спутников указывают на неуклонное ускорение этого процесса.

Изменения средних климатических условий также могут вызывать колебания частоты, интенсивности, пространственного охвата, продолжительности и времени возникновения экстремальных погодных и климатических явлений, что в свою очередь способно повлиять на климатическую ситуацию в будущем. Эти экстремальные явления (ураганы, штормовой нагон воды, наводнения, засухи и аномальная жара), а также изменения режимов отдельных климатических систем, таких как муссоны, могут в ограниченных пространственно-временных масштабах сильнее сказываться на состоянии транспортных сетей, нежели изменения средних параметров. Одной из наиболее выраженных тенденций, судя по всему, является рост частоты и интенсивности сильных ливней. Расчеты по климатическим моделям показывают, что эта тенденция сохранится и впредь, и ожидается, что к 2100 году ливневые дожди такой интенсивности, которая сегодня отмечается примерно раз в 20 лет, будут выпадать каждые 4–15 лет в зависимости от географического района.

Очевидно, что немалую угрозу представляют собой разливы рек, особенно в Центральной и Восточной Европе и в Центральной Азии; вместе с тем эти тенденции более целесообразно оценивать на региональном и местном уровнях. Согласно имеющимся данным, учащаться и усиливаться будут и такие явления, как аномальная жара, т.е. длительные периоды необычно жаркой погоды. Они часто сопровождаются сильными засухами, которые в некоторых регионах приобретают в целом все более серьезный характер.

Одной из главных причин наблюдаемого потепления считается увеличение концентрации в атмосфере парниковых газов (ПГ), т.е. водяного пара, двуокси углерода (CO_2), метана (CH_4) и закиси азота (N_2O), которые поглощают отражаемое земной поверхностью тепловое излучение и тем самым усиливают аккумуляцию тепла в системе Земли. С начала промышленной революции содержание ПГ в атмосфере неуклонно возрастало и к настоящему времени превысило уровни, существовавшие в течение миллионов лет. Например, в начале мая 2013 года концентрация CO_2 впервые по крайней мере за последний миллион лет превзошла уровень 400 млн^{-1} (частей на миллион). Процесс глобального потепления может ускоряться за счет положительных обратных связей, т.е. в результате явлений, вызываемых изменением климата и в свою очередь приводящих к дальнейшему повышению температур. Так, ранее инертные резервуары

углерода (в частности, тропические торфяники и обширные запасы CH_4 в арктических районах вечной мерзлоты) могут при повышении температуры дестабилизироваться и начать высвобождать в атмосферу больше CO_2 и/или CH_4 . Быстрое сокращение площади льда в Северном Ледовитом океане, особенно в летний период, также может влиять на климат, поскольку лед в отличие от морской воды отражает основную часть падающего солнечного излучения обратно в атмосферу; без льда Северный Ледовитый океан будет накапливать излучаемую Солнцем тепловую энергию, усиливая тем самым глобальное потепление.

Изменение климата (т.е. повышение среднего уровня моря, рост температуры воды, более высокая интенсивность штормов и штормового нагона, а также потенциальные изменения волнового режима) может серьезно отразиться на состоянии береговой инфраструктуры и соответствующих услугах, включая функционирование портов и других прибрежных транспортных узлов и сетей. Штормовой нагон и образующийся подпор воды способны прямо влиять на повседневную работу портов, приводя к их закрытию. В рамках недавних исследований была проведена оценка риска, которому подвергаются население и имущество в 136 портовых городах с населением свыше миллиона человек; исследования показали, что к 2050 году затопление прибрежных районов может стать угрозой для десятков миллионов людей и для имущества стоимостью свыше 25 млрд. долл. США. Наводнения в прибрежной зоне будут существенно сказываться на транспортной инфраструктуре, делая ее непригодной для использования в течение всей их продолжительности, причиняя значительные повреждения терминалам, интермодальным объектам, логистическим центрам, складским площадям и грузам и, как следствие, нарушая на еще более длительное время целостность интермодальных логистических цепей и транспортное сообщение. Порты, формирующие ключевые узлы международных транспортных сетей и выступающие в роли связующих звеньев транснациональных цепей поставок, будут подвергаться особенно серьезному воздействию, прежде всего в силу длительных сроков эксплуатации их основной инфраструктуры, их расположения в незащищенных прибрежных и/или устьевых районах и их зависимости от торговли, судоходства и внутреннего транспорта, в свою очередь также уязвимых в условиях изменения климата.

Изменения уровней осадков могут привести к изменению режима водотоков, способному повлиять на состояние автомобильных и железных дорог, железнодорожных и автобусных терминалов, портовых сооружений и аэропортов. Ущерб может возникать непосредственно во время погодных явлений, что потребует мер экстренного реагирования; возможно нарушение структурной целостности и ухудшение эксплуатационно-технического состояния автомобильных дорог, железнодорожных линий, мостов, туннелей, дренажных систем, систем телекоммуникаций и управления движением, создающее необходимость в более частом ремонтно-профилактическом обслуживании. Учащение ливневых осадков и наводнений вызовет рост числа аварий, связанных с погодными условиями, – причинами которых могут быть повреждения транспортных средств, дорожного покрытия и железнодорожных путей или плохая видимость – а также приведет к задержкам и нарушению функционирования и без того перегруженных транспортных сетей. Портам будут угрожать кратковременные наводнения, вызванные проливными дождями, а чрезмерное заиливание, связанное с выпадением осадков, способно привести к уменьшению глубины судоходных каналов и значительному увеличению расходов на дноуглубительные работы. На внутренних водных путях возможны такие проблемы, как приостановка судоходства, заиливание, изменение морфологии рек, повреждение берегов и противопаводковых сооружений; что касается аэродромов, то их затопление может вызывать продолжительные задержки и отмену рейсов и негативно отражаться на структурной целостности взлетно-посадочных полос и других специализированных объектов инфраструктуры аэропортов.

Ураганные ветры могут приводить к повреждению железнодорожных путей в береговой полосе и устьях рек, а также выходу из строя портовых сооружений (например, кранов и грузовых терминалов), уничтожать посевы, косвенно отражаясь

тем самым на состоянии транспортного сектора, приводить к более частым срывам воздушного сообщения и повреждению оборудования аэропортов (аппаратуры, ограждения и знаков), инфраструктуры автомобильных и железных дорог (например, в результате ветрового переноса обломков) и осложнять автомобильные и железнодорожные перевозки. Изменения розы ветров и направленности ветровых волн могут иметь серьезные последствия для функционирования и безопасности морских портов. Периоды аномальной жары также чреваты ощутимыми последствиями для транспортных услуг и инфраструктуры. Следствиями сухой и жаркой погоды могут быть стихийные пожары и неурожай, нехватка воды, трудности, связанные с хранением продуктов питания, дополнительная нагрузка на системы энергоснабжения и необходимость увеличения холодопроизводительности. При сильной жаре возможны повреждение автомобильных дорог, деформация железнодорожных путей и иссушение их земляного полотна, что приведет к длительным задержкам из-за необходимости ограничения скорости движения. Затронуты будут также объекты инфраструктуры аэропортов, включая взлетно-посадочные полосы, и их функционирование, равно как и внутренний водный транспорт. Таяние льдов в Северном Ледовитом океане может открыть новые судоходные маршруты, но при этом повлечь за собой изменения спроса и предложения на рынке региональных перевозок и значительно увеличить расходы на сообщение арктических портов с основными национальными и международными сетями внутреннего транспорта. Следствием потепления в Арктике также может стать изменение границ вечной мерзлоты и циклов замерзания/таяния, способное приводить к повреждению фундаментов и криогенному вспучиванию полотна автомобильных и железных дорог, а также негативно отражаться на структурной целостности и несущей способности мостов и других транспортных сооружений.

5.2.2 Последствия для различных видов транспорта

Спрос на перевозки увеличивается по мере роста мировой экономики, торговли и народонаселения. Поскольку состояние транспортного сектора определяется спросом, значительные последствия для него могут иметь также обусловленные изменением климата перемены в распределении населения, объемах и географии производства товаров, туристических потоках, структуре торговли и потребления и т.д. Таким образом, изменение климата создает серьезные проблемы как для грузовых, так и для пассажирских перевозок. Ниже кратко рассмотрены некоторые из этих проблем применительно к различным видам транспорта.

Автомобильный транспорт

Ожидаемое изменение климата, безусловно, скажется на состоянии инфраструктуры дорожных сетей, их функционировании, безопасности и обслуживании и затронет всех, кто управляет и пользуется ими. Основные виды воздействия можно разделить на прямые (например, ухудшение состояния и деформация дорожного покрытия, повреждение и проседание грунта в районах вечной мерзлоты, общие структурные повреждения, сбои в движении транспорта и затрудненный доступ к туннелям и мостам в связи с наводнениями и береговой эрозией) и косвенные (экономические, экологические, демографические и ландшафтно-планировочные). Дорожная инфраструктура будет страдать и от таких неблагоприятных явлений, как колеиность и/или плавление асфальта, тепловое расширение мостовых стыков, оползни, подмыв и разрушение мостовых опор. Поэтому решающее значение имеет соответствующая подготовка; следует также рассмотреть инициативу перехода к строительству так называемых "дорог пятого поколения", или "перманентно открытых дорог", рассчитанных на адаптацию к изменению климата (см. документ Всемирной ассоциации автомобильных дорог (ВААД) (2012) и приложение II к нему).

Железнодорожный транспорт

Железные дороги уже испытывают на себе воздействие изменения климата, сопровождающегося повышением температур в летний период, более влажными зимами, усилением ветров и резкой сменой времен года, что приводит к дополнительным сбоям в работе железнодорожного транспорта, увеличению расходов на техническое обслуживание сетей и затрат на перевозки, а также росту энергопотребления. К числу основных последствий относятся коробление рельсов, перегрев и выход из строя подвижного состава, неполадки в работе устройств сигнализации, увеличение расходов на строительство и техническое обслуживание, разрушение железнодорожных насыпей и дорожного полотна, подмыв опор мостов, чрезмерная нагрузка на дренажные системы, ограничения скорости, задержки и сбои в эксплуатации. Поскольку в ближайшие десятилетия эти последствия могут приобретать все более выраженный характер, необходимы эффективные стратегии адаптации к изменению климата, предусматривающие анализ и систематизированный учет факторов уязвимости, ремонтно-профилактическое обслуживание и аварийное планирование, специальные исследования и разработки, внедрение эффективных руководящих принципов проектирования и технических требований для строительства линий с применением новых, более совершенных технологий и для конструирования подвижного состава.

Внутренний водный транспорт

Поскольку изменения средних уровней воды во внутренних водотоках, прогнозируемые на период до 2050 года, сравнительно невелики, можно ожидать, что в течение этого срока последствия изменения климата существенно проявляться не будут. Однако ожидаемое увеличение амплитуды колебаний уровней воды, фиксируемых в разное время в разных географических точках, безусловно, может стать источником проблем (особенно после 2050 года), что потребует комплексного планирования водных путей, соответствующих инвестиций, технического обслуживания и управления. К числу основных последствий относятся ограничения навигации и рост издержек в связи с чрезмерным понижением и повышением уровней воды, затоплением наземной инфраструктуры, заносимостью навигационных каналов, а также строительством новых водохранилищ.

Морские порты

Морские порты, являющиеся ключевыми узлами международных транспортных сетей, особенно сильно ощутят на себе неблагоприятные последствия изменения климата в силу их берегового расположения, а также возможного повышения среднего уровня моря и более сильного и частого штормового нагона воды. Большинство морских портов расположены на участках побережья, где уже сегодня существует риск затопления, а в будущем этот риск еще увеличится; для портов, находящихся в устьях рек, также существуют потенциальные угрозы, связанные с паводками и засухой. Наиболее серьезными последствиями изменения климата могут быть повреждение инфраструктуры, оборудования и грузов в результате затопления и изменения энергии волн, рост энергозатрат на охлаждение грузов, переориентация транспортных потоков в связи с возможным освоением новых маршрутов судоходства (например, в Северном Ледовитом океане), увеличение расходов на строительство и эксплуатационно-техническое обслуживание портов, изменение режимов водотока и образования наносов в портах и навигационных каналах, а также вопросы, связанные со страхованием. Недавний письменный опрос членов Международной ассоциации портов и гаваней/Американской ассоциации портовых администраций (МАПГ/ААПА), показал, что а) респонденты весьма обеспокоены последствиями изменения климата, но не осведомлены о них в достаточной степени; б) стандарты проектирования портов не обеспечивают надлежащего учета последствий изменения климата, хотя морские

порты обладают крупномасштабной и дорогостоящей инфраструктурой, рассчитанной на долгий срок службы; с) подавляющее большинство (97%) респондентов считают, что в случае повышения уровня моря на 0,5 м или более они столкнутся с серьезными проблемами.

5.3 Рекомендации

В транспортном секторе вопросам адаптации к изменению климата до сих пор не уделялось должного внимания. В некоторых государствах-членах работа над этим ведется не первый год; другие лишь приступили к ней или планируют сделать это в будущем. Так или иначе, большинство (> 75%) респондентов вопросника, разосланного в рамках настоящего исследования, ожидают, что в течение следующих 30 лет изменение климата приведет к серьезным последствиям для транспортной отрасли. Поэтому представляется, что во избежание значительных расходов в будущем руководству транспортного сектора и соответствующим заинтересованным сторонам следует безотлагательно приступить к рассмотрению данной проблемы. Четкое уяснение возможных последствий изменения климата, а также связанных с ним рисков и факторов уязвимости должно стать первым шагом и необходимой предпосылкой в деле проектирования и строительства объектов транспортной инфраструктуры и систем управления ею, обладающих повышенной жизнеспособностью. Следует иметь в виду, что транспортный сектор стран с развивающейся и слабо диверсифицированной экономикой будет особенно уязвимым по отношению не только к экстремальным явлениям катастрофических масштабов, но и к "вялотекущим" неблагоприятным процессам вследствие ожидаемого роста средних температур, повышения среднего уровня моря, более частых наводнений и/или засух.

Адаптационные меры направлены на уменьшение уязвимости и повышение устойчивости систем к действию климатических факторов. В транспортном секторе такая устойчивость предполагает не только физическую прочность и долговечность инфраструктуры, позволяющую ей выдерживать неблагоприятные воздействия, не теряя способности к выполнению своих основных функций, но и возможность быстрого восстановления с минимальными затратами. Из этого следует, что потенциальные последствия изменения климата должны учитываться при планировании, проектировании, строительстве и эксплуатации, а также в рамках более общих экономических стратегий и политики в области развития, затрагивающих данный сектор. Разработка эффективных стратегий адаптации к последствиям изменения климата для международных перевозок требует принятия мер в области политики, инвестиций и совместных исследований. Первым необходимым шагом к восполнению нынешних пробелов в знаниях и определению приоритетных направлений работы представляются целенаправленное изучение факторов уязвимости, проведение эмпирических исследований и оценка вероятных рисков и соответствующих издержек.

Усилия по оценке рисков и потенциального воздействия на транспортный сектор могут привести к выработке практических подходов и рекомендаций по адаптации к уже наступающим и прогнозируемым последствиям изменения климата.

Изложенные ниже общие рекомендации отражают накопленный на сегодняшний день опыт и научно подтвержденные последствия, к которым может приводить изменение климата. Для разработки и формулирования правительствами эффективных стратегий адаптации к изменению климата требуются четкое понимание и систематизированное изучение факторов уязвимости транспортного сектора в условиях такого изменения, которые зависят от трех основных параметров: характера и масштабов изменения климата, чувствительности транспортной системы и того, какой потенциал необходим для адаптации. Ниже следует перечень рекомендуемых мер.

- i) Правительствам в сотрудничестве с владельцами и операторами транспортной инфраструктуры (например, портовыми администрациями, частными железнодорожными компаниями) и международными организациями следует составить реестры жизненно важных и уязвимых узлов такой инфраструктуры в целях определения того, будут ли прогнозируемые изменения климата иметь значительные последствия, а также где и когда этих последствий следует ожидать.
- ii) Проблему изменения климата следует учитывать в долгосрочных программах капитального ремонта и реконструкции, в ходе проектирования объектов, инвестиционной деятельности, ремонтно-профилактического обслуживания, эксплуатации и инженерно-технических работ, а также в планах на случай чрезвычайных ситуаций.
- iii) Транспортная инфраструктура и услуги регулируются многочисленными регламентами; поэтому для принятия мер по адаптации к изменению климата может потребоваться также адаптация институциональных и нормативных механизмов. Хорошим примером в этой связи является принятая в 2007 году директива Европейской комиссии об оценке и регулировании риска наводнений. Согласно ей государства – члены ЕС должны ввести в действие соответствующие законы, правила и административные процедуры в целях нанесения на карты зон, подверженных затоплению, и факторов риска, а также разработки планов реагирования и мер по их реализации в прибрежных районах и речных бассейнах на территории этих государств.
- iv) Планировщикам и проектировщикам транспортной инфраструктуры и ее управляющим, а также изготовителям транспортных средств и подвижного состава следует уже на стадии планирования принимать во внимание прогнозы изменения климата и его потенциальных последствий на глобальном и региональном уровнях. При разработке адаптационных мероприятий важно также анализировать предполагаемые результаты достижения различных намеченных целей во избежание противоречий между принимаемыми мерами.

Ниже приводятся общие рекомендации относительно адаптационных стратегий.

- i) Без эффективных стратегий и мер адаптации нынешний уровень жизнеспособности транспортных сетей может в ближайшей и среднесрочной перспективе оказаться недостаточным. В этой связи необходимо срочно разработать упреждающие адаптационные стратегии для систематического наращивания потенциала адаптации. Такие стратегии должны включать краткосрочные и долгосрочные цели и меры, учитывать экономические ограничения и опираться на такие руководящие принципы, как готовность, жизнестойкость и способность к восстановлению.
- ii) Настоятельно рекомендуется принимать адаптационные меры в рамках комплексных программ реагирования на природные угрозы; такие программы должны быть рассчитаны не только на активное преодоление трудностей и сбоев, вызываемых погодными явлениями в настоящее время, но и на планирование и реализацию среднесрочных и долгосрочных мероприятий по адаптации к изменению климата. Кроме того, представляется, что опора на существующие системы реагирования, уже используемые для преодоления неблагоприятных погодных и климатических явлений, позволит создать более действенный механизм адаптации. Программы адаптации к изменению климата, не увязанные с существующей оперативной практикой, по-видимому, будут сопряжены со значительными трудностями на этапах утверждения и реализации.

- iii) Ядром эффективной системы реагирования на природные угрозы транспортному сектору могут стать интегрированные на национальном и международном уровнях базы оцифрованных сетевых данных, имеющие продуманную структуру и включающие информацию о проблемных участках и происшествиях, планы управления и обслуживания, а также модели управления имуществом. Такие базы данных нуждаются в обслуживании и обновлении и должны быть снабжены необходимыми инновационными (программными) средствами прогнозирования будущих рисков, что позволит использовать их в качестве комплексного инструмента адаптации транспорта к изменению климата.
- iv) Возможные последствия изменения климата следует рассматривать на ранних этапах планирования и учитывать в оценках рисков и факторов уязвимости. При анализе будущих условий с целью распределения приоритетов адаптации существующую практику и методы следует дополнять более инновационными подходами, ориентированными на перспективу. В будущих проектах вопросы, связанные с изменением климата, необходимо принимать во внимание уже на стадии проектирования объектов и планирования их обслуживания.

Хотя настоящий доклад посвящен адаптации транспортного сектора к изменению климата, следует всегда помнить и о вопросах, связанных со смягчением последствий такого изменения.

- i) Адаптация не является альтернативой сокращению выбросов ПГ. Глобальный мониторинг выбросов представляется необходимым для ограничения темпов и масштабов изменения климата и, как следствие, сокращения расходов на меры адаптации к нему и повышения их эффективности.
- ii) Многие принципиальные решения, касающиеся как адаптации к изменению климата, так и смягчения его последствий, будут зависеть от сравнительных оценок затрат и выгод. В настоящее время такие оценки осложняются невозможностью точного количественного выражения важных экологических, социальных и экономических последствий; уменьшение неопределенности в этом отношении (там, где возможно) следует сделать неотложным приоритетом комплексных исследований.
- iii) Следует дополнительно изучить возможность получения кумулятивного эффекта от мер, направленных на сокращение выбросов ПГ и достижение других экологических целей. В частности, можно было бы рассмотреть вопрос о том, каким образом планирование перевозок различными видами транспорта может быть использовано для решения задач по смягчению последствий изменения климата.

Настоящее исследование выявило значительные пробелы в информации и знаниях, которые необходимо восполнить путем проведения соответствующих научных исследований и оказания необходимых услуг. В этой связи предлагаются следующие рекомендации.

- i) Изучение последствий изменения климата и возможностей адаптации к ним должно охватывать широкий спектр дисциплин, таких как право, естественные и социальные науки, инженерное дело и экономика. Интеграционный подход трудно применять, когда в отношении будущего существует неопределенность, однако он необходим для того, чтобы помочь людям, общинам, правительствам, международным организациям и промышленности справиться с негативными последствиями изменения климата.
- ii) Различные последствия изменения климата должны стать предметом целенаправленных исследований. Эти исследования могут быть дополнены изучением конкретных случаев, иллюстрирующих потенциальные

экономические, социальные и экологические последствия различных вариантов адаптации, а также соотношение связанных с ними затрат и выгод. Так, опасности для автодорожных и железнодорожных сетей, возникающие при разливах рек, могут оцениваться на основе детального моделирования вероятности экстремальных наводнений в регионе ЕЭК при различных сценариях изменения климата и соотнесения результатов с маршрутами автомобильных и железных дорог в странах региона, что позволит выявить зоны с повышенным риском затопления.

- iii) Первичный анализ уязвимости транспортного сектора возможен и в отсутствие подробных данных о будущих климатических изменениях: он может основываться на изучении чувствительности к изменениям климата в прошлые периоды и оценке потенциала существующих систем в плане их сопротивляемости сбоям и способности адаптироваться к меняющимся условиям. Таким образом можно определить диапазон приспособляемости и критические пороговые уровни. Сценарии климатических и социально-экономических изменений позволяют предположить целый ряд вариантов дальнейшего развития ситуации, исходя из которых можно оценивать и регулировать будущие риски. С учетом неопределенностей, связанных с характером и масштабами будущих климатических изменений, внимание следует акцентировать на мерах адаптации, направленных на преодоление нынешних факторов уязвимости путем расширения диапазона приспособляемости и укрепления адаптационного потенциала.
- iv) Уместно подчеркнуть, что в силу взаимосвязанности и взаимозависимости экономики разных стран в рамках системы мировой торговли следует также иметь в виду особые потребности развивающихся стран, и особенно малых островных развивающихся государств.
- v) Важно укреплять сотрудничество ЕЭК ООН с другими заинтересованными международными организациями и учреждениями – в частности, Рамочной конвенцией Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН) и Глобальной рамочной основой для услуг в области климата (ГРОУК) Всемирной метеорологической организации – для налаживания более эффективного взаимодействия между специалистами в области транспорта, климатологами и другими соответствующими научными экспертами и по возможности создать координационный центр для обмена информацией об изменении климата, имеющей отношение к транспорту. С учетом глобального характера изменения климата и его общемировых последствий для транспортного сектора, а также важность учета связанных с этим проблем при обсуждении международных норм и стандартов в области транспорта в КВТ и его вспомогательных органах ЕЭК ООН следует выступить с инициативой установления контактов с Консультативным комитетом партнеров ГРОУК. Целесообразно также развивать обмен передовой практикой преодоления потенциальных последствий изменчивости и изменения климата в транспортном секторе.

В отношении отдельных видов транспорта рекомендуется следующее.

Автомобильный транспорт

- i) Владельцам дорог следует применять систематический подход к определению рисков и оценке последствий на уровне дорожной сети (например, путем выявления наиболее подверженных затоплению и температурно-уязвимых участков) и приступить к разработке затратоэффективных стратегий смягчения таких рисков с использованием моделей калькуляции затрат, учитывающих сценарии изменения климата.

- ii) Учет связанных с изменением климата вопросов при проектировании, строительстве и эксплуатации дорог должен предусматривать а) анализ рисков в целях оценки угроз дорожным сетям, их чувствительности, уязвимости, жизнеспособности и мер по их адаптации; б) планирование на периоды, когда будут проявляться более долгосрочные последствия климатических изменений; с) выработку адаптационных стратегий, включая порядок их осуществления.
- iii) Национальная политика в области автомобильного транспорта должна охватывать программы повышения осведомленности и обмена позитивным опытом, а также более стратегические и долгосрочные подходы к пространственному планированию.

Железнодорожный транспорт

- i) В долгосрочной перспективе железнодорожная отрасль, вероятно, сможет внести тот или иной вклад в смягчение прогнозируемых климатических изменений путем решения проблем экологической устойчивости. Это, возможно, позволит руководству железных дорог определить способы наиболее эффективного управления имеющимися активами, выяснить целесообразность пересмотра требований к проектированию новых и найти оптимальные пути адаптации существующей оперативной практики.
- ii) Конструктивным шагом стал бы переход к количественной оценке изменений, чреватых угрозами безопасности и задержками движения, которые могут быть вызваны непредвиденными погодными явлениями. При этом во внимание необходимо принимать:
 - различные виды чувствительной инфраструктуры (такие, как рельсовый путь, дренажные системы, подвесная контактная сеть) и их пространственное размещение;
 - количественную информацию за прошлые периоды, например о задержках из-за происшествий, вызванных погодными явлениями;
 - закладываемые в модели риска текущие значения, характеризующие погодные предпосылки опасных явлений и прогнозируемый ущерб для населения;
 - имеющиеся количественные прогнозы изменения параметров экстремальных явлений при нынешних уровнях техногенного воздействия (температуры, уровни затопления, скорость порывов ветра и т.д.);
 - повышение общего уровня знаний и осведомленности, в первую очередь среди работников железнодорожной отрасли.
- iii) Несмотря на то, что железнодорожная инфраструктура и подвижной состав в целом отличаются высокой надежностью, экстремальные погодные условия могут оказывать серьезное негативное влияние на железнодорожные перевозки (например, вызывая задержки, связанные с требованиями и ограничениями по безопасности). Хотя в настоящее время такие риски в целом невелики, в условиях изменения климата, которое может повлиять на частоту и интенсивность экстремальных погодных явлений, они, по всей вероятности, также возрастут.
- iv) Применительно к железнодорожной сети последствия более частых ураганов, и в особенности интенсивных ливней, а также периодов аномальной жары, наводнений и ветров экстремальной силы будут усугублять существующую ситуацию. В той или иной степени эти последствия уже изучались, но делалось это скорее в целях оценки риска аварий на этапе проектирования, чем для анализа последствий изменения климата и принятия мер предосторожности.

- v) Железнодорожная инфраструктура рассчитана на длительный срок эксплуатации (обычно более 100 лет). Поэтому представляется целесообразным заблаговременно учитывать необходимость ее адаптации к изменению климата. Хорошим примером такой практики являются новые технические решения, связанные с адаптацией к последствиям протаивания вечной мерзлоты (которое будет усиливаться по мере прогнозируемого повышения глобальных температур) и, в частности, к проседанию грунта, вызывающему растрескивание и вспучивание железнодорожных путей. Инженерно-конструкторские инновации, использованные при строительстве самой длинной в мире высокогорной железной дороги Цинхай-Тибет ("Экспресс вечной мерзлоты") в Китае, разработаны специально для условий вечной мерзлоты и могут быть применимыми в других регионах.

Внутренний водный транспорт

Поскольку до 2050 года внутренний водный транспорт не будет серьезно затронут последствиями изменения климата, для оценки возможных вариантов адаптации при проектировании портов и флота, комплексном планировании развития внутренних водных путей, управлении ими и логистическом обеспечении, по-видимому, остается еще достаточно времени. Целесообразными представляются следующие направления работы:

- i) совершенствование инфраструктуры внутреннего водного транспорта и применение комплексного подхода к ее будущему развитию;
- ii) выработка единых принципов планирования с участием специалистов различного профиля (например, по навигации, гидрологии, инженерному делу, экологии пресных вод и экономике);
- iii) разработка конкретных указаний по содействию реализации принципов комплексного планирования в проектах развития инфраструктуры внутреннего водного транспорта;
- iv) распространение информации о существующих (и применяемых) методах и инновационных решениях в области проектирования судов и инженерно-технического обеспечения водных путей.

Морские порты

Морские порты должны возглавить список приоритетных направлений адаптации к изменению климата, поскольку это изменение подвергает их повышенному риску (в частности, из-за повышения уровня моря), при том, что они практически не подлежат перемещению и являются незаменимыми связующими звеньями международных цепей поставок.

- i) Объекты, риск для которых поддается контролю, могут нуждаться главным образом в регулировании рисков и планировании на случай чрезвычайных ситуаций; прекращение эксплуатации портовых объектов следует рассматривать как крайнюю меру, применимую лишь в тех случаях, когда их уязвимость слишком высока, а ее преодоление – слишком сложная задача или когда расходы на перемещение порта являются приемлемыми.
- ii) Для того чтобы оценить значимость рисков, создаваемых изменением климата для того или иного порта, необходимо проанализировать, факторы, влияющие на его работу, и оценить последствия климатических изменений с учетом существующих уязвимых мест, критических порогов и оценок/прогнозов изменения климата.
- iii) Хотя существуют ключевые области риска, которые необходимо принимать во внимание применительно ко всем портам, разные порты будут затронуты изменением климата в весьма неодинаковой степени. В зависимости от

их расположения характер и уровень возникающих при этом рисков и возможностей будут существенно различаться (например, некоторые порты могут подвергаться воздействию "длинных волн", тропических или внетропических циклонов либо находиться в районах вечной мерзлоты).

- iv) Порты также существенно отличаются друг от друга по функциональному назначению. Изменение климата может иметь разные последствия для портов, выполняющих погрузочно-разгрузочные и складские функции, портов, где обеспечиваются только лоцманская проводка и навигационное обслуживание и ведутся дноуглубительные работы, а также круизных и пассажирских портов и яхтенных причалов.



Железнодорожный мост Putna Seaca, Румыния. Ущерб от наводнений в 2005 году © Club Ferroviar

Литература

- ACIA, 2005. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1042 pp. <http://www.acia.uaf.edu/pages/scientific.html>
- Alcamo J, N Dronin, M Endejan, G Golubev and A Kirilenko, 2007. A new assessment of climate change impacts on food production shortfalls and water availability in Russia Federation. *Global Environment Change*, 17, 429-444.
- Allan RP and BJ Soden, 2008, Atmospheric warming and the amplification of precipitation extremes. *Science* 321, 1481-1484.
- Алпа В, 2009. Vulnerability of Turkish coasts to accelerated sea-level rise. *Geomorphology*, 107, 58-63.
- Анисимов О. А., Величко А. А., Демченко П. Ф., Елисеев А. В., Мохов И. И., Нечаев В. П., 2004. Влияние изменений климата на вечную мерзлоту в прошлом, настоящем и будущем. *Физика атмосферы и океана*, 38(1), стр. 25-39.
- Arkell BP and GJC Darch, 2006. Impact of climate change on London's transport network. *Proceedings of the ICE - Municipal Engineer*, 159(4), 231-237.
- Arumala JO, 2012. Impact of large-scale disasters on the built environment. *Leadership and Management in Engineering*, 12(3), 147–150 (doi: 10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000175).
- Asariotis R and Benamara H, 2012. *Maritime Transport and the Climate Change Challenge*. Earthscan, Routledge. 327 pp.
- Baker CJ, L Chapman, A Quinn and K Dobney, 2010. Climate change and the railway industry: a review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C Journal of Mechanical Engineering Science*, 224, 519-528.
- Barnett TP et al., 2008. Human-induced changes in the hydrology of the Western United States. *Science* 319, 1080-1085.
- Becker A, 2012. Climate change and ports: Qualitative analysis of consequences, plans, and requirements Presentation at the UNECE International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change, Alexandroupolis (Greece), 24-26 June 2012. (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/15_Mr_Becker.pdf).
- Becker A, M Acciaro, R Asariotis, E Cabrera, L Cretegny, P Crist, M Esteban, A Mather, S Messner, S Naruse, AKY Ng, S Rahmstorf, M Savonis, DW Song, V Stenek and AF Velegrakis, 2013. A note on climate change adaptation for seaports: A challenge for global ports, a challenge for global society. *Climatic Change* (DOI 10.1007/s10584-013-0843-z).
- Beniston M, 2003. Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic Change*, 59, 5-31.
- Beniston M and HF Diaz, 2004. The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland. *Global and Planetary Change*, 44, 73-81.
- Bennet S, 2011. Preparing for the Worst – the Shipowners' Perspective. Presentation in UNCTAD AdHoc Meeting 'Climate change impacts and adaptation: A challenge for global ports' Geneva 29-30 September 2011.
- Bertin X, Prouteau E and Letetrel C, 2013. A significant increase in wave height in the North Atlantic Ocean over the 20th century. *Global and Planetary Change* 106, 77–83.
- Boeckli L, Brenning A, Gruber S and Noetzli J, 2012. A statistical approach to modelling permafrost distribution in the European Alps or similar mountain ranges. *The Cryosphere* 6(1), 125–140. doi:10.5194/tc-6-125-2012.

- Bouch C, Baker C, Chapman L, Hooper L, Jaroszweski D, Quinn A, Avery K, Paulley N, Reeves S, Dijkstra T, Dixon N, Fleming P, Frost M, Ryley T, Wilks J, Zanni A, Dingwall R, Goulden M, Gunn D, Lawley R, Sivell P, and Wade S, 2012. Future Resilient Transport Networks (FUTURENET): Assessing Transport Network Security in the Face of Climate Change. Submitted for presentation and publication to the 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 22–26, 2012, Washington DC.
- Brohan P, Kennedy JJ, Harris I, Tett SFB and Jones PD, 2006. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *Journal of Geophysical Research*, 111(D12106), doi:10.1029/2005JD006548.
- Brown RD and Robinson DA, 2011. Northern Hemisphere spring snow cover variability and change over 1922–2010 including an assessment of uncertainty. *The Cryosphere*, 5, 219–229.
- Caldeira K, 2009. Ocean acidification: Humanity and the environment in geologic time, IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences, 6(3), 462004. <http://www.iop.org/EJ/toc/1755-1315/6/46>
- Callaghan DP, P Nielsen, A Short and R Ranasinghe, 2008. Statistical simulation of wave climate and extreme beach erosion. *Coastal Engineering*, 55, 375–390.
- Cambers G, 2009. Caribbean beach changes and climate change adaptation. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 12, 168–176.
- Canadell JG, Le Quiri C, Raupach MR, Field CR, Buitenhuis E, Ciais P, Conway TJ, Gillett, NP, Houghton RA and G Marland, 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, 18866–18870.
- CCIADC, 2004. Climate Change Impacts and Adaptation: A Canadian Perspective. DS Lemmen and FJ Warren (eds), Climate Change Impacts and Adaptation Directorate, Natural Resources Canada Ottawa, Ontario. ISBN: 0-662-33123-0. 174 pp. http://www.glisu.umich.edu/great_lakes_climate/docs/Climate-Change-Impacts-and-Adaptation-a-Canadian-Perspective.pdf (accessed 17/08/2013).
- CCSP, 2008. Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure: Gulf Coast Study, Phase I. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research [MJ Savonis, VR Burkett and JR Potter (eds.)]. Department of Transportation, Washington, DC, USA, 445 pp.
- Challinor A, J Slingo, A Turner and T Wheeler, 2006. Indian Monsoon: Contribution to the Stern Review http://www.hm-treasury.gov.uk/d/Challinor_et_al.pdf.
- Choate A, C Evans, M Riley-Gilbert, E Rowan and P Schultz, 2012. Gulf Coast Study, Phase 2—Task 2.4: Assessing the Sensitivity of Transportation Assets to Climate Change in Mobile, Alabama. The United States of America Department of Transportation Report FHWA-HEP-12-054. 42 pp.
- Church JA and NJ White, 2011. Sea-level rise from the late 19th to the early 21st Century. *Surveys in Geophysics* 32, 585–602 (doi:10.1007/s10712-011-9119-1).
- Chust G, Á Borja, P Liria, I Galparsoro, M Marcos, A Caballero and R Castro, 2009. Human impacts overwhelm the effects of sea-level rise on Basque coastal habitats (N Spain) between 1954 and 2004. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 84, 453–462.
- Ciscar JC et al., 2009. Climate change impacts in Europe. Final report of the PESETA research project. JRC Scientific and Technical Reports. European Commission – Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies, Institute for Environment and Sustainability. (<http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC55391.pdf>).
- Coumou D and S Rahmstorf, 2012. A decade of weather extremes. *Nature Climate Change*, 2, 491–496 (doi:10.1038/nclimate1452).
- Crist P, 2011. Transport infrastructure and network adaption to climate change: Issues and strategies for ports. Presentation in UNCTAD AdHoc Meeting 'Climate change impacts and adaptation: A challenge for global ports' Geneva 29-30 September 2011.

- Crist P, 2012. Mitigating GHG emissions from shipping: Potential costs and strategies. In R. Asariotis and H. Benamara (eds) *Maritime Transport and the Climate Change Challenge*, Earthscan, Routledge, 165-204.
- Cronin TM, 2012. Rapid sea-level rise. *Quaternary Science Reviews* 56, 11-30.
- Daanen RP, G Grosse, MM Darrow, TD Hamilton and BM Jones, 2012. Rapid movement of frozen debris-lobes: implications for permafrost degradation and slope instability in the south-central Brooks Range, Alaska. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 1521-1537.
- Dasgupta S, B Laplante, S Murray and D Wheeler, 2009. *Sea-Level Rise and Storm Surges: A Comparative Analysis of Impacts in Developing Countries*. Policy Research Working Paper 4901, the World Bank Development Research Group, Environment and Energy Team. 41pp.
- DEFRA, 2012. *The UK Climate Change Risk Assessment Evidence Report*. Department of Environment, Fisheries and Rural Affairs. (<http://www.defra.gov.uk/environment/climate/government/>).
- Dobinski W, 2011. Permafrost. *Earth Science Reviews* doi:10.1016/j.earscirev.2011.06.007.
- Dobney K, CJ Baker, AD Quinn and L Chapman, 2009. Quantifying the effects of high summer temperatures due to climate change on buckling and rail related delays in south-east United Kingdom. *Meteorological Applications*, 6(2), 245–251 (Doi: 10.1002/met.114).
- Domingues CM, Church JA, White NJ, Gleckler PJ, Wijffels SE, Barker PM and JR Dunn, 2008. Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise. *Nature* 453:1090-1094.
- Doran KS, Stockdon HF, Sopkin KL, Thompson DM, and Plant NG, 2012, National assessment of hurricane-induced coastal erosion hazards: Mid-Atlantic Coast: U.S. Geological Survey Open-File Report 2013–1131, 28 p.
- Dora J, 2011. *Climate Change Adaptation and Transport – UK and Rail*. Presentation 2nd session of Group of Experts on Climate Change impacts and adaptation for international transport networks, UNECE, Geneva, 8 November 2011.
- Ebersole BA, JJ Westerink, S Bunya, JC Dietrich and MA Cialone, 2010. Development of storm surge which led to flooding in St. Bernard Polder during Hurricane Katrina. *Ocean Engineering*, 37, 91-103.
- EC, 2007. Директива 2007/60/CE Европейского Парламента и Совета от 23 октября 2007 года относительно оценки и регулирования рисков наводнения. European Commission (http://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/index.htm).
- EC, 2009 Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Strategic goals and recommendations for the EU's maritime transport policy until 2018. Commission of the European Communities, COM(2009) 8 final (21.01.2009). (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0008:FIN:EN:PDF>).
- EC, 2012a. *Impacts of Climate Change on Transport: A focus on road and rail transport infrastructures* (Nemry F and H Demirel (eds.)). JRC Scientific and Policy Reports. Publications Office of the EU, Luxemburg, ISBN 978-92-79-27037-6.
- EC, 2012b. *Road Transport - A change of gear*. European Commission. Office of the European Union publications. 16 pp. ISBN 978-92-79-22827-8, doi: 10.2832/65952.
- EC, 2013. *Ports: an engine for growth*. European Commission COM(2013) 295/final. (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0295:FIN:EN:PDF>).
- ECLAC, 2011. *An assessment of the economic impact of climate change on the transportation sector in Barbados*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (Subregional Headquarters for the Caribbean) ECLAC Technical Report LC/CAR/L309. 44 pp.
- Eddowes MJ, Waller D, Taylor P, Briggs B, Meade T, Ferguson I, 2003. *Railway safety implications of weather, climate and climate change*. Rail Safety and Standards Board UK.

- EEA, 2004. Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe. Environmental issue report No 35 European Environmental Agency, Copenhagen.
- EEA, 2010. The European environment: State and outlook 2010, Adapting to climate change. European Environmental Agency, Copenhagen, 2010. ISBN 978-92-9213-159-3.
- EEA, 2012. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report. European Environmental Agency (EEA), Copenhagen, Denmark, 300 pp. (ISBN 978-92-9213-346-7) <http://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012>.
- Eisenack K, Stecker R, Reckien D, Hoffmann E, 2011. Adaptation to climate change in the transport sector: a review. Potsdam Institute for Climate Research, Report 122. ISSN 1436-0179.
- Eisenack K, R Stecker, D Reckien and E Hoffmann, 2012. Adaptation to climate change in the transport sector: a review of actions and actors. Mitigation Adaptation Strategies Global Change 17, 451–469.
- Emanuel K, 2005: Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. Nature 436, 686-688.
- Endle C and Matzarakis A, 2011. Climatic potential for tourism in the Black Forest, Germany — winter season. International Journal of Biometeorology 55(3), 339–351. doi:10.1007/s00484-010-0342-0.
- EQECAT Inc., 2012. Post-landfall loss estimates—Hurricane Sandy—Nov. 1, 2012.
- ERF, 2012. Strategic Research Priorities in the area of Road Safety 2013-2020. European Union Road Federation (ERF) Position Paper. 16 pp. (http://www.erf.be/images/Strategic_Research_Priorities_in_the_area_of_Road_Safety.final.pdf).
- Ericson JP, CJ Vörösmarty, SL Dingman, LG Ward, and M Meybeck, 2006. Effective sea-level rise and deltas. Causes of change and human dimension implications. Global and Planetary Change, 50, 63-82.
- Feyen L, Dankers R, Barredo JI, Kalas M, Bódis K, de Roo A and Lavalle C, 2006. PESETA Flood risk in Europe in a changing climate. Institute of Environment and Sustainability, Joint Research Center, EUR 22313 EN.
- Feyen L, Dankers R and Bodis K, 2010. Climate warming and future flood risk in Europe. Climatic Change.
- Field CB et al., 2007. North America. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. В публикации: Изменение климата, 2007 г.: последствия, адаптация и уязвимость. Вклад Рабочей группы II в Четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата об оценках (ML Parry, OF Canziani, JP Palutikof PJ van der Linden and CE Hanson (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, pp. 617-652.
- Fink A, T Brücher, A Krüger, G Leckebusch, J Pinto, and U Ulbrich, 2004. The 2003 European summer heatwaves and drought – synoptic diagnosis and impacts. Weather, 59.
- Galbraith RM, J Price and L Shackman, 2005. Scottish Road Network Climate Change Study. Jacobs Scottish Executive, Scotland, 64 pp and 43 pp.
- Gaslikova L, Schwerzmann A, Raible CC and Stocker TF, 2011. Future storm surge impacts on insurable losses for the North Sea region. Natural Hazards and Earth System Science 11(4), 1205 - 1216 (doi:10.5194/nhess-11-1205-2011).
- Gbegbelegbe S, Cammarano D, Asseng S, Adam M, Robertson R, Jones J, Boote K, Abdalla O, Payne T, Reynolds M, Shiferaw B, Palazzo A, Robinson S, Nelson G. 2012. Promising Wheat Technologies: A Bio-economic Modeling Approach. Draft Report for 'Global Futures for Agriculture'. Nairobi, Kenya: International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT).
- Greenwood RO and JD Orford, 2008. Temporal patterns and processes of retreat of drumlin coastal cliffs— Strangford Lough, Northern Ireland. Geomorphology 94, 153-169.

- Grinsted A, Moore JC and Jervejeva S, 2010. Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100 AD. *Climate Dynamics* 34, 461- 472.
- Haigh JH, AR Winning, R Toumi and JW Harder, 2010. An influence of solar spectral variations on radiative forcing of climate. *Nature*, 467, 696–699 (doi:10.1038/nature09426).
- Haigh I, Nicholls R and Wells N, 2010. Assessing changes in extreme sea levels: Application to the English Channel, 1900–2006. *Continental Shelf Research*, 30(9), 1042–1055.
- Hambly D, J Andrey, B Mills and C Fletcher, 2012. Projected implications of climate change for road safety in Greater Vancouver, Canada. *Climatic Change*, DOI: 10.1007/s10584-012-0499-0.
- Hanna E. et al., 2013. Ice sheet mass balance and climate change. *Nature*, 498, 51-59.
- Haveman JD and Shatz HJ, 2006. Protecting the nation's seaports: Balancing security and cost. http://www.ppic.org/content/pubs/report/r_606jhr.pdf.
- Haydock H and Kollamthodi S, 2009. *Energy Security and the Transport Sector*. Paper produced as part of contract ENV.C.3/SER/2008/0053 between European Commission Directorate-General Environment and AEA Technology plc (www.eutransportghg2050.eu).
- Heyndrickx C and T Breemersch, 2012. Climate change and adaptation to inland waterways Presentation at the UNECE International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change, Alexandroupolis (Greece), 24-26 June 2012. (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/11_Mr_Heyndrickx.pdf).
- Hein L, MJ Metzger and A Moren, 2009. Potential impacts of climate change on tourism; a case study for Spain. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 170-178.
- Hill N. et al., 2011. The role of GHG emissions from infrastructure construction, vehicle manufacturing, and ELVs in overall transport sector emissions. Task 2 paper produced as part of a contract between European Commission Directorate-General Climate Action and AEA Technology plc (www.eutransportghg2050.eu).
- Hinkel J and RJT Klein, 2009. Integrating knowledge to assess coastal vulnerability to sea-level rise: The development of the DIVA tool. *Global Environmental Change*, 19, 384-395.
- Hooper E and L Chapman, 2012 The Impacts of Climate Change on National Road and Rail Networks. In T Ryley and L Chapman (ed.): *Transport and Climate Change, Transport and Sustainability*, Vol. 2), Emerald Group Publishing Ltd, 105–136. [http://dx.doi.org/10.1108/S2044-9941\(2012\)0000002008](http://dx.doi.org/10.1108/S2044-9941(2012)0000002008).
- Horsburgh KJ and Wilson C, 2007. Tide-surge interaction and its role in the distribution of surge residuals in the North Sea. *Journal of Geophysical Research*, 112(C8), C08003. doi:10.1029/2006JC004033.
- Horton R, Herweijer C, Rosenzweig C, Liu J, Gornitz V, and Ruane AC, 2008. Sea level rise projections for current generation CGCMs based on the semi-empirical method. *Geophysical Research Letters* 35 DOI: 10/1029/2007GL032486.
- HSRTE, 2013. Hurricane Sandy: Rebuilding Strategy. Hurricane Sandy Rebuilding Task Force. 198 pp. http://portal.hud.gov/hudportal/HUD?src=/press/press_releases_media_advisories/2013/HUDNo.13-125.
- Hudecz, A, 2012. Climate change adaptation: A report on Climate Change adaptation measures for low volume roads in the Northern Periphery. ROADEx. 95 pp. [http://www.roadex.org/uploads/publications/Climate%20Change%20Adaptation%20\(2012\).pdf](http://www.roadex.org/uploads/publications/Climate%20Change%20Adaptation%20(2012).pdf).
- Huggel C, Clague JJ and Korup O, 2012. Is climate change responsible for changing landslide activity in high mountains? *Earth Surface Processes and Landforms* 37(1), 77–91. doi:10.1002/esp.2223.
- Hunt A, R Boyd, T Taylor, S Kovats, K Lachowyx, P Watkiss and L Horrocks, 2006. Report on the costs of the hot summer of 2003, DEFRA – Climate change impacts and adaptation: Cross regional research programme, Metroeconomica Limited, 95pp.
- IAPH, 2010. Impacts of climate change on seaports, IAPH/AAPA Survey, July 2010.

