

Д. В. Капский  
С. В. Богданович  
Ю. В. Буртыль

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА, УЯЗВИМОСТИ  
И КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ  
В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Минск  
БНТУ  
2022

УДК 502.35; 656.1  
К20

**Капский, Д. В.** Методология оценки воздействия изменения климата, уязвимости и климатических рисков в транспортной системе Республики Беларусь / Д. В. Капский, С. В. Богданович, Ю. В. Буртыль. – Минск: БНТУ, 2022. – 256 с. – ISBN 978-985-583-756-6.

Монография посвящена анализу влияния изменения климата на транспортную отрасль, вопросам климатической адаптации, связанным с развитием различных видов транспорта и транспортной инфраструктуры, а также рассмотрению мер, необходимых для реализации климатической стратегии. В ней дана оценка современного состояния климатических условий на территории Республики Беларусь и их влияния на условия адаптации транспорта и инфраструктуры, оценка и прогноз изменений климатических условий, связанных с глобальным потеплением, и возможных последствий на экономику и социальную сферу транспортного сектора в будущем, оценка рисков и адаптационной способности транспортной системы страны.

Табл. 65. Ил. 72. Формул 29. Библиогр. назв. 69. Прил. 1.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом  
Белорусского национального технического университета  
(протокол № 2 от 18.02.2022 г.)

**Р е ц е н з е н т ы:**

заведующий кафедрой «Техносферная безопасность»  
Московского автомобильно-дорожного государственного технического  
университета (МАДИ), начальник НИИ Энергоэкологических проблем  
при МАДИ, заслуженный деятель науки России,  
д-р техн. наук, профессор *Ю. В. Трофименко*;  
доцент кафедры «Строительство дорог транспортного комплекса»  
Петербургского государственного университета путей сообщения  
Императора Александра I, заведующий лабораторией  
Института проблем региональной экономики РАН,  
канд. техн. наук *Л. А. Лосин*

**ISBN 978-985-583-756-6**

© Капский Д. В., Богданович С. В.,  
Буртыль Ю. В., 2022  
© Белорусский национальный  
технический университет, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	6
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	8
ВВЕДЕНИЕ.....	10
1. ОПИСАНИЕ КОНТЕКСТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	15
2. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ОТРАСЛИ.....	18
2.1. Основные задачи и функции транспорта.....	18
2.2. Дорожный (автомобильный) транспорт.....	21
2.3. Железнодорожный транспорт.....	23
2.4. Воздушный транспорт.....	24
2.5. Водный транспорт.....	25
2.6. Мультимодальные перевозки.....	27
2.7. Управление отраслью «Транспорт».....	29
3. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДОКУМЕНТОВ И ИНФОРМАЦИИ, ИМЕЮЩЕЙ ОТНОШЕНИЕ К АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА.....	35
3.1. Международные соглашения.....	35
3.2. Национальные стратегии и программы.....	38
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕВОЙ АУДИТОРИИ, КОНЕЧНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ.....	43
5. АНАЛИЗ ДОСТУПНОЙ ИНФОРМАЦИИ И ДАННЫХ.....	48
5.1. Государственный климатический кадастр.....	48
5.2. Государственный кадастр природных ресурсов.....	49
5.3. Статистические данные об изменении климата.....	50
5.4. Текущие данные по гидрометеорологической ситуации в регионе.....	52
5.5. Предоставление нормативной документации в области экологии и защиты климата.....	54
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ ОЦЕНКИ.....	58
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН.....	66
7.1. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.....	66
7.2. Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь.....	69
7.3. Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь.....	72

7.4. Белорусский национальный технический университет.....	75
7.5. Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.....	78
<b>8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ОПИСАНИЕ МЕТОДОВ ВОВЛЕЧЕНИЯ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН ...</b>	<b>83</b>
8.1. Нормативно-правовой метод.....	83
8.2. Нормативно-технический метод.....	88
8.3. Метод добровольного участия, планирование .....	91
8.4. Методы защиты климата в отрасли «Транспорт» .....	92
<b>9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДХОДОВ АНАЛИЗА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА .....</b>	<b>96</b>
9.1. Общий алгоритм определения анализа чувствительности к изменениям климата.....	96
9.2. Уязвимость к повышению температуры воздуха.....	99
9.3. Уязвимость от повышения уровня воды, интенсивных ливней.....	104
9.4. Усиление ветра до штормового предупреждения.....	110
9.5. Засуха и эрозия почвы.....	114
9.6. Потенциальное воздействие климата на отрасль «Транспорт» .....	118
<b>10. ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА, УЯЗВИМОСТИ И КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ .....</b>	<b>120</b>
10.1. Общие положения и концепция методики оценки воздействия климата .....	120
10.2. Система предупреждения чрезвычайных ситуаций.....	124
10.3. Реализация стратегии по снижению уязвимости воздействия климата .....	126
<b>11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ И УЯЗВИМОСТИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА .....</b>	<b>132</b>
<b>12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАРЬЕРОВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ МЕР КЛИМАТИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ.....</b>	<b>135</b>
12.1. Определение барьеров по реализации мер адаптации климата.....	135
12.2. Определение возможностей по реализации мер адаптации климата.....	138

13. РАЗРАБОТКА ИНДЕКСА ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТИ И ВОЗДЕЙСТВИЙ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА .....	140
13.1. Существующая мировая система индексов уязвимости и воздействия к изменениям климата .....	140
13.2. Разработка национального индекса оценки уязвимости и воздействия к изменениям климата .....	141
13.3. Моделирование эксплуатационного состояния транспортных путей под воздействием изменений климата.....	144
13.4. Социально-экономическое прогнозирование последствий изменения климата .....	149
14. АДАПТАЦИИ ОТРАСЛИ «ТРАНСПОРТ» К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА .....	151
15. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, РИСКОВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ В ОТРАСЛИ «ТРАНСПОРТ»....	159
15.1. Дорожный транспорт .....	160
15.2. Железнодорожный транспорт .....	165
15.3. Речной транспорт .....	166
15.4. Воздушный транспорт .....	167
16. АНАЛИЗ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТРАСЛИ «ТРАНСПОРТ» .....	171
16.1. Дорожный транспорт .....	171
16.2. Железнодорожный транспорт .....	172
16.3. Речной транспорт .....	173
16.4. Воздушный транспорт .....	173
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	174
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	177
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	186

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

РБ	Республика Беларусь
ЕС	Европейский Союз
ООН	Организация Объединенных Наций
ПРООН	Программа развития ООН
ЮНЕП	Программа ООН по окружающей среде
РКИК ООН	Рамочная конвенция ООН об изменении климата
НСМОС	Национальная система мониторинга окружающей среды
ППП	Потенциал глобального потепления
ГРОКО	Глобальная рамочная основа для климатического обслуживания
ДТП	Дорожно-транспортное происшествие
ДСМ	Дорожно-строительные материалы
PM2.5 (10)	Обозначение тонкодисперсных твердых частиц в воздухе диаметром 2,5 (10) мкм
АСУДД	Автоматизированные системы управления дорожным движением
МДВ	Метеорологическая дальность видимости
ИКАО	Международная организация гражданской авиации
ПДК	Предельно-допустимая концентрация
ОРВ	Озоноразрушающие вещества
НИОКР	Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
ТКТС	Тяжелые крупногабаритные транспортные средства
ВИЭ	Возобновляемые источники энергии
ВПИК	Всемирная программа исследований климата
FLEG	Forest Law Enforcement & Governance (законодательное управление лесами, международная система)
Climpact	Программный продукт по климатическим рискам для конкретных секторов
CCUS	Carbon Capture, Use and Storage (улавливание, использование и хранение углерода)
CAS	Chemical Abstracts Service (уникальный численный идентификатор химических соединений, внесённых в международный реестр)
ETCS	European Train Control System (Европейская система управления движением поездов)

TEN-T	Trans-European Network – Transport (Трансьевропейская опорная транспортная сеть)
RIMAROCC	Risk Management for Roads in a Changing Climate (Управление рисками, касающимися автодорог, в условиях меняющегося климата)
EIP	Environmental Performance Index (Индекс экологической эффективности)

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Аварийное загрязнение окружающей среды:** внезапное непреднамеренное загрязнение окружающей среды, вызванное промышленной аварией, иной чрезвычайной ситуацией техногенного характера.

**Адаптация:** приспособление природных или антропогенных систем в ответ на фактическое или ожидаемое воздействие климата или его последствия, которое позволяет уменьшить вред или использовать благоприятные возможности.