- IEA, 2012. Key World Energy Statistics 2012. International Energy Agency. Paris. 80 pp. (<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/kwes.pdf>).
- Infrastructure Canada, 2006. Adapting infrastructure to climate change in Canada's cities and communities: A literature Review. Research & Analysis Division, Infrastructure Canada. 21 pp. (ipcc-wg2.gov/nj-lite/download.php?id=6305.pdf).
- Inue S, 2012. Climate initiatives of the world's ports. In R. Asariotis and H. Benamara (eds) Maritime Transport and the Climate Change Challenge, Earthscan, Routledge, 225-240.
- Inturri, G and Ignaccolo M, 2009. Adapting transport systems to climate change. Policy Guidelines Summary, GRaBS. (http://www.grabs-eu.org/downloads/PGS_Transport%20FINAL.pdf).
- IPCC, 2013. Изменение климата, 2013 г.: физическая научная основа. Резюме для политиков. http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27Sep2013.pdf
- IPCC, 2007a. Изменение климата, 2007 г.: физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата об оценках (Solomon S, D Qin, M Manning, Z Chen, M Marquis, KB Averyt, M Tignor and HL Miller (eds)). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 996 pp.
- IPCC, 2007b. Изменение климата, 2007 г.: последствия, адаптация и уязвимость. Вклад Рабочей группы II в Четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата об оценках. Cambridge University Press, Cambridge, UK, for Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC, 2001. Изменение климата, 2001 г.: научная основа. Вклад Рабочей группы II в Третий доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата об оценках. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jevrejeva S, Moore JC and Grinsted A, 2010. How will sea level respond to changes in natural and anthropogenic forcings by 2100? Geophysical Research Letters 37. DOI: 10.1029/2010GL042947.
- Jevrejeva S, Moore JC and Grinsted A, 2012. Sea level projections to AD2500 with a new generation of climate change scenarios. Global and Planetary Change, 80-81, 14-20. [doi:10.1016/j.gloplacha.2011.09.006](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.09.006).
- Jonkeren O, P Rietveld and J van Ommeren, 2007. Climate change and inland waterway transport: Welfare effects of low water levels on the river Rhine. Journal of Transport Economics and Policy 41(3), 387-411.
- Kaddouri A, 2012. Mobility and climate change, what does it mean for a sustainable mobility provider.
- Presentation at the UNECE International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change, Alexandroupolis (Greece), 24-26 June 2012. (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/05_Mr_Kaddouri.pdf).
- Kafalenos RS et al., 2008. What are the implications of climate change and variability for Gulf coast transportation? In: Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure: Gulf Coast Study, Phase I. (Savonis MJ, VR Burkett and JR Potter (eds.)). Synthesis and Assessment Product 4.7. U.S. Department of Transportation, Washington, DC, pp. 4-1 to 4F-27 (104 pp)
- Kamburow C, 2011. Climate Change Adaptation at European Railway Infrastructure Companies. Results of the UIC ARISCC project. Second session of Group of Experts on Climate Change impacts and adaptation for international transport networks, UNECE Geneva, 8 November 2011.
- Karim FM and N Mimura, 2008. Impacts of climate change and sea-level rise on cyclonic storm surge floods in Bangladesh. Global Environmental Change, 18, 490-500.
- Karl TR, Melillo JM and Peterson TC (eds.), 2009. Global Climate Change Impacts in the United States. Cambridge University Press. www.globalchange.gov/usimpacts.

- Katsman CA, Sterl A, Beersma JJ, Brink HW, Church JA, Hazeleger W, Kopp RE, Kroon D, Kwadijk J, Lammersen R, Lowe J, Oppenheimer M, Plag HP, Ridley J, Storch H. et al., 2011. Exploring high end scenarios for local sea level rise to develop flood protection strategies for a low-lying delta. The Netherlands as an example. *Climatic Change* 109(3-4), 617–645. doi:10.1007/s10584-011-00375.
- Kawagoe S and Kazama S, 2009. Slope failure risk evaluation due to global warming. *Global Environmental Research*, 14(2) 143-152.
- Kjellström E, Nikulin G, Hansson U, Strandberg G and Ullerstig A, 2011. 21st century changes in the European climate: uncertainties derived from an ensemble of regional climate model simulations. *Tellus A* 63(1), 24–40. doi:10.1111/j.1600- 0870.2010.00475.
- Knapp KR, Kruk MC, Levinson DH, Diamond HJ, Neumann CJ, 2010. The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): unifying tropical cyclone best track data. *Bulletin of American Meteorological Society* 91, 363–376.
- Kopp R, Simons F, Mitrovica J, Maloof A and Oppenheimer M. 2009. Probabilistic assessment of sea level during the last interglacial stage. *Nature* 462, 863–867. (doi:10.1038/nature08686).
- Krekt AH, TJ van der Laan, RAE van der Meer, B Turpijn, E Bolt, O Jonkeren, A van. der Toorn, E Mosselman, J van Meijeren and T Groen, 2010. Climate change and inland waterway transport: effects on the inland waterway sector, the Port of Rotterdam and potential solutions.
- Kunkel KE et al., 2008. Observed changes in weather and climate extremes. In: *Weather and Climate Extremes in a Changing Climate: Regions of Focus: North America, Hawaii, Caribbean, and U.S.Pacific Islands*. In TR Karl et al (eds): *Synthesis and Assessment Product 3.3*. U.S. Climate Change Science Program, Washington, DC, pp. 35-80.
- Kurz WA et al., 2008. Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature* 452, 987-990.
- Lantuit H and WH Pollard, 2008. Fifty years of coastal erosion and retrogressive thaw slump activity on Herschel Island, southern Beaufort Sea, Yukon Territory, Canada. *Geomorphology*, 95, 84–102.
- Larsen PH, S Goldsmith, O Smith, ML Wilson, K Strzepek, P Chinowsky and B Saylor, 2008. Estimating future costs for Alaska public infrastructure at risk from climate change. *Global Environmental Change*, 18(3), 442-457.
- Lawrence DM and AG Slater, 2005. A projection of severe near-surface permafrost degradation during the 21st century. *Geophysical Research Letters*, 32, L24401.
- Le TVH, HN Nguyen, E Wolanski, T C Tran, and S Haruyama, 2007. The combined impact on the flooding in Vietnam's Mekong River delta of local man-made structures, sea level rise, and dams upstream in the river catchment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71, 110-116.
- Lenton TM, 2013. What early warning systems are there for environmental shocks? *Environmental Science & Policy*, 27, Supplement 1, S60-S75.
- Lenton TM, Held H, Kriegler E, Hall JW, Lucht W, Rahmstorf S, and Schellnhuber HJ, 2008. Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (6): 1786-1793.
- Lenton TM, A Footitt and A Dlugolecki, 2009. *Major Tipping Points in the Earth's Climate System and Consequences for the Insurance Sector*. WWF, Gland, Switzerland and Allianz SE, Munich, Germany.
- Leuxe A, 2011. Infrastructures et services de transport : Concertation nationale et Adoption d'un premier plan national d'adaptation au changement climatique Presentation 2nd Session of the UNECE Expert Group on Climate Change Impacts and Adaptation for International Transport Networks at its second session. Geneva, 8 November 2011.

- Leuxe A, 2012. Adaptation au changement climatique : Les actions de la France. Presentation at the UNECE International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change, Alexandroupolis, 24-26 June 2012. (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/21_Mr_Leuxe.pdf).
- Lindgren J, DK Jonsson and A Carlsson-Kanyama, 2009. Climate Adaptation of Railways: Lessons from Sweden. *European Journal of Transport and Infrastructure Research (EJTIR)* 9 (2), 164-181.
- Lobell D, Sibley A and Ortiz-Monasterio JI, 2012. Extreme heat effects on wheat senescence in India. *Nature Climate Change* (published online 31 January 2012).
- Lochman L, 2012. Climate Change Adaptation: impact and requirements for the rail sector Presentation at the UNECE International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change, Alexandroupolis (Greece), 24-26 June 2012. (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/04_Mr_Lochman.pdf)
- López-Moreno JI, Goyette S and Beniston M, 2009. Impact of climate change on snowpack in the Pyrenees: Horizontal spatial variability and vertical gradients. *Journal of Hydrology* 374(3-4), 384-396. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.06.049.
- Losada IJ, Reguero BJ, Méndez FG, Castanedo S, Abascal AJ, and Mínguez R, 2013. Long-term changes in sea-level components in Latin America and the Caribbean. *Global and Planetary Change* 104, 34-50.
- Lowe JA and JM Gregory, 2006. Understanding projections of sea level rise in a Hadley Centre coupled climate model. *Journal of Geophysical Research*, 111, C11014, 12 pp. (doi:10.1029/2005JC003421).
- Lowe JA, Howard T, Jenkins G, Ridley J, Dye S and Bradley S, 2009. UK Climate Projections science report: Marine and coastal projections. Met. Office Hadley Centre, Exeter, United Kingdom. <http://ukclimateprojections.defra.gov.uk/media>.
- Lyman J, Good SA, Gouretski VV, Ishii M, Johnson GC, Palmer MD, Smith DM and Willis JK, 2010. Robust warming of the global upper ocean. *Nature* 465, 334-337.
- Marcos M and Tsimplis MN, 2008. Comparison of results of AOGCMs in the Mediterranean Sea during the 21st century. *Journal of Geophysical Research*, 113(C12). doi:10.1029/2008JC004820.
- Marcos M, MN Tsimplis and AGP Shaw, 2009. Sea level extremes in southern Europe. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, 114, C01007.
- Marcos M, Jordü G, Gomis D and Pirez B, 2011. Changes in storm surges in southern Europe from a regional model under climate change scenarios. *Global and Planetary Change*, 77(3-4), 116-128. Doi:10.1016/j.gloplacha.2011.04.002.
- McEvoy D and Mullett J, 2013. Enhancing the resilience of seaports to a changing climate: research synthesis and implications for policy and practice. Enhancing the resilience of seaports to a changing climate report Series, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast.
- McEvoy D, Mullett J, Millin S, Scott H and Trundle A, 2013. Understanding future risks to ports in Australia, Enhancing the resilience of seaports to a changing climate report Series, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast. ISBN: 978-1-921609-84-8 NCCARF.
- McGranahan G, D Balk and B Anderson, 2007. The Rising Tide: Assessing the Risks of Climate Change and Human settlements in Low Elevation Coastal Zones. *Environment & Urbanization*, International Institute for Environment and Development (IIED).Vol 19(1): 17-37. doi: 10.1177/0956247807076960.
- McKee Smith J, MA Cialone, TV Wamsley and TO McAlpin, 2010. Potential impact of sea level rise on coastal surges in southeast Louisiana. *Ocean Engineering* 37, 37-47.
- McLeod E, A Green, E Game, K Anthony, J Cinner, SF Heron, J Kleypas, CE Lovelock, JM Pandolfi, RL Pressey, R Salm, S Schill and C Woodroffe, 2012. Integrating Climate and Ocean Change Vulnerability into Conversation Planning. *Coastal Management*, 40(6), 651-672.

- Meizhu C, G Xu, S Wu and S Zheng, 2010. High-temperature Hazards and Prevention Measurements for Asphalt Pavement. Proceedings of the International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), Wuhan, China, 26-28 June 2010. Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, NY, pp. 1341-1344 (doi:10.1109/MACE.2010.5536275).
- Menendez M and PL Woodworth, 2010. Changes in extreme high water levels based on a quasi-global tide-gauge data set. *Journal of Geophysical Research*, 115, C10011, (doi:10.1029/2009JC005997).
- Messner S and Moran L, 2013. Climate change and sea level rise impacts at ports and a consistent methodology to evaluate vulnerability and risk. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 169,i:10.2495/13CP0131.
- Mizukami Y, (2012). Natural hazard experiences and countermeasures in the Japanese railways Presentation at the UNECE International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change, Alexandroupolis (Greece), 24-26 June 2012. (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/03_Mr_Mizukami.pdf).
- Milly PCD, J Betancourt, M Falkenmark, RM Hirsch, ZW Kundzewicz, DP Lettenmaier and RJ Stouffer, 2008. Stationarity is dead: Whither water management? *Science*, 319, 573-574.
- Mori N, Shimura T, Yasuda T and Mase H, 2013. Multi-model climate projections of ocean surface variables under different climate scenarios—Future change of waves, sea level and wind. *Ocean Engineering*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2013.02.016>
- Moss R, et al., 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463, 747–756.
- National Geospatial-Intelligence Agency, 2011. World Port Index, 21st Edition. http://msi.nga.mil/MSISiteContent/StaticFiles/NAV_PUBS/WPI/wpi.zip (accessed 15/09/2012). 280 pp.
- National Research Council, 2008. Potential Impacts of Climate Change on US Transportation. Transportation Research Board and Division on Earth and Life Studies, National Research Council of the National Academies Special Report 290. Washington, DC USA. ISBN 978-0-309-11306-9. 280 pp. (<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290.pdf>)
- Needham HF, BD Keim, D Sathiaraj and M. Shafer, 2012. Storm Surge Return Periods for the United States Gulf Coast. In ED Loucks (ed.): World Environmental and Water Resources Congress 2012: Crossing Boundaries.
- Network Rail, 2011. Network Rail Climate Change Adaptation Report, 30/04/2011. (<http://archive.defra.gov.uk/environment/climate/documents/adapt-reports/06road-rail/network-rail.pdf>).
- Nicholls RJ, PP Wong, VR Burkett, JO Codignotto, JE Hay, RF McLean, S Ragoonaden, and CD Woodroffe, 2007. Coastal systems and low-lying areas. In: *Climate change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. [Parry M, OF Canziani, JP Palutikof, PJ Van der Linden, and CE Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 315-356.
- Nicholls RJ, S Hanson, C Herweijer, N Patmore, S Hallegatte, J Corfee-Morlot, J Château, and R Muir-Wood, 2008. Ranking Port Cities With High Exposure And Vulnerability to Climate Extremes: Exposure Estimates. *OECD ENV/WKP 2007-1*, 62 pp.
- Nicholls, R. J., Marinova, N., Lowe, J. A., Brown, S., Vellinga, P., de Gusmao, D., Hinkel, J. and Tol, R. S. J., 2011. Sea level rise and its possible impacts given a “beyond 4 C world” in the twenty first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society (A)*, 369(1 934), 161–181. doi:10.1098/rsta.2010.0291.
- Nolte R, C Kamburow and J Rupp, 2011. ARISCC Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change, Final Report, 6th Draft, UIC Project, Berlin, July 2011. 60 pp.
- Nott JS, J Smithers, K Walsh and E. Rhodes, 2009. Sand beach ridges record 6000 year history of extreme tropical cyclone activity in northeastern Australia. *Quaternary Science Reviews*, 28, 1511–1520.

- ONERC, 2009. Climate change: costs of impacts and lines of adaptation. National Observatory for the Impacts of Global Warming. Report to the Prime Minister and the Parliament. 139 pp.
- O'Toole R, 2008. Does Rail Transit Save Energy or Reduce Greenhouse Gas Emissions? Policy Analysis No 615. CATO Institute, Washington DC, USA. 23 pp.
- Pacheco B.G. and A. Lewis-Cameron, 2010. Weathering the Storm – Crisis Marketing for Small Island Tourist Destinations. *Marketing Island Destinations, Concepts and Cases*, 149-164.
- Parker, A., Saad Saleem M., and Lawson, M., 2013. Sea-level trend analysis for coastal management. *Ocean & Coastal Management* 73 (2013) 63-81.
- Pascal M, 2008. Commentary: Our next challenge in heatwave prevention. *International Journal of Epidemiology*, 37,1365–1366.
- Peduzzi P, Velegrakis AF, Estrella M and Chatenoux B, 2013. Integrating the role of ecosystems in disaster risk and vulnerability assessments: Lessons from the Risk and Vulnerability Assessment Methodology Development Project (RiVAMP) IN Negril Jamaica. In FG Renaud, K Sudmeier-Rieux and M Estrella (eds): *The role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction*, United Nations University Press ISBN 978-9280812213, 109-139.
- Perherin C, A Roche, F Pons, I Roux, G Desire and C Boura, 2010. Vulnérabilité du territoire national aux risques littoraux. XIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Les Sables d'Olonne, 22-25 Juin 2010, DOI:10.5150/jngcgc.2010.072-P.
- Pethick J, 2001. Coastal management and sea-level rise. *Catena*, 42, 307-322.
- Pfeffer W, Harper J and O' Neel S, 2008. Kinematic constraints on glacier contributions to 21st century sea-level rise. *Science* 321, 1340–1343. (doi:10.1126/science.1159099).
- Phillips, M.R. and A.L. Jones, 2006. Erosion and tourism infrastructure in the coastal zone: Problems, consequences and management. *Tourism Management*, 27, 517-524.
- PIANC, 2006. Climate Change and Navigation: Waterborne transport, ports and waterways: A review of climate change drivers, impacts, responses and mitigation, PIANC- EnviCom - Task Group 3, 58 pp.
- PIARC, 2012. Dealing with the effects of climate change on road pavements. World Road Association (PIARC). Technical Committee D.2 Road Pavements, 146 pp. (ISBN: 2-84060-247-4). <http://www.piarc.org/en/order-library/16862-enDealing%20with%20the%20effects%20of%20climate%20change%20on%20road%20pavements.htm>.
- Pickering MD, Wells NC, Horsburgh KJ and Green JAM, 2012. The impact of future sea-level rise on the European Shelf tides. *Continental Shelf Research* 35, 1–15.
- Port of San Diego, 2013. The Climate mitigation and adaptation plan of the port of San Diego. <http://www.portofsandiego.org/climate-mitigation-and-adaptation-plan.html> (accessed 15/06/2013).
- Post E, MC Forchhammer, MS Bret-Harte, TV Callaghan, TR Christensen, B Elberling, AD Fox, O Gilg, DS Hik, and TT Hoye, 2009. Ecological dynamics across the Arctic associated with recent climate change, *Science*, 325, 1355-1358.
- Potter J, 2012. U.S. Transportation and Climate Change: Addressing the Adaptation Challenge Presentation at the UNECE International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change, Alexandroupolis (Greece), 24-26 June 2012. (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/08_Ms_Potter.pdf).
- Potter JR, VR Burkett, and MJ Savonis, 2008. Executive summary. In: *Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure: Gulf Coast Study, Phase I* (Savonis M J, VR Burkett, and JR Potter (eds.)). Synthesis and Assessment Product, U.S. Department of Transportation, Washington, DC, pp ES-1 to ES-10.

- Qingbai W, Cheng Guodong, Ma Wei and Liu Yongzhi, 2008. Railway Construction Techniques: Adapting to Climate Warming in Permafrost Regions. State Key Laboratory of Frozen Soil Engineering, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, China.
- Rahmstorf S, 2007. A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science* 315, 368-370.
- Rahmstorf S, 2011. Climate Change-The State of Science. Presentation in UNCTAD Ad Hoc Meeting 'Climate change impacts and adaptation: A challenge for global ports' Geneva 29-30 September 2011.
- Rahmstorf S, 2012. Climate Change: State of Science. In R. Asariotis and H. Benamara (eds) Maritime Transport and the Climate Change Challenge, Earthscan, 3-11.
- Rahmstorf S, Cazenave A, Church JA, Hansen JE, Keeling RF, Parker DE, and RCJ Somerville, 2007. Recent climate observations compared to projections. *Science* 316, 709-709.
- Ramieri E, Hartley A, Barbanti A, Duarte Santos F, Laihonon P, Marinova N, Santini M, 2011. Methods for assessing coastal vulnerability to climate change. ETC CCA Background Paper, Copenhagen (DK) 8-9 June 2011. European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation European Environment Agency, 76pp. (<http://www.oannes.org.pe/>).
- Ranasinghe R, Duong TM, Uhlenbrook S, Roelvink D, and Stive M, 2013. Climate-change impact assessment for inlet-interrupted coastlines. *Nature Climate Change*, DOI: 10.1038/NCLIMATE1664.
- Reeve DE and H Karunarathna, 2009. On the prediction of long-term morphodynamic response of estuarine systems to sea level rise and human interference. *Continental Shelf Research*, 29, 938-950.
- Rigall-Torrent R, M Fluvià, R Ballester, A Saló, E Ariza and J-M Espinet, 2010. The effects of beach characteristics and location with respect to hotel prices. *Tourism Management*, doi:10.1016/j.tourman.2010.10.005.
- Richardson K, W Steffen, HJ Schellnhuber, J Alcamo, T Barker, D M Kammen, R Leemans, D Liverman, M Munasinghe, B Osman-Elasha, N Stern and O Ole Wæver., 2009. Synthesis Report. Climate change: Global Risks, Challenges and Decisions. University of Copenhagen, 39 pp. www.climatecongress.ku.dk.
- Rignot E, I Velicogna, MR van den Broeke, A Monaghan and J Lenaerts, 2011. Acceleration of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise. *Geophysical Research Letters*, 38, 5 pp. (doi:10.1029/2011GL046583).
- Robertson, IN, S Yim and T Tran, 2011. Case Study of Concrete Bridge Subjected to Hurricane Storm Surge and Wave Action ASCE, Solutions to Coastal Disasters Conference 2011, [http://dx.doi.org/10.1061/41185\(417\)63](http://dx.doi.org/10.1061/41185(417)63).
- Rohling E, Grant K, Hemleben C, Siddall M, Hoogakker B, Bolshaw M and Kucera M, 2008. High rates of sea-level rise during the last interglacial period. *Nature Geosciences* 1, 38-42. (doi:10.1038/ngeo.2007.28).
- Rosegrant MR, C Ringler, TB Sulser, M Ewing, A Palazzo, T Zhu, GC Nelson, J Koo, R Robertson, S Msangi and M Batka, 2009. Agriculture and Food Security under Global Change: Prospects for 2025/2050. Background note for supporting the development of CGIAR Strategy and Results Framework. Washington, DC: International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Rossouw M and Theron A, 2012. Investigation of potential climate change impacts on ports and maritime operations around the S. African coast. In R. Asariotis and H. Benamara (eds) Maritime Transport and the Climate Change Challenge, Earthscan, Routledge, 286-304.
- Rothengatter W, 2009. Economic Aspects of Transport and Climate Change. Paper for the UNECE. 34 pp. Rotterdam Climate Initiative, 2013. (<http://www.rotterdamclimateinitiative.nl>) (accessed 21/06/2013).

- RSSB, 2003. Safety implications of weather, climate and climate change. Rail Safety and Standards Board's (RSSB's) Research Programme Engineering. AEAT/RAIR/76148/R03/005 Issue 2. 141 pp.
- RSSB, 2010. Tomorrow's railway and climate change adaption. Rail Safety and Standards Board, Research brief T925. 4 pp.
- Ruggiero P, PD Komar and JC Allan, 2010. Increasing wave heights and extreme value projections: The wave climate of the U.S. Pacific Northwest. *Coastal Engineering*, 57, 539–552.
- Ruggiero P, 2013. Is the intensifying wave climate of the U.S. Pacific Northwest increasing flooding and erosion risk faster than sea-level rise? *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 139 (2), 88–97.
- Savonis MJ, Burkett VR and Potter JR, 2008. Gulf coast study: Phase I - Impacts of climate change and variability on transportation systems and infrastructure, United States Climate Change Science Program.
- Schlenker W and MJ Roberts, 2009. Nonlinear temperature effects indicate severe damages to U.S. crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (37), 15594–15598.
- Scholze M, W Knorr, NW Arnell and IC Prentice, 2006. A climate-change risk analysis for world ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Science* 103, 13116.
- Scott Wilson, 2009. The Effect of Climate Change on 3CAP's Highway Network Policies and Standards Final Report.
- Shanahan TM et al., 2009. Atlantic forcing of persistent drought in West Africa. *Science* 324, 377–382.
- Shakun JD, Clark PU, He F, Marcott SA, Mix AC, Liu Z, Otto-Bliesner B, Schmittner A and Bard E, 2012. Global warming preceded by increasing carbon dioxide concentrations during the last deglaciation. *Nature* 484, 49–54.
- Shennan I, T Coulthard, R Flather, B Horton, M Macklin, J Rees, and M Wright, 2003. Integration of shelf evolution and river basin models to simulate Holocene sediment dynamics of the Humber Estuary during periods of sea-level change and variations in catchment sediment supply. *The Science of The Total Environment*, 314–316, 737–754.
- Шерстюков А. Б., 2009. Изменения климата и их последствия в зоне многолетней мерзлоты России. ГУ «ВНИИГМИ-МЦД» Обнинск, 127 стр.
- Siedl N, 2012. Waterway infrastructure adaptation. Presentation at the UNECE International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change, Alexandroupolis (Greece), 24–26 June 2012. (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/09_Ms_Siedl.pdf).
- Snoussi, M, T Ouchani and S Niazi, 2008. Vulnerability assessment of the impact of sea-level rise and flooding on the Moroccan coast: The case of the Mediterranean eastern zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77, 206–213.
- Solomon S, GK Plattner, R Knutti and P Friedlingstein, 2009. Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 : 1704–1709.
- Soncini A and Bocchiola D, 2011. Assessment of future snowfall regimes within the Italian Alps using general circulation models. *Cold Regions Science and Technology* 68(3), 113–123. doi:10.1016/j.coldregions.2011.06.011.
- SREX, 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC [Field CB, V Barros, TF Stocker, D Qin, DJ Dokken, KL Ebi, MD Mastrandrea, KJ Mach, GK Plattner, SK Allen, M Tignor, and PM Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- Standley S, K Miller, S Okamura, D Wynn, S Greenhalgh and L Horrocks, 2009. Wild weather warning: A London climate impacts profile, Greater London Authority, London, 85pp. <http://www.london.gov.uk/lccp/publications/docs/wild-weatherwarning.pdf>.

- Steffen W, 2009. Climate Change 2009: Faster Change and More Serious Risks. Report to the Department of Climate Change, Australian Government.
- Stenek V et al., 2011. Climate Risk and Business: Ports – Terminal Marítimo Muselles el Bosque Cartagena, Colombia. International Finance Corporation (IFC). World Bank Group, April 2011. 190 pp.
- Stockdon HF, Doran KJ, Thompson DM, Sopkin KL, Plant NG, and Sallenger AH, 2012, National assessment of hurricane-induced coastal erosion hazards: Gulf of Mexico: U.S. Geological Survey Open-File Report 2012-1084, 51 pp.
- Stott PA, DA Stone and MR Allen, 2004. Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature*, 432, 610–614.
- Streletskiy DA, NI Shiklomanov and FE Nelson, 2012. Spatial variability of permafrost active-layer thickness under contemporary and projected climate in Northern Alaska. *Polar Geography*, 35 (2), 95-116.
- Supit I, van Diepen CA, de Wit AJW, Kabat P, Baruth B, and Ludwig F, 2010. Recent changes in the climatic yield potential of various crops in Europe. *Agricultural Systems* 103: 683-694.
- Thornton P and L Cramer (eds.), 2012. Impacts of climate change on the agricultural and aquatic systems and natural resources within the CGIAR's mandate. CCAFS Working Paper 23. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen, Denmark. Available online at: www.ccafs.cgiar.org.
- Trenberth KE et al., 2007. Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. В публикации: Изменение климата, 2007 г.: физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата об оценках. (Solomon S, D Qin, M Manning, Z Chen, M Marquis, KB Averyt, M Tignor and HL Miller (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Tsamboulas D, 2012. Impacts and Adaptation Requirements of Road Networks Presentation at the UNECE International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change, Alexandroupolis (Greece), 24-26 June 2012. http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/07_Mr_Tsamboulas.pdf.
- Tsimplis MN and Shaw A, 2010. Seasonal sea level extremes in the Mediterranean Sea and at the Atlantic European coasts. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, 1457–1475.
- Turpjin B, 2012. Climate Change and Inland Waterways; the issue of morphology and subsidence Presentation at the UNECE International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change, Alexandroupolis (Greece), 24-26 June 2012. (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/10_Mr_Turpjin.pdf).
- UK Highways Agency, 2009. Climate Change Adaptation Strategy and Framework, Revision B (Nov. 2009). (<http://assets.highways.gov.uk/about-us/climate-change/CCAF Strategy and Vol 1 Rev B Nov.pdf>).
- UK Highways Agency, 2011. Climate Change Risk Assessment. (<http://assets.highways.gov.uk/about-us/climate-change/HA Climate Change Risk Assessment August 2011 v2.pdf>).
- UK Royal Academy of Engineering, 2011. Infrastructure, Engineering and Climate Change Adaptation – ensuring services in an uncertain future.
- UNCTAD, 2011, Climate change impacts and adaptation: a challenge for global ports. Information Note by the United Nations Conference for Trade and Development (UNCTAD) Secretariat. UNCTAD/DTL/TLB/2011/2, Geneva 2011.
- UNCTAD, 2012. Обзор морского транспорта, 2012 год. Технический доклад Конференции Организации Объединенных Наций по торговле и развитию, UNCTAD/RMT/2012. Издание Организации Объединенных Наций ISBN 978-92-1-112860-4, e-ISBN 978-92-1-055950-8. (http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2012_en.pdf).

- UNECE, 2011. Transport for sustainable development in the ECE region. UNECE Transport Division, Geneva 2011.
- USARC, 2003. Climate Change, permafrost, and impacts on civil infrastructure. Special Report 01-03, U.S. Arctic Research Commission, Arlington, Virginia, 61 pp.
- USDOT, 2012a. Impacts of Climate Change and Variability on Transportation Systems and Infrastructure: The Gulf Coast Study, Phase II. A report by the US Department of Transportation Center for Climate Change and Environmental Forecasting [Choate A, W Jaglom, R Miller, B Rodehorst, P Schultz and C Snow (eds.)]. Department of Transportation, Washington, DC, USA, 470 pp.
- USDOT, 2012b. U.S. Department of Transportation Climate Adaptation Plan: Ensuring Transportation Infrastructure and System Resilience. 22 pp. (www.dot.gov/sites/dot.dev/files/docs/DOT_20_Adaptation_20_Plan.pdf)
- Vafeidis AT, Nicholls RJ, McFadden L, Tol RSJ, Hinkel J, Spencer T, Grashoff PS, Boot G and Klein RJT, 2008. A new global coastal database for impact and vulnerability analysis to sea-level rise. *Journal of Coastal Research*, 24, 917–924.
- Vajda A, H Tuomenvirta and P Jokinen, 2012. Observed and future changes of extreme winter events in Europe with implication for road transportation. Proceedings of the 16th SIRWEC conference, Helsinki, Finland, 8 pp. (ID: 0040).
- Van de Wetering B, 2011. Towards adaptation to climate change. Towards adaptation to climate change. International Commission for the protection of the Rhine (ICPR). Presentation found in: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/meetings/Core_group_pilots/1st_meeting/Presentations/Rhine.pdf
- Vecchi GA et al., 2006. Weakening of tropical Pacific atmospheric circulation due to anthropogenic forcing. *Nature* 441, 73–76.
- Velegrakis AF, 2012. Climate change related impacts on the transportation of the Caribbean SIDS Presentation at the UNECE International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change, Alexandroupolis (Greece), 24–26 June, 2012. (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/01_Mr_Velegrakis.pdf).
- Velegrakis AF, M Vousdoukas, O Andreadis, E Pasakalidou, G Adamakis and R Meligonitis, 2008. Impacts of dams on their downstream beaches: A case study from Eresos coastal basin, Island of Lesbos, Greece. *Marine Georesources and Geotechnology*, 26, 350–371.
- Velicogna I, 2009. Increasing rates of ice mass loss from the Greenland and Antarctic ice sheets revealed by GRACE. *Geophysical Research Letters*, 36, 4 pp. (doi:10.1029/2009GL040222).
- Vellinga P *et al.* 2008. Exploring high-end climate change scenarios for flood protection of the Netherlands. International Scientific Assessment for the Delta Committee. Scientific report WR-2009-05. KNMI, Alterra, The Netherlands. <http://www.knmi.nl/bibliotheek/knmipubWR/WR2009-05.pdf>.
- Vellinga T and De Jong M, 2012. Approaches to climate change adaptation in the Port of Rotterdam. In: Asariotis R and Benamara, H. (eds) *Maritime Transport and the Climate Change Challenge*. Earthscan/ Routledge, New York, 305–319.
- Verlaan M, Zijderveld A, de Vries H and Kroos J, 2005. Operational storm surge forecasting in the Netherlands: developments in the last decade. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 363, 1441–1453
- Vermeer M and Rahmstorf S 2009 Global sea level linked to global temperature. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 106, 21527–21532. (doi:10.1073/pnas.0907765106).
- Viles HA and AS Goudie, 2003. Interannual, decadal and multidecadal scale climatic variability and geomorphology. *Earth-Science Reviews*, 61, 105–131.

- Vött A, 2007. Relative sea level changes and regional tectonic evolution of seven coastal areas in NW Greece since the mid-Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 26, 894-919.
- Wang, M, Overland JE and Stabeno P, 2012. Future climate of the Bering and Chukchi Seas projected by global climate models. *Deep Sea Research Part II* 65–70, 46–57.
- Wang S, R McGrath, J Hanafin, P Lynch, T Semmler and P Nolan, 2008. The impact of climate change on storm surges over Irish waters. *Ocean Modelling*, 25, 83–94.
- Wamsley TV, MA Cialone, JM Smith, JH Atkinson and JD Rosati, 2010. The potential of wetlands in reducing storm surge. *Ocean Engineering*, 37, 59-68.
- Webster PJ, GJ Holland, JA Curry and H-R Chang, 2005. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. *Science*, 309, 1844-1849.
- Willway T, L Baldachin, S Reeves, M Harding et al, 2008. The effects of climate change on highway pavements and how to minimise them: Technical report PPR184, ISBN 978-1-84608-734-9.
- Woodworth PL and DL Blackman, 2004. Evidence for Systematic Changes in Extreme High Waters since the Mid-1970s. *Evidence for Systematic Changes in Extreme High Waters since the Mid-1970s*, 17, 1190-1197.
- Wright L, P Chinowsky, K Strzepek, R Jones, R Streeter, JB Smith, JM Mayotte, A Powell, L Jantarasami and W Perkins, 2012. Estimated effects of climate change on flood vulnerability of U.S. bridges. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 17, 939-955 (DOI:10.1007/s11027-011-9354-2).
- Xu S and Huang W, 2013. Effects of sea level rise on frequency analysis of 1 per cent annual maximum water levels in the coast of Florida. *Ocean Engineering*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2013.01.013i>.
- Zhang Y, X Wang, R Fraser, I Olthof, W Chen, D Mclennan, D Ponomarenko and W Wu, 2012. Modelling and mapping climate change impacts on permafrost at high spatial resolution for a region with complex terrain. *The Cryosphere Discussions*, 6, 4599–4636.
- Zimov SA, EAG Schuur and FS Chapin, 2006. Permafrost and the global carbon budget. *Science*, 312, 1612-1618.



Наводнение Дуная, Будапешт, Венгрия, 2013 год, фото из Интернета

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I. Избранные исследования на тему о воздействии изменения климата на транспорт

Для повышения устойчивости международных транспортных сетей к климатическим воздействиям требуется более четкое понимание возможных конкретных последствий изменения климата для инфраструктуры различных видов транспорта, а также для их услуг и функций. Однако, несмотря на потенциально важные общие последствия неблагоприятного воздействия меняющегося климата на транспорт, детальных научно-исследовательских данных на эту тему в открытом доступе сегодня, по-видимому, сравнительно немного. Кроме того, хотя некоторые исследования (проводившиеся, например, в Соединенных Штатах Америки, Канаде, Европейском союзе, Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии, Франции и Австралии) и были посвящены воздействию изменения климата на транспортную инфраструктуру в целом, а также возможным адаптационным мерам, большинство из них не касались специфики конкретных видов транспорта, и их предметом не были международные транспортные сети.

Что касается адаптации транспортного сектора к изменению климата, то, согласно обзору литературы по этой проблематике, подготовленному Потсдамским институтом климатических исследований (Eisenack et al., 2011), основная часть возможных адаптационных мер относится к автомобильному и, в меньшей степени, железнодорожному транспорту. Кроме того, эти меры, как выяснилось, редко носят конкретный характер в том, что касается технических решений, механизмов планирования, методов мониторинга, информационного обеспечения, развития потенциала в области исследований и образования, а также привлечения финансирования и инвестиций для создания новой или модернизации существующей инфраструктуры; невелико и число предложений о принятии программных документов, за исключением тех, что касаются территориального планирования.

В настоящем приложении содержится краткий обзор некоторых особенно актуальных исследований. В их число входят отдельные работы, в том числе тематического характера, в которых особое внимание уделяется конкретным видам транспорта – автомобильному, железнодорожному и внутреннему водному, а также морским портам, равно как и исследования, носящие более комплексный характер.

I.1 Исследование последствий изменения климата для автодорожной сети Шотландии (Galbraith et al., 2005)

После многочисленных оползней, имевших место в 2004 году, министр транспорта Шотландии заказал два исследования по вопросам, связанным с этими явлениями. Ниже представлены выводы второго из них, касающиеся возможных тенденций изменения климата в Шотландии и их потенциального воздействия на автодорожную сеть.

В докладе приводится краткий обзор имеющейся информации об экстремальных погодных явлениях в прошлом и рассказывается о том, как она принималась во внимание при проектировании и эксплуатации дорожной сети. Затем в докладе дается оценка последствий прогнозируемых сегодня изменений климата, включая работу, проведенную по специальному заказу в рамках данного исследования. Было

выполнено компьютерное моделирование основных климатических переменных (таких, как температура воздуха и дождевые осадки), которые могут оказывать значительное воздействие на сети автодорог, и были составлены прогнозы на 30-летние периоды, а именно 2020–2050 и 2050–2080 годы. Общий вывод состоит в том, что, хотя в ближайшем будущем (т.е. в 2020-х годах) в Шотландии ожидаются относительно небольшие климатические изменения, даже они могут потребовать значительной корректировки существующей практики. Кроме того в докладе отмечается, что в долгосрочной перспективе изменения климата, по всей вероятности, станут более существенными. Однако, поскольку прогностическая неопределенность возрастает пропорционально сроку прогноза, представленные рекомендации касаются реагирования на климатические изменения, предсказываемые на ближайшее будущее.

Содержащиеся в докладе общие выводы относительно анализируемых тенденций изменения климата сводятся к следующему. Ожидается, что температура будет расти, в результате чего лето станет более жарким, а зимой сократится число морозных дней. Согласно прогнозам, среднегодовое количество осадков будет в целом меняться слабо, однако количество зимних дождей при этом предположительно возрастет, а летних – уменьшится; снега также будет выпадать меньше. Несколько увеличится скорость ветра, а туманы будут наблюдаться реже; все эти предсказания, однако, отличаются высокой степенью неопределенности. Прогнозируется более частое затопление прибрежных зон, особенно если принять во внимание фактор штормового нагона воды.

Особую озабоченность вызывает ожидаемое в зимний период усиление дождевых осадков, с которыми могут не справиться дренажные системы. Для решения этой проблемы было рекомендовано: i) пересмотреть ливневые параметры, используемые при проектировании систем поверхностного водоотвода, с тем чтобы учесть ожидаемое увеличение количества осадков; ii) пересмотреть ливневые параметры, используемые при проектировании дренажных труб и речных мостов; iii) выявить места, где в прошлом происходило затопление дорог, и произвести оценку возможных вариантов решения этой проблемы через призму соотношения затрат и получаемых результатов с уделением первоочередного внимания местам, где затопления происходят часто; iv) производить профилактическую очистку водоотводных каналов и водных путей от мусора в районах с повышенной опасностью затопления; v) продолжить исследования с целью уточнения параметров дренажных стоков, что позволит выработать рекомендации относительно подходов к проектированию, основанных на учете рисков, включая оценку альтернативных технических решений с точки зрения соотношения затрат и результатов.

Помимо этого, с учетом возможностей, связанных с планируемым расширением использования дорожных знаков со сменной информацией (ЗСИ) в сочетании с более совершенными технологиями прогнозирования погоды, было рекомендовано *"...подумать об использовании ЗСИ для предоставления пользователям дорог более полной информации об ожидаемых в данной местности суровых погодных явлениях, с указанием их вероятности"*. Отмечалось, что для решения некоторых из выявленных проблем уже принимаются такие меры, как разработка Стратегии обеспечения безопасности на магистральных автодорогах при сильных ветрах. И наконец, констатировалась необходимость достижения договоренностей с другими ведомствами Соединенного Королевства, отвечающими за автомобильные дороги, для комплексного решения некоторых вопросов, включая изменение нормативов проектирования.

I.2 Влияние изменения климата на стратегии/нормативы, касающиеся сети автомагистралей "ЗСАР's highway network" (Scott Wilson, 2009)

В докладе резюмируются выводы проекта, осуществленного по заказу консорциума трех графств Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии (3 Counties Alliance Partnership – ЗСАР) с целью оценить последствия изменения климата для их политики и стандартов, касающихся автомагистралей. В этом проекте использовались прогнозы изменения климата к 2050 году, составленные в рамках Программы Соединенного Королевства по вопросам климатических воздействий (ПСККВ), а также методики управления рисками и оценки вероятности. Применялись следующие ключевые прогнозные установки ПСККВ для Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии: i) среднегодовая температура будет повышаться; ii) лето станет жарче и суше; iii) зимы станут более мягкими и влажными; iv) почвы в целом станут суше; v) снегопады сократятся; vi) участятся сильные дожди и экстремально обильные ливни; vii) возможно повышение частотности ураганных ветров и бурь.

С учетом этих предсказаний ожидаются серьезные последствия для строительства и содержания автомагистралей, находящихся в ведении местных властей. Более сухое и жаркое лето будет способствовать ухудшению состояния/просадке дорожного покрытия, а из-за более влажной погоды и более частых ливней зимой участятся затопления низменностей и пойменных долин, а также повысится риск оползней. Все это также будет сказываться на функциональности и прочности дорожного покрытия, состоянии и эффективности дренажных систем, состоянии систем инженерного обеспечения и автомагистральных конструкций, таких, как мосты, дренажные трубы, дорожные знаки и освещение дорог. Учащение бурь и шквальных ветров может повлиять на безопасность и повысить вероятность попадания на автотрассы обломков и фрагментов близлежащих конструкций и деревьев. Как выяснилось в ходе исследования, существующая практика и стандарты строительства и содержания автодорог, как правило, основываются на климатологических данных за прошлые годы. Однако для обеспечения жизнеспособности дорожной сети в условиях меняющегося климата необходимо, чтобы как в политике, так и в стандартах учитывались прогнозы на будущее.

При разработке соответствующих адаптационных планов местным властям следует принимать во внимание физиографические и геологические особенности своей территории и присущие ей факторы риска. В рамках данного проекта была дана всеобъемлющая, основанная на учете местных рисков и степени их вероятности оценка уязвимости соответствующих объектов в результате изменения климата как сегодня, так и в перспективе, а также определены эффективные меры реагирования со стороны местных властей в целях достижения конкретных уровней адаптации к меняющемуся климату (NI 188).

Вероятностная оценка рисков, связанных с воздействием изменения климата на сеть автомагистралей, выявила следующие обусловленные этим изменением факторы, которые представляют наибольшую опасность для автодорожной сети: i) разрушение дорожного покрытия из-за длительного воздействия высоких температур; ii) увеличение продолжительности вегетационного периода, следствием чего является более продолжительный период и/или быстрые темпы зарастания обочин дорог; iii) недостаточная мощность дренажных систем и подтопление дорожной сети; iv) повреждения поверхности конструкций, вызываемые более сухой и жаркой летней погодой; v) размыв конструкций вследствие более интенсивных дождевых осадков/затоплений; vi) повреждение верхних слоев дорожного покрытия из-за возросшей интенсивности дождевых осадков; vii) проседание и вспучивание полотна дорог по той же причине; viii) размыв и повреждение конструкций в результате усиления ветров

и учащения гроз; ix) серьезное повреждение легких конструкций более сильным и порывистым ветром; x) уменьшение затруднений, вызываемых снегопадами и гололедицей, вследствие более теплых зим.

Среди прочих эти факторы риска учитывались при оценке адаптационных мер и определении их приоритетности в рамках плана действий по адаптации в семи ключевых программных областях: 1) "мосты и другие конструкции"; 2) "дренаж"; 3) "уборка травы"; 4) "материалы"; 5) "смена дорожного покрытия"; 6) "уход за деревьями и кустарниками"; и 7) "техническое обслуживание в зимний период". Варианты адаптационных мер, разработанные с учетом выявленных рисков, были подвергнуты структурированному комплексному анализу с использованием 13 оценочных критериев, таких, как затратно-инвестиционные требования, техническое обоснование, практичность, политическая приемлемость, устойчивость принимаемых мер в длительной перспективе, степень опасности "бездействия", масштаб/воздействие мер, а также наличие необходимых для адаптации ресурсов/навыков/знаний. Меры, получившие наивысшие оценки, были рассмотрены властями трех вышеупомянутых графств, отклики которых были взяты за основу при выработке плана действий по адаптации к изменению климата (т.е. уровень 3 NI 188) в регионе, включая графики реализации.

1.3 Решение проблем, связанных с воздействием изменения климата на дорожные покрытия (PIARC, 2012)

Данное исследование было намечено в Стратегическом плане PIARC (ПМАДК) на 2008–2011 годы, утвержденном Советом Всемирной дорожной ассоциации. В 2008 году Технический комитет ПМАДК (C4.5 Earthworks – "Земляное полотно") подготовил доклад "Предполагаемые последствия изменения климата для земляного полотна автодорог". Некоторые из содержащихся в нем соображений и рекомендаций были воспроизведены в докладе за 2012 год.

В докладе рассказывается о последствиях изменения климата для дорожной инфраструктуры и даются рекомендации относительно: а) оценки подверженности дорожного покрытия прямому воздействию климатических изменений; б) определения возможных мер по соответствующей адаптации, которые можно было бы – с учетом их приоритетности – принять незамедлительно и/или поэтапно во избежание негативных последствий для функциональной эффективности дорожной сети. В докладе рассматривается воздействие изменений уровня осадков, температуры, уровня моря/штормового нагона и силы ветров на структурную целостность, прочность и несущую способность дорог.

Как показал опрос, проведенный с целью оценки степени озабоченности и уровня подготовленности представляющих дорожный сектор респондентов из 21 государства, озабоченность возникает в связи как с увеличением, так и с уменьшением осадков. Сильные ливни могут сказываться на структурной целостности дорожного покрытия, что требует ограничения нагрузки на дорожное полотно, вызывать оползни и перекрытие дорог, в то время как засуха может приводить к высыханию подстилающего слоя дорожного покрытия, сказываясь тем самым на его долговечности. Прибрежные государства также выражают обеспокоенность повышением уровня моря, которое в сочетании со штормовым нагоном воды может приводить к затоплению прибрежных районов и закрытию автодорог. Кроме того, высказывалась озабоченность по поводу учащения случаев попеременного промерзания и оттаивания, способных приводить к криогенному вспучиванию, образованию трещин и рытвин в дорожном покрытии. И наконец, беспокойство возникает в связи с воздействием более высоких температур, которые в периоды аномальной жары могут ускорять образование колеи и плавление покрытий, содержащих битум.

В докладе содержатся рекомендации о порядке оценки рисков и уязвимости. Это предлагается делать в пять этапов: i) определение возможных последствий изменения климата; ii) оценка воздействия этого изменения на уязвимость дорожного покрытия; iii) оценка рисков и определение возможных технических решений и стратегий снижения уязвимости; iv) реализация эффективных адаптационных планов и стратегий; v) мониторинг и рассмотрение результатов принимаемых мер. Наряду с этим предлагаются способы повышения соответствующих управленческих навыков. Рассматриваются также политические аспекты мер реагирования на возможные последствия изменения климата, связанные с преодолением неопределенности/рисков, адаптацией проектных правил и спецификаций, организацией дорожного движения и обеспечением безопасности.

Основные выводы доклада включают в себя следующее.

- Краткосрочные и долгосрочные последствия изменения климата могут потребовать более частого проведения работ по техническому обслуживанию/восстановлению/реконструкции, что скажется на бюджетах владельцев дорог и дорожно-эксплуатационных операторов.
- Владельцам дорог и операторам надлежит следовать системному подходу при определении рисков и оценке последствий на уровне всей дорожной сети, а также инициировать разработку стратегий по снижению этих рисков эффективным с точки зрения затрат способом с использованием моделей расчета затрат, учитывающих различные сценарии изменения климата.
- В сочетании с данными самых последних прогнозов изменения климата следует использовать информацию об аналогичных по климату районах, чтобы лучше понимать, какие возможные инженерно-технические решения в отношении дорожного покрытия могли бы быть заимствованы оттуда.
- Следует проводить различие между уже существующей и заново создаваемой инфраструктурой. Результаты оценки рисков могут подсказать такие действия в отношении проектируемой новой инфраструктуры, которые потребуют немедленного внимания (например, изменение конструкции дренажных систем). Применительно же к существующей инфраструктуре, ввиду того что климат будет меняться лишь постепенно, с течением времени, адаптационная стратегия могла бы осуществляться поэтапно, например, в ходе периодических работ по техническому обслуживанию и ремонту дорог сети.
- При проведении любой оценки рисков, связанных с изменением климата, и выработке стратегии реагирования на них необходимо, помимо защиты материальных ценностей, учитывать в качестве важной составляющей соображения безопасности пользователей дорог и дорожных рабочих.
- Наряду с адаптацией принимаемых новых правил и спецификаций, касающихся эффективной конструкции дорожного покрытия, может потребоваться совершенствование системы оперативного реагирования на экстремальные климатические явления, с тем чтобы обеспечить принятие эффективных мер в чрезвычайных ситуациях, введение необходимых ограничений по нагрузке на ось транспортных средств, очистку дорог от посторонних предметов/перенаправление потоков движения, а также внедрение эффективных коммуникационных методов информирования участников дорожного движения.

Доклад завершается выводом о том, что в регионах, которые уязвимы или станут уязвимыми к последствиям изменения климата, эти изменения могут существенно повлиять на расходы по эксплуатации дорожных сетей, а также на расходы пользователей. Следует незамедлительно приступить к планированию мер по смягчению уже известных и прогнозируемых последствий.