**Антропогенный объект:** объект, созданный человеком для обеспечения его социальных потребностей и не обладающий свойствами природных объектов;

**Биотоп:** природный объект (участок территории или акватории) с однородными экологическими условиями, являющийся местом обитания сообщества тех или иных видов диких животных и произрастания дикорастущих растений;

**Вегетационный период:** период года, в который возможны рост и развитие (вегетация) растений.

**«Зеленая» экономика:** модель организации экономики, направленная на достижение целей социально-экономического развития при существенном сокращении экологических рисков и темпов деградации окружающей среды;

**Парниковые газы:** газообразные составляющие атмосферы как природного, так и антропогенного происхождения, которые поглощают и переизлучают инфракрасное излучение

**Поглотитель парниковых газов:** любой процесс, механизм или природный комплекс (объект), который поглощает (абсорбирует) парниковый газ с прямым или косвенным парниковым эффектом из атмосферного воздуха

**Выброс загрязняющих веществ:** поступление в атмосферный воздух загрязняющих веществ от источника загрязнения атмосферного воздуха

**Объекты автомобильного транспорта:** территории, здания, сооружения и (или) инженерные системы автотранспортных предприятий, гаражей, стоянок, парковок, предприятий автосервиса, в т. ч. автомобильных моек, грузовых и пассажирских терминалов, автовокзалов, и иных объектов автотранспорта

**Озоноразрушающие вещества:** химические вещества, а также смеси химических веществ, обладающие способностью вступать в реакцию с молекулами озона в стратосфере и разрушать озоновый слой, указанные в приложениях к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой, от 16 сентября 1987 года (далее – Монреальский протокол)

**Твердые частицы, РМ:** недифференцированная по составу пыль/аэрозоль, суммарное количество загрязняющих веществ, имеющих твердое агрегатное состояние, органического и неорганического происхождения, образующихся при технологических процессах и выбрасываемых в атмосферный воздух

**Экологический аудит:** независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектам хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по улучшению такой деятельности

**Климатический риск:** вероятность (в течение определенного периода времени) существенных нарушений в нормальном функционировании природных, технических и социальных систем вследствие климатического воздействия (в результате изменений или колебаний климата)

**Мобильные источники выбросов:** транспортные средства и самоходные машины, оснащенные двигателями, эксплуатация которых влечет за собой выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

**Уязвимость климата:** насколько воздействие транспортной или иной системы ухудшает условия существования животного и растительного мира, а также социально-экономические аспекты жизни людей

**Индекс экологической эффективности (Environmental Performance Index):** комбинированный показатель Центра экологической политики и права при Йельском университете (Yale Center for Environmental Law and Policy), который измеряет достижения страны с точки зрения состояния экологии и управления природными ресурсами

**Экологический след:** условное понятие, отражающее потребление человечеством ресурсов биосферы. Он измеряется в гектарах – это площадь земли, необходимая для производства используемых людьми ресурсов и поглощения и переработки отходов и рассчитываемая для стран с населением более 1 млн. человек

## ВВЕДЕНИЕ

Транспортный сектор во всем мире рассматривается как основной источник выбросов в атмосферу веществ, разрушающих привычный для нас климат. К примеру, только по углекислому газу (CO<sub>2</sub>) еще в 2006 г. выбросы транспортом составили 23 % от глобального объема всех антропогенных объектов<sup>1</sup>. Важно для оценки выбросов транспортом парниковых газов и разработки мероприятий по снижению воздействия на климат иметь надежные данные по транспорту в целом. Оценку экологической безопасности региона необходимо выполнять на основании широкоформатных исследований по вопросу уязвимости климата, климатических рисков, активности по предотвращению разрушения биотопов от воздействия транспорта.

Географическое положение Республики Беларусь существенно влияет на формирование сети транспортных путей. Через территорию страны проходят два трансъевропейских коридора, транспортный коридор (автомагистраль) от Северной Европы до Западного Китая, развита национальная дорожная сеть. Находясь в первую очередь между Евросоюзом и Российской Федерацией, Республика Беларусь имеет предпосылки для наращивания транзитных перевозок и объективно выполняет роль транспортного моста (рис. 1<sup>2</sup>).

В Республике Беларусь получили развитие все современные виды транспорта (кроме морского). Все виды транспорта взаимодействуют между собой, дополняют друг друга и образуют транспортную систему страны. Это позволяет задействовать в перемещении продукции от места ее производства к потребителю, формируя логистические цепочки различных видов транспорта, исходя из преимуществ каждого из них.

В структуре валового внутреннего продукта на транспорт в Республике Беларусь приходится 6,6 %, транспорт и связь 7,9 % при этом автомобильный, городской электрический транспорт и метрополитен осуществляют около 96 % от общего объема перевозок пассажиров всеми видами транспорта<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Центр ЮНЕП Risø . Руководство по ТНА. Технологии для смягчения последствий изменения климата, 2011.

<sup>2</sup> Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник. 2021.

<sup>3</sup> Государственная программа РБ «Транспортный комплекс» на 2021–2025 гг.



Рис. 1. Республика Беларусь, транспортно-географическое положение

В связи с вышеперечисленным вопрос оценки воздействия изменения климата, уязвимости и климатических рисков в отрасли «Транспорт» является очень актуальным. Транспортная стратегия страны по снижению вредного воздействия на атмосферный воздух направлена на установление баланса между экономической и социальной пользой транспорта и отрицательными последствиями его эксплуатации для общества и окружающей среды, с учетом международных обязательств.

Отмечая опубликованный в октябре 2018 года доклад Межправительственной группы экспертов ООН по изменению климата, где содержится предупреждение о том, что у правительств есть всего лишь 12 лет, чтобы предпринять решительные шаги по борьбе с изменением климата, прежде чем наступят наиболее разрушительные его последствия, и приветствуя шаги, принятые с момента проведения Конференции Организации Объединенных Наций по изменению климата в 2015 году в Париже (КС-21), равно как и проведение 23 сентября 2019 года в Нью-Йорке Саммита ООН по мерам в области изменения климата с целью рассмотрения достигнутых результатов.

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.

Технические решения по оптимизации затрат и безопасной доставке грузов и пассажиров выражаются в применении современных методов возведения, ремонта и эксплуатации путей следования, элементов инфраструктуры транспортной системы.

Своевременное устранение препятствий для транспортировки не только по проезжаемости, но и предварительное планирование, обслуживание транспорта, повышение и сохранения уровня знаний персонала и внедрение научных методов рассматривается как составная часть проекта.

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 представляются целенаправленное изучение факторов уязвимости, проведение эмпирических исследований и оценка вероятных рисков и соответствующих издержек. Таким образом в книге изложена последовательная цепочка исследований, направленных на максимальное снижение уязвимости и повышения адаптивности к климату.

Задача проекта исследований – поддержать разработку и осуществление национальной политики в области борьбы с изменением климата в целях оказания содействия в развитии экономики с низким уровнем выбросов и устойчивостью к изменению климата. Цель исследований – отразить общую ситуацию по направлению улучшения климата и далее на основании ресурсов и для преодоления выявленных барьеров, разработать методику оценки воздействия изменения климата и уязвимости на транспорт.

При выполнении и описании исследований в книге осуществлялось тесное взаимодействие с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (далее – Минприроды), Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь (далее – Минтранс), национальными и международными консультантами проекта и другими соответствующими заинтересованными сторонами.

В системном описании методов предлагается разрабатывать ряд транспортных технологий и практик, которые могут в значительной мере сократить выбросы парниковых газов и одновременно с этим помочь достичь основных целей сохранения климата. Одновременно в книге рассматриваются вопросы выбора показателей оценки воздействия и уязвимости к изменению климата, определены риски и возможности для разработки и реализации мер климатической адаптации. Например, для целей сокращения выбросов транспортным сектором, развитие инфраструктуры и экологически чистых технологий может быть таким же, если не более, эффективным, как и развитие производственных технологий. Для дорожного транспорта учтено состояние дорог и система мониторинга за режимом эксплуатации.

Результаты работы предназначены для оказания содействия правительствам, планирующим органам транспортного сектора, а также заинтересованным лицам по вопросам проведения оценки потребностей и разработки планов действий в области технологии по адаптации к изменению климата в секторе «Транспорт» на всех уровнях.

Книга состоит из 16 (шестнадцати) разделов, каждый из которых сопровождается ссылками и библиографией, дополняется рисунками и таблицами.

Результаты, приведенные в монографии, получены в ходе исследований, проводимых по Проекту «ЕС для климата» (руководитель – Ирина Соколовская; исполнитель в своей части – Капский Д. В., декан АТФ БНТУ, Национальный консультант ПРООН проекта «ЕС для климата» по оценке воздействия изменения климата, уязвимости и климатических рисков в отрасли «Транспорт»), который финансируется ЕС и реализуется ПРООН в странах-участницах. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь является национальным партнером проекта

в Беларуси. Национальная часть проекта «ЕС для климата» в Республике Беларусь была зарегистрирована в базе данных программ и проектов международной технической помощи Министерства экономики Республики Беларусь № 2/20/001094 от 27.07.2020. Также в монографии для обоснования решений и в качестве исходных данных использована информация по изменению климата в Республике Беларусь, предоставленные Натальей Клевец, Национальным консультантом ПРООН проекта «ЕС для климата» по оценке условий изменения климата на территории Республики Беларусь. В Приложении приведены результаты анализа «отказов» дорог – дефекты, полученные в том числе из-за влияния изменения климата, – установленные в процессе исследований автомобильных дорог Казахстана, которые выполняли Ю. В. Буртыль и С. В. Богданович (руководитель НИР – Д. В. Капский, заказчик – Комитет автомобильных дорог Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан).

## 1. ОПИСАНИЕ КОНТЕКСТА ИССЛЕДОВАНИЯ

**Краткое описание целевой отрасли** предусматривает описание основных характерных особенностей видов транспорта, достоинства и недостатки их использования при осуществлении перевозок. Основные направления развития отрасли описываются следующими информационными блоками:

- 1) политика отрасли «Транспорт» в современном функционировании;
- 2) краткое описание перспектив и недостатков транспортных перевозок по видам транспорта;
- 3) основные международные и региональные требования к условиям перевозок;
- 4) общие сведения о протяженности и развитии сети транспортных коммуникаций Республики Беларусь, нормативное регулирование;
- 5) применяемые методы диагностики и практической реализации нормативного регулирования.

**Анализ существующих документов и информации**, имеющей отношение к адаптации к изменениям климата, проводится с целью определения:

- уровня контроля за экологической безопасностью (межгосударственные соглашения, стандартизация в экологии, экологические разделы в отраслевых стандартах);
- уровня соответствия действующих документов международным требованиям;
- характерных особенностей экологической национальной политики;
- уровня развития и внедрения современных прогрессивных технологий (развитие электротранспорта, реализация проектов по улавливанию, утилизации и хранению CO<sub>2</sub>, применение альтернативных видов энергии, повышение безопасности).

**Описание целевой аудитории**, конечных пользователей в первую очередь выполняется по признаку отклика различных социальных групп на экологические проблемы и принимаемые инициативы:

- законодателей, устанавливающих направления улучшения экологической безопасности;
- разработчиков, внедряющих перспективные решения по развитию указанных направлений и систем контроля за их выполнением;

– исполнителей принятых решений, наиболее многочисленных пользователей и потребителей.

**Анализ доступной информации** и данных предполагает изучение системы сбора данных, возможности оперативного и беспрепятственного доступа к информации по климатическим проблемам как в регионе, так и в международном направлении:

– порядок получения и обработки информации для формирования статистической отчетности;

– развитие и формирование баз данных по климатическим параметрам;

– информативность, доступность и распространение основных положений экологической безопасности и рекомендации для целевой аудитории;

– мероприятия по агитации защиты климата.

**Определение методов и инструментов оценки** предполагает изучение и оптимизацию основных методик и методов контроля за вредоносным воздействием на окружающую среду:

– определение приоритетных направлений оценки воздействия на климат;

– описание методов и характерных показателей влияния на климат;

– детализация инструментов оценки;

– инструментальные измерения и методы обработки информации.

**Определение и краткая характеристика заинтересованных сторон** в структурированном стиле разделяем характеристику заинтересованных и ответственных участников, вовлеченных в процессы сохранения климата и контролирующих правовые и социальные основы охраны окружающей среды. Рассматриваются ведущие и вспомогательные ведомства, их структура и указывается законодательная ответственность по каждому ведомству.

**Определение возможностей и описание методов вовлечения заинтересованных сторон** выполняется по результатам изучения предыдущих разделов с учетом особенностей региональной структуры, инструментов оценки и рамок деятельности, включенных в процессы защиты климата сторон. Методы вовлечения разделяются на обязательные, в том числе нормативные, и добровольные.

**Определение подходов анализа чувствительности к изменениям климата** включает исследования и выводы по изменению климата отрасли «Транспорт» (автомобильный, водный, воздушный, же-

лезнодорожный) при нехарактерных погодно-климатических условиях: высоких температурах, таянии ледников, усиление ветра, эрозии почвы, засухе. При выборе подходов учитывалась деятельность человека, вызывающая изменения в составе глобальной атмосферы, и накладывалась на естественные колебания климата, наблюдаемые на протяжении сопоставимых периодов времени.

**Описание методики оценки воздействия изменения климата, уязвимости и климатических рисков** включает разработку целевых показателей по методам оценки с разделением по направлениям:

- сокращение выбросов парниковых газов;
- снижение сосредоточения транспорта, плотности транспортно-го потока;
- снижение выбросов и концентрации канцерогенов и токсинов от воздействия транспорта;
- снижение уровня шумового загрязнения от транспорта;
- повышение экологичности транспорта;
- организация дорожного движения, эффективное планирование транспортного сообщения;
- развитие научно-практической базы в направлении экологической безопасности.

**Определение показателей оценки воздействия и уязвимости к изменению климата** заключается в указании в отчете практических, выделенных направлений по оценке воздействия на климат.

При **определении барьеров и возможностей для разработки и реализации мер климатической адаптации** обобщены сведения о рисках на местном, региональном и общегосударственном уровнях. Установлены приоритеты в отношении того, каким образом, кем, как быстро, в какой степени и в каком порядке следует уменьшить риски. Представлена информация о том, какие риски представляются наиболее важными:

- для затронутых ими секторов экономики и социальной сферы;
- для различных уровней государственного управления;
- для групп, имеющих особые интересы, экспертов, граждан, и почему эти риски считаются важными;
- для сооружений и транспортной инфраструктуры.

**Разработка индекса оценки уязвимости и воздействий к изменениям климата** рассматривает показатели оценки изменения климата по существующим современным мировым методикам и на основании существующей системы мониторинга окружающей среды в регионе.

## 2. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ОТРАСЛИ

### 2.1. Основные задачи и функции транспорта

Транспорт, как целевая отрасль, в настоящих исследованиях является наиболее востребованной частью мировой экономики, а мобильность как основная особенность – ключевым параметром, определяющим функционирование внутреннего рынка и качество жизни граждан, для которых транспорт обеспечивает свободу передвижения.

Основная задача политики транспорта – скоординированное улучшение автомобильных дорог, железных дорог, внутренних водных путей, аэропортов, внутренних портов и системы управления дорожным движением, обеспечивающие интегрированные и интермодальные, высокоскоростные маршруты перевозок пассажиров и грузов [1]. Доля отрасли в ВВП (внутренний валовой продукт) является одним из наиболее репрезентативных показателей, который позволяет оценить вклад транспортной отрасли в экономику, общий выпуск товаров (работ, услуг)<sup>4</sup> (рис. 2).



Рис. 2. Доля экономического вклада транспортной системы в Республике Беларусь

<sup>4</sup> Экономика Республики Беларусь. Анализ структуры и перспективы инвестирования в отдельные отрасли

Транспорт стал более экологичным, но в связи с увеличением количества транспортных средств, объемов перевозимых грузов, он по-прежнему остается основным источником локального шумового и атмосферного загрязнения. Кроме того, в мире отмечается неравномерная развитость транспортной инфраструктуры, что вызывает концентрацию загрязнений и требует рационального объединения всех подсистем и видов транспорта.

Транспорт непосредственно выбрасывает около 20–30 % парниковых газов от общего количества выбросов: автомобильный транспорт – 14 %, железнодорожный – 4 %, воздушный (авиация) – 2 %. Эти значения следует увеличить ещё примерно на 25 % при рассмотрении косвенных выбросов: на стадии производства топлива, транспортных средств и объектов инфраструктуры, а также на стадии ремонта и утилизации транспортных средств. В Республике Беларусь годовые выбросы в атмосферный воздух вредных веществ от транспорта составляют в среднем 700–800 тыс. тонн в год (рис. 3).

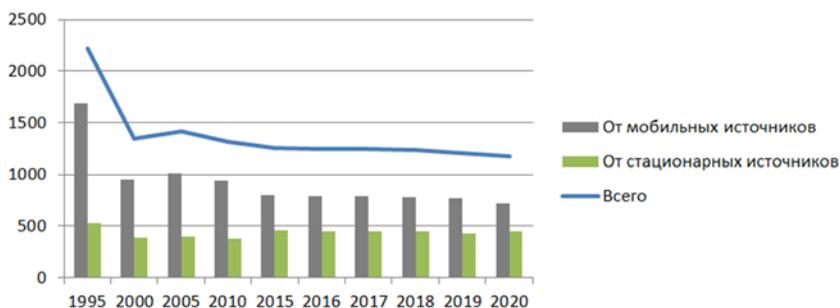


Рис. 3. Ежегодные выбросы загрязняющих веществ в Республике Беларусь, тыс. тонн

Протяженность транспортных путей сообщения общего пользования в Республике Беларусь по состоянию на 2021 г. составляет:

- автомобильные дороги (с учетом улично-дорожной сети) – 102800 км;
- железнодорожные пути – 5480 км;
- судоходные водные пути – 2067 км;
- трамвайные пути – 190 км;
- троллейбусные линии – 524 км;
- метрополитен – 51 км.

Удельный вес автомобильных дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования в 2020 году составил 86 %. Протяженность республиканских автомобильных дорог с повышенным скоростным режимом выросла с 1370 км в 2017 году до 1532 км в 2020 году.

Протяженность сети автомобильных дорог общего пользования в Республике Беларусь составляет 87002 км, в том числе республиканских дорог – 15 926 км, местных – 71 076 км. Из общей протяженности дорог твердое покрытие имеют 75 567 км<sup>5</sup>.

Структура пассажирских перевозок в Республике Беларусь, в сравнении 2015 и 2020 гг. в процентном соотношении по видам транспорта приведена на рис. 4 (данные Национального статистического комитета).

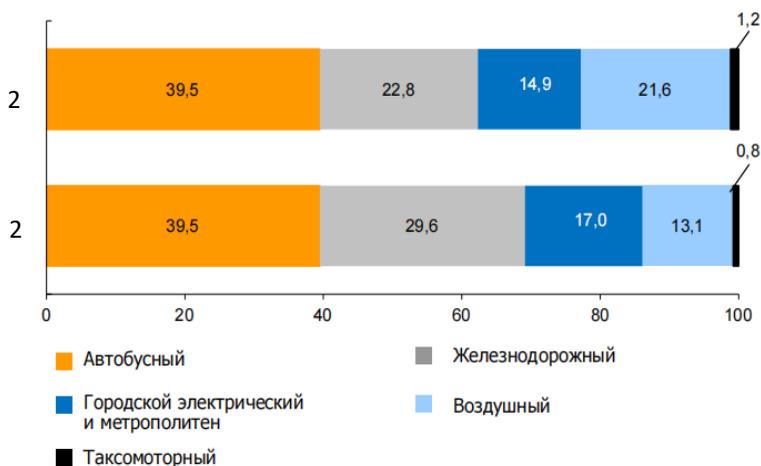


Рис. 4. Пассажирские перевозки в РБ по видам транспорта, %

Структура перевозки грузов в Республике Беларусь, в сравнении 2015 и 2020 гг. в процентном соотношении по видам транспорта приведена на рис. 5 (данные Национального статистического комитета).