1.4 Воздействие погодно-климатических факторов и изменения климата на безопасность железнодорожного транспорта (RSSB, 2003)

Доклад подготовлен по заказу СБСЖТ в рамках Программы исследований в области безопасности на железнодорожном транспорте. Главная цель исследования заключалась в том, чтобы помочь членам группы компаний "Рейлуэй групп" лучше понять возможные последствия изменения климата для функционирования их предприятий. Исследование было призвано: i) выявить нынешний уровень знаний о воздействии изменения климата на безопасность железнодорожного транспорта, включая пробелы в этих знаниях; ii) определить, что нужно сделать для устранения этих пробелов; и iii) наметить для железнодорожной отрасли конкретные направления поиска путей противодействия угрозам, связанным с изменением климата.

Доклад включает в себя: а) резюме текущей информации и сведений о проводимых исследованиях с акцентом на последние данные климатологических исследований на глобальном, региональном и местном уровнях; б) обзор текущей документации и баз данных, имеющихся у "Нетуорк рейл" и СБСЖТ; с) неколичественную оценку воздействия прогнозируемых изменений климата на железнодорожную инфраструктуру. Кроме того, в докладе содержится справочная информация о лицах, организациях, веб-сайтах, докладах и базах данных, имеющих отношение к тематике изменения климата.

Ниже для сведения читателей приводятся наиболее актуальные ответные соображения СБСЖТ.

Несмотря на сохраняющуюся неопределенность относительно изменения климата СБСЖТ считает, что Программа Соединенного Королевства по климатическим воздействиям (ПСККВ) представила адекватный набор предположений. Приводимые прогнозные данные касаются 10-летнего периода 2080-х годов, т.е. отрезка времени в будущем, который укладывается в ожидаемый срок службы значительной части существующей ныне инфраструктуры. Прогнозируются следующие основные изменения:

- повышение средней температуры по меньшей мере на 1–2 °С;
- сокращение осадков в целом на 5–15%, с более частыми дождями зимой и более редкими летом, а также, возможно, с увеличением числа ливней экстремальной силы;
- возрастание средней скорости ветра на 4–10%, возможно, сопровождаемое учащением суровых природных явлений и повышением уровня моря на 0,2–0,6 м, в зависимости от рассматриваемого сценария выбросов и темпов увеличения уклона территории Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии в направлении с северо-запада на юго-восток.

В докладе содержится информация качественного характера о вероятных последствиях вышеперечисленных явлений. Предполагается, что наиболее уязвимыми по отношению к климатическим изменениям будут следующие основные виды инфраструктуры:

- железнодорожные пути (подвержены воздействию экстремальных температур);
- земляное полотно (подвержено воздействию экстремально обильных осадков);
- дренажные системы (подвержены воздействию экстремально обильных осадков);
- подвесное оборудование контактной сети (подвержено воздействию ураганных ветров);
- береговая и устьевая инфраструктура (защитные/предохранительные сооружения) (подвержена последствиям повышения уровня моря).

Отмечается, что ввиду большого объема работы по изучению погодно-климатических факторов и изменения климата трудно определить конкретные пробелы в знаниях, касающиеся именно железнодорожной инфраструктуры. Тем не менее были выявлены следующие основные "лакуны":

- неопределенность прогнозов на будущее (степень неопределенности различна для разных погодных факторов);
- вероятность повышения частоты и интенсивности экстремальных явлений;
- работа, непосредственно касающаяся железнодорожного сектора;
- потенциальные последствия повышения уровня моря, которые, согласно прогнозам, будут носить существенный характер, а в некоторых районах усугубляться продолжающимся процессом увеличения уклона территории Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии в направлении с северо-запада на юго-восток, а также штормовым нагоном воды.

Следует отметить, что некоторые участки железных дорог могут подвергаться воздействию климатических изменений в непропорционально высокой степени. Потребуется систематическое выявление таких участков.

Рекомендации на будущее

Железнодорожная инфраструктура и подвижной состав в целом имеют значительный запас прочности, но экстремальные погодные явления могут тем не менее сказываться на безопасном функционировании железных дорог. Хотя этот риск, как правило, невелик, он не настолько мал, чтобы пренебрегать им, особенно в случае возрастания повторяемости и интенсивности таких явлений. Поэтому исследования в данном направлении целесообразно продолжать.

Необходимо расширять официальные связи СБСЖТ с профильными государственными учреждениями и научными организациями (например, с Агентством по окружающей среде и Департаментом по окружающей среде, рыболовству и проблемам сельских районов), с тем чтобы постоянно держать в поле зрения текущую работу на общенациональном уровне. Это сулит потенциальные преимущества для железнодорожного сектора, поскольку СБСЖТ мог бы в таком случае оказывать большее влияние на конкретные аспекты такой работы и концептуального мышления в этой области. Следует также укреплять связи с теми инстанциями, которые занимаются проблемой сокращения выбросов парниковых газов на железнодорожном транспорте, а также другими вопросами экологической устойчивости. СБСЖТ мог бы обеспечить более целенаправленное информирование членов "Рейлуэй групп" по вопросам изменения климата.

Считается, что оптимальный следующий шаг – приступить к количественному определению изменений в части, касающейся угроз безопасности и сбоев в графике движения, которые могут вызываться экстремальными погодными явлениями. При этом следует учитывать:

- специфику отдельных видов инфраструктуры и их распространенность (например, железнодорожные пути, дренажные системы, подвесное оборудование контактной сети);
- количественную информацию за прошлые годы о задержках из-за происшествий, связанных с непогодой;
- нынешние величины, используемые СБСЖТ при моделировании рисков возникновения погодных условий, чреватых опасными происшествиями, и прогнозируемого вреда людям от этих происшествий;

- наиболее достоверные из имеющихся количественных оценок вероятных изменений экстремумов (температура воздуха, уровень паводковых вод, скорость порывов ветра) при нынешних уровнях антропогенного воздействия.

Оценка обеспечиваемой степени безопасности могла бы основываться на методах и моделях, разработанных, например, для оценки воздействия вандализма на показатели эксплуатационной безопасности железных дорог. Необходимо приступить к осуществлению конкретных исследовательских проектов по тематике изменения климата с целью: а) лучшего понимания воздействия меняющегося климата на растительность вдоль железнодорожных путей; и б) более четкого определения наиболее вероятных последствий повышения уровня моря в районах, где пролегают железные дороги. Следует также подумать об изыскании мер, с помощью которых железнодорожная отрасль могла бы наиболее эффективно способствовать смягчению прогнозируемых последствий изменения климата, возможно, во взаимодействии с другими видами транспорта.

Эти предложения рассматриваются как эффективный способ продвижения исследований путем более углубленной количественной оценки параметров возможного воздействия изменения климата на эксплуатационную безопасность, а также путем накопления конкретных знаний в отдельных областях. В более долгосрочной перспективе могут быть определены меры, с помощью которых железнодорожный сектор мог бы способствовать смягчению прогнозируемого изменения климата за счет решения проблем экологической устойчивости. Результаты такой дальнейшей работы могли бы помочь членам РГ в поиске ответов на вопросы, например, о том, каковы наиболее эффективные методы управления активами, дадут ли положительный эффект пересмотренные нормативы проектирования новых объектов и каким образом можно добиться оптимальной адаптации эксплуатационной практики.

1.5 Изменение климата и железнодорожный транспорт: обзор (Baker et al., 2010)

Статья посвящена той роли, которую железнодорожный транспорт мог бы играть в общем сокращении выбросов ПГ; в ней анализируются воздействие изменения климата на функционирование железных дорог в Соединенном Королевстве Великобритании и Северной Ирландии в предстоящие несколько десятилетий и необходимые меры адаптации к этому изменению. Особое внимание уделяется, среди прочих, следующим ключевым вопросам.

Можно ожидать, что сухое и жаркое лето приведет к таким последствиям для железнодорожной системы Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии, как: i) более сильное искривление рельсовых путей; ii) иссушение земляного полотна железных дорог; iii) рост потребности в системах кондиционирования воздуха; iv) усугубление проблем с вентиляцией на подземных железнодорожных линиях; v) затруднения, связанные с более обильным листопадом вследствие увеличения продолжительности вегетационного периода. Считается, что техническая сторона большинства этих проблем хорошо изучена.

Можно ожидать, что рост числа мягких и влажных зим будет иметь такие негативные последствия для железнодорожной сети Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии, как: i) учащение случаев затопления железных дорог; ii) повреждение земляного полотна и обвалы перенасыщенных влагой железных насыпей; и iii) проблемы, связанные с контактной сетью. При этом будут наблюдаться и некоторые положительные последствия, в частности, уменьшение числа происшествий, вызываемых

снегопадом, наледью и низкой температурой. Техническая сторона большинства вышеперечисленных проблем также считается хорошо изученной. Давление в пользу лучшей защиты от наводнений будет иметь место всегда, и необходимо найти баланс между стоимостью дополнительных мер такой защиты и совершенствования дренажных систем, с одной стороны, и подчас весьма значительным ущербом от подобных происшествий, с другой.

Отмечалось, что последствия учащения экстремальных погодных явлений, и в частности сильных ливней и ураганных ветров, будут для железнодорожной сети в известном смысле аналогичны последствиям таких явлений, наблюдаемых сегодня, но в более крупных масштабах. К последствиям мощных ветров относятся: i) повышенная вероятность обрыва контактных проводов; ii) увеличение риска схода поездов с рельсов; iii) аварии или сбои в движении поездов из-за блокирования путей поваленными деревьями и другими посторонними предметами. Эти последствия изучались ранее в той или иной мере, некоторые – довольно тщательно, однако, как правило, делалось это на этапе проектирования в целях оценки риска аварий, а не исходя из соображений, касающихся изменения климата. Кроме того, установлено, что повышение уровня моря всего на 0,3–0,4 м может иметь серьезные последствия для железных дорог как в устьевых районах, так и на побережье. Очевидна необходимость повышения защищенности подземных линий, например, лондонского метро, особенно с учетом того, что надежность существующих в Лондоне систем защиты от наводнений (таких, как первая защитная плотина на р. Темзе), согласно прогнозам, будет существенно снижаться в предстоящие десятилетия.

Также отмечалось, что, хотя технические вопросы более или менее ясны, отсутствует общий механизм количественной оценки вероятных последствий для железнодорожной отрасли, как нет и метода определения степени приоритетности задач, то есть принятия решений о том, какие из последствий носят наиболее критический характер, обуславливающий необходимость выделения средств на их преодоление в первоочередном порядке.

Применительно к воздействию меняющегося климата на железнодорожный транспорт в статье делается вывод о необходимости общего системного моделирования с целью надлежащей оценки основных связанных с изменением климата рисков для работы железной дороги и определения приоритетных направлений использования имеющихся ресурсов. Рассказывается также о сфере охвата и целях некоторых продолжающихся в настоящее время исследований по этой тематике. Наряду с этим в статье отмечается, что потенциальные последствия значительных изменений в параметрах опасных метеорологических явлений должны оцениваться применительно ко всем видам транспорта, а не только в отношении железных дорог. Указывается, что для этого *"такая оценка должна основываться на учете экономических преимуществ, связанных с эффективным функционированием национальной транспортной сети, издержек, вызываемых сбоями в ее работе, и того факта, что срок службы многих объектов инфраструктуры, которые будут созданы в ближайшее время, совпадает с временными рамками климатических изменений. Следует также принимать во внимание технологическое развитие самой транспортной сети. Последствия изменения климата являются производной не только метеорологических явлений, но и степени уязвимости транспортной сети. Кроме того, "исследования с целью оценки последствий климатических изменений будут страдать серьезным изъяном, если они по умолчанию будут исходить из того, что общество и экономика, которые будут существовать в условиях прогнозируемого на будущее климата, останутся такими же, как сегодня". При этом, однако, отсутствует ясность в понимании движущих факторов спроса на транспортные услуги, не говоря уже об их уязвимости в условиях меняющегося климата"*.

1.6 АЖИИК – Адаптация железнодорожной инфраструктуры к изменению климата (Nolte et al., 2011)

Берлинский институт перспективных исследований и оценки технологий (IZT) по заказу Международного союза железных дорог (МСЖД) и ряда крупнейших европейских железнодорожно-инфраструктурных компаний (см. вебсайт www.ariscc.org) изучил в рамках проекта АЖИИК возможную стратегию адаптации к изменению климата.

Цель проекта МСЖД АЖИИК заключалась в подготовке железнодорожной инфраструктуры к опасностям, связанным с погодно-климатическими факторами. Основная исходная посылка АЖИИК сводилась к следующему: поскольку железные дороги имеют весьма длительный жизненный цикл (и проектируются таким образом, чтобы выдерживать воздействие таких опасных стихийных явлений, как наводнение, случающееся раз в сто лет, согласно оценке на момент проектирования), следует полагать, что обусловленное изменением климата повышение частоты и интенсивности экстремальных природных явлений станет серьезным испытанием для железнодорожного транспорта и приведет к увеличению расходов.

Один из ключевых выводов, сделанных в ходе осуществления проекта, состоит в том, что адаптационные меры должны применяться в рамках комплексной системы реагирования на природные угрозы. Такая система должна быть рассчитана не только на активное преодоление нынешних трудностей и сбоев, вызываемых погодными явлениями, но и на планирование и реализацию средне- и долгосрочных мер адаптации к изменению климата. Сегодня же реализуются лишь такие технические решения, которые направлены на обеспечение повседневного, текущего функционирования железных дорог. Как показывает большинство примеров эффективной практики, наращивание уже существующих систем реагирования, используемых сегодня для преодоления неблагоприятного воздействия погодно-климатических факторов, с большей вероятностью может позволить создать действенный механизм адаптации; беседы с экспертами подтверждают, что программы адаптации к изменению климата, не увязанные с повседневной, текущей деятельностью отрасли, имеют мало шансов на осуществление.

К числу результатов проекта относятся: i) обновление и расширение проведенного ранее обследования с целью оценки нынешнего положения дел с адаптацией европейских железных дорог к изменению климата; ii) документ с рекомендациями о комплексном реагировании на природные угрозы; iii) обширная подборка примеров передовой практики; и iv) два тематических исследования с использованием моделей регионального климата для прогнозирования воздействия региональных климатических факторов в будущем и выявления уязвимых мест в существующей сегодня железнодорожной инфраструктуре.

Подготовленное в рамках АЖИИК руководство по комплексному реагированию на природные угрозы, предназначенное для управляющих железнодорожной инфраструктурой, предусматривает следующие элементы: 1) метеорологическая информация и предупреждения; 2) документирование и оценка прошлых происшествий; 3) картографирование опасных природных явлений; 4) мониторинг и документирование состояния инфраструктуры; 5) картографирование уязвимых мест; 6) оценка рисков и управление ими; 7) региональные климатические модели и климатические нагрузки в будущем; 8) рекомендации об адаптационных мерах.

В докладе содержатся разнообразные рекомендации общего и конкретного характера, в том числе следующие.

- Без принятия адаптационных стратегий и мер нынешний уровень устойчивости железных дорог может оказаться недостаточным уже в ближайшем будущем и среднесрочной перспективе. Поэтому рекомендуется разработать стратегию упреждающей адаптации с целью систематического наращивания адаптационного потенциала. Данная стратегия должна включать краткосрочные и долгосрочные

цели и меры с учетом ограничений экономического характера. Руководящими принципами такой комплексной стратегии должны быть готовность, жизнестойкость и способность к восстановлению.

- В краткосрочном и среднесрочном плане следует пересмотреть существующие инженерно-технические предписания с целью повысить надежность железнодорожных систем, включая эффективность дренажных схем, систем защиты от наводнений и от аномальной жары. Такой пересмотр должен быть нацелен не на отдельные материальные активы железнодорожной сети, а на повышение запаса прочности системы в целом.
- Одним из центральных элементов эффективной системы реагирования на природные угрозы является хорошо структурированная единая база оцифрованных сетевых данных, касающихся управления активами, планирования технического обслуживания, сбоев в работе и происшествий. Применительно к текущей деятельности следует обеспечить включение элементов адаптации к климатическим изменениям в планируемые мероприятия по текущему техническому обслуживанию. Применительно к будущим проектам адаптация должна стать неотъемлемой частью процесса проектирования объектов. Этого можно достичь путем включения адаптационных мер в процесс текущего планирования уже на ранних его стадиях. Существует широкий спектр практических мер по адаптации – от внедрения систем сигнализации и мониторинга до совершенствования норм технического обслуживания, усиления защитных конструкций и изменения существующих стандартов. Определение приоритетности мер и выбор оптимального их сочетания применительно к тому или иному проекту или железнодорожной линии зависит от многих факторов, таких, как тип объекта, временные рамки, важность маршрута, финансовые ограничения, соотношение затрат и результатов и т.д. Так называемые "мягкие" (нематериальные) меры, такие, как мониторинг уязвимых участков в режиме реального времени и использование схем тревожной сигнализации могут обеспечить гораздо лучшую отдачу от вложенных средств, чем "жесткие" инженерно-технические решения.
- Внедрение комплексной системы защиты от естественных угроз начинается с процесса укрепления потенциала в целях адаптации железнодорожной компании к климатическим изменениям. Этот процесс можно совершенствовать за счет более эффективного обмена информацией и знаниями.

I.7 Последствия изменения климата с акцентом на инфраструктуре автомобильного и железнодорожного транспорта (ЕС, 2012)

Данный доклад Объединенного исследовательского центра Европейской комиссии (ОИЦ-ИПТИ) представляет собой первую оценку уязвимости транспорта к будущим климатическим изменениям с особым акцентом на автодорожной и железнодорожной инфраструктуре, предпринятую в масштабах всего ЕС. В нем рассматриваются типы климатических воздействий, которые, как ожидается, приведут к увеличению метеорологической нагрузки на транспорт, а также дается оценка потенциальным угрозам и ущербу в контексте вероятных климатических тенденций, определенных путем моделирования климата в рамках разных сценариев. Было проведено четыре выборочных тематических исследования. Анализировались будущие факторы воздействия, степень уязвимости и меры адаптации в контексте различных аспектов изменения климатического режима (как, например, экстремально обильные осадки и наводнения, аномальная жара, повышение уровня моря) и типов инфраструктуры (автомобильные дороги, железнодорожные пути, мосты). Во всех случаях применялась одна и та же методика/показатели оценки (такие, как максимальная температура дорожного покрытия за неделю, количество дней превышения критических пороговых

величин при оценке угрозы искривления рельсов, риск затопления). Были выявлены и картографически зафиксированы подвергающиеся угрозе районы и инфраструктура – или важнейшие инфраструктурные объекты.

И наконец, в отношении всех стран ЕС было проведено технико-экономическое исследование на основе сочетания различных видов пространственной информации и анализа, включая:

- климатические данные и стресс-факторы (например, температура рельсовых путей и покрытия автодорог, экстремально обильные осадки);
- транспортную информацию по 27 государствам – членам ЕС (транспортная инфраструктура, дорожные сети, осуществляемые перевозки, модель TRANSTOOLS, цифровые карты TELEATLAS, система географической информации ГИСКО);
- физическую информацию и прогнозы (например, повышение среднего уровня моря, уровни штормового нагона и высоту волн, топографические данные по прибрежным районам (ДИВА), гидрологические данные (ОИЦ/ИООСУР), типы почв (база данных ESDB);
- инженерно-технические данные и информацию об основных механизмах деградации и образования повреждений, практике и стоимости технического обслуживания (в основном из источников в ЕС и Соединенных Штатах Америки).

Ниже приводится подборка некоторых основных выводов, сделанных в результате исследования:

- на преодоление последствий погодных явлений приходится 30–50% текущих расходов на содержание дорог в Европе (8–13 млрд. евро в год); при этом доля расходов, связанных с одними лишь экстремальными погодными явлениями, особенно с сильными ливнями и паводками, составляет 10% (примерно 0,9 млрд. евро в год);
- если рассматривать все 27 государств – членов ЕС в совокупности, то процесс ухудшения состояния дорог в результате изменения в будущем среднего количества осадков ускорится лишь незначительно; однако прогнозируемое учащение ливней и наводнений в некоторых регионах Европы может привести к росту издержек (на 50–192 млн. евро в год в период с 2040 по 2100 год по сценарию A1B), в то время как в других районах, наоборот, ожидается снижение расходов на содержание дорог благодаря более мягким зимам;
- увеличение средней температуры может потребовать изменения практики и методики технического обслуживания дорог, а также дополнительных расходов на адаптационные меры;
- изменение климата приведет к повышению средних значений температуры и учащению случаев экстремального подъема температур, следствием чего может стать, например, рост опасности деформации и вспучивания рельсовых путей, повреждения подвижного состава и ограничения скорости движения;
- в ряде регионов Европы прогнозируется учащение экстремальных осадков; ожидается, что они будут сказываться на состоянии дорожной инфраструктуры, повышая опасность подмыва мостовых конструкций, снижая устойчивость откосов и активизируя оползневые процессы в насыпях, а также увеличивая число дорожно-транспортных происшествий;
- стоимость мер по адаптации дорог (дорожное покрытие и речные мосты) согласно сценарию A1B была оценена в 314–560 млн. евро в год; при этом размер ущерба, избежать которого могут позволить такие адаптационные меры, был бы в несколько раз выше (например, издержки, вызванные обрушением моста, могут в 2–10 раз превышать стоимость самого моста);

- наиболее распространенной мерой по уменьшению опасности схода поездов с рельсов, искривленных под действием жары, является ограничение скорости, которое, как было установлено, приводит лишь к незначительным задержкам и финансовым потерям; как показывают оценки, в случае сохранения нынешней практики технического содержания дорог дополнительные расходы, связанные с более жаркой летней погодой, составят 20–28 млн. евро в год к 2040–2070 годам и примерно 50–130 млн. евро в год к 2070–2100 годам, при незначительных различиях в оценках между разными сценариями динамики выбросов ПГ;
- в предстоящие десятилетия могут потребоваться меры по защите конструкций примерно 20% всех существующих речных мостов от подмыва, вызываемого усилением течения; будущие расходы на защиту мостовых конструкций от этой опасности оцениваются в 0,38–0,54 млрд. евро в год (из которых на долю автодорожных мостов приходится 80%, а на долю железнодорожных – 20%)²⁵;
- при повышении уровня моря на 1 м под угрозу постоянного или временного затопления могут попасть прибрежные дороги в Европе протяженностью около 5 400 км (примерно 4% от общей протяженности сети прибрежных дорог), причем большей опасности затопления подвергаются страны и регионы, расположенные на низменностях (например, Нидерланды, Бельгия, север Германии); с учетом средних затрат на реконструкцию автомобильных дорог, составляющих 6 млн. евро за километр, общая стоимость объектов, подвергающихся опасности постоянного затопления, оценивается в 18,5 млрд. евро.

I.8 Изменение климата и судоходство: водный транспорт, порты и водные пути (PIANC, 2006)

В этом исследовании рассматриваются последствия климатических изменений для морского и внутреннего судоходства (ВС), включая повышение уровня моря, воздействие ветров и волн, расширение зон штормового нагона, штормы, океаническую циркуляцию, ледовую обстановку, количество и качество речной воды, экстремальные гидрологические условия, а также прибрежную, устьевую и речную гидродинамику/морфодинамику. Намечены возможные меры по адаптации к климатическим воздействиям и смягчению их последствий. Освещена тема связанных с судоходством выбросов ПГ и имеющиеся у отрасли возможности способствовать уменьшению выбросов ПГ антропогенного происхождения, а также снижению – путем использования альтернативных видов топлива – выбросов других загрязнителей.

В отношении ВС в докладе отмечается, что этот сектор обладает более широкими возможностями реагирования на последствия изменения климата, чем морское судоходство, благодаря наличию в большинстве случаев адекватной инфраструктуры, позволяющей контролировать стоки рек. В то же время баланс между потребностями внутреннего судоходства и конкурирующими с ними потребностями водоснабжения, борьбы с наводнениями, гидроэнергетики и ирригации, по-видимому, зависит от целого комплекса политических, социальных и экологических факторов.

По данным доклада, факторами климатических изменений, непосредственно влияющими на внутреннее судоходство, являются осадки и температура воздуха; эти факторы и их воздействие описаны в докладе довольно подробно. Высказывается мысль о том, что воздействие изменения климата на реки, протоки и каналы можно смягчать, внося изменения в оперативное регулирование стока и/или корректируя русло. Среди прочего в докладе подчеркивается, что соответствующие изменения эксплуатационного режима потребуют правового и экологического анализа, поскольку

²⁵ Примечательно, что, согласно оценкам, расходы на эти цели в 27 странах – членах ЕС намного (в 2–3 раза) ниже, чем аналогичные расходы в США (см. Study I.13 (Wright et al., 2012). Возможно, это объясняется различиями в размерах и другими особенностями мостов, существующих в ЕС и в США.

внутренний водный транспорт взаимосвязан и конкурирует с другими пользователями водных ресурсов. Кроме того, рассматривается и вопрос о целесообразности принятия мер по противодействию наводнениям, внесения изменений в существующую практику технического содержания водных путей (включая, например, меры по стабилизации русла и берегов, а также дноуглубительные работы) и повышения степени автоматизации.

Авторы доклада делают вывод о том, что некоторые из адаптационных мер потребуют дополнительных инвестиций и/или приведут к повышению текущих расходов (т.е. могут подпасть под ограничения экономического характера помимо правовых и/или технических ограничений); все это требует тщательного взвешивания затрат и выгод, связанных с отдельными мероприятиями/мерами реагирования, входящими в тот или иной комплекс мероприятий.

1.9 Климатические риски и бизнес: порты – морской терминал Мусельес-эль-Боске в Картахене, Колумбия (Stenek et al., 2011)

Исследование проведено по заказу Международной финансовой корпорации (МФК) с целью способствовать формированию необходимых знаний, инструментов и методов для анализа связанных с климатом рисков и возможностей, а также для оценки соответствующих адаптационных мер на конкретном примере морского терминала Мусельес-эль-Боске в Картахене, Колумбия. В рамках исследования изучались связанные с климатом риски и возможности для порта Мусельес-эль-Боске, являющегося клиентом МФК, и была дана количественная оценка климатическим воздействиям и соответствующим адаптационным мерам. Хотя в центре внимания исследователей были последствия изменения климата для данного конкретного порта, вкратце был рассмотрен также вопрос о том, каким образом климатические изменения могут предположительно сказаться на других портах в Колумбии и за ее пределами. В докладе отмечается, что инфраструктура и транспорт относятся к числу отраслей, наиболее подверженных воздействию изменения климата, и в то же время имеют важнейшее значение для функционирования, роста и развития национальной экономики. Порты играют жизненно важную роль в мировой экономике, поскольку морским путем в рамках мировой торговли перевозятся 80% товаров, а через порты развивающихся стран проходит более 40% общего контейнерного грузооборота, значительную часть которого составляют экспортные поставки из этих стран. Поэтому воздействие изменения климата на порты, вероятно, будет иметь намного более широкие социально-экономические последствия.

Ниже приводится подборка некоторых основных выводов, сделанных в ходе исследования.

- a) В целом физические объекты инфраструктуры в портах, равно как и функционирование последних, могут быть весьма подвержены воздействию климатических изменений. Эти изменения могут иметь своим следствием a) изменения интенсивности и географии судоходства, b) учащение наводнений, сказывающихся на деятельности портов и наносящих вред складированным грузам, c) ограничение проходимости навигационных каналов и d) сбои в работе. В то же время некоторые порты смогут, наоборот, получать коммерческую выгоду, если им удастся функционировать без сбоев, обусловленных климатическими явлениями. Кроме того, повышение температуры может играть на руку портам, находящимся в регионах с холодным климатом, благодаря увеличению продолжительности периода навигации. Для лучшего понимания значимости обусловленных изменением климата рисков для каждого конкретного порта необходимо проанализировать факторы, влияющие на его

функционирование, и оценить воздействие климатических факторов, принимая во внимание существующие уязвимые места, критические пороговые уровни и прогнозы изменения климата.

- b) В результате проведенного анализа в ходе исследования была установлена значительная вариативность реальных последствий изменения климата, при том что есть ключевые области риска, на которые должны обращать внимание все порты. Будут наблюдаться существенные различия в характере и уровне сопряженных с изменением климата рисков и возможностей между портами в зависимости от специфики их местоположения, например, от того, находятся ли они в тропических или иных подверженных воздействию циклонов районах или в зоне вечной мерзлоты. Кроме того, между портами существуют значительные функциональные различия. Изменение климата может иметь разные последствия для портов, выполняющих погрузочно-разгрузочные и складские функции, портов, обеспечивающих только лоцманскую проводку, навигационное обслуживание и дноуглубительные работы, или круизных и пассажирских портов.
- c) Анализ положения дел применительно к изучаемому порту показал, что изменение климата может приводить к материальным последствиям для деятельности портов. Хотя некоторые из исследованных рисков, скорее всего, специфичны для данного порта, ряд других могут быть актуальными в мировом масштабе.

На основе выводов исследования, посвященного портовому терминалу Мусельс-эль-Боске, а также на основе всеобъемлющего обзора специализированной литературы был подготовлен контрольный перечень задач, призванный помочь портовым операторам в выявлении климатических рисков и определении возможных вариантов адаптационных мер. В этом перечне:

- определены категории связанных с климатическими воздействиями рисков и возможностей с учетом основных видов деятельности, осуществляемой в грузовых портах (навигация, швартовка, такелажные работы и т.п.), наряду с другими факторами, имеющими отношение к функционированию портов, такими, как спрос на услуги, наличие страхования, а также соблюдение экологических и социальных норм;
- содержится обзор связанных с климатом проблемных моментов и пороговых параметров функционирования грузовых портов в целом, а также освещаются некоторые последствия, характерные для портов, расположенных в определенных климатических зонах (например, тропических и полярных);
- содержится список адаптационных мер, предлагаемых на усмотрение портовых операторов при реагировании на риски и возможности, связанные с изменением климата; в их число входят действия, которые могут способствовать усилению адаптационного потенциала, такие, как совершенствование мониторинга климатических воздействий, а также меры физической адаптации, включая изменения в портовой инфраструктуре.

I.10 Устойчивые транспортные сети будущего (FUTURENET): оценка безопасности транспортной сети в условиях меняющегося климата (Bouch et al., 2012)

Авторы данного исследования исходили из того, что, хотя в условиях изменения климата транспортные сети будут сталкиваться с возрастающими угрозами, противостоять этим угрозам путем выявления и защиты всех уязвимых объектов инфраструктуры было бы нереалистично. В исследовании предлагается иной подход, основанный на оценке устойчивости сети; в этих целях имеется в виду разработать методику оценки такой устойчивости.

FUTURENET – междисциплинарный исследовательский проект с участием нескольких партнеров, который посвящен изучению возможности разработки методики, носящей достаточно общий характер, чтобы ее можно было применять к любой транспортной сети. В его рамках анализируются прогнозируемые изменения климата к 2050 году и оценивается воздействие этих изменений на основные виды транспорта – автомобильный, железнодорожный и воздушный. Проект имеет несколько исследовательских составляющих, в том числе: i) изучение влияния, которое изменение климата может оказывать на пассажирский спрос и транспортные предпочтения; ii) опыты по моделированию аварийных ситуаций на транспорте и исследование их причин и пороговых критериев; iii) "генерирование" природно-климатических явлений и анализ их воздействия на транспортные сети с целью определения уязвимых мест; iv) изучение возможности разработки методики оценки уязвимости сетей; и v) изучение возможности применения технологий системной инженерии при разработке методики.

I.11 Инициатива ЕС (ТЕС–Т ЕС) по интеграции транспортной инфраструктуры Европейского союза

Транспортная инфраструктура является одной из основ бесперебойного функционирования и интеграции внутреннего рынка ЕС. В 27 государствах – членах имеется 5 млн. км дорог с твердым покрытием (из них 65,1 тыс. км автомагистралей), 212,8 тыс. км железнодорожных линий (из них 110,5 тыс. км электрифицированы) и 42,7 тыс. км судоходных внутренних водных путей. Общая сумма инвестиций в транспортную инфраструктуру в 2000–2006 годах составила 859 млрд. евро. Поскольку основная часть этой инфраструктуры создавалась странами по своим национальным программам, существует необходимость в формировании единой сети смешанных перевозок, объединяющей перевозки по суше, морю и воздуху; в этих целях разработана стратегия создания трансъвропейской транспортной сети, призванная восполнить недостающие звенья в транспортных связях, устранить узкие места и обеспечить будущую жизнеспособность транспортных сетей путем уделения внимания таким проблемам, как энергоэффективность и вызовы, связанные с изменением климата. В этой связи в 2006 году было учреждено Исполнительное агентство трансъвропейской транспортной сети (ИА ТЕС–Т) для управления ключевыми проектами транспортной инфраструктуры в тесном сотрудничестве с Генеральным директором по вопросам мобильности и транспорта Европейской комиссии. Оно руководит реализацией программы по созданию трансъвропейской транспортной сети (ТЕС–Т), финансируемой при поддержке ЕС (по линии программы ТЕС–Т, Фонда солидарности, Европейского фонда регионального развития, а также посредством займов и кредитных гарантий Европейского инвестиционного банка).

Существует весьма значительная потребность в капиталовложениях для завершения создания и/или модернизации трансъвропейской транспортной сети, оцениваемая более чем в 1,5 триллиона евро на период с 2010 по 2030 год. До 2020 года в создание сети ТЕС–Т требуется вложить примерно 550 млрд. евро (из них 215 млрд. необходимы

для устранения основных узких мест). Учитывая масштаб инвестиций, необходимо усилить координацию действий при планировании и создании сети на европейском уровне в тесном взаимодействии с правительствами государств. На основе предложений государств-членов были определены 30 приоритетных проектов (ПП), которые сейчас включены в программные документы Союза как представляющие общеевропейский интерес; их осуществление планируется завершить к 2020 году. Большинство из них относятся к категории железнодорожных и комбинированных железнодорожно-автомобильных проектов; есть также два проекта, касающиеся внутреннего водного транспорта, и один морской проект. Пять крупномасштабных приоритетных проектов уже завершены (ПП5 – в 2007 году, ПП9 – в 2001, ПП10 – в 2001, ПП11 – в 2000 и ПП14 – в 2009 году; см. http://tentea.ec.europa.eu/en/ten-t_projects/30_priority_projects/).

Примечательно, что, хотя проводимая политика направлена на обеспечение будущей устойчивости транспортных сетей путем учета проблем, связанных с изменением климата, оценка этих проблем и планирование адаптационных мер, как представляется, не были первоочередными задачами упомянутых проектов за очевидным исключением двух из них, связанных с внутренним водным транспортом (ПП18 – магистральный водный путь Рейн/Маас-Майн-Дунай и ПП30 – внутренний водный путь Сена-Шельда). Эти проекты, отнесенные к категории "комплексных", призваны соединить все основные бассейны внутренней навигации (Рейн/Маас-Майн-Дунай, Сена-Шельда), интегрируя их в единую транспортную сеть ЕС (см. также приложение II).

Оба проекта особенно чувствительны к изменениям уровня воды в реках (паводки и засухи), и поэтому вопросы, связанные с рисками и разработкой/реализацией адаптационных мер, считаются важными и подлежат решению.

I.12 Изменение климата, его последствия и уязвимость к ним в Европе, 2012 год. Доклад на основе показателей (ЕЕА, 2012)

В докладе Европейского агентства по окружающей среде (ЕАОС) за 2012 год представлена информация об имевших место и прогнозируемых изменениях климата и их последствиях в Европе на основе целого ряда показателей. Этот доклад является продолжением публиковавшихся ЕАОС ранее (в 2004 и 2008 годах) документов с основанными на показателях оценками последствий изменения климата и степени уязвимости по отношению к ним. Насколько это возможно, в докладе представлены охватывающие широкий спектр тем и секторов показатели по 32 государствам – членам ЕАОС. Они основаны на данных программ мониторинга, осуществляемого как на местах, так и удаленно, исследовательских проектов на национальном уровне и по линии ЕС, а также на данных, полученных в рамках глобальных инициатив.

Кроме того, в докладе оценивается степень уязвимости Европы в социальном плане и в плане воздействия на здоровье людей и экосистемы и определяются европейские регионы, подвергающиеся наибольшей опасности в результате климатических изменений. Наряду с этим рассматриваются вопросы, связанные с неопределенностью показателей. Главной целью доклада является формирование базы знаний для разработки и осуществления стратегий и мер по адаптации как на национальном уровне, так и в масштабе всего ЕС (см. также положения о системе контрольных показателей ЕАОС и Европейскую платформу по адаптации к изменению климата Climate-ADAPT: <http://climate-adapt.eea.europa.eu>).

Одна из глав доклада (глава 4.6) посвящена последствиям изменения климата для транспортных служб и инфраструктуры. В ней отмечается, что эти последствия носят преимущественно негативный характер, и лишь некоторые из них дают положительный эффект, как, например, сокращение ледяного покрова в полярных районах, потенциально ведущее к открытию новых судоходных маршрутов. Приводится таблица, где указаны основные последствия, связанные с изменениями в температуре,

параметрах осадков, ветра, частоты гроз и ударов молний, а также в вегетационных факторах. Ниже изложены некоторые из основных выводов:

- данные о прошлых климатических воздействиях на транспорт ограничиваются главным образом сведениями об отдельных экстремальных явлениях; их связь с изменением климата, как правило, не очевидна; благодаря ряду исследовательских проектов ЕС, касающихся изменения климата, экстремальных погодных явлений и внутреннего водного транспорта, более доступной в последнее время стала информация о будущих опасностях для транспорта в Европе, порождаемых изменением климата;
- согласно прогнозам, климатические изменения будут иметь негативные (а также положительные) последствия для транспорта в зависимости от региона, а прогнозы по видам транспорта показывают, что железнодорожный транспорт столкнется с наибольшим (в процентном отношении) увеличением издержек, обусловленных экстремальными погодными явлениями, причем ожидается, что более всего пострадают Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии, Центральная Европа, Франция, Восточная Европа и Скандинавия.

Наконец, воздействию изменения климата на транспортные сети посвящены три важных проекта ЕС (FP7 ECCONET, WEATHER и EWENT). Выводы, сделанные в ходе этих проектов, представлены в приложении II, а также включены в основную часть настоящего доклада.

I.13 Исследование, посвященное прибрежным районам Соединенных Штатов Америки в Мексиканском заливе

Задача исследовательского проекта по прибрежным районам Соединенных Штатов Америки в Мексиканском заливе заключается в том, чтобы дать всеобъемлющую оценку будущим последствиям изменения климата для работы транспорта на побережье Мексиканского залива, где расположены жизненно важные для США морские порты (импорт/экспорт промышленных, коммерческих и сельскохозяйственных продуктов, а также нефти и газа). Конечная цель этого исследования, осуществляемого в три отдельных этапа, – получение знаний / выработка подходов, которые могли бы помочь тем, кто планирует и организует перевозки, лучше понять риски, адаптационные стратегии и компромиссы, связанные с принятием решений по вопросам планирования, инвестиций, проектирования и текущей работы.

Первый этап (завершился в 2008 году) был посвящен предварительной оценке рисков и уязвимых мест транспорта на одном из участков побережья Соединенных Штатов Америки в Мексиканском заливе на основе сбора/сравнения и обобщения разнообразной информации, касающейся физиографии, гидрологии и прибрежной гидродинамики, землепользования и почвенно-растительного покрова, климата в прошлом и прогнозируемого на будущее, народонаселения и демографических тенденций, а также транспортной инфраструктуры. Цель второго этапа исследования (2010–2013 годы) заключалась в углубленной оценке опасностей, которым подвергается транспорт в ряде выбранных для изучения мест, выявлении последствий для долгосрочного планирования и для безопасности, функционирования и технического обслуживания. Кроме того, была поставлена задача выработать методику оценки рисков и определить способы учета климатологической и иной экологической информации при принятии решений по транспортным вопросам; таким образом, работа на этом этапе была направлена на повышение способности лиц, отвечающих за принятие решений на региональном уровне, понимать потенциальные последствия для важнейших компонентов инфраструктуры и оценивать различные варианты адаптации. Наконец, на третьем этапе проекта будут определены и проанализированы стратегии адаптации

и реагирования, а также разработан инструментарий для оценки этих стратегий при одновременном выявлении и оценке потребностей в дальнейших исследованиях.

I.13.1 Исследование, посвященное побережью Мексиканского залива, I этап (CCSP, 2008)

В докладе представлены результаты I этапа оценки потенциального воздействия изменения климата на транспортные системы центральной части побережья Мексиканского залива, от г. Галвестон, штат Техас, до г. Мобил, штат Алабама, где сосредоточена мультимодальная транспортная инфраструктура, имеющая чрезвычайно важное значение в плане транспортных услуг в этом регионе и стране в целом. Рассматриваются такие вопросы, как воздействие климатических факторов на проектирование, строительство, безопасность, эксплуатацию и содержание транспортной инфраструктуры и транспортных систем, включая критически важные вопросы о том, каким образом изменения в температуре, осадках, параметрах штормов, а также другие аспекты климатических воздействий могут отразиться на автомобильных и железных дорогах, аэропортах, транзитных системах, трубопроводах, морских портах и водных путях.

В качестве контекста для изучения потенциальных воздействий изменения климата на все основные виды транспорта в регионе использовались исторические тенденции и различные сценарии изменения климата в будущем. Климатические изменения, прогнозируемые на следующие 50–100 лет применительно к центральной части побережья Соединенных Штатов Америки в Мексиканском заливе, включают повышение среднего уровня моря, рост температур, изменения в режиме атмосферных осадков и усиление штормов и бурь. Согласно прогнозам, последствия повышения уровня моря в большинстве прибрежных районов будут усугубляться высокими темпами просадки грунта в дельте реки Миссисипи, также являющейся предметом данного исследования. Была дана оценка важности этих климатических факторов для транспортных систем.

Среди основные выводы можно отметить следующие:

Повышение температур, вероятно, увеличит стоимость строительства, содержания и эксплуатации транспортных систем. Вследствие более частого выпадения экстремально обильных осадков возможны сбои в функционировании транспортных сетей, обусловленные наводнениями. Из-за ускоренного повышения относительного уровня моря в этом районе (составляющего сейчас на некоторых участках побережья более 9 мм в год) существующая инфраструктура будет более подвержена постоянному и/или частому затоплению в результате тропических штормов/штормового нагона воды, поскольку 27% основных автодорог, 9% железнодорожных линий и 72% портов расположены не выше 1,2 м над уровнем моря. Поэтому усиление штормов может вызывать повреждения и сбои функционирования инфраструктуры: более половины основных автомагистралей в этом регионе (64% дорог федерального значения, 57% магистральных шоссе), почти половина железнодорожных путей, 29 аэропортов и практически все морские порты находятся на высоте менее 7 м над уровнем моря и подвержены затоплению, а также возможному ущербу от штормового нагона при ураганах.

I.13.2 Исследование, посвященное побережью Мексиканского залива, II этап (USDOT, 2012)

Если I этап проекта касался центрального побережья Мексиканского залива в целом, и связанные с климатом проблемы рассматривались на этом этапе "с высоты птичьего полета", то в ходе II этапа внимание было сосредоточено на регионе, входящем в круг ведения отдельно взятой организации муниципального планирования (ОМП) в г. Мобил, штат Алабама.

Цель II этапа заключалась в том, чтобы определить, какие элементы транспортной инфраструктуры выполняют наиболее важные экономические и социальные функции, и оценить степень уязвимости этих элементов по отношению к погодным явлениям и долгосрочному изменению климата. Кроме того, на этом этапе были разработаны подходы и инструментарий, которые могут использоваться комиссией Южной Алабамы по региональному планированию (куда входит и ОМП г. Мобил), а также другими государственными и частными системными операторами для определения того, какие системы требуют защиты и как лучше всего адаптировать инфраструктуру к потенциальному воздействию изменения климата. Поскольку в исследуемом регионе широко представлены многие виды транспорта (включая автомагистрали, морские порты, железные дороги, аэропорты и трубопроводы), министерство транспорта Соединенных Штатов Америки стремилось выработать типовую схему оценки, которая могла бы затем использоваться в других регионах страны.

В число основных направлений работы на II этапе входили:

- определение важнейших объектов транспортной инфраструктуры в округе Мобил;
- оценка последствий прогнозируемого изменения климата (изменения температуры, осадков, параметров штормового нагона и повышение уровня моря) в округе Мобил;
- изучение связей между изменением климата и воздействием на инфраструктуру;
- объединение сведений о важнейших объектах с информацией о климате в целях оценки уязвимости объектов;
- детальное проектирование и оценка рисков для наиболее уязвимых объектов и сравнительный анализ связанных с адаптационными стратегиями затрат и выгод;
- использование в ходе этой работы уроков, извлеченных из опыта, с целью выработки типовых контрольных критериев и подходов, которые могли бы использоваться в других регионах для определения того, какие транспортные системы требуют защиты и каким образом следует их защищать и адаптировать.

Ниже приводится резюме основных (на сегодняшний день) выводов, сделанных в ходе исследования:

- повышение средних температур ускоряет износ дорожного покрытия, требуя изменений в графиках ремонтно-профилактических работ, а увеличение продолжительности и частоты экстремальных подъемов температуры может приводить к искривлению рельсов и образованию колеи и рытвин в дорожном покрытии;
- более частые и интенсивные ливни могут наносить прямой ущерб, а также создавать проблемы в том, что касается структурной целостности и обеспечения надлежащего состояния автодорог, мостов, дренажных систем и туннелей, делая необходимым более частое проведение ремонтно-восстановительных работ;
- стыковка различных элементов интермодальных систем перевозки – включая транспортировку грузов в морские порты и из них – может нарушаться при затоплении даже небольших участков автомобильных и железных дорог;
- мощные атмосферные осадки могут вызывать задержки в воздушном сообщении;
- перемены в режимах водотока, по всей вероятности, будут оказывать наибольшее воздействие на автомобильные дороги, но могут сказываться и на железных дорогах, работе портов, аэропортов, автовокзалов и железнодорожных терминалов;

- было установлено, что в случае повышения уровня моря на 0,3 –0,75 м последствия для основных объектов транспортной инфраструктуры округа Мобил будут минимальными, так как затронут лишь 0–2% важнейших объектов каждого вида транспорта, тогда как более серьезное повышение (на 2 м) ощутят на себе от 2,6% до 50% важнейших объектов каждого вида транспортной инфраструктуры;
- масштаб затопления важнейшей транспортной инфраструктуры в результате штормового нагона воды будет значительно превышать масштаб ее затопления вследствие долгосрочного повышения уровня моря, которое, однако, усугубляет последствия наводнений, вызываемых штормовым нагоном; штормовой нагон представляет серьезную угрозу для транспортных систем, важнейшие объекты которых (например, дороги, мосты, железнодорожные линии, аэропорты и морские порты) могут выходить из строя или частично утрачивать пропускную способность даже после схода воды из-за серьезных повреждений этих объектов, вспомогательной инфраструктуры (например, систем инженерно-коммунального обеспечения и телекоммуникаций) и/или подъездных путей;
- если говорить об относительной степени подверженности негативным воздействиям, то, как было установлено, наиболее уязвимыми являются важнейшие морские порты, 74–100% которых (в зависимости от сценария) будут страдать от наводнений в результате штормового нагона;
- весьма уязвимыми вследствие своего расположения в прибрежных районах оказались железнодорожные магистрали, 57–80% рельсовых путей которых, по прогнозам, будут подвергаться угрозе затопления;
- наименее уязвимыми были признаны трубопроводы (под угрозой будет находиться 3–16% линий, считая по километражу), в то время как масштаб негативного воздействия на важнейшие автомагистрали варьируется в диапазоне 16–62% от их общей протяженности;
- в рамках всех рассмотренных сценариев штормового нагона выяснилось, что угрозе затопления подвержены один из двух важнейших объектов транзитной инфраструктуры (транспортный центр "GM & O") и жизненно важный Центральный аэропорт округа Мобил.

I.14 Польский метод оценки чувствительности транспорта к изменению климата (проф. Барбара Рымжа)

В данной работе²⁶ представлены результаты исследований и анализа, проведенных в Польше с целью выявления возможных климатических изменений, способных отразиться на работе автомобильного, железнодорожного, воздушного и внутреннего водного транспорта.

Для целей анализа было предложено использовать условные климатические категории (УКК), а также шкалу восприимчивости транспорта к изменению климата (таблицы 1 и 2).

²⁶ Статья подготовлена по итогам проекта "Разработка и реализация Стратегического плана адаптации по секторам и районам, восприимчивым к изменению климата" (KLIMADA), осуществленного Институтом защиты окружающей среды – Национальным исследовательским институтом по заказу Министерства экологии на средства Национального фонда охраны окружающей среды и управления водными ресурсами.

Таблица 1. Условные климатические категории, оказывающие значительное воздействие на транспортный сектор

№	УКК	Упрощенное описание факторов, входящих в данную категорию
1	2	3
1.	мороз	очень низкая температура, промерзание почвы, замерзание водотоков, гололедица
2.	снег	интенсивный снегопад при низкой температуре, метели, снежный покров, сильный град
3.	дождь	сильные дожди при плюсовой температуре, наводнение или затопление
4.	ветер	штормовые ветры и атмосферные разряды (буря, ураган, смерч, перепады атмосферного давления, вихревые воздушные потоки)
5.	жара	очень высокая температура, палящие солнечные лучи
6.	туман	ограниченная видимость, дымка, низкая облачность, вулканический дым (пепел)

Таблица 2. Шкала воздействия чувствительности к климатическим факторам на компонент строительного сектора

Степень	Условия	Характеристика воздействия
1	2	3
0	нейтральные	благоприятные или нейтральные условия
1	препятствующие	условия препятствуют нормальному функционированию, ощущаются затруднения в работе сектора
2	ограничивающие	особо тяжелые условия: возникают не только трудности, но и повреждения, ограничивающие работу сектора
3	блокирующие	условия исключают функционирование данного компонента сектора

Возможность оказания того или иного вида транспортных услуг в условиях наблюдаемого сегодня климатического воздействия определялась путем изучения литературы и проведения опросов. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3. Диапазон воздействия УКК на транспортный сектор

№	УКК	Инфраструктура	Транспортные средства	Адекватность общественным нуждам
Чувствительность компонентов автомобильного транспорта				
1.	мороз	2	2	2
2.	снег	3	1	2
3.	дождь	3	1	1
4.	ветер	3	2	1
5.	жара	2	1	2
6.	туман	1	0	2
Чувствительность компонентов железнодорожного транспорта				
1.	мороз	3	1	1
2.	снег	3	1	1
3.	дождь	3	0	1
4.	ветер	3	0	0
5.	жара	1	0	1
6.	туман	0	0	2
Чувствительность компонентов внутреннего водного транспорта				
1.	мороз	3	2	3
2.	снег	2	2	0
3.	дождь	2	0	1
4.	ветер	2	2	2
5.	жара	0	2	1
6.	туман	0	2	2
Чувствительность компонентов воздушного транспорта				
1.	мороз	2	2	1
2.	снег	3	1	1
3.	дождь	1	1	1
4.	ветер	2	2	2
5.	жара	1	2	1
6.	туман	0	2	1
0 – нейтральное		1 – препятствующее		2 – ограничивающее
				3 – блокирующее

Последствия изменения климата

Был сделан вывод о том, что параметры работы транспорта (включая материальные/инженерно-технические решения, условия эксплуатации, используемые горюче-смазочные и иные расходные материалы), а также адекватность общественным нуждам (условия предоставления услуг, надежность, своевременность, безопасность и комфорт пассажиров, качество обслуживания и перевозки грузов) можно в текущем порядке приспособлять к меняющимся внешним условиям. С другой стороны, адаптация к изменению климата должна осуществляться поэтапно, шаг за шагом, главным образом в отношении транспортной инфраструктуры, создаваемой в расчете на длительный срок службы (например, 100 лет).

Польша – страна с умеренным климатом. Методика учета климатических воздействий на транспортную инфраструктуру определяется строительными нормами (включая европейские технические кодексы). Они содержат национальные приложения, в которых излагаются параметры климатических зон, касающиеся воздействия снега и ветра, глубины промерзания почв, температуры воздуха (зимой и летом) и атмосферных осадков.

Характеристики климатических зон, используемые в вышеупомянутых нормах, и значения параметров, характеризующих воздействие климата на здания и сооружения, претерпели изменения в результате многолетних исследований. Нормативные значения были сопоставлены с климатическими изменениями, которые специалисты Междисциплинарного центра моделирования (МЦМ) Варшавского университета прогнозируют для Польши на период до 2090 года.

Компьютерное моделирование позволило проследить изменения (в среднем значении и в 90-м процентиле) параметров, характеризующих различные УКК. В качестве примера в таблице 4 и на рис. 1 и 2 приводятся некоторые результаты в виде карт, генерированных для последовательных 20-летних периодов.

Рисунок I.1. Изменение количества дней с температурой воздуха $T_{min} < 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (среднее значение)

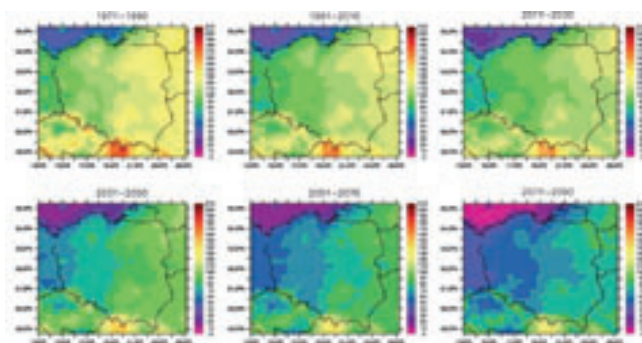


Рисунок I.2. Изменение количества дней с температурой воздуха $T_{min} < -20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (90-й процентиль)

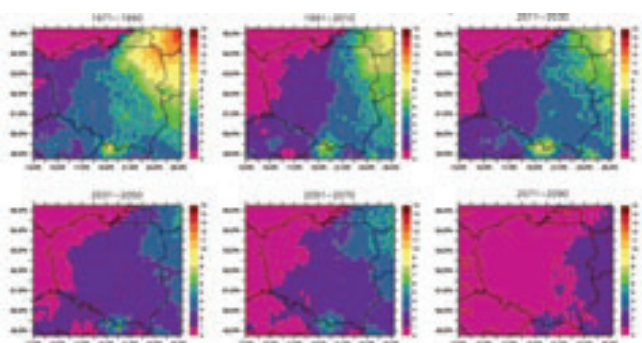


Таблица 4. Прогнозируемые средние значения климатических факторов, характеризующие изменение климата в Польше

УКК	Параметр	Среднее значение			
		2010 г.	2030 г.	2050 г.	2070 г.
мороз	Число дней в году с температурой $T_{\min} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	101,70	96,82	81,93	72,15
	Число дней в году с температурой $T_{\min} < -10\text{ }^{\circ}\text{C}$	13,39	11,12	7,56	6,38
	Число дней в году с температурой $T_{\min} < -20\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,7	0,68	0,34	0,3
	Число градусодней в году с температурой $T_{\text{порог}} < 17\text{ }^{\circ}\text{C}$	3379	3236	3005	2803
снег	Число дней в году со снежным покровом	75,37	63,43	51,16	43,6
дождь	Максимальные суточные осадки [мм в сутки]	28,59	31,11	32,17	32,93
	Продолжительность самого длительного периода с осадками 1 мм в сутки [в сутках]	8,72	8,77	8,84	8,66
	Число периодов с осадками более 1 мм в сутки, превышающих по продолжительности 5 суток [–]	2,77	2,99	3,11	2,91
	Число дней в году с осадками менее 10 мм	9,96	9,76	10,35	10,53
	Число дней в году с осадками более 20 мм	1,76	2	2,2	2,24
ветер	Среднесуточная скорость ветра v [м/сек.]	4,22	4,22	4,22	4,21
	Число дней в году со скоростью ветра $v_{\max} > 10$ м/сек.	43,1	42,88	42,66	42,51
	Число дней в году со скоростью ветра $v_{\max} > 15$ м/сек.	6,58	6,34	6,37	6,33
	Число дней в году со скоростью ветра $v_{\max} > 20$ м/сек.	0,76	0,74	0,78	0,77
жара	Среднесуточная температура T [$^{\circ}\text{C}$]	8,11	8,63	9,33	10,10
	Число дней в году с температурой $T_{\max} > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	29,80	35,56	37,49	46,28
туман	Параметры оценки отсутствуют	-	-	-	-

Анализ прогнозируемых климатических изменений показывает, что:

- будет происходить потепление, выражающееся в увеличении среднесуточной температуры и уменьшении числа холодных дней;
- продолжительность сохранения снежного покрова на суше сократится;
- возрастет количество осадков, что выразится в увеличении максимальных суточных уровней и числа дней с экстремально обильными осадками;
- указанные в докладе климатические параметры будут отличаться высокой вариативностью экстремальных значений.

Представленные результаты показывают, что к концу XXI века климат постепенно изменится в сторону потепления, но наибольшей угрозой могут стать экстремально обильные дожди. Прогнозы по ветру вызывают сомнения, поскольку они не предполагают изменения средних величин воздействия этого фактора. Что касается продолжительности сохранения снежного покрова, то к предсказываемому значительному ее сокращению следует относиться весьма осторожно. Несмотря на потепление климата возможны снежные зимы, к которым нужно быть готовыми, особенно в центральноевропейской климатической зоне.

Результаты анализа изменения климата нашли выражение в показателях восприимчивости к нему инфраструктуры различных видов транспорта, приведенных в таблице 5.

Таблица 5. Чувствительность транспортной инфраструктуры к воздействию климата

№	УКК	Чувствительность инфраструктуры			
		Автомобильный транспорт	Железнодорожный транспорт	Внутренний водный транспорт	Воздушный транспорт
1	2	3	4	5	6
1.	Мороз	2	3	3	2
2.	Снег	3	3	2	3
3.	Дождь	3	3	2	1
4.	Ветер	3	3	2	2
5.	Жара	2	1	0	1
6.	Туман	1	0	0	0
0 – нейтральное		1 – затрудняющее	2 – ограничивающее	3 – блокирующее	

Отраженная в таблице 5 чувствительность транспортной инфраструктуры показывает, что автодорожная и железнодорожная инфраструктуры наиболее чувствительны к воздействию снега, дождя и ветра, тогда как мороз может препятствовать железнодорожным перевозкам и внутреннему судоходству.

Адаптационные меры по ограничению негативного воздействия изменения климата на транспортный сектор должны, в частности, предусматривать:

- внесение коррективов в нормы проектирования зданий и сооружений с учетом изменения климата;
- мониторинг издержек, связанных с предотвращением и устранением ущерба, причиняемого климатическими факторами;
- мониторинг реальных климатических изменений.

Приложение II. Международная конференция по адаптации транспортных сетей к изменению климата (июнь 2012 года, Александруполис, Греция)

В Приложении II представлены резюме выступлений на Международной конференции ЕЭК ООН по адаптации транспортных сетей к изменению климата, состоявшейся 25 и 26 июня 2012 года в Александруполисе (Греция), вместе с выводами и рекомендациями этой конференции. Отчет о ее работе, включая оригиналы текстов выступлений и все другие материалы Конференции, размещены на вебсайте ЕЭК ООН по адресу: http://www.unece.org/trans/main/wp5/wp5_conf_2012_june.html

II.1 Изменение климата: обзор научных данных и потенциального воздействия на транспорт (А. Ф. Велегракис, кафедра океанологии Эгейского университета, Греция)

Все имеющиеся научные данные свидетельствуют о том, что после XIX века в климатических условиях произошли существенные изменения, которые объясняются действием как природных, так и антропогенных факторов (например, увеличением выбросов ПГ). Хотя эти изменения характеризуются значительной пространственно-временной неоднородностью, с 1880-х годов средняя температура воздуха повысилась примерно на 0,8 °С, а уровень Мирового океана – примерно на 0,2 м. Предполагается, что эти тенденции будут продолжаться еще длительное время, а их темпы будут определяться будущими выбросами ПГ и, в конечном итоге, – развитием социально-экономических процессов и принимаемыми стратегическими решениями. Изменения средних значений климатических переменных могут также приводить к изменению частоты, интенсивности, пространственных масштабов, времени возникновения и продолжительности экстремальных погодно-климатических явлений, которые могут принимать беспрецедентный характер; они, в свою очередь, могут вызывать перемены в климатических режимах и их распределении, приводя в действие климатический механизм "обратной связи" и, возможно, давая толчок катастрофическим, "обвальным" изменениям.

Меняющийся климат будет оказывать значительное воздействие на прибрежные районы (повышение средних и экстремальных значений уровня моря и, в результате, более интенсивная эрозия и затопление береговой полосы) и пойменные территории (усиление наводнений, вызываемых экстремально обильными осадками). Ожидается, что такие явления, как аномальная жара, засуха и оттаивание вечной мерзлоты в Арктике также станут более частыми и продолжительными, а в некоторых регионах прогнозируются изменения частотности и/или разрушительной силы штормов. Эти климатические изменения будут оказывать значительное воздействие как на инфраструктуру, так и на работу транспорта. В районах, которые, по всей видимости, будут затронуты ими весьма ощутимо, сосредоточены ключевые объекты, рассчитанные на длительную эксплуатацию. Соответственно, ожидается, что для инфраструктуры и работы транспортных служб в прибрежных районах серьезные последствия будут иметь береговая эрозия, наводнения и затопления, удорожание строительства и технического обслуживания портов, изменения в процессах образования донных отложений в портах и навигационных каналах, перемены в народонаселении и хозяйственной деятельности или их перемещение, нехватка рабочей силы и проблемы со страхованием. В поймах рек также ожидается усиление опасности паводков, наводнений и/или повреждения

жизненно важных транспортных объектов, например, мостов, а также трудности с судоходством на некоторых внутренних водных путях. Наряду с этим, периоды аномальной жары и засухи, прогнозируемые для некоторых регионов, могут становиться причиной повреждения железнодорожных путей и покрытия автодорог, приводить к повышенным энергозатратам в портах и на других терминалах, ставить под угрозу перевозки по внутренним водным путям, сказываться на надежности функционирования различных видов транспорта, а также на стоимости оборудования, грузоперевозок и технического обслуживания. В приполярных районах транспортные системы и режимы перевозок окажутся под угрозой из-за таяния арктических льдов и протаивания вечной мерзлоты. Наконец, необходимо отметить, что поскольку развитие транспорта определяется спросом, не исключены и косвенные последствия (вытекающие, например, из климатически обусловленных изменений в сельском хозяйстве и туризме).

В последние годы проблемы, с которыми сталкивается транспортный сектор вследствие изменения климата, очевидно привлекают все большее внимание. В регионе ЕЭК заказываются исследования, призванные оценить последствия динамики климата для различных видов транспорта и ключевых объектов транспортной инфраструктуры. Представляется, однако, что для анализа рисков и принятия решений об экономически эффективных адаптационных мерах, а также для их разработки и реализации предстоит сделать гораздо больше.

II.2 Возможности повышения с помощью Секретариата РКИКООН осведомленности о проблемах адаптации международных транспортных сетей (Е. Ресенде, Программа адаптации, РКИКООН)

Активизации переговоров в рамках РКИКООН по выработке стратегии адаптации к изменению климата способствовало согласование Канкунских рамок для адаптации. Эти рамки охватывают три важных направления работы Канкунской конференции (2010): программу работы по вопросам потерь и ущерба, Комитет по адаптации и национальные планы адаптации. Благодаря учреждению этого важнейшего механизма расширилось обсуждение эффективных инструментов и механизмов, позволяющих оказывать помощь странам, особенно тем, которые наиболее подвержены негативным последствиям изменения климата. Участники этого механизма разрабатывают и будут продолжать разрабатывать различные мероприятия с целью налаживания полноценной работы в новых областях. Ожидается, что результаты работы в каждой из них будут обеспечивать последовательную и эффективную поддержку мер адаптации на международном, национальном и субнациональном уровнях.

До согласования Канкунских рамок для адаптации знания об адаптации к климатическим изменениям накапливались и распространялись по линии Найробийской программы работы в области воздействия изменения климата, уязвимости и адаптации (НПР). Цель НПР, как в прошлом, так и сейчас, – помогать странам, в первую очередь наиболее уязвимым, принимать обоснованные решения в ходе их усилий по повышению устойчивости к изменению климата и адаптации к нему. Эта программа работы основывается на инициативе некоммерческого партнерства, с которой выступили почти 300 партнерских организаций, включая НПО, научно-исследовательские институты и частные компании в разных уголках планеты, генерирующие и распространяющие знания об адаптации. Это – важный инструмент, с помощью которого организации публично обозначают свою позицию путем принятия на себя обязательств по осуществлению адаптационных мер, информируя при этом стороны Конвенции о своих усилиях и давая другим организациям возможность ознакомиться со своей деятельностью. НПР также включает в себя специальную Инициативу по привлечению

частного сектора (ИЧС). Ее цель – способствовать более широкому осознанию важной роли частного сектора в адаптации в целом и акцентировать внимание на необходимости осуществления частными компаниями на устойчивой и прибыльной основе мер по адаптации к изменению климата (найти более подробную информацию об НПР и осуществляемой в ее рамках ИЧС и бесплатно присоединиться к этой инициативе можно на сайте unfccc.int/nwp).

Еще одним важным инструментом, позволяющим наименее развитым странам (НРС) определять приоритетные направления деятельности по удовлетворению их неотложных потребностей в адаптации к изменению климата, – потребностей, любое промедление с удовлетворением которых повышало бы уязвимость и/или издержки на более позднем этапе, – являются национальные программы действий в области адаптации (НПДА). С базой данных о соответствующих проектах можно ознакомиться на сайте unfccc.int/4583. *База данных о тематических исследованиях в рамках ИЧС: примеры адаптации европейского транспортного сектора к изменению климата.*

- a) Международный союз железных дорог провел обстоятельное технико-экономическое исследование с целью проанализировать воздействие изменения климата на железнодорожную инфраструктуру и оценить текущую и планируемую работу европейских, канадских, австралийских и индийских железнодорожных компаний по адаптации к изменению климата, включая проведение специализированных исследований, касающихся западного побережья Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии и долины р. Рейн в Германии. В результате был разработан Проект по адаптации железнодорожной инфраструктуры к изменению климата (АЖИИК) (см. также I.10), обеспечивающий информацию о связанных с адаптацией потенциальных издержках и ущербе. АЖИИК представляет собой набор инструментов для выявления объектов и районов, уязвимых в тот или иной период времени, и для оценки различных вариантов норм, которые могут быть приняты для защиты существующих и создаваемых новых объектов инфраструктуры от последствий изменения климата.
- b) RIMAROSS (Управление рисками, касающимися автодорог, в условиях меняющегося климата) – европейская методологическая программа, финансируемая 11 национальными автодорожными администрациями в рамках автодорожной исследовательской программы ERA-NET. Методика RIMAROSS носит обобщенный характер и разработана таким образом, чтобы отвечать общим потребностям владельцев и управляющих европейских дорог. Она призвана служить концептуальной базой и воплощением широкого подхода к адаптации к климатическим изменениям.
- c) Специализированная система работы с погодной информацией и предупреждения о погодных явлениях была разработана и внедрена австрийской национальной железнодорожной компанией ÖBB. Сетевой портал InfraWeather предоставляет доступ к общей метеорологической информации, метеопрогнозам и предупреждениям о погодных явлениях. Отображаемая на пользовательском интерфейсе карта дает общую картину австрийской железнодорожной системы. Использование новых прогнозных моделей и радиолокационных технологий позволяет предсказывать экстремальные погодные явления в масштабе 10 км, а в некоторых случаях и в более крупном масштабе, при наличии существенных метеорологических и/или топографических (горные хребты, долины и т.п.) разграничителей. Прогнозы наводнений основываются на учете сведений об уровне воды в реках в сочетании с метеорологическими данными; предупреждения могут направляться за 12 часов до наводнения. Прогнозы снегопада включают сведения о количестве снега, которое выпадет в данном месте в предстоящие 24–72 часа.

Резюме:

- транспортный сектор считается одним из важнейших факторов, способствующих глобальному потеплению;
- адаптация насущно необходима транспортному сектору;
- транспортный сектор – одна из основных заинтересованных сторон в усилиях по адаптации;
- существуют возможности для того, чтобы при содействии секретариата РКИКООН привлечь внимание к уязвимости транспортного сектора и его потенциальному вкладу в решение проблем, связанных с изменением климата.

Что касается последнего, то имеются возможности для взаимодействия с секретариатом РКИКООН в целях популяризации мер по адаптации к изменению климата путем:

1. подключения к Найробийской программе работы и участия в ней в качестве организации-партнера;
2. принятия в рамках Найробийской программы работы обязательств по осуществлению соответствующих мер;
3. взаимодействия с Инициативой по привлечению частного сектора в рамках Найробийской программы работы;
4. оценки НПДА наименее развитых стран и оказания им поддержки.

II.3 Опасные природные явления и опыт противодействия им на японских железных дорогах (Я. Мицуками, Японская восточная железнодорожная компания)

Японская восточная железнодорожная компания, созданная в 1987 году, представляет собой сеть из 70 линий с общей протяженностью путей 7 512 км и 1 689 станциями, ежедневно обслуживающую 17 млн. пассажиров (13 000 поездов в сутки). Половину своих капиталовложений компания направляет на обеспечение безопасности. Примечательно, что в 2010 году 20% расходов на цели безопасности были связаны с мерами противодействия опасным природным явлениям и составляли примерно 40 000 евро на километр пути. К опасным природным явлениям, с которыми сталкивается Японская восточная железнодорожная компания, относятся: i) сильные ливни, вызывающие наводнения, размывы железнодорожного полотна, подъем уровня грунтовых вод и оползни; ii) сильные ветры, приводящие к сходу поездов с рельсов; iii) интенсивные прибойные волны, вызывающие береговую эрозию и обрушение волнозащитных стен вдоль прибрежных железнодорожных путей; iv) обильные снегопады, приводящие к снежным лавинам и падению деревьев; а также v) землетрясения, периоды аномальной жары и грозы.

В число основных защитных мер, разработанных/осуществляемых Японской восточной железнодорожной компанией, входят:

- обеспечение большей устойчивости железнодорожной сети к воздействию обильных осадков (например, путем укрепления откосов, использования противоразмывных сооружений), сильных ветров (например, путем установки ветрозащитных ограждений и экранов, использования ветрозащитных лесонасаждений) и обильных снегопадов (например, посредством использования противолавинных сооружений, увеличения парка снегоочистительной техники и ее использования, снегозащитных мер применительно к поездам и использования снегозащитных лесонасаждений);

- *установка систем автоматического контроля*, включающих различные гидрометеорологические и технические датчики (анемометры, водомерные приборы, дождемеры, снегомеры и датчики температуры, датчики обнаружения размывов и оползней, а также сейсмографы), в режиме реального времени передающих телеметрическую информацию на пост диспетчерской централизации и диспетчерского контроля, который при необходимости ограничивает скорость движения и/или приостанавливает его;
- *реализация программ обучения и подготовки персонала* Японской восточной железнодорожной компании;
- *научные исследования и разработки*, осуществляемые ее специализированной Научно-исследовательской лабораторией по предотвращению катастроф, которая изучает механизмы стихийных бедствий, проводит оценку рисков и разрабатывает методики наблюдения и выявления рисков, меры противодействия и технические нормы, а также практические меры с учетом накопленного опыта.

II.4 Адаптация к изменению климата: последствия изменений и требования, предъявляемые к железнодорожному транспорту (Л. Лохман, Сообщество европейских железных дорог и компаний по управлению инфраструктурой (СЕЖД))

В 2009 году КЕС опубликовала т. н. Белую книгу "Адаптация к изменению климата: на пути к выработке европейской программы действий", в которой определяется стратегия включения мер по адаптации к изменению климата в основное русло политики ЕС и его государств-членов, а также устанавливаются нормативные требования относительно соответствующего финансирования по линии ЕС. Последствиям ИК для транспорта в этом документе уделяется мало внимания. Однако после неоднократных призывов к устранению этого недочета ожидается, что транспортный сектор будет поставлен во главу угла европейской стратегии адаптации к ИК ("Стратегия–2013"). СЕЖД, уже создавшее специальную рабочую группу по вопросам адаптации к ИК, в рамках которой железнодорожные компании обмениваются передовым опытом, сведениями о возможных стратегиях и стандартах, а также о возможностях финансирования, принимает участие в работе Руководящей группы ЕС по адаптации к изменению климата, оказывающей ЕС консультационную и иную поддержку в процессе выработки Стратегии–2013, главная цель которой – обеспечение большей устойчивости ЕС к климатическим воздействиям. Как ожидается, в основу Стратегии–2013 будут положены: i) оценка издержек, преимуществ и последствий адаптации к изменению климата; ii) расширение соответствующих знаний; iii) поощрение использования стандартов и руководящих принципов; iv) обмен примерами передовой практики и их сопоставление.

В опубликованной в 2011 году Белой книге по транспорту "Дорожная карта к единому европейскому транспортному пространству" предусматривается модернизация железнодорожного сектора, что позволит ему увеличить к 2050 году свою долю на рынке пассажирских и грузовых перевозок на средние расстояния (свыше 300 км). Для достижения этой цели планируется к 2030 году ввести в эксплуатацию базовую сеть смешанных перевозок (ТЕС–Т), а к 2050 году – завершить создание в ЕС мощной и качественной сети высокоскоростных перевозок. В связи с этим железнодорожный сектор привержен цели создания более устойчивой к климатическим воздействиям железнодорожной системы, которая благодаря своей возросшей пропускной способности сможет также справиться с увеличением объема перевозок вследствие перераспределения транспортных потоков между видами транспорта.

Железнодорожный транспорт уже испытывает на себе изменение климата, выражающееся в более жарком лете, более влажной зиме, усилении ветров и резкой смене времен года, следствием чего являются более частые сбои в движении и повышенное энергопотребление. Ожидаемое в предстоящие десятилетия нарастание этих воздействий обуславливает необходимость выработки эффективных стратегий адаптации к изменению климата, целенаправленного развития НИОКР, составления планов работ по техническому содержанию, а также выявления уязвимых мест и установления связанных с изменением климата требований к подвижному составу. Для железнодорожного транспорта адаптация к изменению климата – весьма важный вопрос, в связи с чем уже созданы специальные целевые группы и/или разработаны соответствующие стратегии, а также начата работа в области НИОКР. Так, например, с помощью проекта АЖИИК ("Адаптация железнодорожной инфраструктуры к изменению климата", см. также I.10), обеспечивается большой объем разнообразной информации о передовом опыте комплексного противодействия опасным природным явлениям.

Необходимы меры как по смягчению последствий изменения климата, так и по адаптации к ним. В настоящее время транспорт – единственная отрасль экономики ЕС, где наблюдается увеличение выбросов CO₂. При этом, однако, железнодорожный сектор сокращает выбросы парниковых газов, хотя и без того является видом транспорта с низким уровнем эмиссии углерода. Сектор привержен дальнейшему сокращению своих выбросов CO₂ в одностороннем порядке на 30% к 2020 году (по сравнению с 1990 годом) и, соответственно, на 50% к 2030 году, стремясь в долгосрочной перспективе – к 2050 году – свести к нулю выбросы углерода при перевозках.

Адаптация европейской железнодорожной системы к изменению климата требует корректировки существующих стандартов. Главное, в чем сходятся представители отрасли, заключается в том, что необходимо провести полную "инвентаризацию" действующих стандартов и правил, с тем чтобы определить меры по преодолению разрыва между нынешним положением дел и целью создания жизнестойкой железнодорожной системы. Кроме того, нужны целенаправленные научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки, например, в рамках программы "Горизонт–2020". При условии учета длительного срока службы различных компонентов железнодорожной системы (как правило, 20–30 лет для подвижного состава, 30 лет – для балластной призмы и 75 лет – для мостов) стандартизацию следует широко поддержать и начать как можно скорее. К основным элементам путевого хозяйства, которым при этом следует уделять внимание, относятся балласт, контактная подвеска, земляное полотно, сплошное подрельсовое основание, дренажные системы, водоводы и мосты.

Железнодорожный сектор поддерживает европейские институты и ключевые заинтересованные стороны в выработке стратегии и определении приоритетов с целью повысить устойчивость железнодорожных сетей к изменению климата. СЕЖД будет и впредь способствовать обмену передовым опытом среди его членов и поддерживать директивные инстанции в поиске наиболее эффективных способов учета мер по адаптации к изменению климата в политике ЕС, сводах его стандартов и возможных схемах финансирования. К числу таких возможностей в рамках следующей многолетней рамочной финансовой программы ЕС, призванной способствовать адаптации, относятся использование Фонда реформирования ТЕС–Т/европейских путей сообщения (с дополнительной 10-процентной ставкой софинансирования для деятельности, способствующей повышению устойчивости к изменению климата), Политика сплочения и "Горизонт–2020" – рамочная программа научных исследований и инноваций (на 2014–2020 годы).

II.5 Мобильность и изменение климата с точки зрения тех, кто обеспечивает устойчивую мобильность (А. Каддури, контактное лицо по проблемам климата и энергетики, НОЖД, отдел по вопросам обеспечения устойчивости)

В 2011 году доходы НОЖД по пяти подразделениям/направлениям деятельности составили около 32,6 млрд. евро. 1) Компания SNCF-INFRA осуществляет управление железнодорожной сетью, эксплуатационно-техническое обслуживание в интересах компании RFF (высокоскоростная линия), а также строительство и инженерно-техническое содержание объектов, главным образом железнодорожной инфраструктуры. Отчасти эта деятельность сосредоточена во Франции; другая часть инженерно-технических работ производится в Европе, Азии, на Ближнем Востоке, в Африке, Северной и Южной Америке (5,3 млрд. евро). 2) SNCF-Proximities осуществляет пассажирские перевозки в городах, а также пригородные и региональные маятниковые пассажироперевозки. Это включает региональные экспресс-перевозки (TER), перевозки в парижском регионе и междугороднее сообщение во Франции, Европе, Соединенных Штатах Америки, Канаде и Австралии (12,3 млрд. евро). 3) SNCF-VOYAGES осуществляет пассажирские перевозки в Европе высокоскоростными поездами (7,3 млрд. евро). 4) SNCF-GEODIS обеспечивает развитие сети железнодорожных станций и управление ими. Эта деятельность не зависит от деятельности перевозчика и носит глобальный, мультимодальный характер (120 стран, 5 континентов, 9,4 млрд. евро). 5) SNCF-GARES & CONNEXIONS осуществляет развитие сети из 3 000 французских железнодорожных станций и управление ими независимо от перевозчика. Дочерняя компания AREP осуществляет международные операции (1,2 млрд. евро).

Прогнозируемое потепление, более длительные периоды аномальной жары летом, более холодные зимы и более частые экстремальные природные явления неизбежно скажутся на деятельности НОЖД, поездках пассажиров, условиях работы, техническом обслуживании и регулировании. В марте 2012 года более 40% французов сочли изменение климата самой серьезной экологической угрозой, причем семь из десяти опрошенных ответили, что знают об изменении климата и о связанной с ним потенциальной угрозе для их деятельности (опрос проводился IFOP для WWF France). Сама НОЖД занимается изучением проблемы изменения климата с 2009 года ("Гренельские законы").

НОЖД решила внести вклад в разработку французского Национального плана действий в отношении изменения климата по следующим трем основным причинам:

- поскольку НОЖД вкладывает значительные средства (среди прочего) в подвижной состав (срок службы – около 40 лет) и вокзалы/станции (с еще более длительным сроком службы), эти материальные активы должны быть в разумной мере защищены от климатических воздействий на долгосрочной основе;
- НОЖД стремится снизить функциональные риски и повысить устойчивость всей системы; изменение климата может вносить коррективы в традиционные предпочтения пассажиров и создавать новые возможности.

В соответствии с методом, описанным de Perthuis et al. (Economic Aspects in Adaptation for Climate Change, 2010), НОЖД старается выявить все влияющие на ее деятельность последствия изменения климата, определить уязвимые места и наметить графики работ по адаптации. Обладая такой информацией, она может рассматривать альтернативные варианты адаптационных мер применительно к каждому виду воздействия, принимая во внимание альтернативы с глобальным прицелом: краткосрочные меры, имеющие долгосрочный эффект (стандартизация и т.п.), гибкие меры реагирования с целью

повышения жизнестойкости железнодорожной системы в рамках возможных сценариев климатических перемен (например, варианты, связанные с виртуальной или альтернативной мобильностью, кризисное управление в условиях эволюционирующего климата), долгосрочную деятельность (например, кризисное управление в связи с изменением климата) и "беспроектные" при любых обстоятельствах меры реагирования. Каждое подразделение группы компаний НОЖД должно выработать собственный план действий и координировать свою работу с усилиями по кризисному управлению на глобальном уровне. План действий НОЖД по адаптации к изменению климата включает также положения, касающиеся мер по сокращению выбросов ПГ. Этот план предусматривает четкую картографию рисков, связанных с воздействием местной специфики на стратегию адаптации, и при этом также учитывает глобальные аспекты усилий по смягчению последствий климатических изменений. Те, кто занимается планированием, проектированием, строительством и эксплуатацией железных дорог, должны понимать, какое воздействие будет оказывать на эти подсистемы климат в будущем.

Решения об адаптации можно разделить на: а) решения о мерах, осуществляемых в привязке к темпам изменения климата, а также о строительстве новых объектов инфраструктуры, станций и подвижного состава; и б) решения о мерах по повышению устойчивости к климатическим воздействиям путем реконструкции и защиты от существующих рисков изменения климата.

В принятом НОЖД плане установлены требования в отношении противодействия последствиям изменения климата, и в настоящее время адаптационные мероприятия осуществляются на различных уровнях управления. В рамках проекта "Climat D Rail" был проведен ряд актуальных исследований, касающихся адаптации к ИК. В октябре 2011 года были выявлены последствия ИК и уязвимые места, составлены графики адаптации, а в январе 2012 года были подготовлены альтернативные варианты мер по адаптации к последствиям ИК. В марте 2012 года были проанализированы различные сценарии (социально-экономические, экологические, в отношении мобильности и т.п.), а в июне 2012 года сформулированы планы действий по каждому подразделению НОЖД, а также в контексте глобального управления.

В общих чертах адаптационный план НОЖД предусматривает:

- выяснение рисков и возможностей;
- меры защиты от климатических воздействий на стадии инвестирования/проектирования, пересмотр норм проведения проверок и технического обслуживания, обновление планов профилактических работ, а также кризисное управление и разработку альтернативных вариантов обеспечения мобильности;
- управленческие меры противодействия климатическим рискам совместно с заинтересованными сторонами, обеспечение информированности региональных властей, налаживание информационной связи с клиентами по климатическим вопросам и проведение учений по отработке действий в чрезвычайных ситуациях, вызываемых климатическими факторами.

Ежегодно НОЖД инвестирует около 2 млрд. евро в подвижной состав, станции и высокоскоростные линии (RFF). В число непростых задач, требующих решения в будущем, входит проектирование экологически чистых поездов и станций, обеспечение устойчивости средств производства к внешним воздействиям и кризисное регулирование. Анализируются возможности, связанные, например, с новым спросом на туристические перевозки (малые/средние расстояния), и выгоды от снижения выбросов ПГ/более низкого энергопотребления. Наконец, стоит отметить, что даже в отсутствие климатических изменений потребуется некоторая корректировка текущих условий спроса и предложения, инфраструктуры и условий поездок ввиду ожидаемых изменений в туристических маршрутах, распределении народонаселения и сельскохозяйственном производстве.

II.6 Адаптационные меры и нормативные требования о предотвращении воздействия климатических изменений на автодорожные сети. Пример Аттической платной дороги (Д. Мандализис, компания "Аттикес Диатромес С.А.")

Фиксируемые температурные рекорды свидетельствуют о значительном потеплении, которое уже оказывает значительное воздействие на климат; ожидается, что в предстоящие десятилетия это воздействие станет еще более жестким. Применительно к Греции прогнозируется, что вследствие потепления климата на 2 °С летние уровни осадков снизятся примерно на 30%, на 2 недели в год увеличится период аномальной жары в районе Северо-Эгейских островов, на 6 недель увеличится среднегодовой период повышенной опасности лесных пожаров, возрастет климатическая нагрузка на сельское хозяйство и водные ресурсы, и в целом под угрозой окажется 50% видов растений. Адаптация к последствиям изменения климата представляется абсолютно необходимой. Что касается транспортной инфраструктуры, и в частности автомобильных дорог, то требуется переход к строительству т. н. дорог пятого поколения/"перманентно открытых дорог", приспособленных к эксплуатации в условиях меняющегося климата.

Аттическая платная дорога ("Attiki Odos") – одна из самых современных автомагистралей в Греции, расположенная в районе Больших Афин. При общей длине 65 км она окружена сетью вспомогательных/боковых дорог совокупной протяженностью 150 км. Дорога имеет три полосы движения в каждом направлении плюс аварийная полоса и 56 туннелей. Противопаводковыми сооружениями в настоящее время защищены 67 км всей сети. Компания "Аттикес Диатромес С.А.", управляющая Аттической платной дорогой, неоднократно получала призы за свою программу по уменьшению "углеродного следа" (сокращение выбросов CO₂ на 10% за период после 2009 года) и за эксплуатационные показатели (призы "Decibel d'Or", "1st Global Road Achievement Award", приз "Green Recognition" в конкурсе "My Climate Awards 2011").

Компания "Аттикес Диатромес С.А." стремится вырабатывать и реализовывать эффективные меры по адаптации к изменению климата. Прогнозируемый климат, несомненно, будет влиять на дорожную инфраструктуру, вызывая колеиность и плавление асфальтового покрытия, тепловое расширение мостовых стыков, оползни, подмыв и разрушение опор мостов и общие структурные повреждения, и поэтому чрезвычайно важно быть готовыми к такого рода воздействиям. Хотя сегодня последние и не особенно заметны, уже созданы системы с целью обеспечить способность Аттической дороги к адаптации. В число принимаемых сегодня мер по адаптации этой дороги входят защита от наводнений и преодоление их последствий, должный уход за дорожным покрытием, создание и использование станций экологического (в т.ч. метеорологического) мониторинга и активная управленческая работа.

В целях решения проблемы экстремальных осадков и затоплений при проектировании дороги была предусмотрена широкая система ливневой канализации и водоотвода с целью сбора поверхностных стоков, учитывая недостаточность остающихся в этой местности естественных водосборных бассейнов. Компания-оператор отвечает не только за содержание 67-километровой системы инженерной защиты самой дороги от затоплений, но и за защиту находящихся под угрозой затопления соседних районов г. Афины. В отношении содержания дорожного полотна и осуществления адаптационных мер важно отметить, что при уходе за асфальтовым покрытием дороги гораздо более эффективным методом является профилактика на раннем этапе, нежели выжидание до тех пор, пока не появятся серьезные проблемы. Стоимость дорожных работ может быть в 4–5 раз выше, если полотно уже повреждено. Изменение климата усложняет задачу содержания дорог с асфальтовым покрытием, делая необходимым более частое проведение циклических дорожных работ.

Для экономически эффективного проведения таких работ необходим сбор самых различных данных. Компания "Аттикес Диадромес С.А." строго придерживается установленного графика инструментального контроля состояния дорожного покрытия, используя, в частности, прогибомеры с падающим грузом (ППГ), лазерные профилографы, измерители коэффициента сцепления и подповерхностные радиолокаторы (ПРЛС) для измерения толщины слоев, структурных показателей, неровностей, колеиности, сопротивляемости скольжению и поверхностной текстуры всех или некоторых полос движения в обоих направлениях. Уже составлены временные ряды данных по этим параметрам путем произведения замеров на участках автомагистрали с соблюдением четкого интервала, а по некоторым параметрам имеется также сезонная (собираемая дважды в год) информация; подобный мониторинг необходим для определения тенденций и своевременного выявления потребности в проведении дорожных работ, которая может быть обусловлена последствиями изменения климата. Кроме того, создана сеть метеорологических станций, расположенных вдоль автомагистрали и поставляющих в режиме реального времени сведения о текущих погодных условиях, а также ведущих учет экстремальных природных явлений. В целом применяется активный подход, ведется оценка факторов риска в контексте различных возможных сценариев, а состояние автодороги оценивается как после экстремальных природных явлений, так и на ежедневной основе. Цель заключается в обеспечении устойчивости дороги к климатическим воздействиям путем профилактики и/или модификаций в оборудовании и материалах, позволяющих противостоять последствиям климатических изменений, не ставя при этом под угрозу безопасность и удобство автомобилистов.

Наконец следует упомянуть понимание компанией "Аттикес Диадромес С.А." того, что для обеспечения адаптируемости дороги одновременно с ее безопасностью и функциональностью необходимо сделать частью этого процесса анализ жизненного цикла дороги. Этот цикл непосредственно связан с эксплуатационным ресурсом и циклами технического содержания, а также с общей стоимостью дорожного проекта. При противодействии последствиям ИК чрезвычайно важен выбор материалов, позволяющих обеспечить эффективную адаптацию дорожной инфраструктуры к этим последствиям без неоправданного повышения расходов на содержание.

II.7 Последствия изменений и требования к адаптации автодорожных сетей (Д. Цамбулас, Афинский национальный технический университет (NTUA))

Воздействие изменения климата на автомобильный транспорт распространяется на безопасность, эксплуатацию и содержание автодорожной инфраструктуры и систем, затрагивая тем самым всех пользователей автодорожной сети. К основным последствиям этого воздействия относятся как прямые (ухудшение состояния дорожного покрытия, деформация и просадка, разрывы, проблемы с доступом, затопления, эрозия), так и опосредованные (экономические, экологические, демографические, территориально-планировочные) последствия. Они обусловлены главным образом изменениями таких факторов, как температура, осадки, сила и характер ветра и штормов, таяние вечной мерзлоты и повышение уровня моря. Методика учета связанных с изменением климата соображений при проектировании и эксплуатации автодорог включает в себя: i) оценку рисков, в том числе степень подверженности, уязвимости, устойчивости к воздействию, и мер по адаптации дорожных систем; ii) определение горизонтов планирования (учет более долгосрочных последствий изменения климата в процессе планирования); и iii) выработку стратегий адаптации. Анализируются международные адаптационные меры и стратегии, применяемые государствами – членами ЕЖ ООН, а также другими странами (Канада, Дания, Соединенные Штаты Америки, Япония, Австралия и Новая

Зеландия), наряду с концептуальными моделями, используемыми Автодорожным агентством Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии и Федеральной дорожной администрацией (ФДА) Соединенных Штатов Америки.

Особое внимание уделяется эффективной практике и мерам адаптации. Это касается вопросов проектирования, функциональных характеристик дорожного покрытия, повреждений, вызываемых морозом, циклов заморозков и оттепелей, морозного вспучивания, протаивания вечной мерзлоты, повышения уровня моря, наводнений, эрозии дорог и мостов, обрушения откосов, оползней и снежных лавин. Излагаются возможные мало- и среднетратные меры, в том числе прореживание растительности, совершенствование дренажных систем и их содержание, укрепление насыпей, подготовка планов мероприятий по отводу поверхностных стоков, оценка рисков и удаление находящихся под угрозой деревьев и легких конструкций.

Предлагается учитывать соображения, связанные с изменением климата, при повседневной организации инженерно-технических работ, а также сделать их частью стратегического подхода и нормативных положений. Следует пересмотреть стандарты в области проектирования, с тем чтобы привести их в соответствие с новыми климатическими условиями. Адаптационные меры должны быть эффективными с точки зрения затрат и носить устойчивый характер. Существует неотложная потребность в создании такой системы, которая обеспечивала бы как приемлемый уровень функциональности во время экстремальных погодных явлений, так и быстрое восстановление нормального режима работы после них. Национальная стратегия должна предусматривать механизмы соответствующей информационно-просветительской работы и обмена передовым опытом. В "Белой книге" ЕС об адаптации к изменению климата также говорится о необходимости выработки более долгосрочных стратегических подходов к пространственному планированию применительно к автомобильному транспорту.

II.8 Транспорт в США и изменение климата: решение проблем адаптации (Дж. Поттер, ICF International)

Воздействие изменения климата на автодороги связано главным образом с более жаркой погодой, более сильными ветрами, интенсивными осадками, более мощными прибрежными штормами и повышением уровня моря. Представляемая работа была проделана в рамках II этапа Исследования прибрежных районов Мексиканского залива (см. также приложение I). Целью исследования было: i) получить существенно важные сведения о вышеупомянутых последствиях для местной сети смешанных перевозок на подведомственной территории одной из организаций муниципального планирования в качестве информационной базы для планирования транспортных перевозок на дальние расстояния; и ii) разработать инструментарий, который может использоваться транспортными организациями на национальном уровне. Предлагается выработать процедуру проверки транспорта на предмет выявления связанных с климатом рисков, включающую: i) оценку значимости каждого объекта инфраструктуры; ii) оценку чувствительности всех важнейших объектов к климатическому воздействию; iii) оценку степени воздействия, которому подвергаются все важнейшие и чувствительные объекты; и iv) составление перечня всех важнейших и чувствительных объектов, подверженных воздействию.

В ходе II этапа Исследования прибрежных районов Мексиканского залива проверка важнейших объектов на уязвимость осуществлялась путем анализа данных из инвентарных перечней объектов инфраструктуры, из источников социально-экономической информации и экспертных заключений наряду с использованием

таких методов, как моделирование транспортных потоков, избыточное тестирование и изучение материалов, представленных заинтересованными сторонами. При оценке степени чувствительности к воздействиям используются проектные нормативы, информация об исторических и географических аналогах и мнения экспертов, и составляется в качестве одного из основных инструментов оценки таблица чувствительности (оценочная таблица в баллах). Наконец, для оценки подверженности воздействиям используются данные климатических моделей уменьшенного масштаба, данные об экстремальных погодных явлениях и актуальные показатели наряду с анализом последствий повышения уровня моря и штормовых нагонов, а также анализом адаптационного потенциала. Составляются карты, соответствующие различным сценариям повышения уровня моря и изменения динамики штормового нагона, отражающие различия между постепенно нарастающими, но необратимыми последствиями и катастрофическими, но временными. В качестве основных трудностей при этом называются отсутствие необходимых данных и/или избыток не вполне актуальной информации (т. н. информационный парадокс).

В исследовании представлены недавно подготовленные Федеральной дорожной администрацией прогнозы возможного изменения климата по регионам Соединенных Штатов Америки и обобщенный анализ рисков, с которыми сталкивается г. Нью-Йорк (масштаб и вероятность возможных последствий для инфраструктуры). Предлагаются варианты возможных адаптационных мер, включая: i) сооружение волноотбойных стен для защиты от штормового нагона и усиление конструкций мостов/мостовых опор; ii) решение проблемы подъема уровня воды при наводнении путем сооружения объектов на возвышениях, более интенсивных работ по техническому содержанию, улучшения характеристик сопротивляемости наводнениям и более частого проведения дноуглубительных работ; iii) удаление или перемещение объектов; iv) гибкий подход к планированию за счет сокращения необратимых инвестиционных расходов и уменьшения сроков аренды.

Делается вывод о том, что оценка рисков в сочетании с адаптационными мерами могла бы обеспечить повышение устойчивости к воздействиям. Было сочтено, что улучшению общих результатов может способствовать комплексный подход в рамках существующей практики планирования и управления рисками. Наконец, опыт прошлого свидетельствует о том, что: i) решения о необходимых мерах должны приниматься как можно быстрее; ii) к маловероятным экстремальным явлениям следует относиться с большим вниманием, поскольку они могут иметь весьма серьезные последствия; iii) одним из ключевых факторов является взаимосвязка существующих парадигм; iv) важное значение имеют (зачастую расходящиеся) мнения заинтересованных сторон; и v) следует делать упор на энергичных действиях.

II.9 Адаптация инфраструктуры водных путей (Н. Зидль, компания "Via Donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH")

В докладе содержатся обзор воздействия связанных с погодой факторов на внутреннюю навигацию и оценка мер, связанных с комплексным планированием использования водных путей, а также управленческих и адаптационных мер на основе опыта реализации приоритетного проекта 18 ("Водный путь Рейн/Маас-Майн-Дунай, РМД") в рамках программы по созданию Трансъевропейской транспортной сети (ТЭС–Т).

Влияние погодных факторов на внутреннее судоходство сводится главным образом к следующему: i) засухи/снижение уровня воды и скорости течения, что может создавать неадекватные условия для навигации и приводить к росту числа аварий (посадка на мель) и увеличению потребления топлива; ii) половодье/разливы рек, способные

приводить к приостановке судоходства, изменениям в режимах и морфологии процессов осадкообразования в реках и повреждением береговых дорог, самих берегов и противопаводковых сооружений; и iii) ледостав, могущий приводить к приостановке судоходства, препятствовать работе шлюзов и вызывать повреждения навигационных знаков. Тем не менее как показывают результаты исследования, до 2015 года ИК не будет оказывать значительного воздействия на внутренний водный транспорт. Реалистичным представляется вариант действий, предусматривающий комплексное планирование и управление водными путями, в контексте которого предлагаются следующие меры:

- формирование более ясного и целостного представления о направлениях развития инфраструктуры водных путей в будущем;
- выработка принципов комплексного планирования с участием экспертов в различных областях (экономика, судоходство, инженерно-техническое обустройство рек и экология);
- составление конкретных практических руководств в качестве подспорья в реализации принципов комплексного планирования проектов по развитию инфраструктуры водных путей;
- распространение информации о существующей передовой практике.

Приводится конкретный пример адаптации инфраструктуры водного пути (экспериментальный проект "Витцельсдорф"). В этом случае старые волнорезы на берегу реки были демонтированы и заменены новыми, более современной конструкции, а берега реки были восстановлены. Эти меры позволили обеспечить более благоприятную динамику речного потока и минимизировать размыв оконечностей волнорезов.

Что касается комплексного управления водными путями, то оно тесно связано с периодическими работами по "техническому обслуживанию фарватеров", включающими такие конкретные мероприятия, как: i) регулярный мониторинг с использованием современного контрольно-измерительного гидрографического оборудования и обработкой собранных данных; ii) своевременное проведение дноуглубительных работ с учетом естественных процессов (нерестовые периоды, недопущение удаления гравия со дна речного русла); и iii) предоставление пользователям водных путей батиметрической информации и данных о течении в режиме реального времени.

Комплексное планирование и управление водными путями должно предусматривать содержание фарватеров в соответствии с международно согласованными параметрами. Кратко-, средне- и долгосрочные меры по адаптации должны включать в себя комплексное техническое обслуживание инфраструктуры, эффективную с точки зрения затрат эксплуатацию ныне существующих судов внутреннего плавания и улучшение конструкции судов в будущем, совершенствование методов управления водными путями, применение ИКТ и надлежащих, хорошо продуманных мер инженерно-технического обеспечения.