<sup>5</sup> Государственная программа «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы, утверждена Постановлением Совета Министров от 9 апреля 2021 года № 212

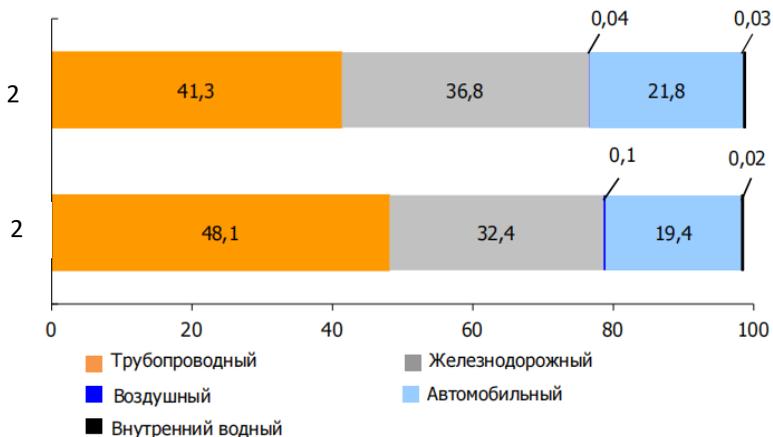


Рис. 5. Грузовые перевозки в РБ по видам транспорта, %

Наличие транспортных средств в Республике Беларусь по данным Министерства внутренних дел Республики Беларусь на 2021 г. составляет:

- легковые – 3230 тыс. шт.,
- грузовые – 410 тыс. шт.,
- автобусы – 43 тыс. шт.

## 2.2. Дорожный (автомобильный) транспорт

Дорожный (автомобильный) транспорт наиболее часто используется для выполнения всех видов перевозок преимущественно на средние расстояния. Дорожный транспорт выступает в качестве связующего звена во многих отраслях, выполняя около 60 процентов объемов грузовых перевозок в том числе внутрискладских, подъездных и обслуживающих. Популярность автоперевозок обеспечивается в первую очередь развитой сетью автомобильных дорог и высоким уровнем их обслуживания во многих странах.

За последние 10–15 лет количество автомобилей в Республике Беларусь возросло более чем в 3 раза, и при таком интенсивном развитии транспорта в ближайшее время автомобильный парк страны достигнет примерно 4 миллионов автомобилей. Дорожный транспорт создает условия для сохранения ритмичности транспортировки това-

ров, исключая ожидание заполнения и комплектации груза. Меньшие партии товаров можно перевозить как на автомобиле подходящей грузоподъемности, так и в составе сборных грузов.

Грузоперевозки обеспечивают срочность доставки в тех случаях, когда она не была запланирована. Ведь для того, чтобы воспользоваться услугами железнодорожного или морского транспорта (воздушный вообще отличается высокой стоимостью), еще за несколько недель до отправки необходимо «зарезервировать» за собой «грузоместо» и выполнить регламент по оформлению документов.

Основные направления развития автомобильного транспорта связаны с обеспечением безопасности движения и организацией оптимальных маршрутов перевозки (рис. 6).

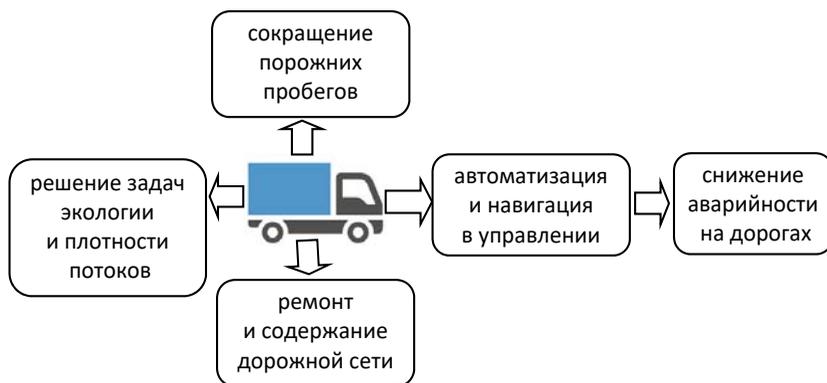


Рис. 6. Направления развития автомобильного транспорта

**Основное преимущество.** Приспособляемость автомобильного транспорта к требованиям заказчика значительно снижает затраты времени на доставку и перегруженность движения по трассе и в пределах маршрута «последней мили» – понятия последнего, но важного и для всех видов транспорта этапа доставки до пункта назначения.

**Ближайшие перспективы.** Внедрение интеллектуальных транспортных систем как наиболее перспективное направление развития автомобильного транспорта, которое позволит усовершенствовать систему управления движением в режиме реального времени, снизить количество дорожно-транспортных происшествий и осуществлять контроль за адаптацией к изменениям климата [2, 3].

### 2.3. Железнодорожный транспорт

Железнодорожный транспорт является наиболее безопасным и устойчивым (надежным) с точки зрения стабильного функционирования и беспрепятственного перемещения грузов и пассажиров. Городской трамвай и метрополитен сокращают воздействие на окружающую среду и органично вписываются в транспортную структуру.

В государствах-членах ЕС протяженность существующей сети высокоскоростных железных дорог к 2030 г. планируется увеличить втрое при сохранении плотной сети железнодорожного сообщения и далее к 2050 г. большинство пассажирских перевозок на средние расстояния должно выполняться посредством железнодорожного транспорта. Начиная с 2007 г. ЕС развивает новую политику в сфере транспорта, основой которой является TEN-T – Трансевропейская транспортная сеть, концепция которой рационально вписывается в системы стран Восточного партнерства.

Белорусская железная дорога работает в зоне высокой интеграции с железными дорогами Российской Федерации, Республиками Литва, Латвия, Украина и Польша. Она интегрирована в межконтинентальный транспортный проект «Один пояс – Один путь» – железнодорожная перевозка грузов в контейнерах в направлении Китай – Западная Европа – Китай.

Основные направления развития железнодорожного транспорта ориентированы на снижение времени перевозок и повышение комфорта для пассажиров (рис. 7).

**Основное преимущество:** Невысокая себестоимость транспортировки, дающая возможность эффективным образом перемещать огромные партии грузов на большие расстояния.

**Ближайшие перспективы:** Введение общеевропейских сертификатов безопасности для железнодорожных организаций и транспортных средств ERTMS<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Государственная программа развития железнодорожного транспорта Республики Беларусь на 2011–2015 годы» утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20 декабря 2010 года

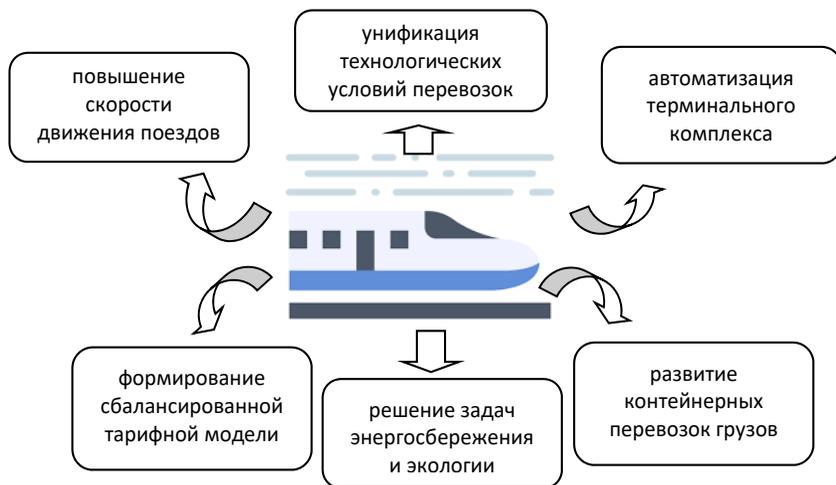


Рис. 7. Направления развития железнодорожного транспорта

## 2.4. Воздушный транспорт

Воздушный транспорт – самый быстрый вид транспорта. Основная сфера применения воздушного транспорта это пассажирские перевозки на расстояниях свыше тысячи километров. Также осуществляются и грузовые перевозки, но их доля очень низка. Авиа-транспортом перевозят скоропортящиеся продукты, особо ценные грузы, почту. Использование вертолетов позволяет выполнять транспортировку в труднодоступные районы [4].

В Республике Беларусь зарегистрировано 7 (семь) авиакомпаний, выполняющих международные воздушные перевозки, 5 (пять) из которых грузовые. Авиакомпания «Белавиа», являющаяся основным пассажирским авиаперевозчиком, имеет в эксплуатации современные воздушные суда западного производства, приобретенные в собственность или с задействованием схем лизинга.