II.10 Изменение климата и внутренние водные пути: проблема морфологии и опускания дна (Б. Турпейн, Министерство инфраструктуры и окружающей среды Нидерландов, Rijkswaterstaat)

Представлены результаты двух исследовательских программ, касающихся воздействия изменения климата на внутренние водные пути в Нидерландах: i) "Последствия изменения климата для внутреннего водного транспорта и конкурентоспособности Роттердамского порта" (2011) и ii) "Защита Нидерландов от затопления и обеспечение достаточного количества пресной воды для пользователей водопроводной системы" (на период до 2014 года).

Последствия для внутреннего судоходства по р. Рейн, связанные со стоком и уровнем воды, будут, согласно прогнозам, обусловлены уменьшением стока и снижением уровня воды, результатом чего станут ограничения на грузоподъемность судов, рост издержек и возможная переориентация транспортных потоков на другие виды транспорта – автомобильный и железнодорожный. Особое внимание уделяется вопросам морфодинамики русел рек, связанным с опусканием и/или поднятием речного дна, что создает проблемы для судоходства, особенно ввиду пространственной вариативности этих явлений. Ухудшение профиля дна (вследствие эрозии осадочного слоя) может оказывать значительное воздействие на речную навигацию, особенно в местах, где русло реки зафиксировано. В исследовании представлены технические решения, которые могут благоприятно сказаться на состоянии реки в периоды оттепели и на параметрах ее живого сечения (например, установка донных направляющих плоскостей, создание фиксированного донного покрытия и сооружение затопленных порогов в излучинах рек).

Эти исследования показали, что в целом последствия для внутреннего судоходства (уменьшение грузоподъемности судов и рост транспортных издержек) в период до 2050 года будут относительно незначительными. Тем не менее деградация дна (если ей не противодействовать) будет продолжаться по нарастающей, и поэтому наряду с совершенствованием практики управления речным хозяйством потребуются принятие мер по адаптации к новой морфологии рек. Стоимость мер по адаптации инфраструктуры к деградации русел рек будет, согласно оценкам, аналогична затратам, необходимым для противодействия донной эрозии.

II.11 Изменение климата и адаптация внутренних водных путей (Х. Хейндрикс и Т. Бремерс, компания "Transport & Mobility Leuven")

Цель проекта "Воздействие изменения климата на сеть внутренних водных путей" (начат в январе 2010 года), осуществляемого в рамках европейской программы FP7-ECCONET под руководством компании "Transport & Mobility Leuven" (www.ecconet.eu), заключается в объединении экспертного потенциала 10 партнеров из пяти стран в вопросах, касающихся оценки нынешнего и прогнозируемого состояния окружающей среды (например, по метеорологическим и гидрологическим параметрам), инфраструктуры, перевозок, оказываемых услуг и экономических параметров, чтобы оценить воздействие изменения климата на европейскую транспортную сеть, и особенно на сеть внутренних водных путей (реки Рейн и Дунай).

Работа внутреннего водного транспорта (ВВТ) определяется гидрологическими процессами в реках и их динамикой. В связи с этим прогнозы на будущее (более сухое лето и более влажная зима) указывают на то, что в отсутствие мер противодействия это может иметь серьезные последствия для ВВТ, особенно во второй половине нынешнего века (сценарии "далекого будущего", т.е. на период после 2050 года). Такие последствия обусловлены главным образом летней меженью (например, в среднем течении Рейна, в канале РМД и в верхнем течении Дуная) и зимним паводковым стоком. Прогнозируются также некоторые положительные последствия, связанные главным образом с динамикой состояния ледового покрова рек. Наряду с экологическими факторами повышению уязвимости ВВТ в случае увеличения меженного расхода воды и продолжительности меженного периода (а также снижения уровня воды) будут способствовать тенденции развития самой отрасли (например, использование более крупных судов); как выяснилось, в условиях межени быстро возрастает стоимость перевозок: в расчете на тонно-километр она увеличивается в три раза при снижении уровня воды с 4 до 2 м; при его опускании ниже отметки 1,6 м перевозки по внутренним водным путям становятся по большей части невозможными. Как представляется, среди угроз, которым подвергается эта отрасль в связи с ИК, доминируют те, которые связаны с ее инфраструктурой и самостоятельной экономикой транспорта.

Предлагаемые адаптационные меры касаются: i) адаптации судов внутреннего плавания (например, использование легких конструкций, туннелей изменяемой геометрии, выдвижных элементов плавучести, боковых поплавков-"булей", плоскодонных корпусов); ii) инфраструктуры (информирование и дноуглубительные работы, инженерно-техническое обеспечение фарватера); iii) повышения качества прогнозов (тенденции/прогнозы в отношении уровня воды); и iv) организационно-логистического обеспечения (например, сцепка судов в караваны, взаимодействие с другими видами транспорта). Предварительные оценки показывают, что наиболее перспективны меры, связанные с переходом на плоскодонные суда (многовинтовые буксиры-толкачи), модернизацией маломерных судов, продлевающей срок их эксплуатации, и сцепкой судов в караваны.

II.12 Проход судов через пролив Босфор и создание коридора смешанных перевозок, соединяющего Эгейское и Черное моря (Администрация порта Александруполис и администрации портов Александруполис и Кавала)

В докладе рассматриваются проблемы, касающиеся мореходства и безопасности в проливе Босфор, и приводятся статистические данные об использовании пролива. Основные выводы исследования таковы:

- суда, проходящие Босфор, в первую очередь крупные, сталкиваются с весьма серьезными трудностями, обусловленными сложной морфологией и гидродинамикой этого судоходного пролива;
- нормативно установленные для него повышенные требования безопасности приводят к увеличению "времени ожидания", которое может составлять до 5–7 дней в зависимости от типа и размера судна и от сезона;
- в последние 15 лет через пролив за год проходило в среднем 49 200 судов, или 135 судов в день (пика эти показатели достигали в 2004–2006 годах); и
- 60% проходящих через пролив судов – грузовые суда общего типа, за которыми по статистической значимости следуют танкеры, сухогрузы и контейнеровозы.

В последние годы два порта на севере Греции (Кавала и Александруполис) начали переговоры с черноморскими портами Бургас и Варна (Болгария) на предмет возможного сотрудничества в области смешанных перевозок. Первые консультации (в июне и октябре 2011 года) показали, что наибольшим потенциалом обладают секторы грузовых и круизных перевозок. Что касается грузовых перевозок, то первоначально идея заключалась в том, чтобы создать транспортный коридор смешанных перевозок ("Sea2Sea Corridor"), главными узловыми пунктами в котором должны были стать вышеупомянутые греческие и болгарские порты. В ходе последующих совещаний в 2012 году было решено подготовить предложение о включении коридора "Sea2Sea" в программу ЕК по созданию трансъевропейских транспортных сетей; предусматривается, что этот коридор будет состоять из следующих звеньев:

- двух средиземноморских транспортных узлов (порты Кавала и Александруполис), которые обеспечат "встраивание" коридора в средиземноморские судоходные пути;
- железнодорожных сегментов, которые соединят два вышеуказанных греческих порта с портами Бургас и Варна в Болгарии (а также с портом Русе на Дунае);
- двух черноморских транспортных узлов (Варна и Бургас), которые соединят коридор "Sea2Sea" с другими черноморскими портами.

Такая международная транспортная сеть будет обладать множеством конкурентных преимуществ. В настоящее время связующим звеном между Средиземным и Черным морями является пролив Босфор, который, однако, уже серьезно перегружен (возросший объем перевозок, большие задержки и издержки). Ожидается, что коридор "Sea2Sea" станет альтернативным маршрутом, дающим следующие преимущества:

- увеличение конкурентоспособности региона в более широком масштабе как торгового пути в Центральную Европу;
- повышение конкурентоспособности (четырёх) греческих и болгарских портов и связующей их железнодорожной сети;
- усиление существующей Трансъевропейской транспортной сети за счет функционального соединения "Морской автомагистрали" Восточного Средиземноморья с "магистралью 7 Европейской железнодорожной сети" и с магистральным водным путем Рейн/Маас-Майн-Дунай (проект "PP18" в рамках программы ТЕС-Т);
- содействие экономическому развитию региона в более широком масштабе.

II.13 Адаптация транспортных сетей к изменению климата (Л. Б. Барбо, Управление портов Маврикия)

Сектор морского транспорта является катализатором глобальной торговли и экономики, особенно сегодня, в эпоху контейнерных перевозок, которая привела к революционным изменениям в транспортной системе благодаря возможности осуществлять доставку "от двери до двери" и интеграции с другими видами транспорта. Сегодня морской транспорт доминирует в сфере грузоперевозок, обеспечивая транспортировку 80–90% всех грузов (хотя бы на одном из участков маршрута). Что касается изменения климата, то хотя для некоторых стран оно, возможно, откроет новые торгово-транспортные возможности, например благодаря появлению новых, укороченных маршрутов – таких, как освободившийся от льдов Северный морской путь – для других государств последствия изменения климата могут быть катастрофическими.

Маврикий относится к многочисленной группе стран, известных как "малые островные развивающиеся государства" (МОВАГ). Порт–Луи занимает стратегическое положение на пересечении важных морских путей, таких как Дальний Восток – Африка и Европа – Австралия. Кроме того, этот порт как единственные "морские ворота" страны, через которые она осуществляет внешнюю торговлю (на 99%), вносит значительный вклад в ВВП Маврикия. Помимо этого Порт–Луи обеспечивает жизненно важную связь с островами в Индийском океане и другими частями региона. Этот регион подвержен тропическим штормам, главным образом в летний период, которые в некоторых районах могут сопровождаться экстремальными погодными условиями. Они нередко приводят к затоплению портовых терминалов, что в свою очередь снижает производительность погрузочно-разгрузочных работ и может препятствовать заходу в порт контейнерных судов, приводить к переориентации торговли на другие порты, повышать издержки и наносить ущерб экономике островного государства.

Адаптация к последствиям изменения климата – задача первостепенной важности. К сожалению, МОВАГ не всегда располагают необходимой информацией и экспертным потенциалом для проектирования устойчивых к климатическим воздействиям причалов и волноломов, на строительство которых у них в любом случае, как правило, нет финансовых средств; местных экспертов крайне мало, и поэтому МОВАГ вынуждены полагаться на помощь со стороны дружественных государств или международных организаций. Ощущается острая потребность в дополнительных инвестициях в строительство и модернизацию надлежащих волноотбойных сооружений, способных противостоять все более разрушительному воздействию волн экстремальной силы. Кроме того, сооруженные причалы, которые, как правило, возвышаются примерно на 2,5 метра над нулевой отметкой глубин на картах, необходимо будет нарастить, чтобы избежать их затопления в условиях повышения среднего уровня моря и усиления штормового нагона воды.

МОВАГ уже ощущают на себе всю тяжесть последствий изменения климата. Более мощные и частые затопления прибрежных районов и все более интенсивная эрозия береговой полосы уже создают весьма серьезные проблемы в этих государствах. Зависимость последних от морского транспорта и потребность в крупных капиталовложениях в модернизацию и переоснащение портов весьма серьезно затрудняют ситуацию. МОВАГ испытывают острую потребность в подготовке/подборе местных ученых/инженеров, которые смогут отслеживать перемены и разрабатывать надлежащие меры на местном уровне, а не в услугах заезжих консультантов, кочующих из страны в страну, как это обычно практикуется. Развитие собственного потенциала имеет первостепенное значение для МОВАГ, поскольку оно позволит им: i) иметь своих экспертов как по техническим, так и нормативно-правовым вопросам; ii) осуществлять оценку рисков и проверку/контроль морских судов; и iii) создавать устойчивые к климатическим воздействиям морские транспортные узлы и региональные порты, что позволит использовать в интересах того или иного конкретного региона "тандем" крупнотоннажных и малоразмерных судов. Наконец, позитивной мерой является также создание "зеленых портов", которые смогут полагаться на местные возобновляемые источники энергии (например, энергию солнца, волн и ветра).

II.14 Изменение климата и порты: качественный анализ последствий, планов и требований (А. Беккер, Стэнфордский университет)

В исследовании дается краткий общий обзор последствий изменения климата для морских портов и приводятся результаты целевого письменного опроса на тему адаптации к изменению климата. Морские порты являются многоплановыми двигателями экономики, обеспечивающими рабочие места и крайне необходимые ресурсы и способствующие торговле товарами и энергоносителями (80–90% мирового грузооборота осуществляется судами, т.е. проходит через порты). Развитие портов зависит от разных обстоятельств (например, наличие глубоководных и/или защищенных гаваней, доступ к мультимодальным транспортным системам). Некоторые порты в силу своего местоположения весьма подвержены последствиям наводнений, штормовых нагонов и повышения уровня моря, особенно ввиду того, что, по климатическим прогнозам, уровень моря может повыситься на 0,75–1,9 м, и сильные наводнения, которые до сих пор происходили один раз в 100 лет, к 2100 году, возможно, будут повторяться каждые три года.

Список из 30 вопросов был разослан летом 2009 года 350 членам МАПГ/ААПА. Девяносто три ответа были использованы для дальнейшего анализа. В ходе него были сделаны следующие главные выводы: i) респонденты, судя по всему, озабочены последствиями изменения климата, однако ощущают собственную неосведомленность о них; ii) хотя порты являются весьма значимыми объектами инфраструктуры с длительным жизненным циклом, стандарты их проектирования не учитывают соображений, связанных с изменением климата: любопытно, что лишь 16% респондентов рассматривают в своих рассчитанных на 10 лет планах строительства возможные меры по модернизации существующих систем защиты от штормов; и iii) подавляющее большинство (97%) респондентов заявили, что столкнулись бы с проблемами в случае повышения уровня моря на 0,5 м или более.

Опрос также показал, что, хотя в целом существует понимание общего воздействия изменения климата на порты, конкретные последствия остаются неясными. По этой причине для дальнейшего изучения темы были выбраны два наиболее уязвимых (с точки зрения воздействия тропических штормов) порта Соединенных Штатов Америки (в г. Галфпорт, штат Миссисипи, и в г. Провиденс, штат Род-Айленд). Виды воздействия штормового фактора были разделены на шесть категорий: i) обломки, мусор; ii) прямой ущерб; iii) экономические последствия; iv) местные/региональные последствия для территории вне порта; v) ущерб интермодальным транспортным системам и цепочкам поставок; и vi) экологический вред. Были обозначены 125 уникальных стратегий, которые могли бы способствовать повышению устойчивости портов к климатическим воздействиям. Как представляется, однако, для реализации этих стратегий потребуются участие многих заинтересованных сторон, представляющих государственный и частный сектора.

Наконец, можно, по-видимому, заключить, что: i) определение количественных параметров реальных последствий изменения климата для портов – очень непростая задача; ii) воздействие/последствия ИК могут иметь место уже после окончания трудовой деятельности и жизни принимавших решения лиц, что запутывает вопрос об ответственности; iii) дальнейшие шаги должны включать в себя принятие стратегий, графиков их реализации и четкое распределение ответственности.

II.15 Последствия изменения климата для работы транспорта карибских МОРАГ (А. Ф. Велегракис, кафедра океанологии Эгейского университета, Греция)

Данные последних исследований показывают, что предыдущие прогнозы изменения климата и особенно те, которые касаются интенсивности и частоты экстремальных погодных явлений в Карибском регионе, возможно, требуют уточнения. Упомянутые явления наносят огромный ущерб инфраструктуре карибских МОРАГ, которая проектировалась с учетом обычных погодных режимов и, может быть, поэтому особенно уязвима по отношению ко все более экстремальным погодным условиям. Считается, что карибские МОРАГ весьма подвержены воздействию изменения климата из-за высокой концентрации предприятий промышленности, сферы услуг (например, туризм) и объектов транспортной инфраструктуры в прибрежных районах, которые больше всех пострадают от изменения климата в регионе вследствие долгосрочного повышения уровня моря, увеличения температуры воздуха и поверхности моря и подкисления океана, приводящих к сокращению мест обитания, увеличению экологических рисков, повышению разрушительности тропических ураганов и к более масштабному затоплению побережья.

Международные (морские и воздушные) перевозки являются основой жизнеобеспечения экономик карибских МОРАГ. Однако как транспортная инфраструктура, так и работа транспортных служб, по всей видимости, будут подвергаться серьезному воздействию изменения климата. Портовые объекты будут ощущать на себе постепенно возрастающие последствия повышения среднего уровня моря и усиления штормовых нагонов, страдая от все более частых затоплений и задержек/сбоев в морских перевозках. Молы и волноломы, защищающие порты от стихии, будут становиться все менее эффективными, что сделает необходимым их наращивание и/или укрепление. Повышение уровня моря будет вызывать увеличение приливных призм, усиление течений и более интенсивный размыв фундаментов и/или заиливание. Обильное выпадение осадков может вызывать оползни и повреждения прибрежных (и горных) дорожных сетей. Повышение средней температуры и более длительные периоды аномальной жары будут сказываться на состоянии взлетно-посадочных полос (деформация под воздействием жары) и на подъемной силе самолетов, приводя к ограничению коммерческой нагрузки, отмене или задержкам рейсов; поэтому потребуются удлинение ВПП, что не всегда можно сделать ввиду пространственных ограничений. В силу вышеизложенных причин, как показывают данные последних тематических исследований, изменение климата будет иметь весьма существенные последствия для перевозок в карибских МОРАГ (ЭКЛАК, 2011).

Развитие транспортной отрасли определяет спрос. В случае карибских МОРАГ основу спроса составляет международный туризм: гости из-за рубежа прилетают на Карибские острова, чтобы "понежиться на песочке" под лучами солнца. Действительно, доходы от пассажироперевозок и туризма составляют весьма значительную долю ВВП карибских МОРАГ (в большинстве случаев превышающую 25%, а во многих случаях – и 45% (см. ECLAC, 2011). Однако большинство пляжей Карибского моря подвергаются вызываемой ИК смертельной угрозе сужения в результате эрозии, темпы которой на многих Карибских островах составляет в среднем 0,5–1,0 м в год (см. Cambers, 2009; Peduzzi et al., 2013). Если эти темпы сохранятся в течение еще нескольких лет, то большинство карибских пляжей будет уничтожено, произойдет обвал доходов от туризма, и будет нанесен сокрушительный удар экономике и развитию расположенных здесь стран. Очевидно, что это будет иметь весьма негативные последствия для международных перевозок в регионе.

Связанные с изменением климата огромные проблемы, с которыми сталкиваются транспортная инфраструктура, услуги и спрос на них, обуславливают острую потребность в серьезных мерах по адаптации. Прежде всего необходимы более точные прогнозы последствий изменения климата в регионе, чтобы иметь реалистичную оценку существующей угрозы. Во-вторых, в регионе, стоящем перед лицом масштабных технических и экономических вызовов (см., например, Peduzzi et al., 2013), чрезвычайно важное значение будет иметь развитие местного потенциала; для этого потребуются международная помощь и финансирование. В-третьих, необходимо срочно сформулировать и принять основанные на научных данных стратегии, учитывающие специфику региона. Наконец, что касается транспортной инфраструктуры, то непереносимым условием является повышение устойчивости к климатическим воздействиям, поскольку в большинстве случаев перемещение соответствующих объектов невозможно в принципе.

II.16 Адаптация транспортной инфраструктуры и служб. Работа ЭСКАТО ООН (П. О'Нейл, Экономическая и социальная комиссия Организации Объединенных Наций для Азии и Тихого океана (ЭСКАТО ООН))

В исследовании обозначены шесть стратегически важных для транспортной отрасли областей: экологически чистый рост, экономические связи, устойчивое развитие, перевозки в более развитых странах, обеспечение готовности к стихийным бедствиям и изменению климата. В своей Пятилетней программе действий Генеральный секретарь ООН называет устойчивые перевозки одним из пяти компонентов устойчивого развития. В число сформулированных в Программе соответствующих задач входят: i) популяризаторская/информационно-разъяснительная работа; ii) расширение обмена передовым опытом; iii) содействие в выработке национальных стратегий обеспечения устойчивых перевозок; iv) повышение потенциала; и v) налаживание партнерских отношений. Областями первоочередного внимания являются комплексное планирование работы транспорта, стратегии развития городского транспорта, технологические инновации, содействие развитию внутренних и прибрежных водных путей, а также финансирование проектов по обеспечению устойчивой работы транспорта.

Осознание рисков, адаптация существующей транспортной инфраструктуры, обеспечение ее жизнестойкости и адаптация планов на будущее рассматриваются в качестве конкретных мер, направленных на создание сети устойчивых перевозок, что предполагает интеграцию автодорожных и железнодорожных сетей с системами морских перевозок и портовой инфраструктуры, упрощение процедур пересечения границы и создание промежуточных "сухих портов". ЭСКАТО ООН призывает государства-члены выработать соглашение в отношении Сети азиатских автомагистралей, касающееся стандартов и спецификаций, содержания и мониторинга этой сети. Кроме того, ЭСКАТО ООН следит за ходом работы и оказывает техническое содействие в совершенствовании планов по обеспечению безопасности. Она также призывает к завершению создания Трансазиатской железнодорожной сети. Строительство ее недостающих сегментов предположительно обойдется примерно в 25 млрд. долл. США.

Концептуально ЭСКАТО ООН предполагает создание безопасной, экологически чистой и недорогостоящей транспортной отрасли. Она поощряет такие меры, как: уменьшение "углеродного следа" при потреблении материалов и топлива; использование предназначенных для адаптации к изменению климата фондов (например, для строительства экологически чистых автобусов); предпочтительное планирование проектов по развитию общественного транспорта (как, например, проекты BRT и LRT

Rail) по сравнению с проектами по развитию личного транспорта; поощрение политики/инвестиций, призванных стимулировать использование немоторизованных способов передвижения (например, пешком и на велосипеде); ограничение выбросов и борьба с их последствиями, а также природоохранные мероприятия. Предлагаются конкретные меры, такие, как переход на материалы, оставляющие слабый "углеродный след" (замена по мере возможности таких строительных материалов, как цемент и металлы, материалами естественного происхождения), а также использование соответствующих строительных технологий (основанных в большей мере на использовании трудовой силы и менее энергозатратных, использование местных материалов, строительство "вечной мостовой" с длительным сроком службы, глубокая стабилизация грунта и дорожного покрытия). Особый упор сделан на защите окружающей среды (применение естественных строительных материалов и методов), а также обеспечение готовности к стихийным бедствиям, организация мер по противодействию им и преодолению их последствий/восстановлению. В заключение делается вывод о необходимости: i) понимания существующих рисков и вероятных издержек; ii) принятия достаточно недорогостоящих планов по адаптации и модернизации существующей инфраструктуры; и iii) проектирования жизнестойкой, экономичной и стратегически ориентированной транспортной инфраструктуры, способной противостоять будущим вызовам.

II.17 Изменение климата и адаптация портов и транспортной логистики: калейдоскоп (Адольф Нг, Гонконгский политехнический университет)

Адаптация портов к изменению климата требует: i) четкого определения проблемы; ii) осознания основных вызовов и препятствий; iii) выявления областей и регионов, наиболее подверженных воздействию ИК; iv) определение очередности возможных действий; и v) принятие мер с целью установления "наиболее эффективной международной практики". Наряду с этим существует неотложная необходимость в информационно-разъяснительной работе, поскольку портовые и транспортные операторы, как представляется, недостаточно осведомлены, и особенно это касается портов второго уровня, или "региональных". Существует также множество лагун в имеющейся информации о факторах, вызывающих изменение климата, и их воздействии на местном и региональном уровнях, что будет препятствовать разработке актуальных и адекватных мер реагирования.

Проведенные тематические исследования (например, на тему о повышении уровня моря и усилении штормовых нагонов в Мексиканском заливе, экстремальном холоде и ледоставе в порте Тяньцзинь на севере Китая, таянии арктических льдов в Сибири и вызванных изменением климата переменах в сельскохозяйственном производстве и рыболовстве на Тасмании) свидетельствуют о значительной вариативности факторов, вызывающих изменение климата, и оказываемого ими воздействия на работу транспортных сетей. Широко обсуждаются "повышение уровня моря" и "увеличение частоты и разрушительности ураганов и тропических циклонов". Кроме того, основное внимание в ходе дискуссии уделяется контейнерным портам, расположенным вдоль международных торговых "трасс", и/или "проблемным местам". Однако очевидно, что проблема носит более сложный характер, поскольку она сопряжена также с вопросами, касающимися желания и способности осуществлять адаптацию, логистики и цепей поставок, взаимоотношений между портом и регионом, рационального использования ресурсов, заботы о береговой полосе и управления ее ресурсами, сохранения морского биоразнообразия и благополучия местного населения. Существует озабоченность насчет того, справятся ли с такими вызовами периферийные районы, располагающие, как правило, меньшими финансовыми ресурсами и менее современной портовой инфраструктурой.

Ответственность за принимаемую стратегию и меры реагирования должна распределяться по звеньям транспортных сетей, поскольку многие адаптационные меры обычно ограничены рамками конкретных транспортных подотраслей и видов транспорта. Особую трудность представляет вопрос о том, как обеспечить, чтобы отдельные транспортные подотрасли руководствовались одинаковой концепцией и стандартами, что позволяло бы выработать взаимодополняющие решения по всей цепочке поставок. Как представляется, проблема воздействия изменения климата на порты является не столько "проблемой портов", сколько "проблемой портовой системы".

II.18 Новаторские способы преодоления последствий изменения климата для транспортных сетей (Р. Сфакианаки, Министерство инфраструктуры, транспорта и коммуникаций Греческой Республики)

Воздействие изменения климата на транспортные сети будет вызывать общее увеличение расходов на различные виды транспорта, приводить, очевидно, к снижению ВВП, и поэтому противодействовать ему надо неотложно и решительно. Целью должно быть повышение жизнестойкости транспортных сетей, снижение расходов на их содержание, увеличение сроков службы инфраструктуры и повышение пропускной способности. Применительно к автодорожным сетям рассматриваются некоторые классические методы и практики увеличения устойчивости к изменению климата. Высказывается мысль о том, что с угрозой наводнений следует бороться путем скорейшего принятия решений о возможных стратегиях адаптации. В этой области проводится все больше исследований, связанных главным образом с численным моделированием, использованием программ моделирования наводнений, а также систем мониторинга и обработки информации. Что касается железнодорожных сетей, то, хотя они относительно безопасны, вызываемые ИК разрушения (например, подмыв/повреждения мостов и оползни) могут приводить к таким серьезным последствиям, как гибель людей, огромные расходы на восстановление или прекращение работы сетевых коммуникаций. Рассматривается проект SMARTRAIL, в рамках которого реализуется комплексный подход и предлагаются меры по обеспечению надежного, безопасного, эффективного с точки зрения затрат и устойчивого функционирования железнодорожной сети. Делается вывод о том, что выработанные в рамках этого проекта новаторские модели могут помочь управленцам в: i) принятии рациональных решений; ii) эффективном использовании ограниченных средств; и iii) долгосрочном содержании железнодорожной инфраструктуры.

Порты будут ощущать на себе последствия повышения уровня моря, штормовых нагонов, экстремальных погодных условий и наводнений в прибрежных районах. В случае Греции, протяженность береговой линии которой составляет приблизительно 16 300 км и на территории которой имеется более 1000 портов и укрытий для судов, главной проблемой являются штормовое волнение и нагон воды, способные вызывать затопление прибрежных районов. Приводится описание инженерно-технических способов защиты береговой линии, которые доказали свою эффективность или, наоборот, имели катастрофические последствия (например, сооружение волноломов, волноотбойных стен, габионов, которые на самом деле вызвали эрозию береговой линии вокруг себя). Будущие инженерно-технические методы защиты берега должны основываться на адекватных и дающих точную информацию системах мониторинга береговой зоны в целях обеспечения эффективной защиты береговой полосы и управления ее ресурсами. В качестве примера приводится метод оценки уязвимости береговой полосы по отношению к штормам, разработанный Каталонским политехническим университетом (UPC).

Неотложные действия (с целью повышения пропускной способности и удлинения срока службы инфраструктуры), применение всеобъемлющего подхода (анализ всего жизненного цикла, комплексное применение различных успешных видов практики, учет климатических параметров при проектировании), содействие инновациям и развитию технологий в области систем раннего предупреждения, внедрение новых инструментов стратегического планирования и динамичного реагирования на последствия ИК – все это меры, которые могут способствовать устойчивому развитию транспортной инфраструктуры. Потребуется корректировка стратегий в части, касающейся: i) определения критериев функциональности; ii) будущего проектирования; iii) продвижения практических/инновационных технических решений; iv) стратегических решений относительно землепользования и функционирования транспортных сетей; v) секторальной интеграции; vi) содействия развитию европейской нормативной базы в области эффективной защиты береговой линии и управления ее ресурсами; и vii) создания соответствующего центра мониторинга ИК.

II.19 Последствия изменения климата и возможные варианты адаптации транспортных сетей в Греции (Н. Мицакис, Центр научных исследований и технологий при Греческом институте транспорта (CERTH-NIT))

Исследовательский центр CERTH-NIT обладает обширным опытом в области оценки последствий изменения климата, включая проекты "WEATHER" и "MOWE-IT" и его вклад в проводившееся по заказу Банка Греции исследование на тему "Экологические, экономические и социальные последствия изменения климата в Греции". Исходя из этого опыта, CERTH-NIT считает сегодня необходимым налаживание в рамках исследований последствий изменения климата междисциплинарного сотрудничества между инженерами транспорта, метеорологами, экономистами по транспорту, политиками и финансовыми учреждениями. Такое сотрудничество позволит повысить точность прогнозов последствий, эффективность оценки рисков, уязвимости и степени критичности транспортных сетей и сделает возможной количественную оценку последствий на уровне каждой сети, с тем чтобы оценить объем соответствующих затрат.

Те части проводившегося по заказу Банка Греции исследования, которые касаются транспорта, представлены с акцентом на использовавшейся методике и на некоторых основных выводах. Исходя из соответствующих климатических прогнозов (например, прогнозируемое число дней с температурой, превышающей 35 °C), применявшаяся к транспортному сектору методика предусматривала следующие пять основных этапов: i) определение приоритетов на основе оценки уязвимости инфраструктуры/служб национальной транспортной сети; ii) прогнозирование будущего спроса на транспортные услуги; iii) оценка последствий изменения климата и соответствующих издержек для транспортного сектора; iv) качественная оценка последствий, предложения относительно мер адаптации и смягчения последствий, а также общие выводы; и v) рекомендации относительно стратегии. Были выбраны четыре территориальные зоны Греции (западная, центральная, восточная и островная), в которых исследовались национальные и региональные автодорожные и железнодорожные сети вместе со 119 основными портами и 43 аэропортами. Были сделаны следующие основные выводы:

- 1,5–6,6% (в зависимости от зоны) национальной и региональных автодорожных сетей (общей протяженностью около 9530 км) расположены в пределах 50 м от береговой линии примерно на нынешней высоте уровня моря;
- ожидается, что к 2050 году спрос на перевозки (пассажирские и грузовые) удвоится, что касается как национальной, так и региональных автодорожных сетей;

- в зависимости от адаптационного сценария расходы на реконструкцию, ремонт и содержание железнодорожной и автодорожной инфраструктуры в период до 2050 года оцениваются в 115–346 млн. евро в год и составят в общей сложности 4 млрд. евро, а аналогичные расходы в период до 2100 года, по оценкам, составят 195–595 млн. евро в год; в зависимости от адаптационного сценария прогнозируемые изменения средней и экстремальных значений температуры, как ожидается, окажут значительное негативное воздействие на автодорожную инфраструктуру (включая, например, повреждения дорожного покрытия и структурных элементов, снижение уровня комфорта для пассажиров и работников, повышенный спрос на кондиционирование воздуха).

Предлагаемая транспортная политика, направленная на смягчение этих последствий и адаптацию к ним, предусматривает: i) реализацию программ по снижению выбросов ПГ в транспортном секторе; ii) меры по сокращению использования личного автотранспорта; iii) разработку планов организованного введения заранее определенных ограничений движения в городских районах в жаркие периоды; iv) программы оперативной проверки с целью целенаправленного осуществления ремонтно-профилактических работ в отношении дорожного покрытия; v) НИОКР с целью создания новых типов дорожного покрытия; vi) перепланирование перевозок и изменение расписания движения поездов с учетом ожидаемого наступления жаркой и очень жаркой погоды.

II.20 Франция действует: Национальный план адаптации к изменению климата (НПАИК, 2011–2015) – меры в отношении инфраструктуры и транспортных систем (Андре Лёкс, Генеральный директорат инфраструктуры, транспорта и морей, Министерство экологии, устойчивого развития и энергетики Франции)

Противодействие изменению климата является одним из национальных приоритетов, и президент Французской Республики Франсуа Олланд в своей вступительной речи на Конференции по экологии заявил 14 сентября 2012 года, что Франция предлагает провести у себя следующую Международную конференцию на тему о климате. "Целью является достижение глобального соглашения по климату в 2015 году" и "Франция прилагает все силы к обеспечению успеха этой встречи".

I – Контекст:

Изменение климата происходит, и его последствия ощутимы: "многие природные системы подвергаются воздействию изменения регионального климата" (МГЭИК, 2007). Научные данные не оставляют никаких сомнений относительно значения этих изменений, хотя по-прежнему сохраняется неопределенность в том, что касается их масштаба. Несмотря на предпринимаемые усилия по сокращению выбросов парниковых газов, глубокие перемены неизбежны в силу инертности климатической системы. Они проявятся во многих областях, включая сельское и лесное хозяйство, туризм, рыболовство, биоразнообразие, земельные ресурсы, здания и транспортную инфраструктуру. Проблема изменения климата становится чем-то большим, чем предмет беспокойства ученых о далеком будущем. Сегодня это – актуальный вопрос международной политики.

Меры, необходимые для ограничения масштабов изменения климата путем сокращения наших выбросов парниковых газов (смягчение последствий) являются стержневым элементом французского Плана действий в отношении климата, принятого в 2004 году и регулярно обновляемого (статья 2 Закона № 2005–781 от 13 июля 2005 года).

Хотя некоторые действия с целью смягчения последствий уже были предприняты, адаптация к изменению климата стала крупной проблемой, требующей мобилизации усилий всей страны. Статья 42 Закона №2009–967 от 3 августа 2009 года гласит, что к 2011 году "должен быть подготовлен Национальный план действий по различным секторам".

Человечество и природа, возможно, обладают способностью спонтанно, по крайней мере частично, адаптироваться в известной степени к переменам, вызываемым метаморфозой климата. Однако если мы не будем готовиться к этой метаморфозе, она повлечет за собой издержки и ущерб, намного превышающие затраты на составление планов. Поэтому мы обязаны действовать уже сегодня, чтобы уменьшить свою уязвимость перед лицом переменчивости климата и избежать серьезных потерь, будь то экологических, материальных, финансовых или человеческих. По оценке экономиста Николаса Стерна, бездействие обойдется в сумму, эквивалентную 5–20% валового внутреннего продукта (ВВП), а принятие мер будет сопряжено с затратами, равными 1–2% ВВП.

НПАИК был утвержден в июле 2011 года. В нем определены различные показатели, которые будут использоваться в рамках ежегодного мониторинга в качестве критериев оценки деятельности. Результаты оценки будут публиковаться. Созданный Комитет по оценке представит в середине намеченного срока реализации Плана промежуточный доклад и еще один – по его выполнении.

II – Содержащийся в НПАИК перечень мер в области "инфраструктуры и транспортных систем":

Воздействие изменения климата на транспортные сети затрагивает все виды транспорта. Необходимость адаптации обуславливается длительным сроком службы транспортных сетей и техники. Намечены самые разные меры. Они дают аналитический инструментарий для изучения последствий изменения климата, позволяют избежать появления уязвимых мест в транспортных системах и подготавливают почву для повышения резистентности и жизнестойкости инфраструктуры – как существующей, так и будущей – в целях обеспечения бесперебойной и безопасной работы служб, занимающихся перевозкой людей и грузов.

Мера 1. Пересмотр и адаптация технических инструкций по строительству, содержанию и эксплуатации транспортных систем (инфраструктура и техника).

Цель заключается в обеспечении того, чтобы инфраструктура, строящаяся в расчете на долгий срок службы (в некоторых случаях – до ста лет и более) в соответствии с ныне действующими инструкциями, была адекватна тем эволюционным переменам, которые, как ожидается, будут происходить в результате изменения среднестатистических и экстремальных климатических условий. То же относится и к транспортной технике. Применительно к осуществляемым новым транспортным проектам соответствие европейских и международных технических инструкций пересмотренным параметрам опасных природных явлений – абсолютная необходимость.

Мера 2. Изучение воздействия изменения климата на спрос на транспортные услуги и последствий этого в плане переориентации предложения этих услуг.

Изменение климата может вносить коррективы в средне- и долгосрочный спрос на пассажирские перевозки: начальные пункты маршрутов и пункты назначения, обусловленные временным распределением потоков и географическим распределением населения и трудовой деятельности, привлекательность туристических мест и т.п. Следует с прицелом на будущее оценить возможные изменения в пассажирских и грузовых перевозках и их последствия с точки зрения предложения транспортных услуг. Предметом изучения станут также последствия изменений в морфологии городов.

Принимаемые меры разделены на четыре этапа в зависимости от эволюционных изменений в распределении перевозок по видам транспорта, географическим маршрутам и сезонам:

- применительно к дальним поездкам: стимулирование исследований изменений в выборе населением мест жительства и трудовой деятельности, а также посещаемых туристических мест;
- применительно к городам: изучение взаимосвязей между стратегией планирования и развитием транспорта в городе;
- применительно к воздушному транспорту: проведение в рамках ИКАО дальнейшего анализа тенденций в области авиаперевозок;
- применительно к грузовым перевозкам: изучение сдвигов в географическом распределении экономической деятельности и основных транспортных коридоров.

Мера 3. Разработка унифицированной методики диагностирования уязвимости инфраструктуры и транспортных систем наземного, морского и воздушного транспорта.

Методы анализа уязвимости транспортных сетей по отношению к изменению климата разработаны недостаточно, поскольку заниматься этой проблемой начали лишь недавно. Методика оценки рисков разработана лишь применительно к некоторым экстремальным природным явлениям в специфическом контексте исследовавшихся компонентов транспортных сетей. Эксперты, проводящие научно-технические исследования, во взаимодействии с операторами транспортных сетей разрабатывают методические пособия с целью облегчить проведение на местном уровне исследований по каждой сети, определить степень уязвимости различных сетей и сделать возможным проведение сравнительного анализа на основе "индексов критичности". Эта мера осуществляется в два этапа:

- разработка методической основы для анализа уязвимости транспортных сетей;
- разработка методики анализа уязвимости, учитывающей специфику сетей и отдельных объектов (мост, туннель и т.п.).

Мера 4. Определение степени уязвимости наземных, морских и воздушных транспортных сетей на материке и заморских территориях; выработка стратегий реагирования, носящих поступательный характер и учитывающих особенности проблем, вызываемых изменением климата как в глобальном, так и региональном масштабах.

Целью является анализ связанных с опасными климатическими явлениями рисков, которым подвергается вся транспортная инфраструктура (автомобильная, железнодорожная, речная, портовая и аэропортовая) в течение всего проектного срока ее службы. Потенциально уязвимым местом удаленных от основной части страны заморских регионов и территорий, (остров, горная долина и т.п.), добраться куда можно с помощью лишь одного единственного вида инфраструктуры, обладающего, возможно, высокой пропускной способностью, являются объекты их инфраструктуры (аэропорт, порт, мост и т.п.). Изменения в среднестатистических климатических условиях и увеличение частоты и продолжительности экстремальных погодных явлений ставят новые вопросы относительно материальной ответственности и соответствующих арбитражных процедур в контексте выбора адаптационной стратегии (сокращение штатов, строительство, согласие с временной невозможностью услуги и переориентация на другие виды транспорта...), определения уровня приемлемого риска, подходящего момента для осуществления инвестиций и адаптационной стратегии. Данная мера имеет две составляющие:

- анализ степени уязвимости;
- содействие созданию сети корреспондентов в целях использования накопленного опыта и обеспечения методической поддержки инфраструктурных управленцев и транспортных операторов.

III - Ход работы

Результаты первого этапа осуществления меры, связанной с пересмотром технических стандартов, должны быть опубликованы к концу 2013 года. В этом году начнутся исследования на тему о влиянии изменения климата на традиционные предпочтения потребителей услуг (Мера 2). Что же касается Меры 3, то доклад о методах анализа уязвимости транспортных сетей и структур должен быть готов в начале 2014 года. Наконец, два исследования были начаты в 2013 году:

- проект "GEPET'EAU1" является ответом на призыв к осуществлению проектов в этой области, который в 2012 году прозвучал в рамках исследовательской программы "IGCC2": целью данного проекта является использование методов моделирования для выработки упредительных адаптивных стратегий управления водными путями, и в более общем плане – водными ресурсами различных водосборных бассейнов. Задача заключается в том, чтобы сделать возможным нормальное судоходство в периоды минимального расхода воды, такие как паводки. Этот инструмент моделирования разрабатывается Центром совместных исследований "Armines" высшей школы "Ecole des Mines de Douai" во взаимодействии с Политехническим университетом Каталонии и лионским отделением Научно-исследовательского института природоохранных и сельскохозяйственных технологий (IRSTEA). Он был первоначально разработан для Агентства по управлению водными путями Франции (VNF), Агентства по управлению водосборным бассейном Артуа-Пикардии (Artois-Picardie) и Регионального директората по вопросам экологии, планирования и жилищного хозяйства (DREAL Nord-Pas-de-Calais) при Министерстве транспорта и должен быть применен и к другим компонентам сети, оператором которой является VNF.
 - Моделирование эволюции волнового режима акватории у побережья французских Антильских островов и о-ва Реюньон, осуществляемое лабораторией "Saint Venant" компании EDF (крупнейший поставщик электроэнергии во Франции), Национальной технической школой "Ponts ParisTech" и Французским техническим центром по вопросам водных путей и морей (SETMEF) во взаимодействии с Генеральным директоратом энергетики и климата, должно пролить свет на то, какие параметры следует учитывать при моделировании морского климата в местах расположения портов и на побережье в целом. В ходе исследования осуществляется моделирование режима волнения на всех участках береговой линии французской метрополии и заморских территорий, включая о-в Реюньон. На самом деле последствия изменения климата для климатологии океанов, в том числе в части, касающейся экстремальных условий, на Реюньоне неизвестны. Антильские острова также станут предметом исследования во второй раз.
- 1 Эффективное, упредительно-адаптивное управление водными ресурсами водных путей в условиях изменения климата (Gestion Efficente Prédictive et adaptative de la ressource en eau des voies navigables dans un contexte de changement climatique)
 - 2 Противодействие последствиям изменения климата (Gestion des Impacts du Changement Climatique)

II.21 Выводы и рекомендации Конференции

Конференция Экономической комиссии Организации Объединенных Наций для Европы (ЕЭК ООН) на тему "Адаптация международных транспортных сетей к изменению климата", в роли организаторов которой любезно выступили Торгово-промышленная палата г. Эвроса и Транспортная ассоциация греческих палат при поддержке Министерства инфраструктуры транспорта и коммуникаций и Министерства по вопросам окружающей среды, энергетики и изменения климата Греческой Республики, состоялась в Александруполисе 25–26 июня 2012 года.

От имени греческого министерства развития, инфраструктуры, транспорта и коммуникаций Конференцию открыли директор по проектированию и исследованию дорожных работ Генерального секретариата общественных работ г-н Николаос Малакатас и директор Отдела транспорта ЕЭК ООН г-жа Ева Молнар. С приветственными речами к участникам обратились президент Торгово-промышленной палаты Эвроса г-н Христодулос Топсидис, руководитель Совета Департамента Восточной Македонии и Фракии г-н Арис Гианнакидис, а также мэр Александруполиса г-н Ваггелис Ламбакис. Наконец, от имени министра развития инфраструктуры, транспорта и коммуникаций г-на Костиса Хацидакиса с приветственным словом выступил профессор Димитриос Цамбулас.

Конференция получила полную поддержку со стороны Комитета по внутреннему транспорту (КВТ) ЕЭК ООН, который был представлен его Председателем, г-ном Ежи Кленевски.

В конференции приняли участие 70 представителей государственного и частного секторов из Греции и других европейских и неевропейских стран, включая делегации министерств транспорта и общественных работ Франции, Казахстана, Нидерландов, Польши, Саудовской Аравии, Испании и Украины. Среди участников Конференции были также представители секретариата Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН), Экономической и социальной комиссии Организации Объединенных Наций для Азии и Тихого океана (ЭКСКАТО), Сообщества европейских железных дорог и компаний по управлению инфраструктурой (СЕЖД) AISBL, администрации порта Александруполис, администрации Аттической платной дороги, компании "Аттикес Диадромес С.А.", Греческого института инженеров транспорта, Греческого института транспорта при Исследовательско-технологическом центре "Эллас" (CERTH-HIT), Французской железнодорожной компании (НОЖД), Японской восточной железнодорожной компании, Форума европейских национальных дорожных исследовательских лабораторий (FEHRL), компании "ICF INTERNATIONAL", Управления портов Маврикия, Афинского национального технического университета, Стэнфордского университета, Гонконгского политехнического университета, Эгейского университета, компании "Via Donau – Österreichische Wasserstraßen Gesellschaft mbH", греческих торгово-промышленных палат наряду с представителями местных властей и делового сообщества. Представители общенациональных и местных средств массовой информации следили за ходом работы на заседаниях и участвовали в пресс-конференции.

Изменение климата, возможно, является одной из величайших угроз, которым подвергается наша планета. Сегодня существуют однозначные научные доказательства, подтверждающие, что изменение климата несет с собой глобальные угрозы водным ресурсами, продовольственной безопасности, биоразнообразию, поселениям людей и развитию личности, здоровью, условиям жизни, а также международному миру и безопасности. Кроме того, признается, что изменение климата является значительным

и на самом деле неизбежным вызовом как для грузовых, так и для пассажирских перевозок. Поэтому изменение климата требует безотлагательного принятия глобальных скоординированных мер реагирования на разных уровнях.

Повышение уровня моря, увеличение частоты и силы экстремальных штормовых волн и волновых нагонов, засухи, рост температуры атмосферного воздуха и силы аномальной жары, более холодные зимы, экстремально обильные осадки и паводки, а также таяние вечной мерзлоты создают серьезные угрозы для инфраструктуры и функционирования как прибрежного, так и внутреннего транспорта. Дорожное покрытие и иная автодорожная инфраструктура, инфраструктура и функционирование железных дорог и аэропортов, конструкция транспортных средств и условия вождения, инфраструктура и функционирование внутренних водных путей, а также морских портов и портов внутреннего судоходства – на всем этом в разной степени будет, по всей видимости, сказываться изменение климата.

Авторитетные докладчики и участники Конференции от ЕЭК ООН и ЭСКАТО ООН, государств-участников, межправительственных и неправительственных организаций, а также транспортной отрасли, научно-исследовательского и академического сообществ обсудили темы, касающиеся рисков, подверженности им и уязвимости по отношению к ним международных транспортных сетей, а также соответствующие меры по адаптации. Все они сошлись в том, что, учитывая масштаб вызова, абсолютно необходимо в приоритетном порядке рассматривать последствия изменения климата и соответствующие требования адаптации к ним, наряду с другими касающимися транспорта инициативами, которые направлены на смягчение последствий глобального потепления и для реализации которых ЕЭК ООН уже проделала большую работу.

Четкое определение термина "адаптация" было одним из вопросов, обсуждавшихся участниками, которые пришли к согласию о том, что под этим термином следует понимать "способность той или иной системы приспосабливаться к изменению климата, в том числе к его переменчивости и экстремальным проявлениям, смягчать потенциальный ущерб, использовать существующие возможности или преодолевать последствия". Соответственно, меры по адаптации нацелены на уменьшение уязвимости и повышение жизнестойкости транспортных систем.

Ряд экспертов из различных стран поделились своим опытом осуществления адаптационных мер, учитывающих специфику отрасли и позволивших снизить уязвимость транспортной сети. Участники выразили мнение, что подобные примеры эффективной адаптации инфраструктуры к изменению климата могли бы помочь в разработке руководств и/или наиболее эффективных методов практической работы.

Участники:

- сошлись во мнении о неотложной необходимости подготовки надлежащих стратегических мер и обмена информацией о наиболее эффективной практике;
- отмечали, что ни в одной из существующих национальных программ действий в области адаптации (НПДА), разработанных согласно Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата и представляющих собой процесс, с помощью которых наименее развитые страны (НРС) определяют приоритетные направления деятельности в соответствии с их неотложными, насущными потребностями в области адаптации к изменению климата, не содержится четких положений о транспортной инфраструктуре;
- говорили о том, что т. н. экологичные государственные закупки (ЭГЗ) – процедура, с помощью которой госпредприятия стремятся приобрести товары и услуги и

заказывать работы с минимальным воздействием на окружающую среду на всем протяжении жизненного цикла, – являются, безусловно, шагом в правильном направлении. Они также отмечали, что некоторые страны уже решили использовать ЭГЗ применительно к по меньшей мере 50% приобретаемых ими продуктов;

- указывали, что концессионные договоры в отношении транспортной инфраструктуры и особенно те, которые касаются автомобильного транспорта, как правило, не содержат необходимых положений об адаптации к изменению климата;
- отмечали, что планировщики/проектировщики транспортной инфраструктуры и производители транспортной техники должны, начиная уже с этапа планирования, принимать во внимание региональные прогнозы изменения климата и его потенциальные последствия. Кроме того, соображения, связанные с изменением климата, должны стать неотъемлемой частью процесса управления инженерно-техническими работами, а также должны учитываться при разработке национальных и международных стратегий и нормативных положений;
- высказывали мысль о чрезвычайной важности проверки транспортной инфраструктуры с применением критерия критичности для выработки и успешной реализации оптимальных адаптационных мер;
- отмечали, что ввиду прогнозируемых небольших изменений в значениях среднего уровня воды в период до 2050 года последствия изменения климата для внутренних водных путей, как ожидается, будут незначительными; однако предполагаемое увеличение пространственно-временной изменчивости показателей уровня воды может создавать проблемы, решение которых потребует комплексного планирования и управления водными путями;
- согласились с тем, что выработка эффективных адаптационных стратегий требует как сотрудничества в проведении исследований, так и формулирования эффективной политики. В связи с этим они приветствовали использование исследовательской методики, принятой в рамках проекта ECONNET, которая сочетает климатические и гидрологические модели с транспортно-экономическими с целью определения эффективных адаптационных мер для внутренних водных путей;
- отмечали работу по адаптации к изменению климата, проводимую Европейским союзом, включая: i) Белую книгу 2009 года по адаптации, цель которой – повысить устойчивость ЕС к изменению климата; ii) Стратегию адаптации, реализация которой начнется к 2013 году и которая будет служить Союзу "дорожной картой" на пути к адаптации. Они также высказали мысль о необходимости применения более долгосрочных стратегических подходов к территориальному планированию;
- были проинформированы о деталях планируемого проекта "Sea to Sea", целью которого является налаживание железнодорожного сообщения между Средиземноморским и Черноморским регионами (Александруполис – Бургас);
- отмечали, что малые островные развивающиеся государства (МОРАГ) сталкиваются с серьезными трудностями, вызванными изменением климата (такими, как тропические циклоны, штормовые нагоны и другие экстремальные природные явления), которые могут приводить к затоплению морских портов и аэропортов и наносить другой ущерб, весьма значительно сказываясь на функционировании систем и служб. В то же время развитие МОРАГ зависит от

экономической деятельности (например, туризма), на которую будет серьезно влиять изменение климата; это в свою очередь может оказать негативное воздействие на международные перевозки. Для создания необходимого местного потенциала этим странам нужна финансовая и техническая помощь со стороны развитых стран и международных организаций;

- подчеркивали, что, хотя сейчас в стадии разработки или строительства находится целый ряд крупных проектов по созданию портовой инфраструктуры, используемые применительно к ним схемы инвестирования/нормативы проектирования, как правило, не учитывают соображений, касающихся изменения климата. Обеспечение устойчивости портов к климатическим воздействиям потребует укрепления потенциала, выявления рисков и организационной работы (например, проведение занятий по отработке действий в чрезвычайных ситуациях и/или действий по эвакуации), а также распределения рисков (увеличение страхового покрытия, помощь пострадавшим от стихийных бедствий и т.п.);
- отмечали, что, хотя изменение климата порождает большие проблемы, оно может также создавать возможности (появление новых морских портов, новых туристических маршрутов);
- были едины во мнении о необходимости большей координации между различными транспортными секторами и их соответствующими инициативами в интересах развития смешанных перевозок;
- отмечали, что некоторые страны в настоящий момент не могут позволить себе осуществления планов по адаптации ввиду слишком большого объема необходимых для этого инвестиций. При этом, однако, подчеркивалось, что для адаптации существующей инфраструктуры можно использовать малозатратные технологии, основанные на более четком понимании существующих рисков и связанных с ними потенциальных издержек;
- указывали на неотложную необходимость финансирования заинтересованными сторонами планов по адаптации, а также на потребность в новаторских решениях;
- говорили о предпочтительности размещения транспортных сетей в тех районах, которые с наименьшей вероятностью будут подвержены последствиям изменения климата; кроме того, следуя комплексному подходу, на этапе планирования необходимо принимать во внимание соображения, касающиеся стратегического землепользования и интеграции с другими секторами (например, сельское хозяйство и туризм);
- были проинформированы о проведенном при финансовой поддержке Банка Греции исследовании на тему об адаптации греческих транспортных сетей к изменению климата и связанных с этим расходах, в котором приняли участие более 200 ученых, представляющих разные дисциплины, в том числе четверо специалистов по транспорту;
- заслушали краткие сообщения о двух исследованиях на уровне ЕС по родственной тематике – завершенном проекте "FP7 WEATHER" ("Экстремальные погодные явления: оценка последствий для транспортных систем и опасностей, которым подвергаются регионы Европы") и являющемся его продолжением проекте "FP7 MOWE-IT" ("Анализ погодных явлений с точки зрения транспортных систем"), цель которого – оценка, в том числе количественная, воздействия изменения климата на транспортные сети.

Исходя из того, что адаптация транспортных сетей к изменению климата является проблемой, решать которую можно лишь совместными усилиями путем сотрудничества на всех уровнях, участники согласовали следующие рекомендации:

1. Выводы, сделанные в ходе конференции, должны быть доведены до сведения других правительственных учреждений стран, участвовавших в Конференции, которые занимаются адаптацией транспортных сетей к изменению климата.
2. Распространение адаптационной практики в транспортном секторе должно также осуществляться по линии принятой в рамках РККИК ООН Найробийской программы работы (НПР) путем принятия обязательства в отношении соответствующих мер. НПР служит платформой для обмена знаниями и объединения усилий различных организаций.
3. Правительствам следует отдавать себе отчет в том, что существует проблема изменения климата и его последствий для транспортных сетей; следует повышать информированность по вопросам адаптации транспортной инфраструктуры к изменению климата и предпринимать больше усилий в этом направлении.
4. Следует проводить совместные научные исследования и принимать меры в области политики для разработки эффективных стратегий адаптации к последствиям изменения климата для международных перевозок. Первым шагом в деле восполнения нынешних пробелов в знаниях и определения приоритетных областей должно стать проведение целенаправленных исследований проблемы уязвимости, эмпирических исследований и оценки потенциальных рисков и соответствующих издержек.
5. Выработка политики должна быть научно обоснованной и учитывать специфические особенности каждого региона.
6. Следует найти инвестиции, непосредственно предназначенные для адаптации транспортных сетей к изменению климата, поскольку адаптация инфраструктуры связана с более высокими по сравнению с обычным строительством расходами и, кроме того, некоторые государства не имеют финансовой возможности реализовать такие планы.
7. С учетом вышеизложенного следует провести дополнительные исследования и содействовать принятию конкретных мер для обеспечения доступной по средствам адаптации транспортной инфраструктуры и мобильности к изменению климата.
8. Следует обеспечить широкое распространение результатов этой конференции, с тем чтобы оказать содействие в разработке руководящих положений для стран, расположенных во всех географических зонах региональных комиссий Организации Объединенных Наций.

Участники выразили признательность Торгово-промышленной палате Эвроса и Транспортной ассоциации греческих палат как организаторам конференции в Александруполисе за оказанное теплое гостеприимство в столь замечательных условиях, греческому Министерству инфраструктуры транспорта и коммуникаций и греческому Министерству по вопросам окружающей среды, энергетики и изменения климата – за поддержку этого мероприятия, докладчикам – за то, что поделились своим опытом и высказали предложения относительно возможных способов совершенствования адаптации транспортных сетей к изменению климата, и ЕЭК ООН – за организацию Конференции.

С материалами Конференции, включая тексты выступлений, можно ознакомиться на вебсайте ЕЭК ООН: http://www.unece.org/trans/main/wp5/wp5_conf_2012_june.html

ПРИЛОЖЕНИЕ III. Дополнительные материалы, представленные в Группу экспертов по последствиям изменения климата для международных транспортных сетей и адаптации к ним

III.1 Последствия изменения климата для инфраструктуры автомобильного и железнодорожного транспорта и адаптация к ним (Ф. Немри, Х. Демирель, исследовательский центр ОИЦ/ИПТИ)

Оговорка. Излагаемые в данном материале мнения принадлежат исключительно его авторам и ни при каких обстоятельствах не могут рассматриваться как выражающие официальную позицию Европейской комиссии.

Введение

В будущем транспорт, возможно, будет испытывать на себе последствия одного или нескольких одновременных изменений в климатических условиях, включая более жаркое лето, экстремально обильные осадки, повышение штормовой активности и уровня моря. Если при проектировании будущей транспортной инфраструктуры и проведении работ по ее содержанию не предвидеть подобных последствий, такие перемены в гидрометеорологическом режиме могут ускорить ухудшение ситуации в некоторых регионах, повысить риск серьезного ущерба, сбоев в движении транспорта и аварий, что в свою очередь могло бы отразиться на экономической деятельности.

ОИЦ/ИПТИ провел исследование на тему о будущих последствиях изменения климата для инфраструктуры автомобильного и железнодорожного транспорта, изучив три конкретных примера адаптации и определения степени уязвимости²⁷. Это одно из исследований, осуществленных ОИЦ в рамках проекта PESETA II, который посвящен оценке будущих последствий изменения климата в Европе.

Метод

В рамках исследования использовались прогнозы, основанные на имеющихся климатических моделях (RPP7 ENSEMBLE²⁸), применительно к трем разным сценариям глобальных выбросов (в малых объемах (E1), средних (A1B) и, соответственно, больших (RCP8.5) с численной реализацией региональных моделей. Техничко-экономический анализ был проведен с высокой степенью географического разрешения применительно ко всей Европе посредством сочетания различных видов пространственной информации, включая климатологические данные и факторы климатического стресса, информацию по транспорту (транспортная инфраструктура, сеть, перевозки), физическую информацию (в частности, сведения о повышении уровня моря, береговой полосе, информация, имеющая отношение к инженерно-техническим работам, например, о механизмах деградации и разрушения).

²⁷ Nemry F, Demirel H. Transport and Climate Change: a focus on road and rail transport infrastructures. EUR 25553 EN. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2012. JRC72217.

²⁸ <http://www.ensembles-eu.org/>.

Основные результаты

В ходе этого исследовательского проекта были определены некоторые будущие тенденции в **изменении степени подверженности** автодорожной и железнодорожной инфраструктур рискам, связанным с погодными факторами, в условиях меняющегося климата применительно к двум периодам в будущем (2040–2070 и 2070–2100 годы), а также будущие **издержки, обусловленные деградацией и повреждением инфраструктуры**. Кроме того, была произведена оценка расходов, связанных с некоторыми специально отобранными **примерами адаптационных мер**. Эти расчеты выполнялись с высокой степенью географического разрешения и на более высоком уровне агрегации.

Будущие последствия для дорожно-транспортной инфраструктуры

Хотя главными целями, которые преследуют нормы строительства и содержания транспортной инфраструктуры, являются ее целостность и функциональность, включая способность выдерживать текущее воздействие погодных факторов, полностью избежать **деградации** инфраструктуры и **выхода ее из строя** под воздействием этих факторов экономически невозможно. Если говорить об инфраструктуре дорожного транспорта, то на преодоление негативных последствий воздействия погодных факторов приходится от 30 до 50% нынешних текущих расходов на содержание дорог в Европе (8–13 млрд. евро в год). Примерно 10% этих затрат ($\approx 0,9$ млрд. евро в год) связаны исключительно с последствиями экстремальных погодных событий, среди которых основную роль играют экстремально обильные ливни и наводнения.

В исследовании ОИЦ/ИПТИ делается вывод о том, что на агрегированном уровне 27 государств – членов ЕС средние параметры обусловленной осадками обычной деградации дорожной инфраструктуры в будущем возрастут лишь незначительно. Однако повышение повторяемости случаев экстремальных осадков (а также разливов рек и наводнений, вызванных дождями), которые, согласно прогнозам, будут происходить в различных европейских регионах, могут привести к дополнительным расходам на дорожно-транспортную инфраструктуру (50–192 млн. евро в год по сценариям А1В в период с 2040 по 2100 год). Прогнозируется, что более мягкие зимы приведут к снижению затрат на дорожную инфраструктуру (на 170–508 млн. евро в год по сценариям А1В). И наоборот, повышение средней температуры может потребовать внесения коррективов в мероприятия и практику содержания дорог и повлечь за собой дополнительные издержки для обеих отраслей дорожного транспорта.

Эти цифры дают общую картину возможных тенденций развития дорожного транспорта в Европе с высокой степенью агрегации. Не исключаются и более суровые последствия на местном или региональном уровне, что подразумевает более значительное увеличение расходов на ремонт и техническое содержание инфраструктуры, а также косвенные последствия (например, гибель людей вследствие экстремальных погодных событий) при авариях на объектах инфраструктуры. Так, например, наблюдаемые сегодня режимы экстремально обильных осадков отличаются весьма неравномерным пространственным распределением.

Уязвимость и адаптация

В исследовании анализируются четыре конкретных примера, касающиеся уязвимости по отношению к будущим климатическим воздействиям и мер адаптации, охватывающих различные аспекты изменения климата и типы инфраструктуры с соответствующими сроками службы.

Адаптация *битумной вяжущей дорожного покрытия* с целью уменьшения образования в нем трещин под воздействием жары является наименее затратной мерой, и, учитывая относительно короткий срок службы покрытия (примерно 7 лет), она, как ожидается, не будет представлять особых проблем для проектировщиков инфраструктуры.

Примерно 20% всех существующих *речных мостов*, возможно, потребуют в предстоящие десятилетия защиты от опасности размыва ввиду увеличения пиковых значений расхода воды в реках. Учитывая долгий проектный срок службы мостов (более 100 лет) и длительность цикла планирования работ по их содержанию, будущие риски, связанные с климатическими факторами, должны учитываться при проведении соответствующих предварительных исследований на предмет соотношения затрат и результатов.

Применительно к обусловленному жарой *риск*у *искривлению рельсов* и схода с них поездов наиболее распространенной адаптационной мерой является ограничение скорости. Сегодня задержки, вызываемые такой мерой, сопряжены с небольшими издержками для транспорта. Повышение интенсивности и повторяемости жары в летний период может привести к более частым задержкам в работе железнодорожного транспорта (в два или четыре раза в зависимости от сценарного прогноза – А1В или, соответственно, RCP8.5). Сокращению таких задержек могло бы способствовать изменение технологии закрепления рельсового пути, однако для обоснования такого варианта и определения связанных с ним затрат потребуются проведение детальной оценки.

Применительно к рассматривавшимся примерам мер адаптации дорожной инфраструктуры в сравнении с расходами на ее содержание оценочные адаптационные затраты по сценариям А1В (314–560 млн. евро в год) составляют незначительную долю текущих расходов на содержание дороги (1,2–2,2%). В то же время стоимость ущерба, избежать который позволяют подобные адаптационные меры, была бы в несколько раз выше. Издержки, связанные с обрушением моста, вполне могут превышать стоимость самого моста в 2–10 раз.

Результатом этого исследования стала первичная оценка будущего риска повышения уровня моря и последствий *усиления штормовых нагонов* морской воды для транспортной инфраструктуры. Эта оценка риска была произведена применительно к инфраструктуре в районах, расположенных ниже уровня, определяемого суммой значения повышения уровня моря (1 м) и значения высоты штормового нагона, случающегося раз в сто лет. Так, например, в случае дорог, расположенных на уровне Европейского континента, риску постоянного или эпизодического затопления подвержены 4,1% объектов прибрежной инфраструктуры. Стоимость этой инфраструктуры оценивается примерно в 18,5 млрд. евро.

III.2 Адаптация к изменению климата: последствия для железнодорожного сектора и предъявляемые к нему требования (Либор Лохман, исполнительный директор СЕЖД)

Политический контекст ЕС

В последние годы Европейская комиссия предприняла конкретные шаги по повышению значимости вопросов адаптации к изменению климата в контексте политической повестки дня ЕС. В 2009 году Комиссия опубликовала Белую книгу "Адаптация к изменению климата: путь к выработке Европейской программы действий", в которой определяется стратегия ЕС и его государств-членов, направленная на подготовку к преодолению последствий изменения климата. К сожалению, в этом документе не было уделено достаточно внимания транспортному сектору, несмотря на то, что устойчивый к климатическим воздействиям транспорт абсолютно необходим в нашей повседневной жизни. В 2010 году рассмотрением этого вопроса занялся Европейский парламент, принявший важную резолюцию (2009/2152(INI), в которой указывалось на недостаточность внимания, уделенного транспортному сектору в Белой книге 2009 года, и в соответствии с предложениями СЕЖД содержался призыв к

Комиссии поставить транспортный сектор во главу угла выработываемой Европейской стратегии адаптации к изменению климата.

С тех пор Европейская комиссия приступила к разработке Стратегии адаптации к изменению климата, которая, как мы ожидаем, будет опубликована в марте 2013 года. СЕЖД вносит свой вклад в работу Комиссии, предоставляя материалы об адаптационных мероприятиях железнодорожного сектора, последствиях изменения климата для работы компаний и о том, что отрасль ожидает от учреждений ЕС. В связи с этим СЕЖД участвует в работе Руководящей группы ЕС по адаптации к изменению климата, которая оказывает поддержку и консультационные услуги Комиссии в ее работе над будущей стратегией. Мы ожидаем, что Комиссия сосредоточит внимание на следующих основных направлениях работы с целью обеспечения большей устойчивости ЕС к климатическим воздействиям: оценка затрат на адаптацию, ее преимуществ и последствий; расширение знаний; стимулирование применения нормативов и руководящих принципов; сбор и распространение примеров наиболее эффективной практики.

Железнодорожный сектор уже проделал значительную работу во всех этих областях, и Европейская комиссия теперь в курсе того, какой важный вклад этот сектор может внести в разработку стратегии, а также в ее реализацию. Наряду с этим СЕЖД создало специальную рабочую группу по адаптации к изменению климата, в рамках которой железнодорожные компании обмениваются передовым опытом и обсуждают способы учета требований адаптации к изменению климата в осуществляемых стратегиях, стандартах и при изыскании возможностей финансирования.

Важно подчеркнуть, что наряду с адаптацией к изменению климата ЕС в своей Белой книге по транспорту 2011 года "Дорожная карта к единому европейскому транспортному пространству" наметил амбициозную стратегию развития транспортного сектора. Ее главным тезисом является то, что железнодорожная отрасль должна стать хребтом транспортной системы ЕС благодаря значительному увеличению ее доли на рынке как пассажирских, так и грузовых перевозок на средние расстояния (>300 км) к 2050 году.

Принципиально важно, чтобы эта общая политическая поддержка железнодорожного сектора нашла отражение в будущей стратегии ЕС в области адаптации к изменению климата и в реализации положений Белой книги 2011 года по транспорту. Вместе с тем сектор твердо намерен продолжать свои усилия с целью повышения способности железнодорожной сети противостоять климатическим воздействиям и одновременно вносить коррективы в свой потенциал и пропускную способность, чтобы быть в состоянии справиться с новыми объемами перевозок в результате их перераспределения по видам транспорта.

Адаптация к изменению климата – реальность для железнодорожного транспорта. Высокие значения температуры, периоды аномальной жары, а также кратковременные интенсивные ливни и затяжные дожди – лишь некоторые из последствий изменения климата, с которыми во все большей мере будет сталкиваться железнодорожный сектор, а также общество и экономика в целом. Это также будет означать, например, риск все более частых сбоев в движении, роста потребления энергии системами кондиционирования воздуха в летний период, опрокидывания поездов или потери контакта с проводами подвески под воздействием мощного ветра. Хотя эти последствия уже ощущаются железнодорожным транспортом, их воздействие, как ожидают железнодорожные компании, еще больше возрастет в ближайшие два–три десятилетия.

Для железнодорожного сектора адаптация к изменению климата является весьма серьезной проблемой, и многие компании уже создали целевые группы и/или разработали специальные стратегии, а также наладили НИОКР. Осуществленный по линии МСЖД двухлетний проект АЖИИК – "Адаптация железнодорожной инфраструктуры к изменению климата" – хороший пример, особенно в том, что касается получения широкой подборки вариантов существующей эффективной практики комплексного решения проблем, связанных с опасными природными явлениями. Поэтому СЕЖД приветствует планируемое ЕС дальнейшее продвижение

в осуществлении политического курса на адаптацию к изменению климата и взаимодействует как с государствами – членами Союза, так и с его директивными инстанциями, стремясь использовать все имеющиеся ресурсы и меры на уровне ЕС, равно как и на национальном уровне, для обеспечения того, чтобы адаптация к изменению климата способствовала экономически рациональному и устойчивому функционированию транспортного сектора, входящая в состав которого мощная железнодорожная отрасль является хребтом европейской транспортной системы.

СЕЖД считает, что политические меры по поддержке адаптации железнодорожного сектора необходимо рассматривать в качестве одной из приоритетных задач в рамках будущей стратегии ЕС наряду с мерами по смягчению последствий ИК для транспорта. Следует наращивать усилия с целью более полного информирования правительств и местных органов власти об адаптации железнодорожного транспорта к изменению климата. В то же время ЕС следует оказывать поддержку проводимым железнодорожным сектором исследованиям с целью устранения выявленных пробелов в исследовательской работе.

В связи с этим важно подчеркнуть, что необходимо как смягчение последствий ИК, так и адаптация к нему. Это тем более актуально, если учесть, что на долю транспортного сектора приходится 27% выбросов парниковых газов в странах ЕС. Стратегия ЕС в области адаптации дает возможность дополнительно акцентировать необходимость принятия мер по смягчению последствий ИК применительно ко всему транспортному сектору в целом. В настоящий момент транспорт – единственный сектор в ЕС, чьи выбросы CO₂ в атмосферу растут, что перевешивает успехи, которых удалось добиться в сокращении эмиссий в других секторах нашей экономики. Лишь железнодорожный транспорт сокращает выбросы парниковых газов, хотя и так является видом транспорта с низким уровнем эмиссии углерода. Более того, сектор в одностороннем порядке обязался дополнительно сократить по сравнению с уровнем 1990 года свои удельные выбросы CO₂ в процессе перевозок на 30% к 2020-му и, соответственно, на 50% к 2030 году, имея в виду в более долгосрочной перспективе – к 2050 году – свести выбросы углерода при осуществлении перевозок к нулю.

Еще одной ключевой областью, где сотрудничество между институтами ЕС и железнодорожным сектором имеет жизненно важное значение, является стандартизация. Европейская железнодорожная система исторически регламентируется посредством огромного и сложного набора иерархически построенных норм и правил.

Для адаптации европейской железнодорожной системы к изменению климата необходимо соответствующим образом адаптировать или расширить существующую стандартизационную базу. В апреле 2012 года СЕЖД организовало секторальное рабочее совещание на тему "Адаптация к изменению климата: реальность и перспективы для железнодорожного сектора". Одним из конкретных результатов этого совещания стало то, что СЕЖД выступило с инициативой, цель которой – сформулировать общие цели отрасли и оказать поддержку Комиссии, имея в виду публикацию ее стратегии в 2013 году.

Главный тезис отрасли в этом вопросе заключается в том, что необходима полная инвентаризация существующих норм и правил для выявления того разрыва, который существует между нынешним состоянием железных дорог, включая подвижной состав и инфраструктуру, и целью – созданием жизнестойкой железнодорожной сети. Недостающее должно быть восполнено путем четко ориентированных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, например, по линии Рамочной программы "Горизонт–2020". Принимая во внимание стоимость компонентов системы железнодорожного сообщения, имеющих долгий срок службы, – как правило, 20–30 лет для поездов, 30 лет для балластной призмы и 75 лет для мостов – стандартизационная работа должна получить широкую, мощную поддержку, и начать ее следует как можно раньше, что позволит осуществлять периодическую замену существующих и испытывающих физическую усталость компонентов железнодорожной системы новыми,

усовершенствованными и устойчивыми к воздействию меняющегося климата. При этом необходимо иметь в виду следующие основные элементы железной дороги: балласт, цепная контактная подвеска, земляное полотно, сплошное подрельсовое основание, дренажные системы, водопропускные трубы и мосты.

Вывод

Последствия изменения климата становятся реальностью и затрагивают нашу экономику, нашу окружающую среду и наши обычные схемы передвижения. Это делает все более и более необходимыми меры по смягчению этих последствий. В то же время, хотя такие усилия нужны, они в свою очередь должны будут преодолевать воздействие все более интенсивных и суровых погодных явлений, с которыми мы сталкиваемся уже сегодня. Поэтому принципиально важно сочетать политику сокращения выбросов парниковых газов с мерами по адаптации к изменению климата и защите от экстремальных погодных явлений.

Железнодорожный сектор готов играть одну из ведущих ролей в оказании поддержки европейским институтам и основным заинтересованным сторонам в определении правильного политического курса и приоритетов с целью повышения устойчивости железных дорог к воздействию меняющегося климата. СЕЖД будет и впредь способствовать обмену передовым опытом между своими членами и помогать директивным инстанциям в поиске наиболее эффективных решений с точки зрения учета связанных с изменением климата соображений в политике и нормах ЕС, а также при использовании имеющихся у него возможностей финансирования.

В апреле 2013 года СЕЖД планирует организовать совместно с Европейской комиссией второе отраслевое совещание на тему о железных дорогах и адаптации к изменению климата. Оно даст замечательную возможность подвести итог работе, проделанной отраслью за предыдущий год, и обсудить стратегию ЕС, направленную на адаптацию к изменению климата, которая, как ожидается, будет опубликована в марте 2013 года.

III.3 Тематическое исследование корпоративного опыта НОЖД (Александр Каддури, контактное лицо по проблемам климата и энергетики, НОЖД, отдел по вопросам обеспечения устойчивости)

В марте 2012 года более 40% французов полагали, что изменение климата является важнейшей экологической угрозой. В ходе проведенного тогда опроса семь человек из десяти сказали, что воспринимают последствия изменения климата как угрозу собственной жизнедеятельности (опрос, проведенный IFOP для WWF France).

Для НОЖД этот вопрос является предметом изучения с 2009 года, когда были приняты "Гренельские законы". Стремясь способствовать разработке французского национального плана действий по адаптации к изменению климата, НОЖД решило внести вклад в это дело по трем основным причинам:

- каждый год НОЖД осуществляет капиталовложения в систему железнодорожного сообщения (подвижной состав которой имеет срок службы примерно в 40 лет, а вокзалы и станции функционируют еще дольше);
- НОЖД стремится снизить риски, связанные с эксплуатацией поездов, и повысить жизнестойкость железнодорожной системы;

- изменение климата может вызывать перемены в традиционных предпочтениях пассажиров, а также создавать новые возможности в плане мобильности.

В соответствии с методом, описанным de Perthuis et al. в работе "Economic Aspects in Adaptation for Climate Change" ("Экономические аспекты адаптации к изменению климата" (2010), НОЖД стремится выявить все актуальные для ее функционирования последствия глобального потепления, уязвимые места и выработать график мероприятий по адаптации. Исходя из этого, НОЖД может наметить альтернативные варианты адаптационных мер применительно к каждому виду последствий. В этом контексте мы можем также выбрать некоторые альтернативы с глобальным прицелом: краткосрочные меры, дающие долгосрочный эффект (стандартизация и т.п.), гибкие меры по повышению надежности железнодорожной системы в увязке с потенциальными климатическими сценариями (виртуальная мобильность или альтернативные варианты мобильности, кризисное управление в увязке с эволюцией климата и т.п.), долгосрочные меры (кризисное управление в связи с изменением климата) и "бесприигрышные" при любых обстоятельствах варианты действий. Затем каждое подразделение группы НОЖД должно определиться с собственным планом действий и осуществлять его в увязке с соображениями глобального управления.

Более высокие значения температуры, более продолжительные периоды аномальной жары летом, более прохладные зимы и более частые экстремальные климатические явления неизбежно будут сказываться на повседневной деятельности НОЖД, условиях для пассажиров и для работы персонала, техническом обслуживании, а также на регулировании деятельности транспорта.

В плане НОЖД по адаптации к изменению климата намечено несколько направлений работы – от смягчения последствий до сокращения выбросов парниковых газов. В плане содержится четкая картография рисков, влияющих на программы адаптации на местном уровне, и в то же время применительно к работе по смягчению последствий учитываются более глобальные аспекты. Поскольку эти сценарные прогнозы будущего климата и его воздействия на инфраструктуру и подвижной состав дают представление о климате будущего, задача тех, кто отвечает за планирование, проектирование, строительство и эксплуатацию железнодорожной системы, заключается в понимании того, как изменение климата будет воздействовать на все эти подсистемы. Кроме того, существуют новые технологии, которые необходимо освоить и применять для решения проблем, отличающихся высокой степенью неопределенности. Если мы будем действовать таким образом, то нам будет легче справиться с относительно незначительными расходами на адаптацию к климатическим переменам.

Адаптационные решения делятся на две категории, предусматривающие: а) действия, увязанные с темпами изменения климата, строительство новых объектов инфраструктуры, новых станций и производство нового подвижного состава; и б) меры нейтрализации климатических воздействий путем восстановления и защиты объектов от существующих климатических рисков.

Планом НОЖД определены требования, касающиеся учета изменения климата и адаптации к нему, которые в рабочем порядке выполняются на различных уровнях управления.

Таблица III.1. Краткое содержание адаптационного плана НОЖД.

УЗНАТЬ	<ul style="list-style-type: none"> • выяснение рисков и возможностей
НАМЕТИТЬ	<ul style="list-style-type: none"> • меры защиты от климатических воздействий на стадии инвестирования/проектирования, пересмотр норм проведения проверок и технического обслуживания; • обновление плана профилактических работ и кризисное управление; • разработка альтернативных вариантов обеспечения мобильности
ПРИНЯТЬ РЕШЕНИЕ	<ul style="list-style-type: none"> • управленческие меры противодействия климатическим рискам совместно с заинтересованными сторонами и обеспечение информированности представителей региональных властей; • налаживание системы информирования клиентов по климатическим вопросам; • проведение учений по отработке действий в чрезвычайных ситуациях, вызываемых климатическими факторами.

Наконец, эволюция средних климатических показателей может также приводить к изменениям в спросе на транспортные услуги, в инфраструктурных потребностях и в условиях поездок вследствие перемен в туристических маршрутах, распределении населения и в сельскохозяйственном производстве.

III.4 Технические меры смягчения последствий изменения климата для работы железных дорог (Джон Дора, компания "CEng FICE FRMetS, John Dora Consulting Ltd ")

Общие сведения

Современные железные дороги являются безопасным видом транспорта, обладающим "запасом прочности", причем методики обеспечения безопасности, применяемые к нему, эволюционировали на протяжении более чем 180-летней истории существования железнодорожной отрасли. Правила безопасности разрабатываются главным образом для обеспечения интервалов в движении поездов, что делает возможным более частое курсирование более быстрых и более грузоподъемных составов. Воздействие экстремальных или необычных погодных явлений на безопасность железных дорог минимально: движение поездов ограничивается и может даже прекращаться в случаях, когда выявляются неблагоприятные погодные условия, которые могут представлять собой угрозу безопасности. Тем не менее следствием вводимых по соображениям безопасности ограничений является снижение надежности работы железнодорожных служб.

Ожидается, что по мере изменения климата будут меняться и погодные режимы, и если оставить нынешний запас прочности железных дорог как системы без изменений, то приемлемые сегодня уровни безопасности и надежности предоставляемых услуг станут уже неприемлемыми.

Меняется не только климат

Люди все больше полагаются на железные дороги, вследствие чего те испытывают на себе все возрастающую нагрузку, связанную с увеличением объемов перевозок по мере того, как набирает темпы процесс перераспределения перевозок в пользу этого устойчивого вида транспорта. Со временем, – скажем, в следующие 10–50 лет – если инфраструктура и практика ее эксплуатации, технические нормы и пороговые уровни вмешательства останутся в том виде, в котором они существуют сегодня, то нарастающая интенсивность движения и меняющиеся режимы погоды

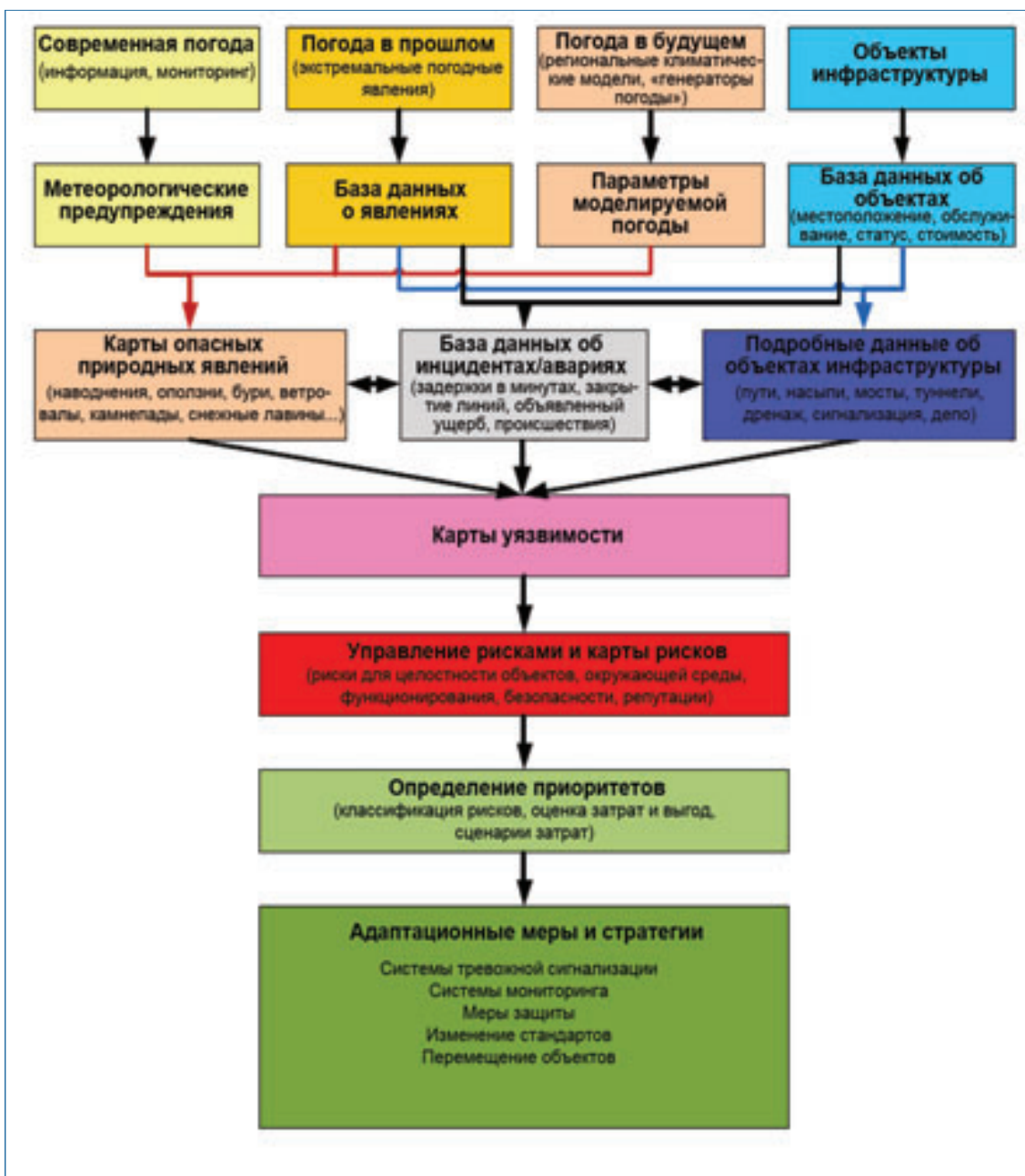


Рисунок III.1. Компоненты, процессы и информационные потоки в рамках комплексного реагирования на природные угрозы.

создадут крайне серьезные проблемы с надежностью железных дорог как системы. Сегодня уже недопустимо продолжать проектировать, строить, эксплуатировать и содержать системы инфраструктуры, используя нормативы, основанные на данных о гидрометеорологических режимах прошлого²⁹.

²⁹ Institution of Civil Engineers, Dec 2012. Adaptation for climate change risks, London. <http://www.ice.org.uk/topics/transport/Case-Studies/Climate-Change--mitigation-and-adaptation-challeng>.

Таблица III.2. Примеры серьезных угроз, с которыми сталкивается железнодорожная сеть Великобритании, и возможные способы их нейтрализации.

Угроза	Затрагиваемая система	Проблема	Возможное решение
Повышение уровня моря и штормливости	f. Железные дороги на побережье	g. Повреждение волноотбойной стены – риск пролома, затопления и схода с рельсовk	h. – Восстановление стены согласно надлежащим стандартам – Внедрение системы прогнозирования состояния моря
i. Повышение уровня моря и штормливости	j. Железные дороги на побережье	k. Перекрывающиеся волны, повреждающие/ воздействующие на транспортные средства	l. – Восстановление стены согласно надлежащим стандартам – Внедрение системы прогнозирования состояния моря
m. Экстремально интенсивные дождевые осадки	n. Почва срезы – оползание	o. Препятствие в деле снижения риска схода с рельсов	p. – Картографирование мест концентрации воды – Оценка структурного состояния земляного полотна – Оценка местоположения, состояния и степени критичности дренажа – Улучшение состояния земляного полотна и/или дренажа за счет инвестиций – Упорядочение управления дренажной системой посредством стратегических планов
q. Экстремально интенсивные дождевые осадки	r. Мосты – размыв	s. Ослабление мостовых опор, вызывающее обрушение моста и риск схода с рельсов	t. – Оценка вероятности размыва мостовых опор – Установка защиты от размыва – Налаживание мониторинга риска затопления в увязке с прогнозами специализированных служб о наводнениях – Контроль за уровнем воды в реках
u. Экстремально интенсивные дождевые осадки	v. Вспомогательные системы светофорной сигнализации и силовой линии	w. Затопление путей, выход из строя важнейшего вспомогательного оборудования силовой линии	x. – Картографирование мест концентрации воды – Улучшение состояния земляного полотна и/или дренажа за счет инвестиций – Упорядочение управления дренажной системой посредством стратегических планов
y. Экстремальная жара	z. Пути	aa. Искривление рельсов, создающее риск схода с них	bb. – Ведение реестра данных о состоянии пути по конкретным участкам – Установление ограничений на скорость в местах, подвергающихся угрозе – Ограничение в жаркую погоду деятельности, влияющей на балластный слой – Окраска рельсов в критических местах в белый цвет
cc. Экстремальная жара	dd. Вспомогательные системы светофорной сигнализации и силовой линии	ee. Надежность программного обеспечения и компонентов техники	ff. – Применение активного/пассивного охлаждения кожухов оборудования – Установка оборудования в тени – Изменение спецификаций и замена оборудования
gg. Экстремальная жара	hh. Люди	ii. Тепловой стресс	jj. – Определение продолжительности воздействия жары на людей и ее последствий для них, соответствующая корректировка списка дежурств – Просвещение персонала на тему о проблемах со здоровьем в жаркую погоду и мерах предосторожности – Учет разницы между работой в помещении и на открытом воздухе – Учет влияния жаркой погоды на режим сна и утомляемость персонала
kk. Экстремальная жара	ll. Оборудование транспортных средств	mm. Надежность программного обеспечения и компонентов техники	nn. – Покраска транспортных средств в светлые тона – Применение активного или пассивного охлаждения – Недопущение установки оборудования на крыше транспортного средства

Угроза	Затрагиваемая система	Проблема	Возможное решение
oo. Резкие перепады температуры в жару	pp. Вспомогательные системы светофорной сигнализации и силовой линии	qq. Надежность программного обеспечения и компонентов техники	гг. – Использование оборудования, обладающего высокой тепловой инерцией – Установка оборудования в тени – Изменение спецификаций и замена оборудования
ss. Экстремальная жара	tt. Подвесная контактная сеть	иш. Провисание контактного провода	vv. – Укрепление опор и проводов подвески
ww. Увеличение скорости ветра	хх. Подвесная контактная сеть	уу. Боковое смещение контактного провода	zz. – Укрепление опор и проводов подвески

Повышение устойчивости к климатическим воздействиям и надежности

Данные и проекта МСЖД ARISCC³⁰, и проекта RSSB "TRaCCA"³¹ указывают на необходимость обеспечения более четкого понимания уязвимости железных дорог по отношению к воздействию погодных факторов, для чего предлагается использовать в качестве типовой методик, примененную в рамках проекта ARISCC и основанную на системном подходе к опасным природным явлениям (рис. 1). В исследовании "TRaCCA" подчеркивается необходимость дальнейшей проработки используемых показателей и учета системных рисков посредством проектирования объектов, системно устойчивых к внешним воздействиям, что открывает возможности для технических решений, обеспечивающих бóльшую отдачу при меньших затратах. Хотя какие-либо технические решения ни в одном из вышеупомянутых проектов подробно не рассматривались, модель ARISCC дает основу для решения проблем, связанных с обеспечением устойчивости к климатическим воздействиям.

Путем систематического анализа информации о текущих и имевших место в прошлом погодных явлениях, установления пороговых критериев и соотнесения их с устойчивостью систем и картографирования полученных результатов можно будет составить карты уязвимости, пригодные использования в целях оценки рисков и определения приоритетов. Таким образом можно будет обеспечить первоочередное финансирование наиболее уязвимых объектов.

В таблице III.2 приведены примеры серьезных угроз, с которыми сталкивается железнодорожная система Великобритании, и указаны возможные способы противодействия им с использованием "жестких" инженерно-технических решений и "мягких" управленческих методов. Указанные решения используются или предлагаются к использованию на железных дорогах Великобритании.

Определение сроков адапционного инвестирования

Указанные в таблице 1 варианты решения проблем могут быть сопряжены с новыми инвестициями, однако важно распределение этих инвестиций по этапам. Если последовательность осуществления инвестиций закладывается на стадии нового строительства или на стадии обновления существующего оборудования, то в таком случае вероятные дополнительные затраты на адаптацию будут незначительными или равными нулю. Поэтому разумным вариантом является осуществление адаптации на стадии модернизации, что особенно выгодно в случае, если у оборудования короткий жизненный цикл. Этот подход реализуется, например, в технических предписаниях

³⁰ Nolte R et al, 2011, ARISCC Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change Final Report, Paris. <http://www.ariscc.org>.

³¹ Dora, JM, 2011. T925 TRaCCA Tomorrow's Railway and Climate Change Adaptation Final Report, Rail Safety and Standards Board, London. http://www.rssb.co.uk/SiteCollectionDocuments/pdf/reports/Research/T925_rpt_phase3.pdf.

компании "Нетуорк рейлс", касающихся модернизации дренажных систем³², где указаны конкретные критерии адаптации применительно к замене дренажных систем во всех случаях, когда реализуется крупный проект по дренажным системам, будь то в отношении новых сооружений или обновления и реконструкции старых.

Выводы

Железные дороги являются безопасным видом транспорта, обладающим определенным запасом прочности. Ввиду прогнозируемого увеличения объема железнодорожных перевозок и будущих климатических изменений необходимо вносить коррективы в нынешние стратегии, технические стандарты и пороговые уровни вмешательства во избежание серьезных проблем с надежностью.

Требуется более четкое понимание того, как погодные явления влияли в прошлом и продолжают влиять сегодня на железные дороги, равно как нужна и информация об уязвимых местах, пороговых уровнях, географических точках и рисках.

Проведенные исследования показали, что, хотя такое понимание еще только формируется, в распоряжении инженеров железнодорожного транспорта уже имеется немало технических решений, позволяющих повысить жизнестойкость железнодорожной системы, о чем свидетельствуют приводимые примеры использования "жестких" инженерно-технических средств решения проблем и "мягких", управленческих.

Осуществление инвестиций в адаптационные меры одновременно с производством новых работ и "рутинными" мероприятиями по обновлению старого оборудования, возможно, потребует лишь незначительного постепенного увеличения расходов.

III.5 Последствия изменения климата для речного транспорта (Бас Турпейн, Генеральный директорат общественных работ и управления водными ресурсами, Министерство инфраструктуры и окружающей среды, Нидерланды)

Летом 2003 года уровень воды в Рейне опустился до рекордно низкой отметки. На протяжении нескольких недель расход воды в реке вблизи Лобита не превышал 1 020 м³/с, согласованного меженного расхода воды (OLA). Работа многих служб была ограничена, снизилась допустимая грузоподъемность судов и возросла стоимость перевозок. Согласно прогнозам, такие ситуации в дальнейшем будут происходить чаще ввиду ожидаемых климатических изменений, что может оказать значительное воздействие на работу внутреннего водного транспорта, а также на конкурентоспособность этой отрасли. Генеральный директорат провел несколько исследований на эту тему и принял участие в совещаниях ЕЭК ООН, посвященных последствиям изменения климата для международных транспортных сетей. Данный документ представляет собой резюме проделанной работы.

В 2006 году Королевский метеорологический институт Нидерландов (КМИН) разработал ряд сценарных прогнозов климата. Во всех из них признаются некоторые ключевые параметры изменения климата в Нидерландах и окружающих районах: повышение значений температуры; мягкие зимы и жаркие летние периоды станут более распространенным явлением; зимы в среднем станут влажней, повысится интенсивность экстремально обильных осадков. КМИН разработал умеренный сценарий (G) и так называемый теплый сценарий (W). Кроме того, учитывая ожидаемые изменения в режимах циркуляции атмосферного воздуха, КМИН также разработал сценарии, предусматривающие изменения в направлении ветров в сочетании с умеренным

³² Dora JM, 2010. Railway Drainage Systems Manual, internal Network Rail standard, London.

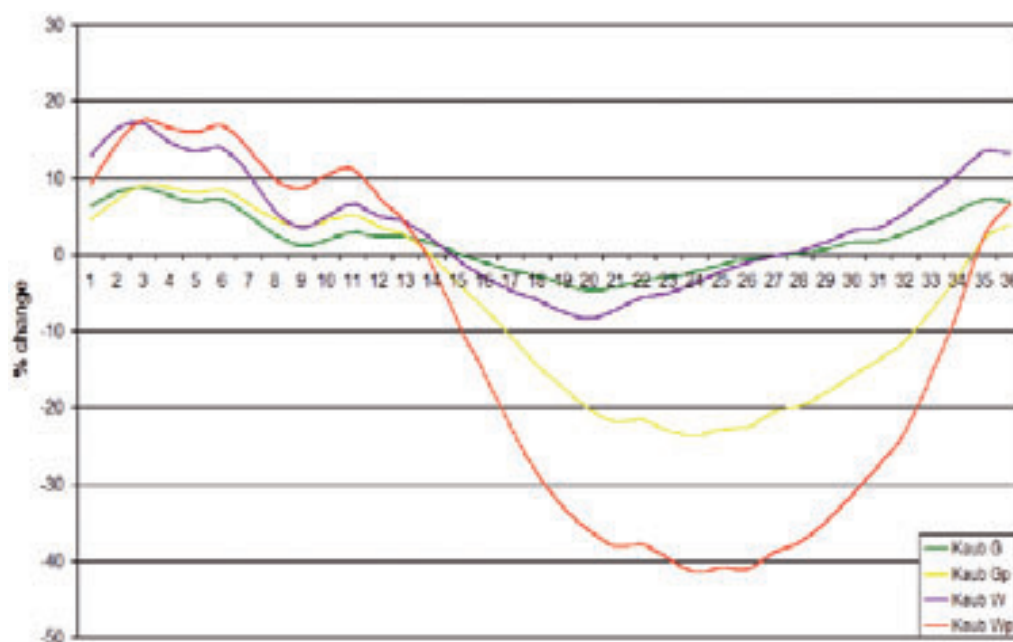


Рисунок III.2. Изменения в показателях стока р. Рейн в период около 2050 года (источник: Deltares, 2007). Условные обозначения: G – умеренное повышение температуры; Gp – умеренное повышение температуры и изменение ветрового режима; W – более значительное повышение температуры; и Wp – более значительное повышение температуры и изменение ветрового режима.

(Gp) или более значительным повышением температуры (Wp). Все эти сценарии правдоподобны и/или в равной мере вероятны.

Последствия для гидрологии рек

Изменения в температуре воздуха и режимах циркуляции атмосферы будут также влиять на гидрологию рек. На рисунке II.2 показаны последствия для расхода воды в Рейне по различным сценариям в период около 2050 года. Прогнозируемое уменьшение расхода воды, вероятно, приведет к снижению уровня воды в реке. Прогнозы, составленные с использованием гидрологической модели SOBEK, указывают на весьма значительное снижение уровня воды в основных реках Нидерландов. Согласно климатическим сценариям "G", "W" и "Gp" последствия для уровня воды предположительно будут незначительными, в то время как сценарий "Wp" предусматривает более резкое снижение. В этом случае гидрологические условия, аналогичные имевшим место в 2003 году, будут наблюдаться ежегодно. Летом уровень воды, возможно, будет опускаться до так называемого согласованного меженного уровня воды (OLR), при котором осуществлять навигацию не рекомендуется.