В Республике Беларусь действует 11 сертифицированных аэродромов, из них – 6 международных. При выполнении полетов реализуется система сокращения выбросов диоксида углерода для международной авиации (CORSIA). Сформирована разветвленная сеть регулярных международных маршрутов, которая позволяет обеспечивать выполнение полетов из г. Минска и областных аэро-

портов в 53 аэропорта, расположенных в 27 странах мира<sup>7</sup>. Лидером по объему обслуженных пассажирских перевозок является Национальный аэропорт Минск (96 процентов перевозок).

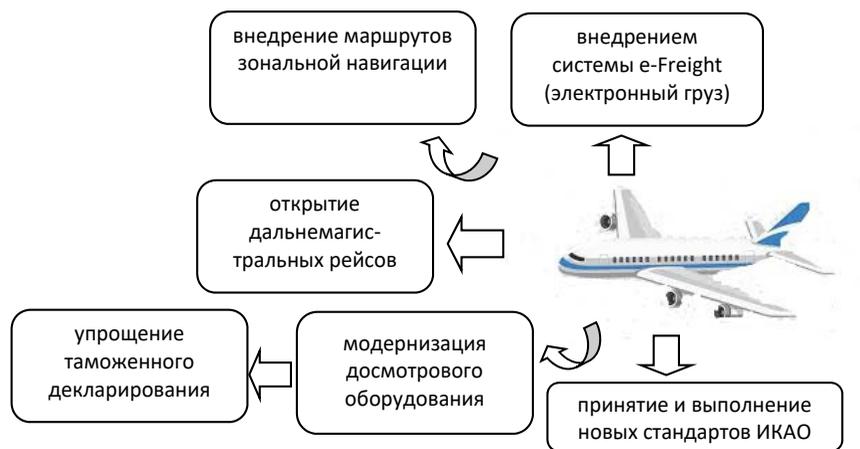


Рис. 8. Направления развития воздушного транспорта (гражданская авиация)

Основные направления развития воздушного транспорта связаны с развитием и расширением регулярного и чартерного авиационного сообщения и повышением уровня безопасности и комфорта

**Основное преимущество.** Беспрепятственная доставка грузов и пассажиров на большие расстояния за короткое время.

**Ближайшие перспективы.** Внедрение методов обслуживания воздушного движения «от перрона до перрона» и внедрение оптимальных по шуму приемов пилотирования.

## 2.5. Водный транспорт

Водный транспорт – отличается высокой провозной способностью и низкой себестоимостью перевозок, и позволяет перевозить почти любые крупногабаритные грузы и грузы различных размеров. Важной разновидностью водного транспорта являются паромы, как поддержка автомобильного транспорта [5].

<sup>7</sup> Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 19 февраля 2021 г. № 99 О Государственной программе «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 гг.

Водный транспорт жизненно важен там, где невозможны сухопутные перевозки: между континентами, островами, а также в слабоосвоенных районах. Климатические изменения в наименьшей степени влияют на водный транспорт по сравнению с другими видами транспорта.

В Республике Беларусь портовая инфраструктура сконцентрирована в восьми портах, расположенных в бассейне реки Днепр. Общая протяженность причалов составляет более 2500 м. В портах, расположенных в городах Бобруйске (р. Березина), Гомеле (р. Сож), Мозыре (р. Припять), имеется возможность осуществлять перевалку грузов железнодорожным транспортом.

В Республике Беларусь зарегистрировано 827 судов, в том числе 333 самоходных, 494 несамоходных, общий дедвейт которых составляет более 240 тыс. тонн<sup>8</sup>. Перевозки грузов и пассажиров осуществляются по внутренним водным путям общей протяженностью 2074 км, с гарантированными глубинами составляют 1128 км. Основные направления развития указаны на рис. 9.

В рамках Европейского соглашения о важнейших внутренних водных путях международного значения от 19 января 1996 года в 2016–2020 годах продолжалась работа по ликвидации узких мест внутреннего водного пути международного значения Е 40. Внутренние водные пути в республике в последние пять лет не обеспечивают габаритов, необходимых для устойчивого судоходства. Это связано с низкой водностью водотоков, формирующихся на протяжении долгого периода.

**Основное преимущество.** Перевозка сверхтяжелых грузов и транспортировка морскими путями для стабильного грузооборота без дополнительных затрат и вмешательств.

**Ближайшие перспективы.** Обеспечение соответствия судов требованиям безопасности мореплавания и предотвращения загрязнения окружающей среды<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 24 августа 2001 г. № 18

Об утверждении Положения о Государственном реестре морских судов Республики Беларусь и судовой книге

<sup>9</sup> Правила плавания по внутренним водным путям Республики Беларусь утверждены Постановлением Министерства транспорта и коммуникаций РБ от 25 октября 2005 г. № 60

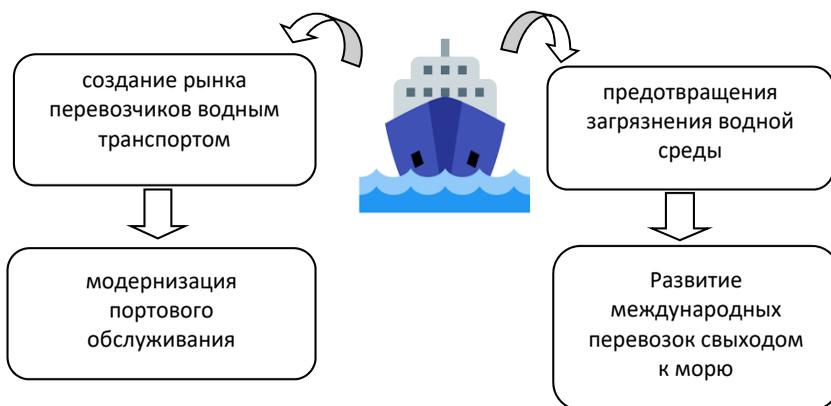


Рис. 9. Направления развития водного транспорта

## 2.6. Мультимодальные перевозки

Мультимодальные перевозки – это транспортировка любых грузов двумя или более видами транспорта, организует которую одна компания. При этом перевозчик может задействовать для своих целей транспорт других фирм. Но единоличная ответственность за доставку груза перед заказчиком ложится на него, поскольку на весь путь следования товара заключается один договор.

Мультимодальные международные перевозки используются в таких случаях когда нет прямого сообщения единым видом транспорта между отправителем и получателем груза; прямое сообщение единым видом транспорта не подходит грузополучателю по причине высокой цены или длительного срока поставки. Преимущество и недостатки видов транспорта описаны в табл. 1.

Таблица 1

## Преимущества и недостатки видов транспорта

Вида транспорта (объем перевозок) 	Преимущества 	Недостатки 
1	2	3
1. Автомобильный (ежегодно в РБ: 160 млн. т грузов 1200 млн. чел. пасса- жиров)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Высокая мобильность и маневренность</li> <li>– Отсутствие необходимости перегрузки</li> <li>– Высокая климатическая адаптивность</li> <li>– Низкие затраты на ремонт подвижного состава</li> <li>– Оперативная замена кадров</li> <li>– Высокая мобильность при изменении маршрута</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Низкая грузоподъемность</li> <li>– Высокая стоимость перевозки на большие расстояния</li> <li>– Затраты на восстановление дорог</li> <li>– Высокие аварийность и человеческие потери при ДТП</li> <li>– Непрерывное загрязнение воздуха, высокая токсичность выбросов</li> <li>– Обширное занятие земельных ресурс</li> <li>– Требование специальных разрешений на проезд ТКТС</li> </ul>
2. Железнодорожный (ежегодно в РБ: 125 млн. т грузов 90 млн. чел. пассажи- ров)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Высокая надежность доставки</li> <li>– Отсутствие заторов</li> <li>– Перевозка с минимальным риском потери груза</li> <li>– Широкая линейка классов перевозимых грузов</li> <li>– Низкая аварийность</li> <li>– Потенциал для работы на возобновляемых источниках энергии</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Минимизация альтернативных путей</li> <li>– Сложность оборудования подъездных путей под погрузку</li> <li>– Высокая стоимость погрузочно-разгрузочных работ</li> <li>– Интенсивное шумовое загрязнение</li> <li>– Технологические отличия для стран</li> </ul>
3. Воздушный (ежегодно в РБ: 0,1 млн. т грузов 3 млн. чел. пассажи- ров)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Высокая скорость и дальность перевозки</li> <li>– Максимальная сохранность груза</li> <li>– Отсутствие преград по пути следования</li> <li>– Возможность доставки грузов в труднодоступные районы</li> <li>– Низкий уровень выбросов</li> <li>– Стабильность перевозок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Высокая чувствительность к изменению погодных условий</li> <li>– Потребность в специализированных кадрах, особые требования по безопасности</li> <li>– Весовое ограничение</li> <li>– Быстрый износ оборудования</li> <li>– Ограниченный запас топлива</li> </ul>

1	2	3
4. Водный (ежегодно в РБ: 2 млн. т грузов 0,2 млн. чел. пассажиров)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Низкая стоимость перевозок</li> <li>– Большая грузоподъемность</li> <li>– Перевозка грузов различных нестандартных габаритов</li> <li>– Низкая аварийность и вероятность столкновения</li> <li>– Многоцелевая доставка по одной загрузке различными товарами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Низкая скорость доставки грузов</li> <li>– Сложность структуры портового хозяйства, необходимость в больших площадях складов</li> <li>– Многоступенчатые погрузочно-разгрузочные работы</li> <li>– Особые требования к грузам</li> <li>– Загрязнение водных источников</li> <li>– Сезонность перевозок</li> </ul>

## 2.7. Управление отраслью «Транспорт»

Функции центрального управления дорогами и водными путями осуществляет Минтранс, в составе которого функционирует Главное управление автомобильных дорог (далее – ГУАД). ГУАД организует и контролирует деятельность организаций государственного дорожного хозяйства, подчиненных Минтрансу. На территориальном уровне ряд функций, связанных с развитием транспортной инфраструктуры, возложены на органы местного управления и самоуправления<sup>10</sup>.

Управление дорожной сетью в Республике Беларусь осуществляется по территориально-отраслевому принципу. Республиканские автомобильные дороги по областям (Брестская, Витебская, Гомельская, Гродненская, Минская, Могилевская) закреплены на праве хозяйственного ведения за 6 (шестью) республиканскими унитарными предприятиями автомобильных дорог (далее – автодорами), местные автомобильные дороги так же по областям за 6 (шестью) коммунальными унитарными предприятиями [6].

Основные направления развития дорожной отрасли заключаются в реализации следующих направлений: финансовые, по безопасно-

<sup>10</sup> Закон Республики Беларусь «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности» от 2 декабря 1994 г. № 3434-ХІІ

сти, экологические, ресурсы, но не останавливается на приведенных направлениях (рис. 10).

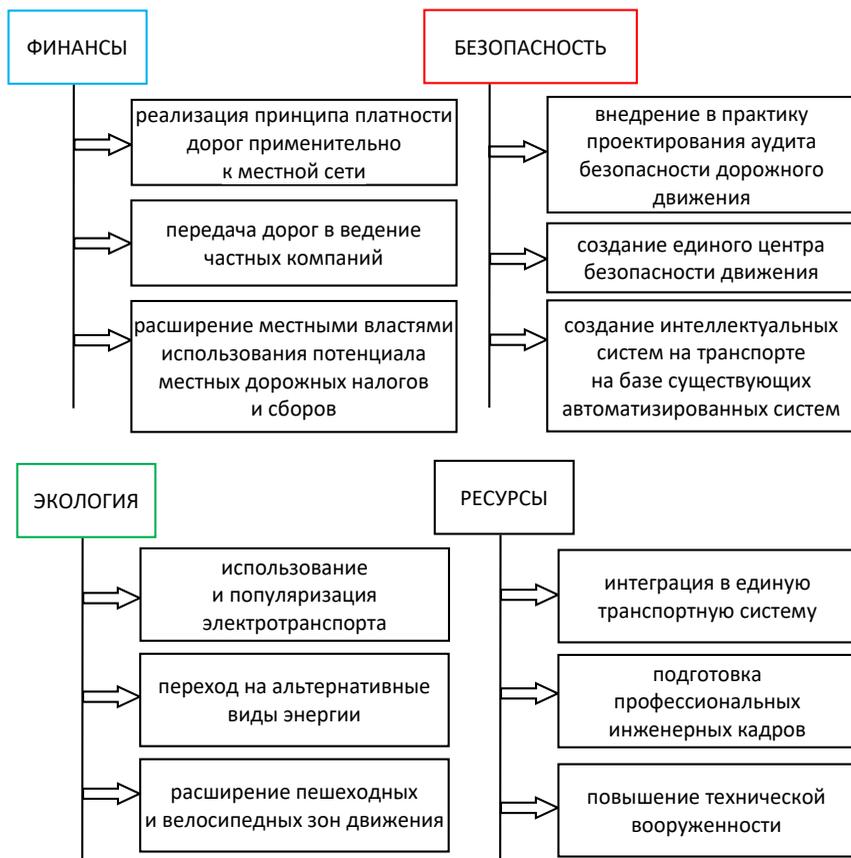


Рис. 10. Основные направления развития дорожной отрасли

За 2016–2020 годы Минтранс разработано более 400 нормативных правовых актов. Проводится работа по оказанию поддержки организациям за счет средств внебюджетного централизованного инвестиционного фонда Минтранса на финансирование инвестиционных проектов, в том числе выполняемых в рамках реализации программ (проектов) комплексной модернизации производств, обновления транспортных средств и оборудования.

Научная составляющая в отраслевом направлении «Транспорт» представлена 4 (четырьмя) организациями, имеющими свидетельство об аккредитации научной организации [7]:

- Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника»;
- Республиканское дочернее унитарное предприятие «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ»;
- Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»;
- Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации».

В целях обеспечения устойчивого функционирования транспортно-логистического комплекса осуществляют деятельность государственные учреждения (см. раздел 7):

- Транспортная инспекция Министерства транспорта и коммуникаций;
- Белорусская инспекция речного судоходства;
- Государственная администрация водного транспорта;
- Авиационная инспекция.

Рассмотрение транспортной сети как единого целого позволяет установить рациональное соотношение между всеми видами транспорта на всевозможных направлениях перевозок и предотвратить необоснованное дублирование линий перемещения различными видами транспорта, что практически неизбежно при изолированном анализе отдельных транспортных систем.

Единство транспортной системы предполагается достигнуть унификацией технических средств разных видов транспорта, а также пропускной и перерабатывающей способности взаимодействующих систем. Совмещение графиков работы транспорта, отправителей и получателей грузов, непрерывных планов-графиков работы транспортных узлов позволит закрепить логистические цепочки. Совместимость информации по содержанию, формам представления, скорости и своевременной выдаче информации одним видом транспорта для принятия решений на другом ускорит перевозку и увеличит объем транспортировки.

Политика развития отрасли «Транспорт» в Республике Беларусь формируется в первую очередь на основании Законов, Государственных программ, регулирующих транспортную деятельность

(табл. 2). Немаловажную часть регулирования составляют технические нормативно-правовые акты.

Таблица 2

Нормативно-правовое регулирование отрасли «Транспорт» в РБ

Наименование Закона, программы, документа 	Основные задачи в развитии отрасли «Транспорт» 	Дата принятия, Номер
1	2	3
Законы и Кодексы Республики Беларусь		
Закон «Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках»	Регулирование и организация перевозок Обязанность и ответственность участников Грузосопроводительные документы	14 августа 2007 г. № 278-3
Закон «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности»	Оценка соответствия дорог техническим требованиям Обеспечение единства измерений Контроль и ответственность	2 декабря 1994 г. № 3434-ХІІ
Закон «О дорожном движении»	Обязанности и права участников дорожного движения Порядок организации дорожного движения Требования к техническому состоянию транспортных средств	5 января 2008 г. № 313-3
Закон «О транспортно-экспедиционной деятельности»	Обязанности клиента и экспедитора Обеспечение сохранности груза Выполнении погрузочно-разгрузочных работ	13 июня 2006 г. № 124-3
Закон «О железнодорожном транспорте»	Порядок государственного регулирования в области железнодорожного транспорта Управление перевозочным процессом на железнодорожном транспорте Безопасность движения и эксплуатации железнодорожного транспорта	6 января 1999 г. № 237-3
Воздушный Кодекс РБ	Государственное регулирование деятельности в области авиации Системы организации воздушного движения Безопасность полетов воздушных судов	16 мая 2006 г. № 117-3

1	2	3
Кодекс внутреннего водного транспорта РБ	Условия перевозка пассажиров и багажа внутренним водным транспортом Ответственность при перевозках внутренним водным транспортом Безопасность судоходства	24 июня 2002 г. № 118-3
Государственные программы		
Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития РБ на период до 2030 г. (в части отрасли «Транспорт»)	Внедрение автоматизированных систем управления перевозочным процессом Оптимизация транспортно-логистических схем доставки грузов Продвижение объединения межрегиональной и межкатегориальной информации по различным видам транспорта	Протокол заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 2 мая 2017 г. № 10
Государственная программа «Транспортный комплекс на 2021–2025 годы»	Обеспечение устойчивой мобильности транспортной системы Критерии удовлетворение потребности в эффективных транспортных услугах Повышение эффективности и безопасности выполнения перевозок грузов	Постановление Совета Министров Республики Беларусь 23 марта 2021 г. № 165
Государственная программа «Дороги Беларуси на 2021–2025 гг.»	Улучшение транспортно-эксплуатационного состояния, а также повышение качественных показателей автомобильных дорог Увеличение скоростного режима на протяжении не менее 1700 км дорог Ремонтные мероприятия на дорогах и сооружениях	Постановлением Совета Министров от 9 апреля 2021 года № 212

С целью регулирования и управления автомобильным транспортом в ЕС разработаны документы (правовые акты), входящие в так называемый Пакет Мобильности, и предназначенные для регулирования международных автомобильных перевозок на территории стран Европейского союза, стран Восточного партнерства, Республики Беларусь, включающий в себя основные директивы и регламенты (табл. 3).