Последствия для внутреннего водного транспорта

Рейн – главная транспортная артерия Нидерландов, по которой перевозится свыше 100 млн. тонн грузов ежегодно. Если рекордно низкий меженный уровень воды, зафиксированный в 2003 году, станет более частым явлением, то это скажется на судоходстве: грузоподъемность судов уменьшится, и крупные суда не смогут осуществлять навигацию. Ожидается, что вырастет стоимость перевозок, в результате чего будет поставлена под угрозу конкурентоспособность внутреннего судоходства; это в свою очередь может сказаться и на конкурентоспособности нидерландских морских портов, особенно Роттердама. Следует отметить, что на внутренний водный транспорт приходится сравнительно большая (около 20%) доля рынка перевозок всеми видами транспорта в удаленных от побережья районах; повышение стоимости перевозок по

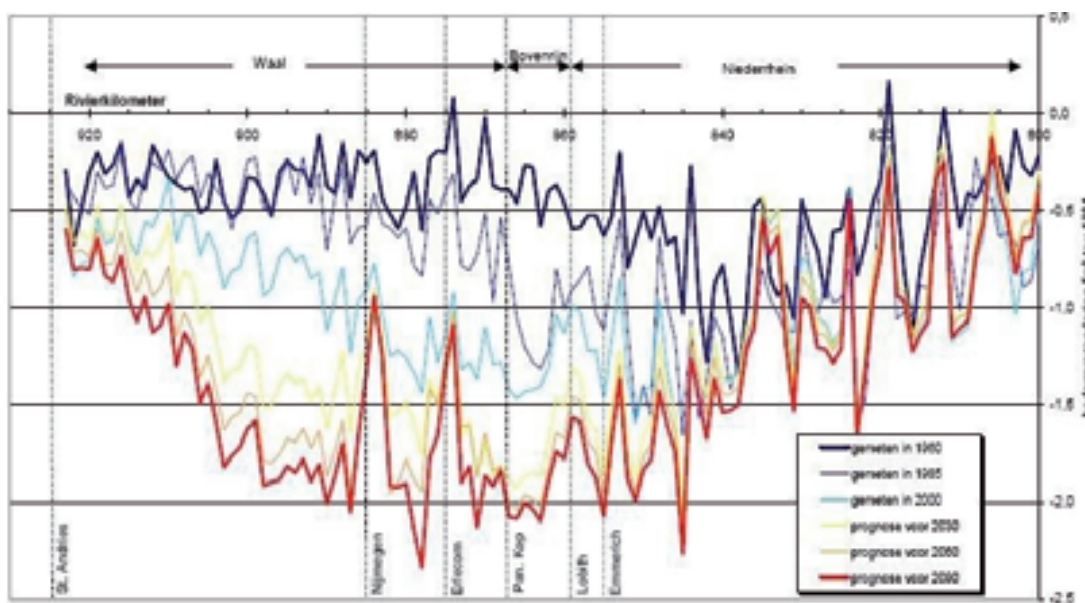


Рисунок III.3. Живое сечение р. Ваал (источник: Rijkswaterstaat, 2007).

внутренним водным путям может привести к смещению акцента на использование морских портов, в меньшей степени зависящих от внутреннего судоходства.

В рамках исследовательского проекта "Knowledge for Climate" изучались последствия реализации климатического сценария "Wp" в том, что касается стоимости перевозок/перераспределения перевозок по видам транспорта применительно к 2050 году. Результаты исследования, основанного на обзоре специализированной литературы, опросе заинтересованных сторон и компьютерном моделировании, показывают, что в меженные периоды стоимость перевозок может увеличиваться на величину до 9%, при том что некоторые перевозки могут откладываться; по сценарию "Wp" это может приводить к 5–8-процентным изменениям в перераспределении потоков между видами транспорта в период после 2050 года. По всем другим сценариям прогнозируются незначительные последствия для внутреннего судоходства.

В Нидерландах также проводятся исследования долгосрочных последствий изменения климата (последствия на период с 2050 по 2100 год), так называемая Deltaprogram. Эти исследования служат основой для разработки нового национального плана управления водными ресурсами (стратегия и меры), целью которого является подготовка Нидерландов к долгосрочному изменению климата.

Помимо стоков на уровень воды в реках также влияет повышение дна русла. Уровень дна реки не одинаков на всем ее протяжении вследствие геологических (например, осадка породы) и морфологических процессов, а также гидротехнических работ (см., например, рис. II.3). Со временем дно рек также подвергается деградации, которая, как ожидается, продолжится в будущем, оказывая значительное воздействие на глубину рек, или уровень воды в них. Специалисты по рекам из Генерального директората предполагают, что примерно к 2030 году глубина воды в реках может уменьшиться почти на 0,6 метра. Это эквивалентно прогнозам на летние сезоны в период после 2050 года (климатический сценарий "Wp"). Поэтому в краткосрочной перспективе продолжающееся поднятие дна рек будет иметь более значительные последствия, чем изменение климата.

Выводы

- a) Как ожидается, до 2050 года воздействие изменения климата на внутреннее судоходство будет незначительным.
- b) После 2050 года, согласно климатическому сценарию "Wp" (более значительное повышение температуры), последствия будут суровыми. Прогнозируется, что каждое лето уровень воды будет опускаться до отметки, зафиксированной в 2003 году. Это может приводить к снижению грузоподъемности судов и увеличению стоимости перевозок. Соответственно, может пострадать конкурентоспособность внутреннего водного транспорта, а также нидерландских морских портов.
- c) Согласно остальным рассматривавшимся климатическим сценариям, прогнозируемые последствия будут оставаться незначительными до 2100 года.
- d) Последствия продолжающейся деградации дна рек будут более суровыми в краткосрочной перспективе. К 2030 году глубина воды может уменьшиться примерно на 0,6 метра.
- e) Противодействие последствиям деградации дна рек является для внутреннего судоходства более неотложной задачей, чем борьба с последствиями изменения климата, которые, как предполагается согласно сценарию "Wp", худшему из всех возможных, в период после 2050 года будут суровыми.

Справочная литература

- A.H. Krekt, T. J. v. d. Laan, R. A. E. v. d. Meer, B. Turpijn, E. Bolt, O. Jonkeren, A. v. d. Toorn, E. Mosselman, J. v. Meijeren and T. Groen (2010). Climate change and inland waterway transport: effects on the inland waterway sector, the Port of Rotterdam and potential solutions.
- B. Turpijn, R. Weekhout (2011). Klimaat en Binnenvaart. Een strategische verkenning naar de effecten van klimaatverandering op het gebruik van het hoofdvaarwegennet.
- H. Havinga (2012). Morfologie Bovenrijn en Waal. Het autonome proces en maatregelen.
- H. Verheij (2010). Effecten van Klimaatverandering op de Waterhuishouding.



Наводнение Дуная, Будапешт, 2013 год, фото из Интернета

Приложение IV. Вопросник



**ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
ДЛЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ
СЕТЕЙ И АДАПТАЦИЯ К НИМ**

Вопросник
2012 год

Группа экспертов при Отделе транспорта ЕЭК ООН

Дата

Ф.И.О. Должность

Адрес Организация

Город Штат Индекс Телефон

Страна Эл. почта

**ТЕМА I. Степень осведомленности, наличие информации и данных
о последствиях изменения климата для транспортного сектора**

ВОПРОС 1. Насколько серьезной, на Ваш взгляд, является проблема изменения климата с точки зрения транспорта в Вашей стране/регионе (по шкале от 1 до 10, где 1 = вообще не проблема, 10 = серьезнейшая проблема)?



ВОПРОС 2. Укажите, в каких временных масштабах изменение климата, на Ваш взгляд, представляет собой проблему.

Выберите из списка

ВОПРОС 3. Как Вы оцениваете уровень знаний и осведомленности о воздействии изменения климата на транспорт в Вашей стране/регионе (по шкале от 1 до 10, где 1 = знания полностью отсутствуют, 10 = глубокие, всесторонние знания)?



ВОПРОС 4. Кто, по Вашему мнению, должен быть главной целевой аудиторией при разъяснении последствий изменения климата для транспорта (министерства, руководство предприятий, операторы, инвесторы, другие лица)?

Просьба пояснить

ВОПРОС 5. Если это применимо, укажите, влияют ли на транспорт в Вашей стране какие-либо погодные или климатические факторы (рост температуры, экстремальные явления, засухи, наводнения, повышение уровня моря, штормовой нагон воды, протавивание вечной мерзлоты и т.д.).



Просьба пояснить подробнее, указав значимость и частоту явлений

ВОПРОС 6. Если применимо, укажите, затрагивает ли это влияние конкретный вид (виды) транспорта или же распространяется на транспортную сеть, объединяющую транспорт различных видов и логистические центры?

Просьба пояснить

ВОПРОС 7. Проводилась ли когда-либо в Вашей стране/организации конкретная оценка уязвимости транспорта (участков транспортных маршрутов, видов транспорта, его сетей, функционирования, инфраструктуры и т.д.) к воздействию новых погодных явлений и/или климатических факторов (рост температуры, экстремальные явления, засухи, наводнения, повышение уровня моря, штормовой нагон воды, протавивание вечной мерзлоты и т.д.)?

ДА НЕТ

Просьба пояснить

ВОПРОС 8. Проводились ли в Вашей стране/организации исследования с целью оценки: а) последствий климатических явлений для транспорта или б) издержек, связанных с причинением или возможностью причинения ущерба транспорту, и в частности транспортной инфраструктуре?

а. ДА НЕТ б. ДА НЕТ

а. Если исследования проводились, просьба указать, последствия какого именно воздействия погоды или климатических изменений на транспортную инфраструктуру изучались или изучаются:

1.	Последствия роста температур	Да <input type="checkbox"/>	Нет <input type="checkbox"/>
2.	Последствия наводнений	Да <input type="checkbox"/>	Нет <input type="checkbox"/>
3.	Последствия засух	Да <input type="checkbox"/>	Нет <input type="checkbox"/>
4.	Последствия штормов/ураганного ветра	Да <input type="checkbox"/>	Нет <input type="checkbox"/>
5.	Последствия аномальной жары	Да <input type="checkbox"/>	Нет <input type="checkbox"/>
6.	Последствия повышения уровня моря и штормовых нагонов	Да <input type="checkbox"/>	Нет <input type="checkbox"/>
7.	Последствия протавивания вечной мерзлоты	Да <input type="checkbox"/>	Нет <input type="checkbox"/>
8.	Другие последствия (какие именно)		

8. Если исследования проводились, просьба указать, последствия какого именно воздействия погоды или климатических изменений на функционирование/услуги транспорта изучались или изучаются:

1.	Последствия роста температур	Да	<input type="checkbox"/>	Нет	<input type="checkbox"/>
2.	Последствия наводнений	Да	<input type="checkbox"/>	Нет	<input type="checkbox"/>
3.	Последствия засух	Да	<input type="checkbox"/>	Нет	<input type="checkbox"/>
4.	Последствия штормов/ураганного ветра	Да	<input type="checkbox"/>	Нет	<input type="checkbox"/>
5.	Последствия аномальной жары	Да	<input type="checkbox"/>	Нет	<input type="checkbox"/>
6.	Последствия повышения уровня моря и штормовых нагонов	Да	<input type="checkbox"/>	Нет	<input type="checkbox"/>
7.	Последствия протекания вечной мерзлоты	Да	<input type="checkbox"/>	Нет	<input type="checkbox"/>
8.	Другие последствия (какие именно)				

ВОПРОС 9. Если воздействие изменений климата на транспорт в Вашей стране не изучалось или изучалось мало, то в чем Вы видите причины этого?

1.	Нехватка финансирования	<input type="checkbox"/>
2.	Недостаточный интерес профильных учреждений	<input type="checkbox"/>
3.	Слабая информированность общества	<input type="checkbox"/>
4.	Нехватка научного потенциала и кадровых ресурсов	<input type="checkbox"/>
5.	Интерес к теме присутствовал, но приоритет был отдан более актуальным вопросам	<input type="checkbox"/>
6.	Другие причины (какие именно)	

ВОПРОС 10. Как Вы оцениваете сравнительную важность участия следующих сторон/организаций в изучении/исследованиях/широком разъяснении последствий изменения климата для транспорта (по шкале от 1 до 10, где 1 = наименее важно, 10 = наиболее важно)?

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Министерство экологии	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Министерство транспорта	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Международные организации	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Высшие учебные заведения	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Частные компании	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Инженерно-технические организации	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
НПО	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Другие (какие именно)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ВОПРОС 11. Может ли изменение климата открыть перед Вашей страной или организацией дополнительные перспективы развития транспорта, и если да, то какие? (Примеры – расширение туризма, рост сельскохозяйственного производства и т.д.)

Просьба указать

ТЕМА II. Степень готовности, а также существующие и планируемые стратегии, меры и инициативы по адаптации транспорта

ВОПРОС 12. *Принята ли в Вашей стране/организации общая стратегия адаптации к последствиям изменения климата (не ограниченная отдельно взятым сектором), и если нет, то планируется ли ее принятие?*

- 1. Не принята и не планируется
- 2. Планируется
- 3. Принята
- 4. Принята и осуществляется
- 5. Не применимо / Неизвестно

Просьба пояснить

ВОПРОС 13. *Проводился ли в Вашей стране/организации анализ затрат и выгод, связанных с теми или иными планами/стратегией адаптации к изменению климата?*

- 1. Не проводился
- 2. Планируется
- 3. Проведен (проводится)
- 4. Не применимо / Неизвестно

Просьба пояснить

ВОПРОС 14. *Принята ли в Вашей стране/организации стратегия адаптации к изменению климата, специально предназначенная для транспортного сектора, и если нет, то планируется ли ее принятие?*

- 1. Не принята и не планируется
- 2. Планируется
- 3. Принята
- 4. Принята и осуществляется
- 5. Не применимо / Неизвестно

Просьба пояснить

ВОПРОС 15. *Оцените результаты/эффективность специальной стратегии адаптации для транспортного сектора, если таковая была принята, по шкале от 1 до 4 (1 = совершенно неэффективна, 4 = весьма эффективна).*

Стратегия (просьба указать)	1	2	3	4	Пояснения
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

ВОПРОС 16. Как контролируется/оценивается (или будет контролироваться/оцениваться) эффективность современных или будущих адаптационных мер?

Просьба указать

ВОПРОС 17. Какие конкретные меры принимаются или планируются в Вашей стране/организации с целью повышения жизнеспособности транспортных сетей в условиях изменения климата [в Вашей сфере компетенции]?

Просьба указать

ВОПРОС 18. Просьба пояснить и уточнить, в какой степени эти меры связаны с планированием, инвестициями, проекными и строительными работами, эксплуатационными, управленческими и ремонтно-техническими функциями в транспортном секторе.

	1 (Никак не связано)	2 (В некоторой степени)	3 (В большой степени)	4 (Не применимо/Неизвестно)
Планирование	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Инвестиции	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Проектирование	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Строительство	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Эксплуатация	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Управление	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Обслуживание и ремонт	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Все вышеперечисленное	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ничего из вышеперечисленного	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Другое
(просьба указать)

ВОПРОС 19. Учитываются ли при реализации/планировании новых проектов по развитию транспортной инфраструктуры последствия изменения климата (экстремальные явления, более интенсивные осадки, повышение уровня моря и т.д.)?

- 1. Никак не учитываются
- 2. В некоторой степени
- 3. В большой степени
- 4. Не применимо / Неизвестно

Просьба пояснить

ВОПРОС 20. Исходя из опыта Вашей страны [организации/компании], назовите важнейшие, на Ваш взгляд, примеры передовой практики и уроки на будущее в том, что касается адаптационных мер на транспорте.

Просьба указать

ВОПРОС 21. Созданы или планируются ли в Вашей стране [организации/компании] системы реагирования на чрезвычайные ситуации для а) всех отраслей хозяйства, б) транспортной отрасли или с) подотраслей транспорта?

- | | | |
|---|---|---|
| <p>а.</p> <p>1. Нет и не планируются <input type="checkbox"/></p> <p>2. Планируются <input type="checkbox"/></p> <p>3. Созданы <input type="checkbox"/></p> <p>4. Созданы и внедрены <input type="checkbox"/></p> <p>5. Не применимо / Неизвестно <input type="checkbox"/></p> | <p>б.</p> <p>1. Нет и не планируются <input type="checkbox"/></p> <p>2. Планируются <input type="checkbox"/></p> <p>3. Созданы <input type="checkbox"/></p> <p>4. Созданы и внедрены <input type="checkbox"/></p> <p>5. Не применимо / Неизвестно <input type="checkbox"/></p> | <p>с.</p> <p>1. Нет и не планируются <input type="checkbox"/></p> <p>2. Планируются <input type="checkbox"/></p> <p>3. Созданы <input type="checkbox"/></p> <p>4. Созданы и внедрены <input type="checkbox"/></p> <p>5. Не применимо / Неизвестно <input type="checkbox"/></p> |
|---|---|---|

Просьба пояснить

ВОПРОС 22. Учиывают ли страховые компании Вашей страны соображения, связанные с изменением климата, при разработке продуктов, предлагаемых транспортному сектору/отрасли?

- | | | |
|----|---------------------------|--------------------------|
| 1. | Никак не учитывают | <input type="checkbox"/> |
| 2. | В некоторой степени | <input type="checkbox"/> |
| 3. | В большой степени | <input type="checkbox"/> |
| 4. | Не применимо / Неизвестно | <input type="checkbox"/> |

Просьба пояснить

ТЕМА III. Потребности в информации, данных и исследованиях, а также другие нужды, в том числе финансовые

ВОПРОС 23. Какие виды информации, данных или прогнозов были бы, на Ваш взгляд, наиболее полезными для успешной подготовки к изменению климата и разработки соответствующих мер по адаптации транспорта? (Возможен выбор нескольких вариантов ответа)

- | | | |
|--------------------------|---|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | О температурах | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | Об осадках (дожди, снегопады, туманы, влажность, наводнения и т.д.) | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | О сильных и ураганных ветрах на суше | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | О прибрежных штормах / штормовых нагонах и повышении уровня моря | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | Другие | <input type="checkbox"/> |

Просьба пояснить

ВОПРОС 24. Какие основные источники данных/информации используются в настоящее время для изучения последствий изменения климата/разработки мер по адаптации транспорта?

Просьба указать

ВОПРОС 25. Оцените доступность соответствующих данных/информации в Вашей стране по шкале от 1 до 5, где 1 означает плохую, а 5 – самую полную доступность:

- | | | |
|----|---------------------------|--------------------------|
| 1. | Плохая | <input type="checkbox"/> |
| 2. | Неудовлетворительная | <input type="checkbox"/> |
| 3. | Удовлетворительная | <input type="checkbox"/> |
| 4. | Хорошая | <input type="checkbox"/> |
| 5. | Самая полная | <input type="checkbox"/> |
| 6. | Не применимо / Неизвестно | <input type="checkbox"/> |

ВОПРОС 26. Оцените полезность/актуальность/качество соответствующих данных/информации в Вашей стране по шкале от 1 до 5, где 1 означает низкую, а 5 – высшую оценку:

- | | | |
|----|---------------------------|--------------------------|
| 1. | Плохие | <input type="checkbox"/> |
| 2. | Неудовлетворительные | <input type="checkbox"/> |
| 3. | Удовлетворительные | <input type="checkbox"/> |
| 4. | Хорошие | <input type="checkbox"/> |
| 5. | Отличные | <input type="checkbox"/> |
| 6. | Не применимо / Неизвестно | <input type="checkbox"/> |

ВОПРОС 27. Применяются ли, по Вашим сведениям, какие-либо модели/компьютерные программы в целях прогнозирования создаваемых погодными явлениями рисков для транспортной инфраструктуры (например, составления прогнозов воздействия штормового нагона воды на работу портов или затопления пойменных равнин)?

ДА НЕТ Не знаю

ВОПРОС 28. Если да, просьба перечислить такие модели/программы, указав для каждой из них присущий ей уровень обобщения (уровень 1, 2 или 3 по классификации Межправительственной группы экспертов по изменению климата: уровень МГЭИК-1 – простейшие методы с использованием данных о деятельности, доступных во всех странах; уровень 2 – факторы выбросов, специфичные для отдельных технологий; уровень 3 – методы более подробного или странового анализа. Дополнительную информацию см. по адресу: unfccc.int/files/meetings/unfccc.../ipcc_good_practice_guidance.ppt)

Просьба указать

ВОПРОС 29. Укажите существующие или возможные в будущем механизмы финансирования дальнейших адаптационных мероприятий на транспорте (включая изучение воздействия).

Просьба указать

ВОПРОС 30. В целом, какие конкретные вопросы в первую очередь заслуживают дальнейшего внимания на предмет разработки эффективных адаптационных стратегий для транспорта с учетом ваших местных условий?

Просьба указать

ТЕМА IV. Механизмы сотрудничества на национальном/местном, региональном и международном уровнях

ВОПРОС 31. Какой существующий или возможный в будущем механизм (механизмы) сотрудничества представляется(ются) Вам наиболее полезным(и) для решения проблемы адаптации транспорта к изменению климата? Просьба кратко обосновать и указать характер сотрудничества/партнеров, а также вид или тип инфраструктуры/услуг/функций транспорта, которые имеются в виду.

Просьба указать

ВОПРОС 32. Считаете ли Вы, что нынешняя степень сотрудничества на национальном или местном уровне достаточно/удовлетворительна?

- | | | |
|----|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. | Совершенно недостаточно | <input type="checkbox"/> |
| 2. | В некоторых отношениях достаточно | <input type="checkbox"/> |
| 3. | Достаточно / Удовлетворительно | <input type="checkbox"/> |
| 4. | Оптимальна | <input type="checkbox"/> |

Есть ли у Вас конкретные предложения по совершенствованию/улучшению сотрудничества (если это необходимо)?

Просьба указать

ВОПРОС 33. Принята ли в Вашей стране практика регионального или субрегионального сотрудничества и обмена информацией по вопросам изменения климата, и проводится ли соответствующая политика? Если да, то в какой мере и каким образом это сотрудничество предполагает рассмотрение специфических проблем транспорта?

ДА НЕТ

Просьба пояснить

ВОПРОС 34. Считаете ли Вы, что нынешняя степень сотрудничества на региональном/ субрегиональном уровне достаточна/удовлетворительна?

- | | | |
|----|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. | Совершенно недостаточна | <input type="checkbox"/> |
| 2. | В некоторых отношениях достаточна | <input type="checkbox"/> |
| 3. | Достаточна / Удовлетворительна | <input type="checkbox"/> |
| 4. | Оптимальна | <input type="checkbox"/> |

Есть ли у Вас конкретные предложения по совершенствованию/углублению сотрудничества (если это необходимо)?

Просьба указать

ВОПРОС 35. Считаете ли Вы, что в целях поощрения/облегчения адаптации транспортных сетей к изменению климата заслуживает серьезного рассмотрения возможность внесения поправок в существующие соглашения ЕЭК ООН по вопросам инфраструктуры (Европейское соглашение о международных автомагистралях (СМА), Европейское соглашение о магистральных международных железнодорожных линиях (СМЖЛ), Европейское соглашение о важнейших внутренних водных путях международного значения (СМВП), Европейское соглашение о важнейших линиях международных комбинированных перевозок и соответствующих объектах (СЛКП)?

Просьба пояснить

ВОПРОС 36. Считаете ли Вы, что нынешняя степень сотрудничества на международном уровне достаточна/удовлетворительна?

- | | | |
|----|-----------------------------------|--------------------------|
| 1. | Совершенно недостаточна | <input type="checkbox"/> |
| 2. | В некоторых отношениях достаточна | <input type="checkbox"/> |
| 3. | Достаточна / Удовлетворительна | <input type="checkbox"/> |
| 4. | Оптимальна | <input type="checkbox"/> |

Есть ли у Вас конкретные предложения по совершенствованию/углублению сотрудничества (если это необходимо)?

Просьба указать

ВОПРОС 37. Какие виды дальнейшего международного сотрудничества, на Ваш взгляд, были бы полезными для преодоления последствий изменения климата и необходимой адаптации?

Просьба указать

Конкретные вопросы по АВТОМОБИЛЬНОМУ/ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ транспорту/инфраструктуре

ВОПРОС 38. *Имеется ли в Вашем государственном учреждении/компании/организации понимание уязвимости существующей автомобильной/железнодорожной инфраструктуры к естественным угрозам (например, возможности повреждения мостов при наводнениях)?*

Просьба указать

ВОПРОС 39. *Если да, то увязано ли это с иерархией рисков, т.е. степенью вероятности тех или иных событий, с одной стороны, и тяжестью их последствий, с другой (например, с вероятностью повреждения участка автодороги/железнодорожного пути при наводнении и последствиями этого)?*

Просьба указать

ВОПРОС 40. *Создан ли механизм оценки существующих уровней риска?*

Просьба указать

Конкретные вопросы по ВНУТРЕННЕМУ ВОДНОМУ транспорту/инфраструктуре

ВОПРОС 41. *Каким, на Ваш взгляд, будет воздействие изменения климата на инфраструктуру внутренних водных путей?*

Просьба указать

ВОПРОС 42. *Насколько значительным будет это воздействие по сравнению с воздействием современных погодных явлений (сезонные периоды метководья и половодья)?*

Просьба указать

ВОПРОС 43. В какой степени, на Ваш взгляд, изменение климата отразится на перевозках по внутренним водным путям и приведет к перераспределению транспортных потоков в пользу других видов транспорта?

Просьба указать

ВОПРОС 44. Какие меры запланированы/приняты у вас для повышения жизнеспособности инфраструктуры/сектора внутреннего водного транспорта в условиях изменения климата?

Просьба указать

ВОПРОС 45. Есть ли у Вас другие соображения/замечания? (Просьба изложить)

Отослать нам ответы легко и просто!

Нажмите кнопку "печатать", распечатайте ответы и отнесите в секретариат по факсу: +41 22 917 00 39

или нажмите кнопку "отослать по почте", чтобы отправить Ваши ответы на электронный адрес секретариата (при этом автоматически создается файл в формате .htm, включаемый в качестве приложения в новое электронное сообщение по адресу: konstantinos.alexopoulos@unesco.org)

Print Form

Submit by Email



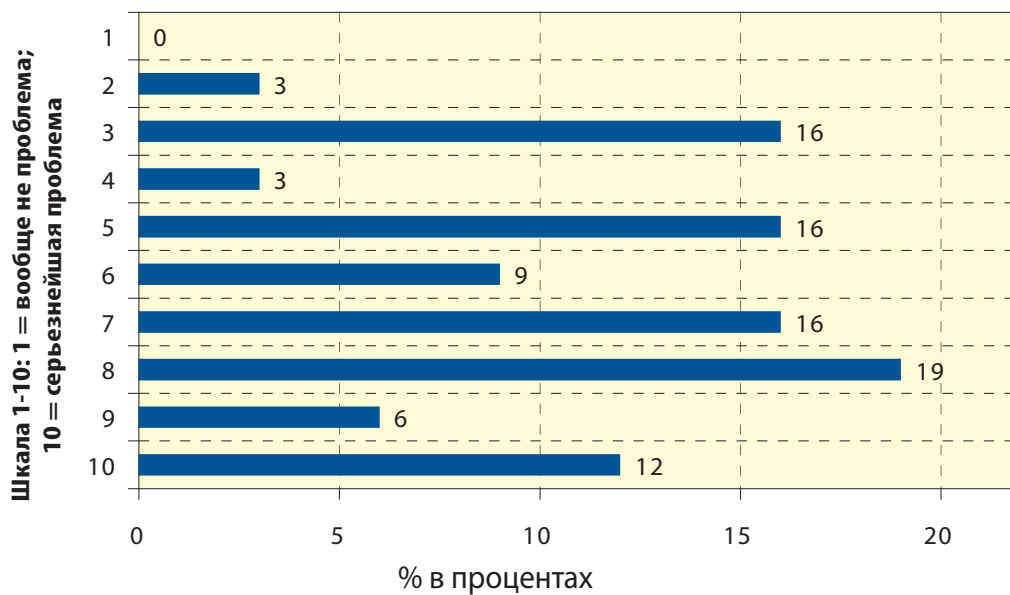
Отдел транспорта ЕЭК ООН
 Секция по экономике транспорта и облегчению перевозок
 Тел: +41 22 917 24 01
 Факс: +41 22 917 00 39



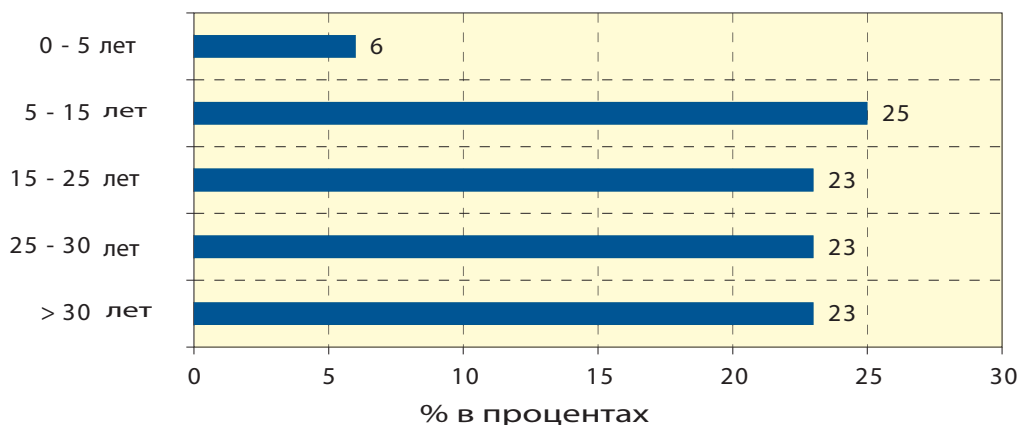
Наводнение Дуная, Будапешт, 2013 год, фото из Интернета

Приложение V. Результаты опроса

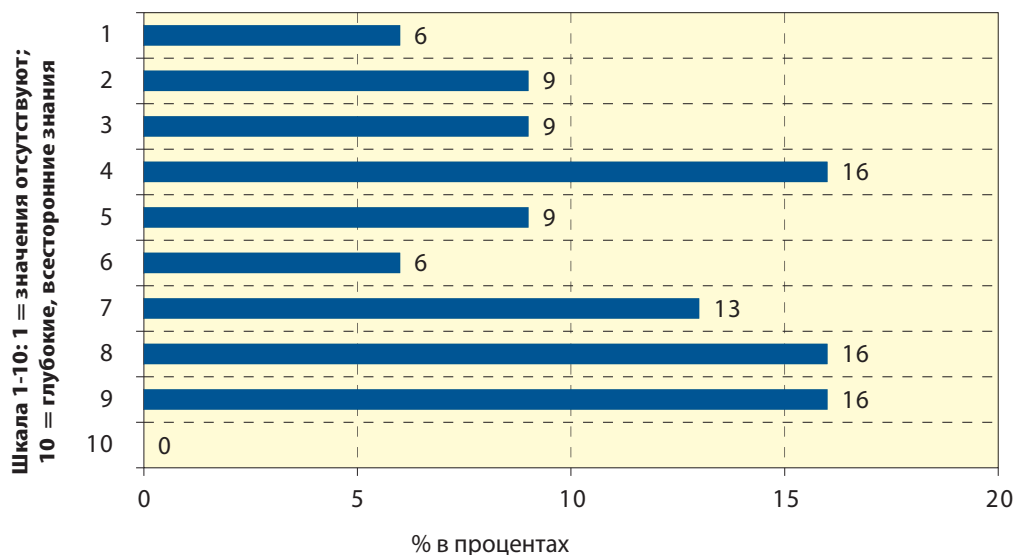
ВОПРОС 1. Насколько серьезной, на Ваш взгляд, является проблема изменения климата с точки зрения транспорта в Вашей стране/регионе (по шкале от 1 до 10, где 1 = вообще не проблема, 10 = серьезнейшая проблема)?



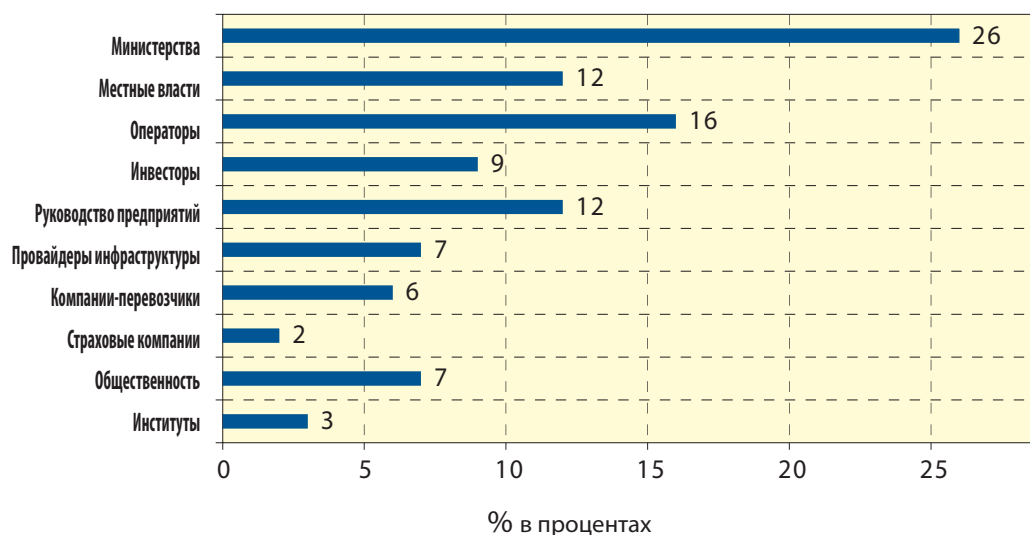
ВОПРОС 2. Укажите, в каких временных масштабах изменение климата, на Ваш взгляд, представляет собой проблему.



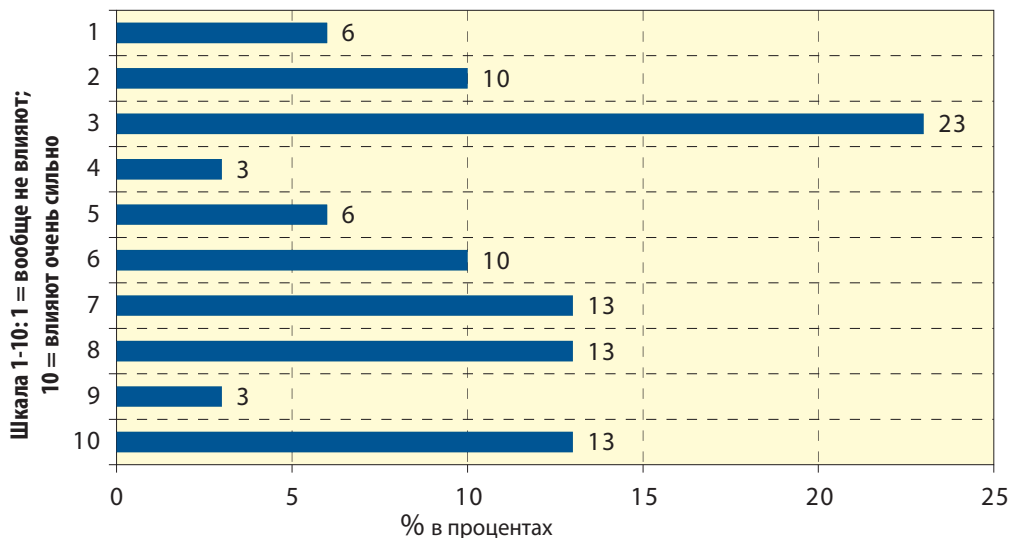
ВОПРОС 3. Как Вы оцениваете уровень знаний и осведомленности о воздействии изменения климата на транспорт в Вашей стране/регионе (по шкале от 1 до 10, где 1 = знания полностью отсутствуют, 10 = глубокие, всесторонние знания)?



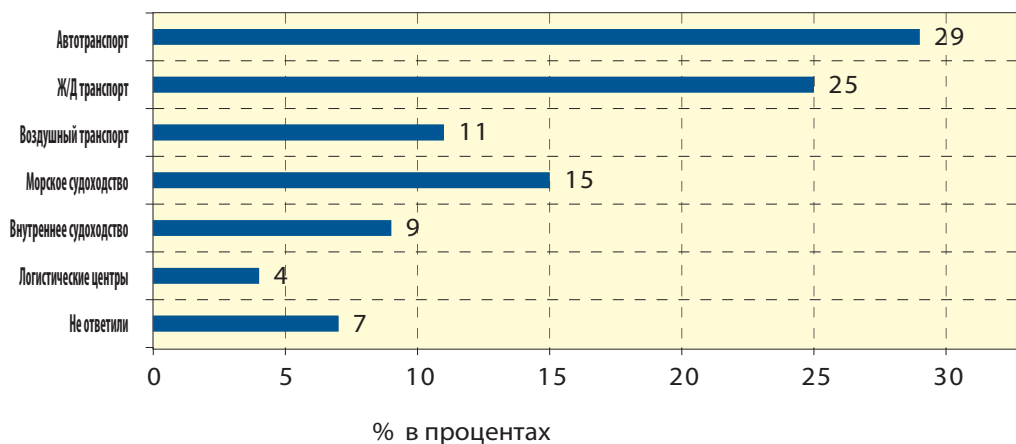
ВОПРОС 4. Кто, по Вашему мнению, должен быть главной целевой аудиторией при разъяснении последствий изменения климата для транспорта (министерства, руководство предприятий, операторы, инвесторы, другие лица)?



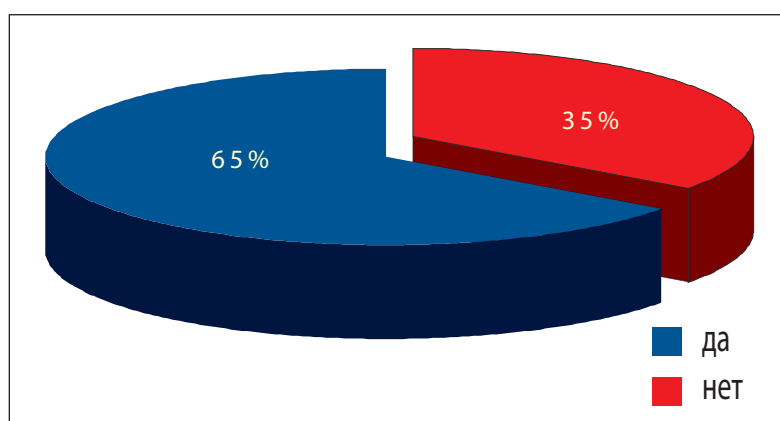
ВОПРОС 5. Если это применимо, укажите, влияют ли на транспорт в Вашей стране какие-либо погодные или климатические факторы (рост температуры, экстремальные явления, засухи, наводнения, повышение уровня моря, штормовой нагон воды, протаивание вечной мерзлоты и т.д.).



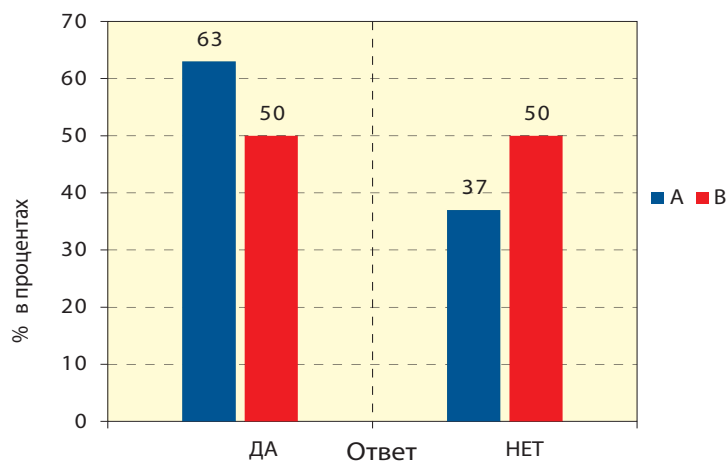
ВОПРОС 6. Если применимо, укажите, затрагивает ли это влияние конкретный вид (виды) транспорта или же распространяется на транспортную сеть, объединяющую транспорт различных видов и логистические центры.



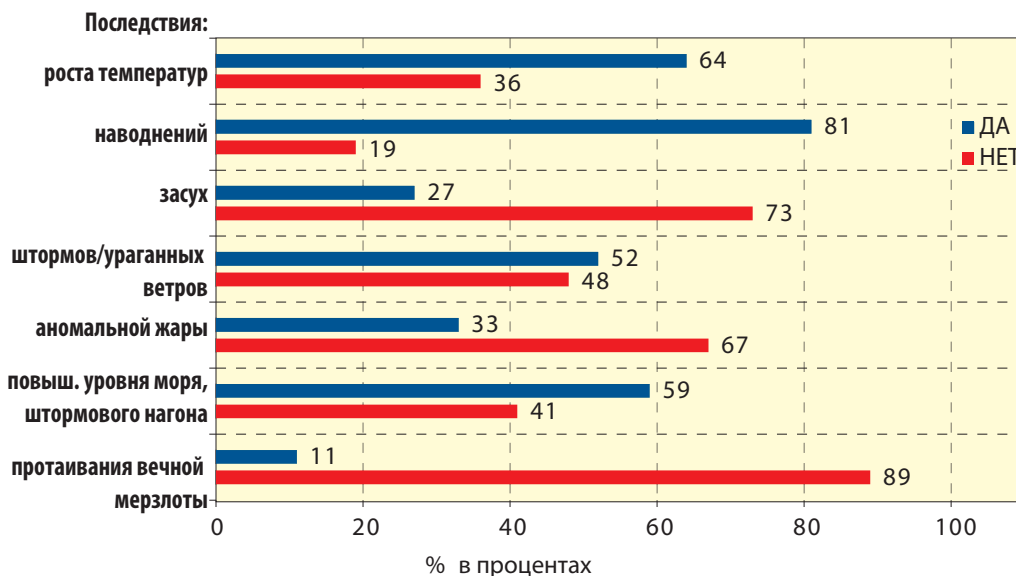
ВОПРОС 7. Проводилась ли когда-либо в Вашей стране/организации конкретная оценка уязвимости транспорта (участков транспортных маршрутов, видов транспорта, его сетей, функционирования, инфраструктуры и т.д.) к воздействию новых погодных явлений и/или климатических факторов (рост температуры, экстремальные явления, засухи, наводнения, повышение уровня моря, штормовой нагон воды, протаивание вечной мерзлоты и т.д.)?



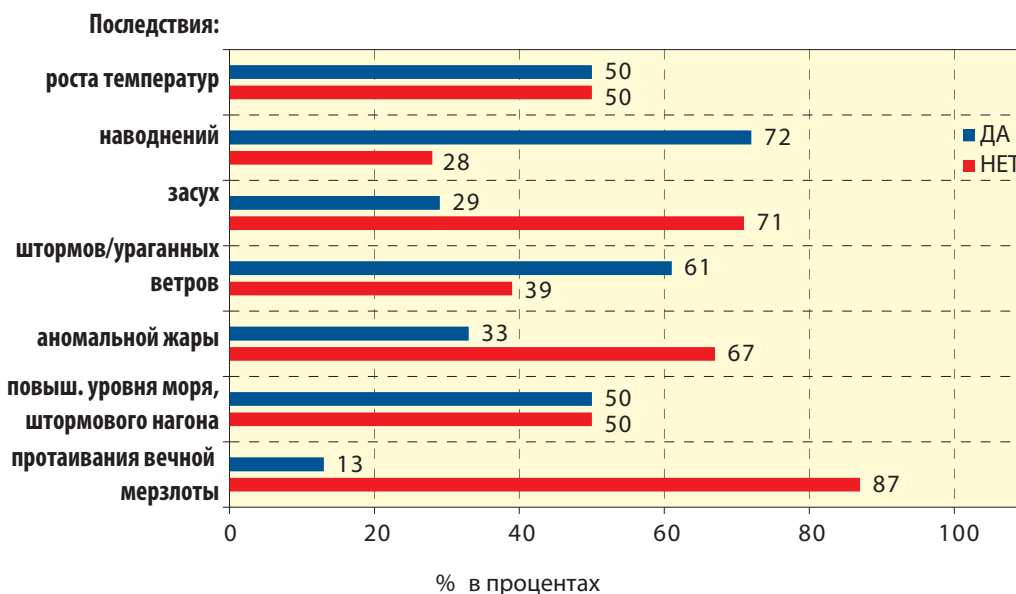
ВОПРОС 8. Проводились ли в Вашей стране/организации исследования с целью оценки: а) последствий климатических явлений для транспорта или б) издержек, связанных с причинением или возможностью причинения ущерба транспорту, и в частности транспортной инфраструктуре?



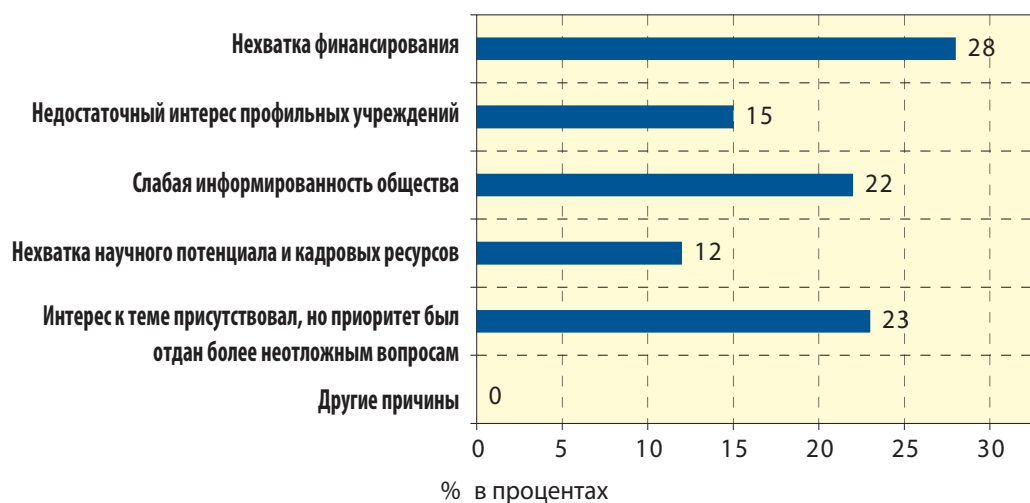
а. Если исследования проводились, просьба указать, последствия какого именно воздействия погоды или климатических изменений на транспортную инфраструктуру изучались или изучаются:



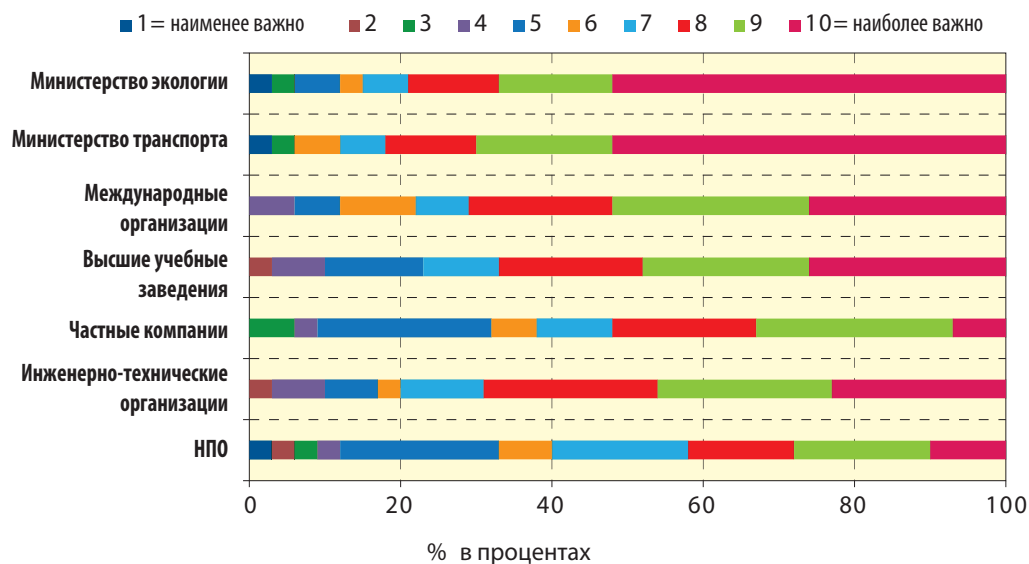
б. Если исследования проводились, просьба указать, последствия какого именно воздействия погоды или климатических изменений на функционирование/услуги транспорта изучались или изучаются:



ВОПРОС 9. Если воздействие изменения климата на транспорт в Вашей стране не изучалось или изучалось мало, то в чем Вы видите причины этого?



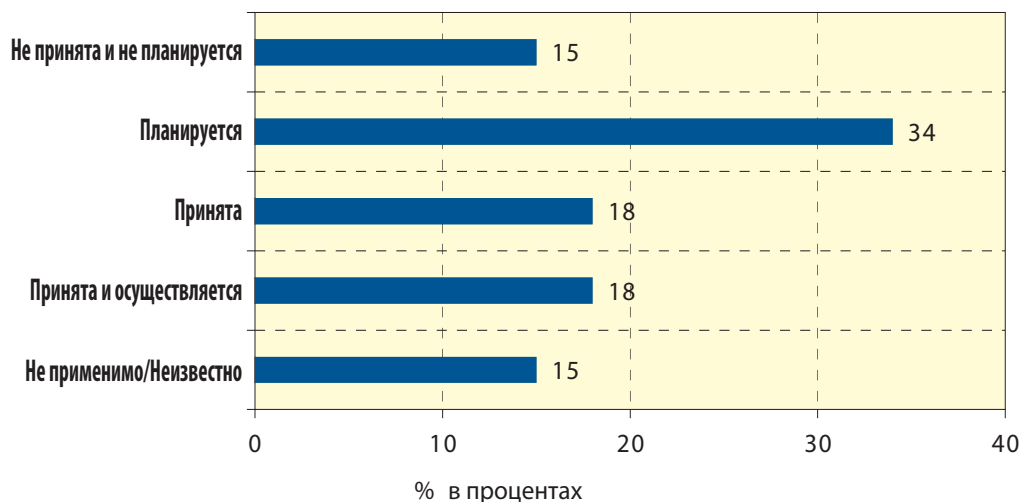
ВОПРОС 10. Как Вы оцениваете сравнительную важность участия следующих сторон/организаций в изучении/исследовании/широком разъяснении последствий изменения климата для транспорта (по шкале от 1 до 10, где 1 = наименее важно, 10 = наиболее важно)?