Это также касается внедрения интеллектуальных систем мобильности, разработанных в ходе финансируемых ЕС исследований [8, 9]:

- системы организации воздушного движения (SESAR);
- системы управления перевозочным процессом на железных дорогах (ERTMS);
- системы контроля трафика судов (SafeSeaNet);

- системы информационных сервисов по речному транспорту (RIS);
- интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Таблица 3

Некоторые стандарты ЕС, регулирующие управление транспортными системами

Директивные правовые акты ЕС в РФ	Описание, область применения
Регламент (ЕС) 2020/1054	Положение о времени вождения и отдыха водителей
Регламент (ЕС) № 165/2014	Порядок организации водителей с применением тахографа
Директива (ЕС) 2020/1057 Европейского парламента	Правила командирования водителя, условия и место нахождения
Регламент (ЕС) 2020/1055 Европейского парламента	Внесение изменений в регламенты с целью адаптации к изменениям в секторе автомобильного транспорта
Постановление ЕС № 684/92	Об общих правилах для международных пассажирских автоперевозок
Директива Европейского Парламента и Совета ЕС № 2002/15/ЕС	Об организации рабочего времени лиц, занимающихся автотранспортными перевозками
Директива № 1836/93/ЕЭС	Постановление о добровольном участии промышленных предприятий в системе Сообщества по экологическому менеджменту и аудиту» (EMAS)
Директива 2007/60/СЕ Европейского Парламента и Совета	Оценки и регулирования рисков наводнения

Расширение сферы действия правил внутреннего рынка международных перевозок за счет работы в рамках международных организаций:

- ICAO (Международная организация гражданской авиации);
- IMO (Международная морская организация);
- OTIF (Межправительственная организация по международным железнодорожным перевозкам);
- OSJD (Организация сотрудничества железных дорог);
- UNECE (ЕЭК ООН), международные речные комиссии.

### 3. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДОКУМЕНТОВ И ИНФОРМАЦИИ, ИМЕЮЩЕЙ ОТНОШЕНИЕ К АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

#### 3.1. Международные соглашения

Республика Беларусь по ряду международных соглашений является активной Стороной подписания и исполнения задач по снижению изменений климата и ответственно выполняла предпринятые шаги мирового сообщества (рис. 11).



#### **Монреальский протокол (1987 г., 1991 г.)**

*(ограничение распространения веществ, разрушающих озоновый слой)*

ШАГ 1 – исключение распространения веществ, разрушающих озоновый слой (гидрохлорфторуглерод, хладоны, галоны)

ШАГ 2 – внедрение технологий для безопасной утилизации или

уничтожения озоноразрушающих веществ

#### **Конвенции ООН об изменении климата (1992 г.)**

*(об ограничении прироста выбросов)*

ШАГ 3 – ограничения прироста выбросов парниковых газов углекислого газа (CO<sub>2</sub>), метана (CH<sub>4</sub>) и окиси азота (N<sub>2</sub>O)

ШАГ 4 – модернизация систем фильтрации и абсорбции парниковых газов в производственных системах

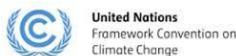
ШАГ 5 – статистическое информирование о прогрессе в сокращении выбросов, формирование источников информирования

#### **Роттердамская конвенция ООН (1998, 2004 гг.)**

*(о распространении опасных химических веществ)*

ШАГ 6 – ограничение распространения отдельных опасных химических веществ и пестицидов в международной торговле

ШАГ 7 – положения об обмене информацией о выполнении превентивных мер на национальном уровне



### **Орхусская конвенция (1998 г.)**

*(об участии общественности в принятии решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды)*



ШАГ 8 – сбор и распространение экологической информации

ШАГ 9 – доступ граждан к экологической информации на различных уровнях

ШАГ 10 – предоставить гражданам возможность высказать свое мнение при принятии экологически значимых решений

### **Стокгольмская конвенция ООН (2001 г., 2004 г.)**

*(о стойких органических загрязнителях)*

ШАГ 10 – сокращение или устранение выбросов органических загрязнителей в результате преднамеренного производства

### **Парижское соглашение (2016 г.)**

ШАГ 11 – обязательство сократить объем выбросов CO<sub>2</sub> на 28 % к 2030 г

ШАГ 12 – расширение участия частного сектора в осуществлении определяемых на национальном уровне решений по сокращению выбросов



Рис. 11. Международное участие Республики Беларусь в защите климата, целевое движение по сохранению климата

Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой, который был принят 16 сентября 1987 года и запрещал повышение производства, указанных в протоколе веществ, а также их импорт. В 1991 году Республика Беларусь подтвердила свою правопреемственность этому решению.

В 1992 году Республика Беларусь после подписания Конвенции ООН об изменении климата (далее – Конвенция) в целях смягчения последствий изменения климата, каждое полугодие на периодической основе предоставляла подробную информацию о своих политике и мерах по ограничению своих антропогенных выбросов парниковых газов, защиты и повышения качества своих поглотителей и накопителей парниковых газов.

В 1998 году в Дании была принята Конвенция Европейской экономической комиссии ООН о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды. Конвенция была утверждена в РБ Указом Президента Республики Беларусь от 14 декабря 1999 г. № 726<sup>11</sup>. В соответствии с Законом «О международных договорах Республики Беларусь<sup>12</sup>» утверждение международного договора указом Президента Республики Беларусь означает согласие Республики Беларусь на обязательность для нее международного договора и не требует дополнительной ратификации<sup>13</sup>.

Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях (далее СОЗ), принятая в 2001 г., является основой для разрешения серьезных проблем, связанных с существованием долговечных вредных веществ. Указом Президента Республики Беларусь от 26 декабря 2003 г. № 594 «О присоединении Республики Беларусь к Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях» Беларусь подтвердила свое участие в принятой стратегии.

В 2016 году Республика Беларусь ратифицировала Парижское соглашение по климату и взяла на себя обязательство по сокращению выбросов парниковых газов. Тем самым определила свой Национальный вклад – сократить объем выбросов CO<sub>2</sub> на 28 % к 2030 году по сравнению с уровнем 1990 года. При этом каждые 5 лет обязательство должно пересматриваться на более высокие. Для реализации Парижского соглашения по климату предусмотрена разработка национальной стратегии долгосрочного развития Беларуси с низким уровнем выбросов парниковых газов на период до 2050 года [10].

Европейским комитетом по стандартизации (СЕН) был разработан и опубликован документ «Требования к экологическому аудиту», целью которого было использование экологического аудита для оценки деятельности компаний. Согласно документу для ком-

---

<sup>11</sup> Указ Президента Республики Беларусь 14 декабря 1999 г. № 726 «Об утверждении Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды»

<sup>12</sup> Закон Республики Беларусь «О международных договорах Республики Беларусь» от 23 июля 2008 г. № 421-3

<sup>13</sup> Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (сайт <https://minpriroda.gov.by/>)

паний стран Европейского Сообщества (ЕС) предусматривалась не только проверка выполнения требований природоохранного законодательства, но и оценка их собственной экологической политики. Требования были подготовлены в соответствии с выводами и рекомендациями отчета Комиссии «Наше общее будущее» (1987 г.) и принципами Деловой Хартии Международной торговой палаты по устойчивому развитию (1991 г.). В рамках СЕН был принят европейский документ – Директива № 1836/93/ЕЭС «Постановление о добровольном участии промышленных предприятий в системе Сообщества по экологическому менеджменту и аудиту» (EMAS).

### 3.2. Национальные стратегии и программы

Основным направлением госполитики Беларуси в области охраны окружающей среды является обеспечение непрерывного функционирования **Национальной системы мониторинга окружающей среды** в Беларуси (далее система мониторинга). Система мониторинга была создана 25 лет назад в целях наблюдения за состоянием окружающей среды, его оценки и прогноза. В настоящее время система мониторинга законодательно закреплена и регулируется значительным количеством документов (около 80 документов).

Все экологические нормы и правила утверждаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды. Порядок разработки, согласования, утверждения, регистрации, введения в действие и опубликования экологических норм и правил устанавливается Советом Министров Республики Беларусь [11].

Нормирование в области охраны окружающей среды в Республике Беларусь заключается<sup>14</sup>:

- в установлении нормативов качества окружающей среды;
- нормативов допустимого воздействия на окружающую среду;
- лимитов на природопользование

В соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 14 июля 2003 г. № 949 «О Национальной системе мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь» Система мониторинга включает организационно-самостоятельные и прово-

---

<sup>14</sup> Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26 ноября 1992 г. № 1982-ХП

димые на общих принципах следующие виды мониторинга окружающей среды:

- мониторинг земель;
- мониторинг поверхностных и подземных вод;
- мониторинг атмосферного воздуха;
- мониторинг озонового слоя;
- мониторинг лесов и растительного мира;
- мониторинг животного мира;
- радиационный и геофизический мониторинг;
- локальный мониторинг окружающей среды;
- комплексный мониторинг экологических систем на охраняемых природных территориях

В Государственной программе «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 годы<sup>15</sup> определены цели, задачи и основные направления государственной политики в области охраны окружающей среды по следующим направлениям:

- обеспечение функционирования Национальной системы мониторинга окружающей среды;
- смягчение последствий изменения климата;
- улучшение качества атмосферного воздуха и водных ресурсов;
- порядок обращения со стойкими органическими загрязнителями;
- развитие государственной гидрометеорологической службы;
- сохранение и устойчивое использование биологического и ландшафтного разнообразия.

Политика Республики Беларусь в области охраны окружающей среды за последние 20 лет позволила уменьшить негативное воздействие хозяйственной деятельности на целостность экологических систем. В мировом рейтинге по индексу экологической эффективности Республика Беларусь улучшила свои позиции и поднялась с 73-го места в 2005 году на 32-е место в 2014 году.