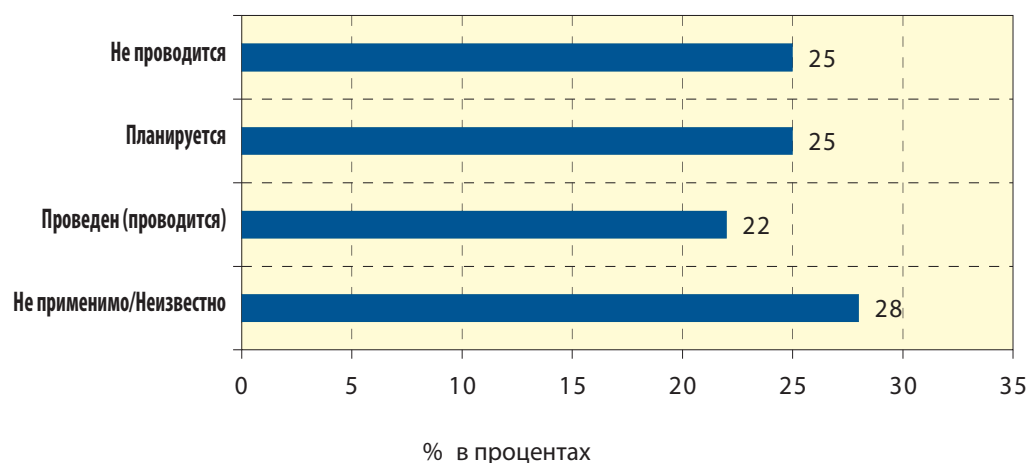
ВОПРОС 11. Может ли изменение климата открыть перед Вашей страной или организацией дополнительные перспективы развития транспорта, и если да, то какие? (Примеры – расширение туризма, рост сельскохозяйственного производства и т.д.)



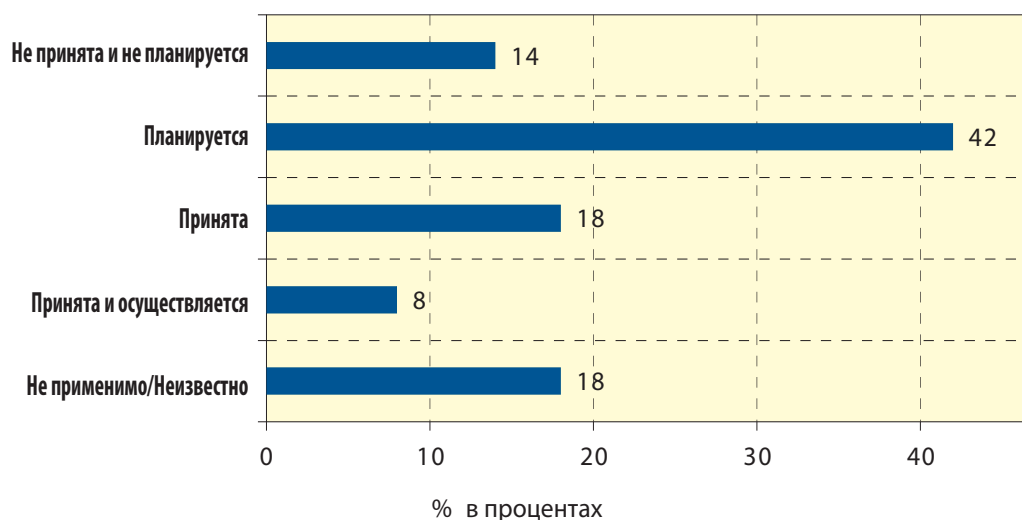
ВОПРОС 12. Принята ли в Вашей стране/организации общая стратегия адаптации к последствиям изменения климата (не ограниченная отдельно взятым сектором), и если нет, то планируется ли ее принятие?



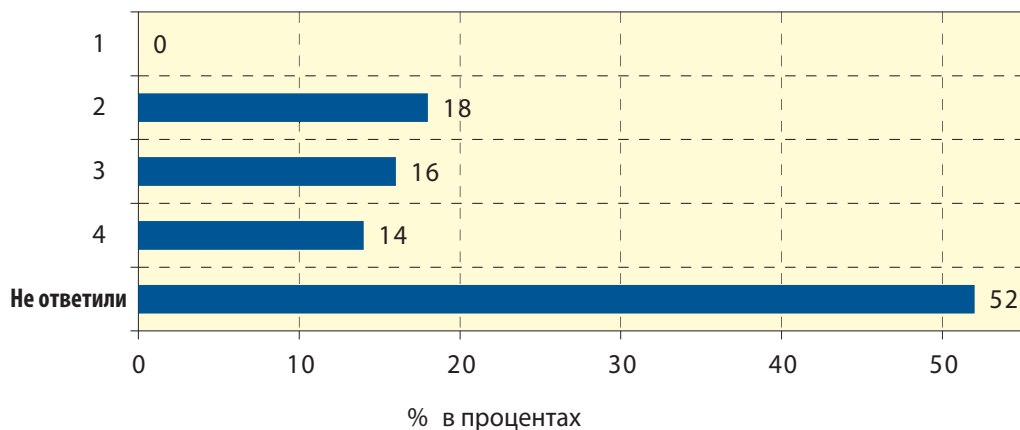
ВОПРОС 13. Проводился ли в Вашей стране/организации анализ затрат и выгод, связанных с теми или иными планами/стратегией адаптации к изменению климата?



ВОПРОС 14. Принята ли в Вашей стране/организации стратегия адаптации к изменению климата, специально предназначенная для транспортного сектора, и если нет, то планируется ли ее принятие?



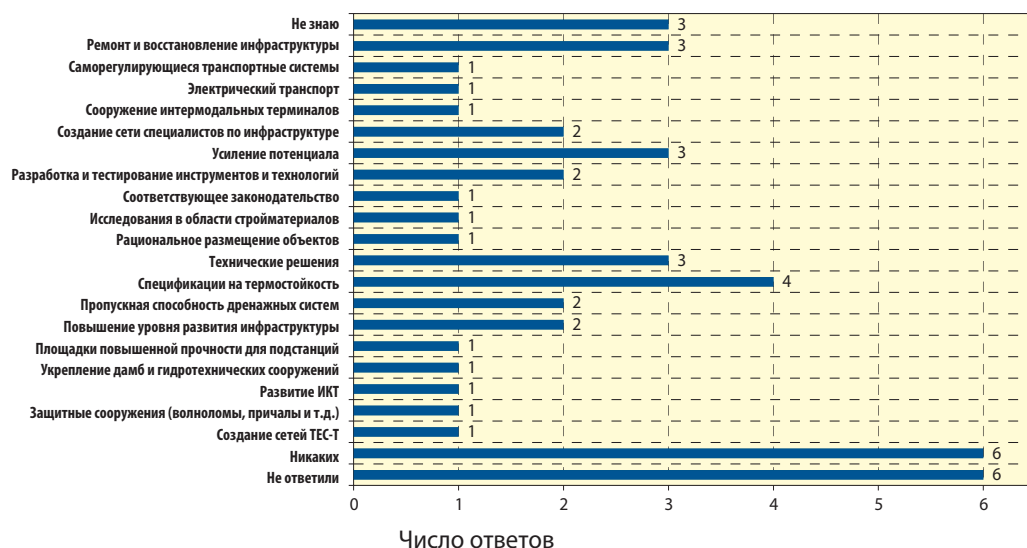
ВОПРОС 15. Оцените результаты/эффективность специальной стратегии адаптации для транспортного сектора, если таковая была принята, по шкале от 1 до 4 (1 = совершенно неэффективна, 4 = весьма эффективна).



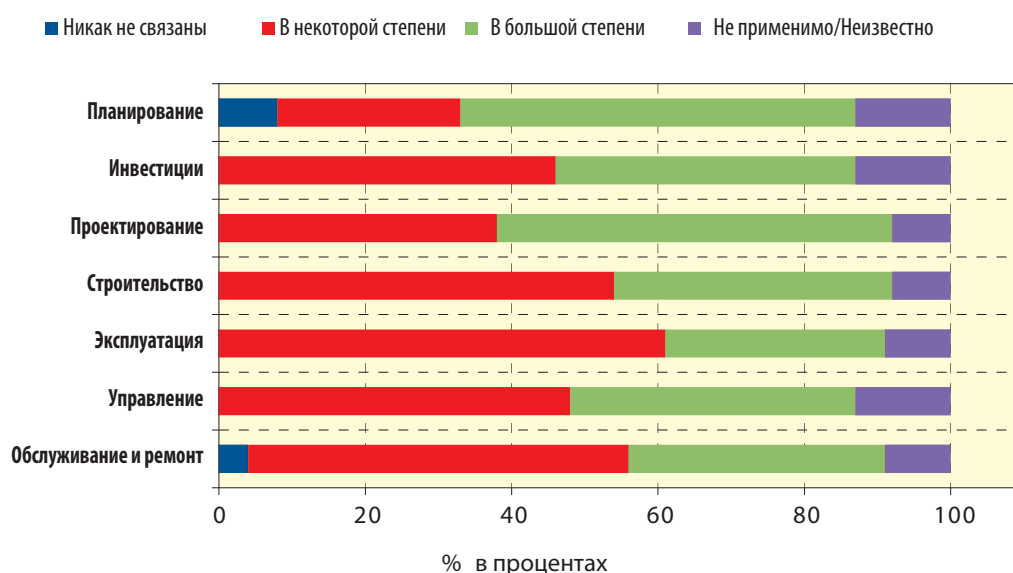
ВОПРОС 16. Как контролируется/оценивается (или будет контролироваться/оцениваться) эффективность современных или будущих адаптационных мер?



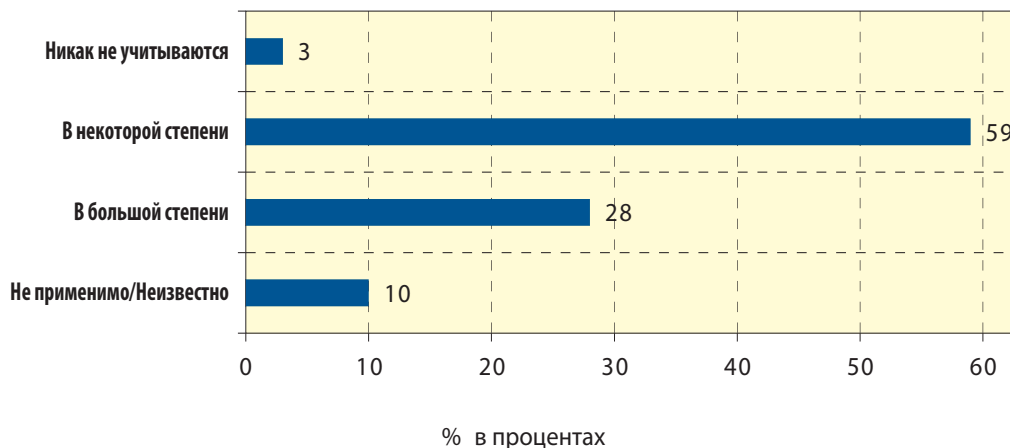
ВОПРОС 17. Какие конкретные меры принимаются или планируются в Вашей стране/ организации с целью повышения жизнеспособности транспортных сетей в условиях изменения климата [в Вашей сфере компетенции]?



ВОПРОС 18. Просьба пояснить и уточнить, в какой степени эти меры связаны с планированием, инвестициями, проектными и строительными работами, эксплуатационными, управленческими и ремонтно-техническими функциями в транспортном секторе.



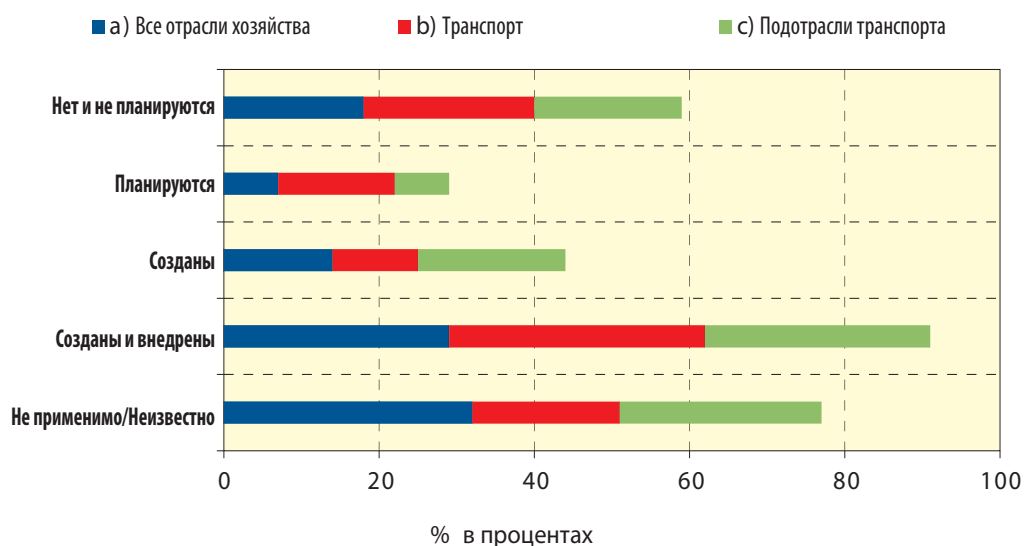
ВОПРОС 19. Учитываются ли при реализации/планировании новых проектов по развитию транспортной инфраструктуры последствия изменения климата (экстремальные явления, более интенсивные осадки, повышение уровня моря и т.д.)?



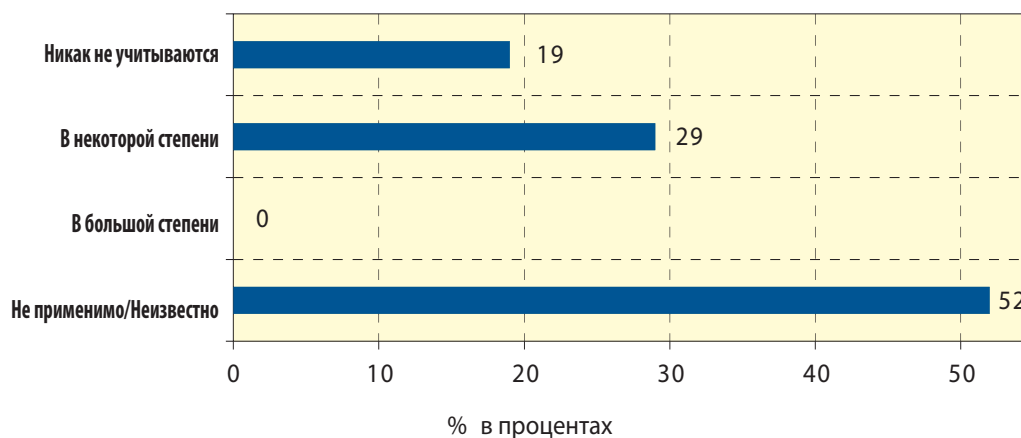
ВОПРОС 20. Исходя из опыта Вашей страны [организации/компании], назовите важнейшие, на Ваш взгляд, примеры передовой практики и уроки на будущее в том, что касается адаптационных мер на транспорте.



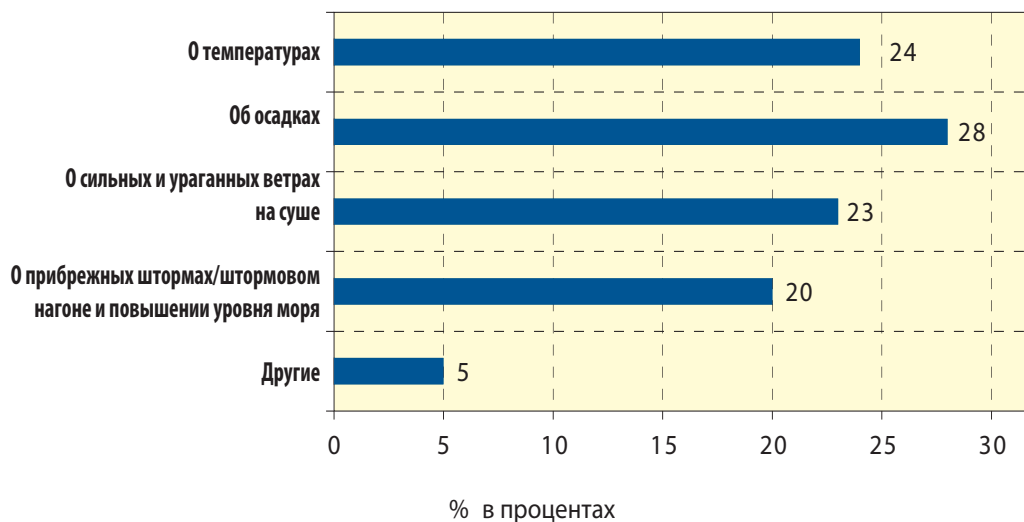
ВОПРОС 21. Созданы или планируются ли в Вашей стране [организации/компании] системы реагирования на чрезвычайные ситуации для а) всех отраслей хозяйства, б) транспортной отрасли, или с) подотраслей транспорта?



ВОПРОС 22. Учитывают ли страховые компании Вашей страны соображения, связанные с изменением климата, при разработке продуктов, предлагаемых транспортному сектору/отрасли?



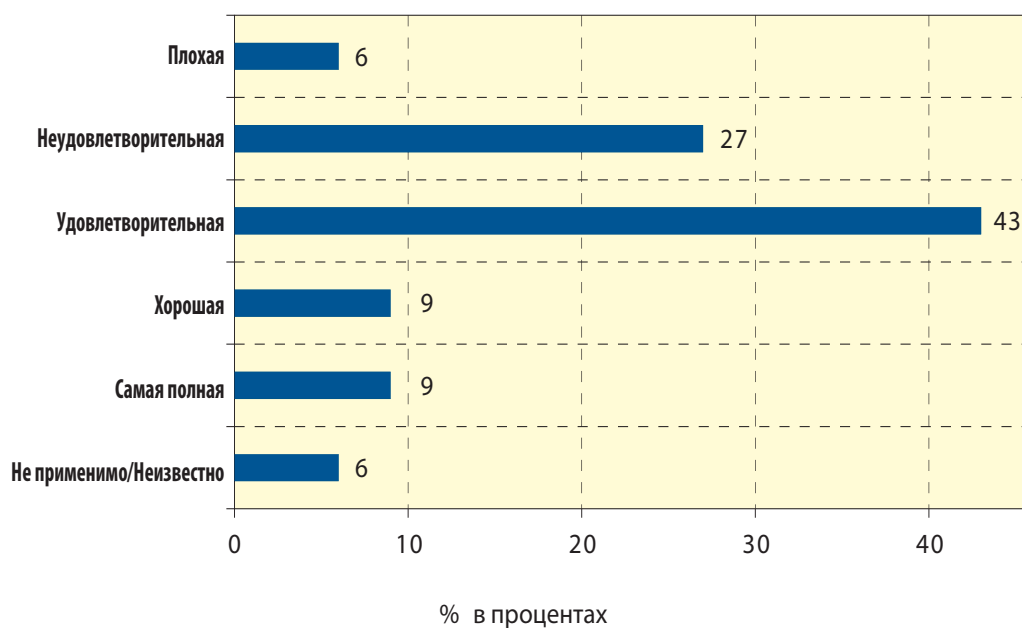
**ВОПРОС 23. Какие виды информации, данных или прогнозов были бы, на Ваш взгляд, наиболее полезными для успешной подготовки к изменению климата и разработки соответствующих мер по адаптации транспорта?
(Возможен выбор нескольких вариантов ответа)**



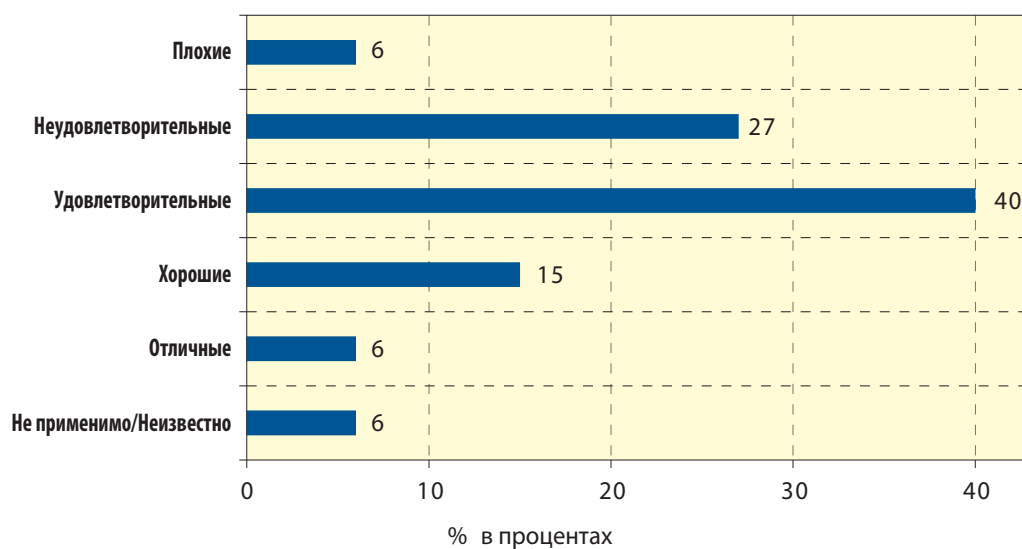
ВОПРОС 24. Какие основные источники данных/информации используются в настоящее время для изучения последствий изменения климата/разработки мер по адаптации транспорта?



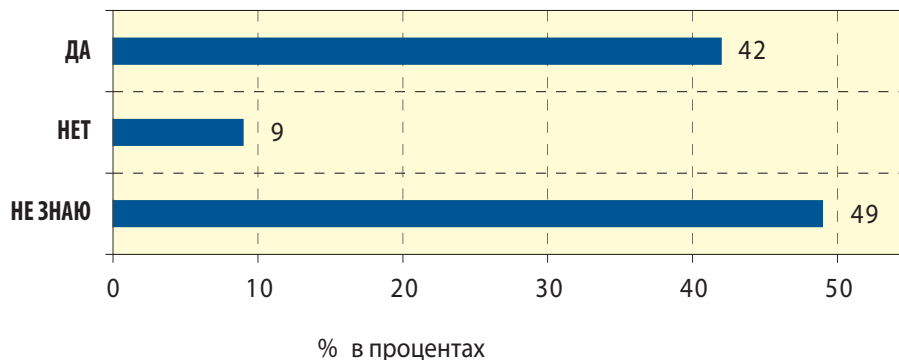
ВОПРОС 25. Оцените доступность соответствующих данных/информации в Вашей стране по шкале от 1 до 5, где 1 означает плохую, а 5 – самую полную доступность:



ВОПРОС 26. Оцените полезность/актуальность/качество соответствующих данных/информации в Вашей стране по шкале от 1 до 5, где 1 означает низшую, а 5 – высшую оценку:



ВОПРОС 27. Применяются ли, по Вашим сведениям, какие-либо модели/компьютерные программы в целях прогнозирования создаваемых погодными явлениями рисков для транспортной инфраструктуры (например, составления прогнозов воздействия штормового нагона воды на работу портов или затопления пойменных равнин)?



ВОПРОС 28. Если да, просьба перечислить такие модели/программы, указав для каждой из них присущий ей уровень обобщения (уровень 1, 2 или 3 по классификации Межправительственной группы экспертов по изменению климата: уровень МГЭИК-1 – простейшие методы с использованием данных о деятельности, доступных во всех странах; уровень 2 – факторы выбросов, специфичные для отдельных технологий; уровень 3 – методы более подробного или странового анализа. Дополнительную информацию см. по адресу: unfccc.int/files/meetings/unfccc.../ipcc_good_practice_guidance.ppt).



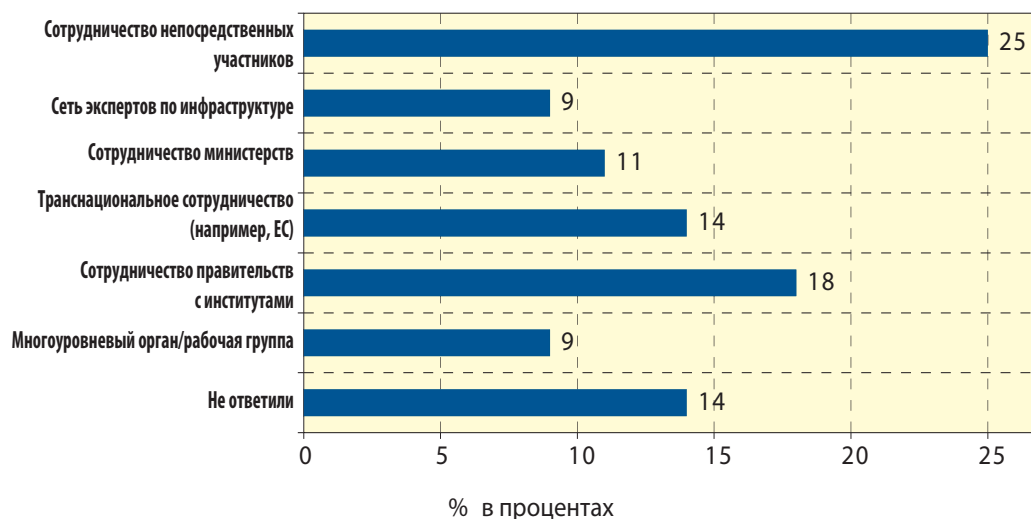
ВОПРОС 29. Укажите существующие или возможные в будущем механизмы финансирования дальнейших адаптационных мероприятий на транспорте (включая изучение воздействия).



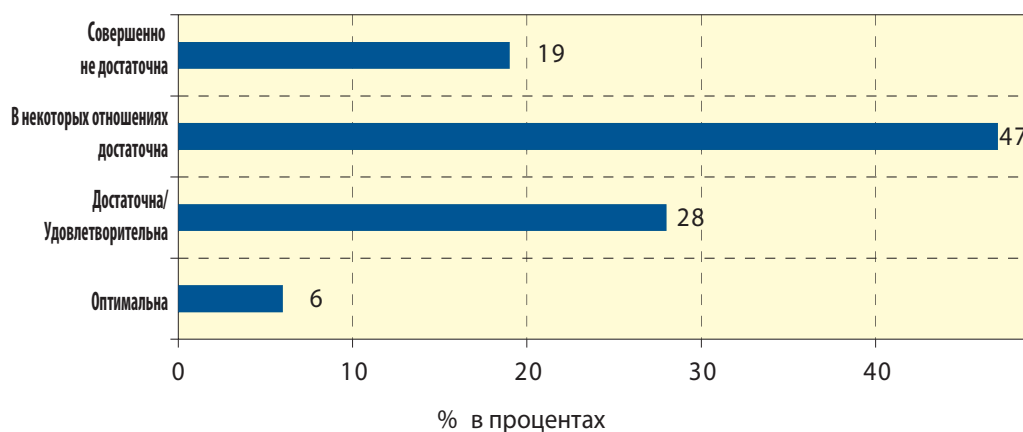
ВОПРОС 30. В целом, какие конкретные вопросы в первую очередь заслуживают дальнейшего внимания на предмет разработки эффективных адаптационных стратегий для транспорта с учетом ваших местных условий?



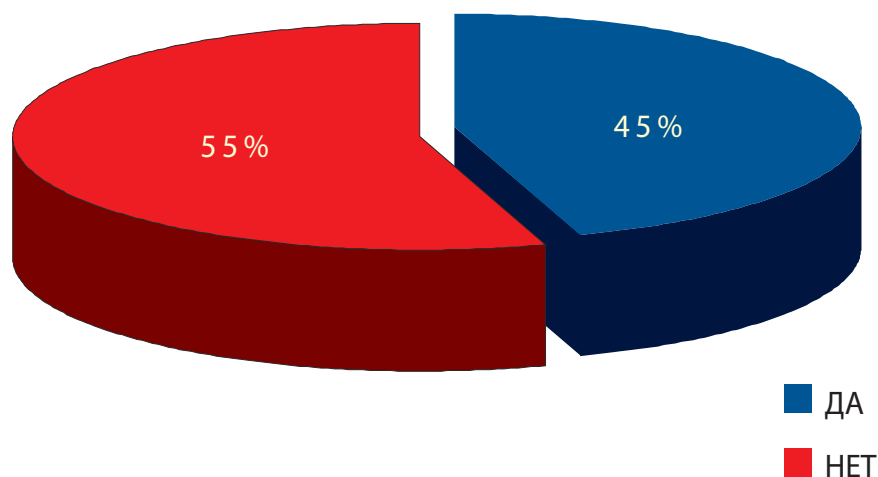
ВОПРОС 31. Какой существующий или возможный в будущем механизм (механизмы) сотрудничества представляется(ются) Вам наиболее полезным(и) для решения проблемы адаптации транспорта к изменению климата? Просьба кратко обосновать и указать характер сотрудничества/партнеров, а также вид или тип инфраструктуры/услуг/функций транспорта, которые имеются в виду.



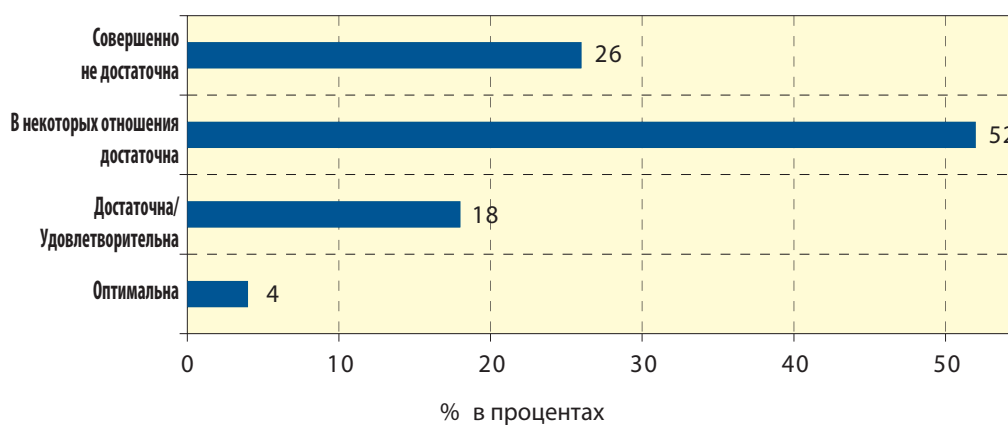
ВОПРОС 32. Считаете ли Вы, что нынешняя степень сотрудничества на национальном или местном уровне достаточна/удовлетворительна?



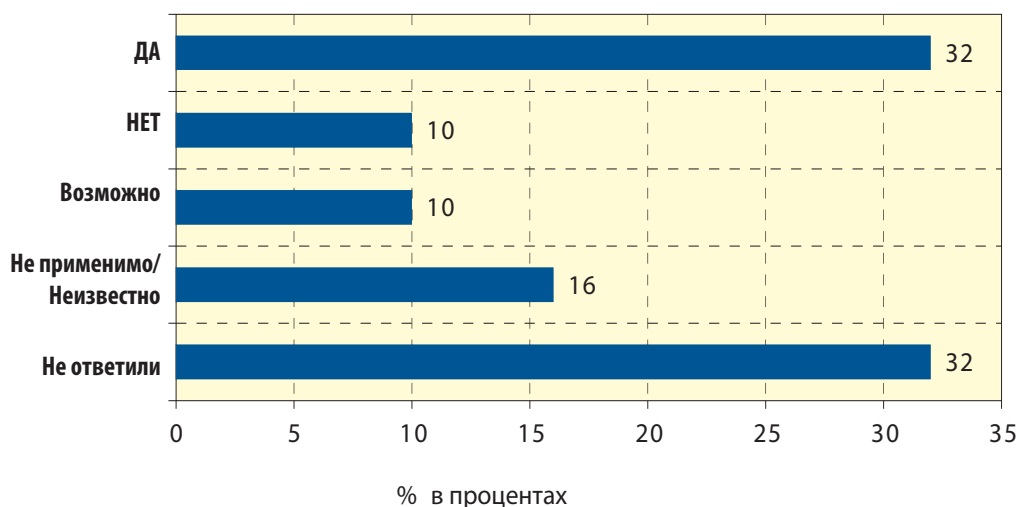
ВОПРОС 33. Принята ли в Вашей стране практика регионального или субрегионального сотрудничества и обмена информацией по вопросам изменения климата, и проводится ли соответствующая политика? Если да, то в какой мере и каким образом это сотрудничество предполагает рассмотрение специфических проблем транспорта?



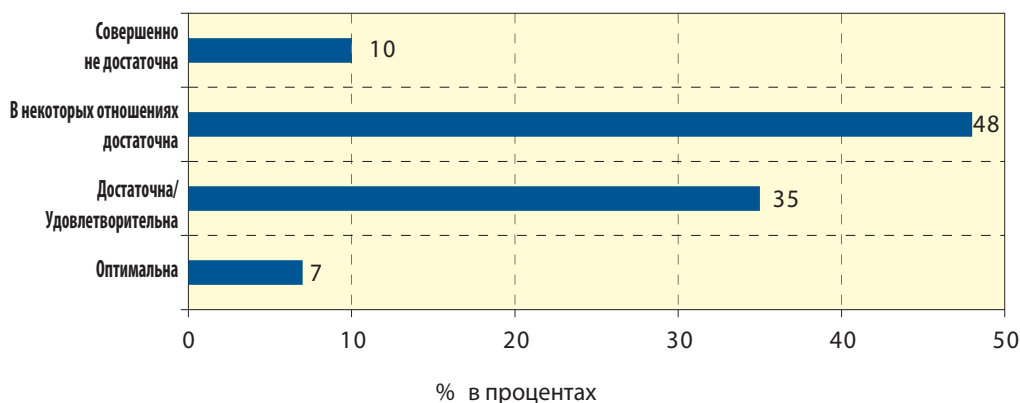
ВОПРОС 34. Считаете ли Вы, что нынешняя степень сотрудничества на региональном/ субрегиональном уровне достаточна/удовлетворительна?



ВОПРОС 35. Считаете ли Вы, что в целях поощрения/облегчения адаптации транспортных сетей к изменению климата заслуживает серьезного рассмотрения возможность внесения поправок в существующие соглашения ЕЭК ООН по вопросам инфраструктуры (Европейское соглашение о международных автомагистралях (СМА), Европейское соглашение о магистральных международных железнодорожных линиях (СМЖЛ), Европейское соглашение о важнейших внутренних водных путях международного значения (СМВП), Европейское соглашение о важнейших линиях международных комбинированных перевозок и соответствующих объектах (СЛКП)?



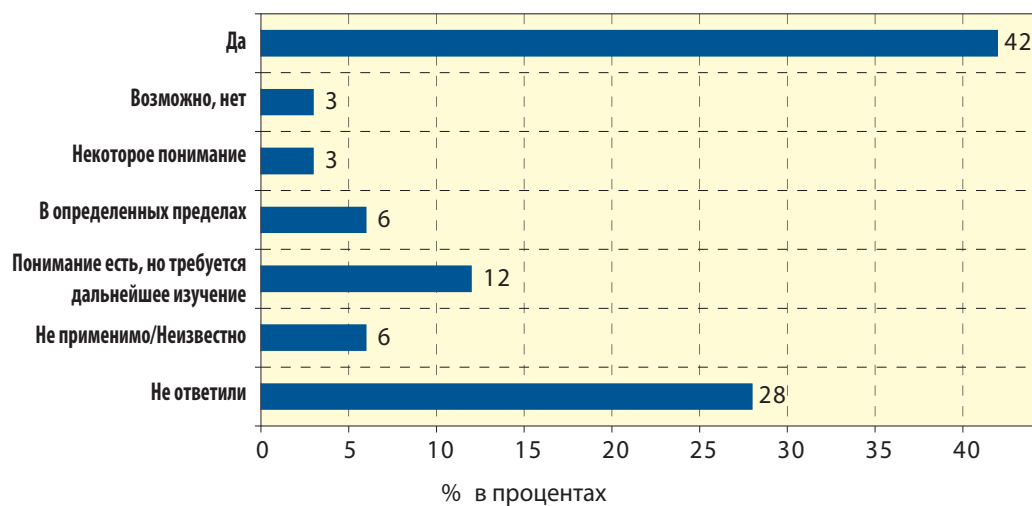
ВОПРОС 36. Считаете ли Вы, что нынешняя степень сотрудничества на международном уровне достаточна/удовлетворительна?



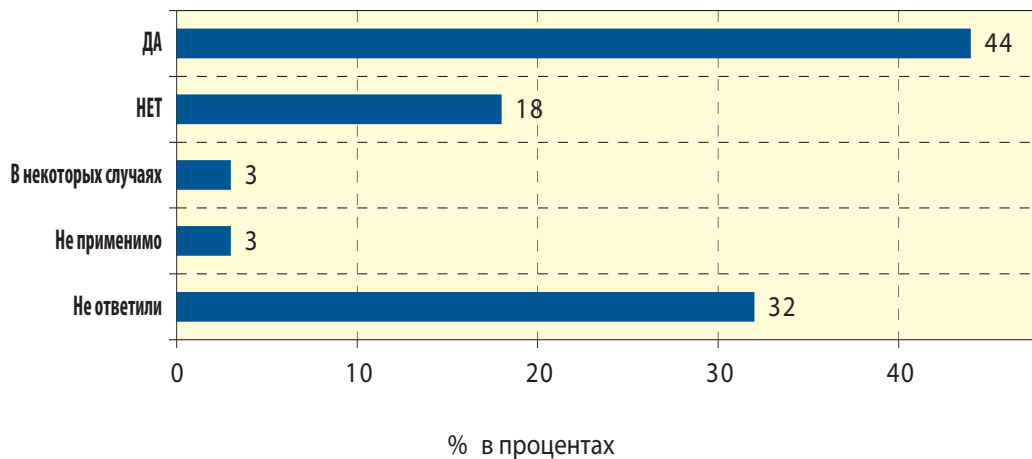
ВОПРОС 37. Какие виды дальнейшего международного сотрудничества, на Ваш взгляд, были бы полезными для преодоления последствий изменения климата и необходимой адаптации?



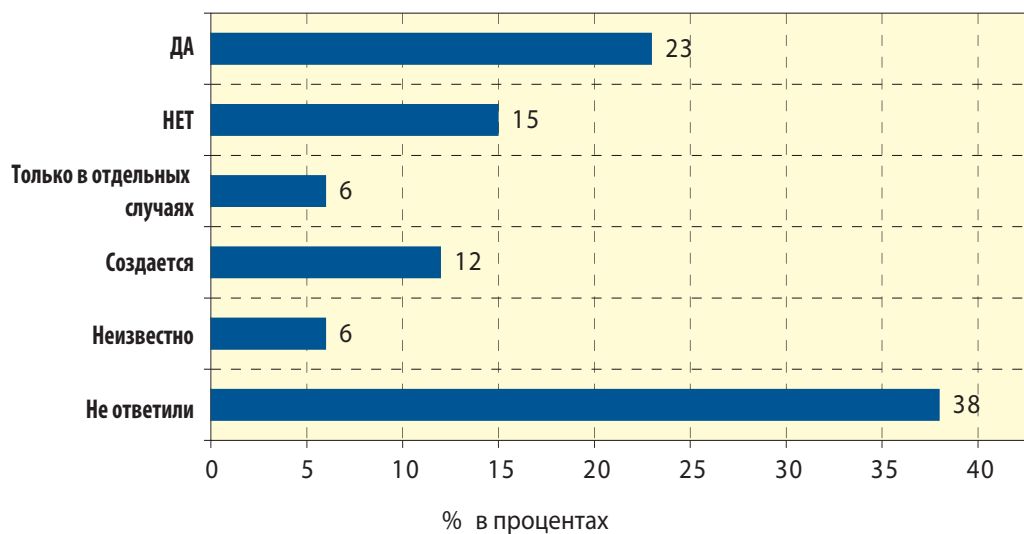
ВОПРОС 38. Имеется ли в Вашем государственном учреждении/компании/организации понимание уязвимости существующей автодорожной/железнодорожной инфраструктуры к естественным угрозам (например, возможности повреждения мостов при наводнениях)?



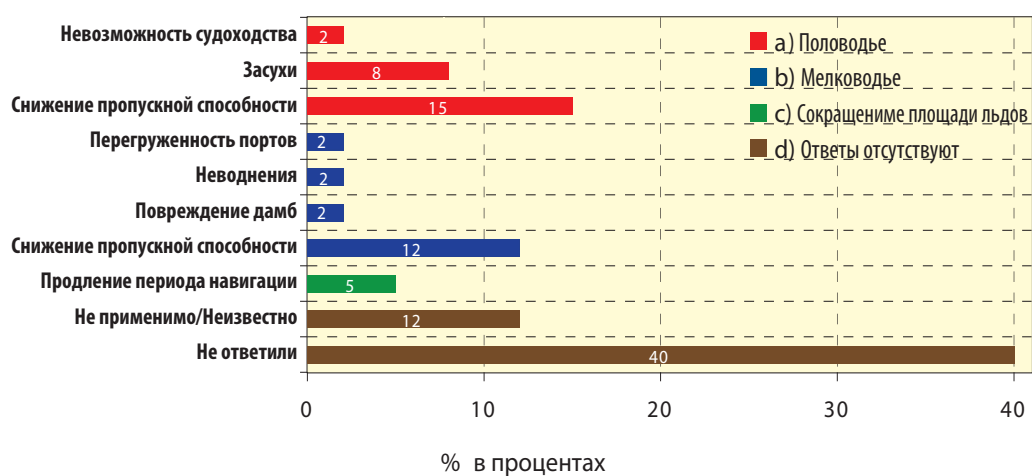
ВОПРОС 39. Если да, то увязано ли это с иерархией рисков, т.е. степенью вероятности тех или иных событий, с одной стороны, и тяжестью их последствий, с другой (например, с вероятностью повреждения участка автодороги/железнодорожного пути в результате наводнения и последствиями этого)?



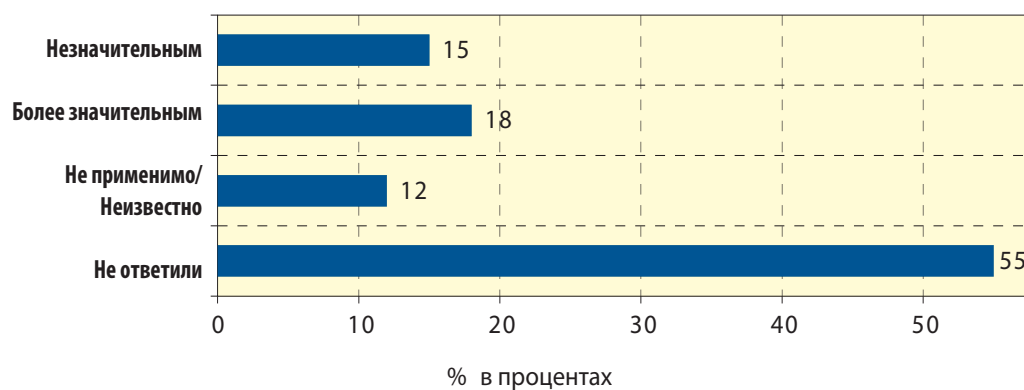
ВОПРОС 40. Создан ли механизм оценки существующих уровней риска?



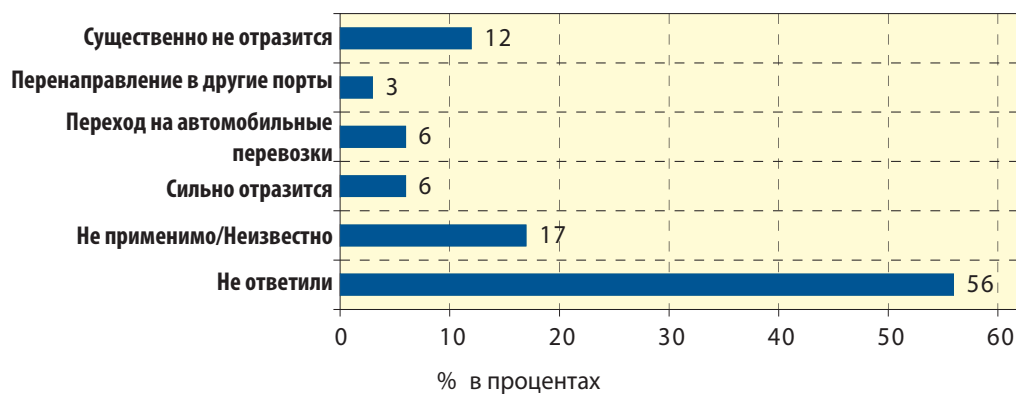
ВОПРОС 41. Каким, на Ваш взгляд, будет воздействие изменения климата на инфраструктуру внутренних водных путей?



ВОПРОС 42. Насколько значительным будет это воздействие по сравнению с воздействием современных погодных явлений (сезонные периоды мелководья и половодья)?



ВОПРОС 43. В какой степени, на Ваш взгляд, изменение климата отразится на перевозках по внутренним водным путям и приведет к перераспределению транспортных потоков в пользу других видов транспорта?



ВОПРОС 44. Какие меры запланированы/приняты у вас для повышения жизнеспособности инфраструктуры/сектора внутреннего водного транспорта в условиях изменения климата?

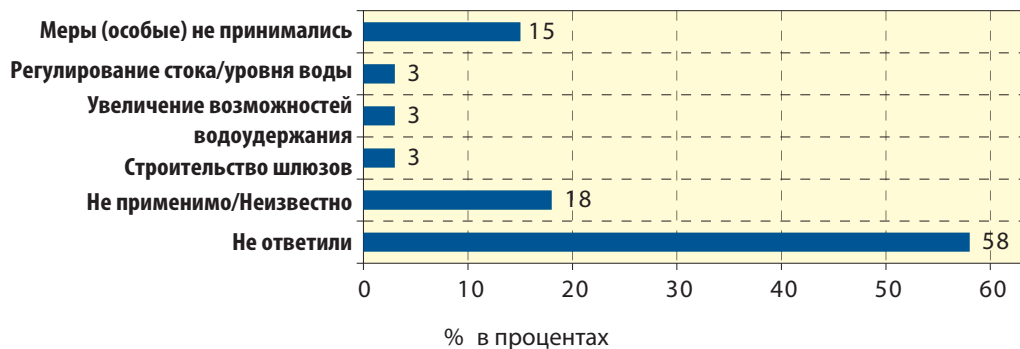


Фото: Железнодорожный мост Putna Seaca, Румыния. Ущерб от наводнений в 2005 году © Club Ferroviar (обложка и стр. XIV, 58, 118).
Gara de Nord, Bucuresti, Румыния, Сильный снегопад и метель, январь 2008 года © Club Ferroviar (стр. 18, 56).
Наводнение Дуная, Будапешт, Венгрия, 2013 год, фото из Интернета (стр. 135, 208, 220).
Наводнение, Важа, Венгрия, 2013 год. Фото: Mr. Otto Michna (стр. 105, 106).
Shutterstock (стр. XXII, XXIV).

Последствия изменения климата для международных транспортных сетей и адаптация к ним

Среди многочисленных последствий изменения климата, ранее неучтенная нагрузка на существующую инфраструктуру, а также наша повседневная деловая практика и вообще, как мы живем, должны постоянно переоцениваться. В данном докладе рассматриваются последствия для транспортного сектора, а также предлагается подумать над тем, что необходимо будет сделать для адаптации дорог, железных дорог, внутренних водных путей и портов.

Исходный материал для данного доклада был тщательно проанализирован, с тем чтобы определить возможные последствия для транспортной инфраструктуры и услуг. Для того чтобы отразить самую актуальную картину, были проведены обзор национальных инициатив, примеров из практики, и научно-исследовательских проектов и обмен опытом адаптации применительно к конкретным видам транспорта, а также информацией об успехах национальных директивных органов в области регулирования рисков и повышения жизнеспособности.

Выводы настоящего доклада отражают последствия для конкретных видов транспорта. Так, состояние береговой транспортной инфраструктуры и услуг транспорта, включая функционирование портов и других транспортных узлов в прибрежной зоне, могут серьезно пострадать при повышении среднего уровня моря, росте температуры воды, усилении штормов и штормового нагона и потенциальных изменениях волнового режима.

Автомобильные дороги, железные дороги, порты, автовокзалы и железнодорожные терминалы могут пострадать от перемен в режимах водотока, вызванных изменением осадков. Структурная целостность автодорог, мостов, дренажных систем и туннелей может потребовать более частое проведение ремонтно-восстановительных работ.

Адаптационные меры, о которых говорится в настоящем докладе, направлены на уменьшение уязвимости и повышение устойчивости систем к действию климатических факторов. Исследование, приведенное в докладе, указывает на то, что упреждающий подход в контексте адаптации транспорта к изменению климата подразумевает принятие осознанного решения выделять средства на разработку и осуществление соответствующих адаптационных планов, стратегий и мер. Это будет трудно, не только из-за связанных с этим затрат, но и потому что данные меры сложно воспроизвести в любых условиях, так как они не являются универсальными.

Информационная служба
Европейская экономическая комиссия ООН

Дворец Наций
СН - 1211 Женева 10, Швейцария
Телефон: +41(0)22 917 44 44
Факс: +41(0)22 917 05 05
Электронная почта: info.ece@unece.org
Web страница: <http://www.unece.org>