Результатами реализации Государственной программы до 2020 г. станут:

- сокращение объема выбросов парниковых газов на 4,5 % к уровню 2016 г. и далее ежегодно до уровня 28 % от объемов 1990 г.;

---

<sup>15</sup> Государственная программа «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 годы, Постановление Совета Министров от 19 февраля 2021 г. № 99

– сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и мобильных источников на 2,7 % к уровню 2015 года и далее ежегодно;

– снижение объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников к 2025 г. до 751, 2 тыс. тонн.

Степень защищенности населения и окружающей среды от техногенных и природных воздействий при реализации Государственных программ в целом может быть определена как приемлемая.

Данные, полученные в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды, по результатам реализации программ позволяют оценивать ситуацию в природоохранной сфере как стабильную.

**Стратегия научно-технического и инновационного развития в области охраны окружающей среды и устойчивого использования природных ресурсов на 2021–2025 годы**<sup>16</sup> разработана в Республике Беларусь с целью определения приоритетных направлений проведения фундаментальных исследований и выполнения прикладных научно-технических работ для обеспечения сбалансированного использования природных ресурсов.

Результаты Комплексного прогноза научно-технического прогресса для Республики Беларусь на 2021–2025 годы и на период до 2040 года<sup>17</sup> указывают, что наиболее перспективными для реализации направлениями научно-технологического развития в области охраны окружающей среды и природных ресурсов являются:

– технологии экологической реабилитации (восстановления) нарушенных экологических систем;

– развитие циркулярной экономики (экономики замкнутого цикла);

– системы мониторинга окружающей среды с использованием дистанционных средств;

– технологии возобновляемой энергетики: «зеленая», «умная», гибридные;

---

<sup>16</sup> Стратегия научно-технического и инновационного развития в области охраны окружающей среды и устойчивого использования природных ресурсов на 2021–2025 годы, утвержденная Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ от 15 апреля 2020 года

<sup>17</sup> Результаты комплексного прогноза научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2021–2025 гг. и на период до 2040 г., разработанной Государственным Комитетом по науке и технологиям в 2019 г.

– развитие геоинформационных систем в сфере природопользования и охраны окружающей среды различного назначения

Внедрение новых технологий и инновационных решений в отрасли «Транспорт», в первую очередь, связано с качеством атмосферного воздуха, решением глобальных задач и раскрытие поставленных задач в сферах деятельности.

Национальное регулирование экологической безопасности и поддержания климата в Республике Беларусь определяется нормативными правовыми документами по табл. 4.

Таблица 4

Нормативно-правовые документы в области сохранения климата

Наименование Закона, Программы, документа 	Решаемые задачи по сохранению климата 	Дата ввода, номер
1	2	3
ЗАКОН РБ «Об охране окружающей среды»	– Регулирование воздействия на климат – Основны охраны окружающей среды – Общественные обсуждения проектов экологически значимых решений – Лицензирование в области охраны окружающей среды	26 ноября 1992 г. № 1982-ХІІ
ЗАКОН РБ «Об охране атмосферного воздуха»	– Государственное регулирование и управление в области охраны атмосферного воздуха – Классификация деятельности в области охраны атмосферного воздуха. – Контроль охраны атмосферного воздуха – Экономическое стимулирование	16 декабря 2008 г. № 2-3
ЗАКОН РБ «Об охране озонового слоя»	– Требования в области охраны озонового слоя – Восстановление, обезвреживание, утилизация озоноразрушающих веществ – Контроль за охраной озонового слоя – Учет озоноразрушающих веществ – Экономическое стимулирование в области охраны озонового слоя	12 ноября 2001 г. № 56-3
ЗАКОН РБ «О государственной экологической экспертизе»	– Основные принципы государственной экологической экспертизы – Объекты государственной экологической экспертизы	18 июля 2016 г. № 399-3

1	2	3
	– Права и обязанности субъектов отношений в области проведения государственной экологической экспертизы	
НАЦИОНАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года	– Повысить уровень экологической безопасности территорий за счет оптимизации размещения производственных объектов и организации территорий населенных пунктов – Создание систем управления экологическими рисками природного и техногенного характера Нормирование величины нагрузок на окружающую среду	Протокол заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 2 мая 2017 г. № 10
СТРАТЕГИЯ научно-технического и инновационного развития в области охраны окружающей среды и устойчивого использования природных ресурсов на 2021–2025 годы	– Современное состояние научной деятельности в области охраны окружающей среды – Направления развития научно-технической и инновационной деятельности в области рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды – Научное сопровождение природоохранной деятельности	Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды 15 апреля 2020 года
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2021–2025 годы	– Гидрометеорологическая деятельность – Обращение со стойкими органическими загрязнителями – Национальная система мониторинга окружающей среды – Функционирование системы охраны окружающей среды	Постановление Совета Министров от 19 февраля 2021 г. № 99
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПЛАН действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы	– Экономика замкнутого цикла (циркулярная экономика) – Развитие экологического туризма и агротуризма – Умные и энергоэффективные города – Развитие низкоуглеродной энергетики – Развитие электротранспорта (инфраструктуры) и городской мобильности.	Постановление Совета Министров от 19 февраля 2021 г. № 710

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЛЕВОЙ АУДИТОРИИ, КОНЕЧНЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Целевая аудитория определяется в иерархическом порядке от наиболее стратегических решений по защите климата и соответственно ответственных за их принятие, до уровня рядовых пользователей. При этом следует отметить, что процент от общего количества людей повышается при снижении ответственности и значимости в области экологической деятельности (табл. 5).

Таблица 5

##### Классификация целевой аудитории и направления деятельности по сохранению климата

Наименование целевой аудитории 	Характеристика целевой аудитории 	Отклик целевой аудитории, пользователей 
1	2	3
Группа 1: ведущие политические деятели, директивные органы в области транспорта, окружающей среды и здоровья человека (3 %)	Министры правительства, отвечающие за политику в области транспорта, окружающей среды и здоровья человека Старшие государственные гражданские служащие, контролирующие направления ведомственной деятельности Назначенные государственные органы, действующие в области транспорта, окружающей среды и здоровья человека	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Контроль выполнения международных соглашений в области охраны окружающей среды, климата, транспорта, безопасности</li> <li>– Обеспечение ответственности органов государственного и муниципального управления, субъектов хозяйственной и иной деятельности за экологическую безопасность всех этапов своей деятельности</li> <li>– Прекращение практики недофинансирования расходов бюджетов всех уровней, направляемых на решение природоохранных задач</li> <li>– Формирование бюджета с учетом выделения грантов на развитие экологических проектов</li> <li>– Привлечение общественности и других заинтересованных сторон к процессу экологического экспертирования</li> </ul>

Продолжение табл. 5

1	2	3
<p>Группа 2: государственные должностные лица муниципалитетов, региональные административные структуры (регионы, области, районы) (7 %)</p>	<p>Руководители региональных администраций Руководители департаментов, формирующие политику регионального развития Структурные подразделения областного и районного управления</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Разработка концепций безопасности в рамках экологической стратегии отрасли</li> <li>– Введение системы государственных закупок на продукцию, изготовленную из вторичного сырья</li> <li>– Применение механизмов обязательного экологического страхования</li> <li>– Включение экологических параметров в конкурсную документацию при размещении заказов на поставки товаров</li> <li>– Побуждение к действиям на основе льготного налогообложения для экологических проектов</li> <li>– Применение в мегаполисах и промышленных агломерациях инструментов квотирования антропогенных воздействий</li> </ul>
<p>Группа 3: ведущие промышленные предприятия страны, крупные частные компании, банки, страховые компании (15 %)</p>	<p>Руководители предприятий, учреждений, частной и государственной собственности Ответственные за обеспечение безопасной деятельности, защиты окружающей среды на предприятиях Страховые агенты Банковские служащие</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Внедрение полезных инноваций и прогрессивных технологий, сокращающих выбросы и загрязнения от собственной деятельности</li> <li>– Развитие деятельности с перспективным учетом затрат на защитные мероприятия окружающей среды</li> <li>– Формирование систем стимулирования и мотивации при достижении эффекта сокращения выбросов</li> <li>– Льготное кредитование, лизинг и страхование экологических проектов</li> <li>– Предоставление преимуществ при прочих равных условиях товарам и услугам с международно признанной добровольной экологической сертификацией</li> </ul>
<p>Группа 4: контролирующие органы, статистические управления, общественные организации, средства массовой информации, предприятия среднего и малого бизнеса (10 %)</p>	<p>Региональные органы контроля охраны труда, противопожарной безопасности, защиты окружающей среды Природозащитные организации Пресса и телевидение Профсоюзные формирования Частные компании, фирмы</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Применение экологической маркировки товаров, соответствие программе «зеленая экономика»</li> <li>– Целевая реклама, призыв к гражданской позиции по сохранению климата</li> <li>– Контроль за выполнением технических нормативно-правовых актов в части охраны окружающей среды, штрафные санкции</li> <li>– Формирование и ведение электронных баз данных об источниках выделений загрязняющих веществ</li> <li>– Обращения к правительству и руководящим органам с общественным мнением по защите климата</li> </ul>

1	2	3
<p>Группа 5: законодательные органы, учреждения образования, научные работники, преподаватели в транспортной отрасли (10 %)</p>	<p>Практические работники и эксперты по вопросам транспорта, окружающей среды Специалисты, занимающиеся планированием развития городов и транспорта Специалисты, действующие в сфере здравоохранения Научные консультанты по вопросам окружающей среды</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Тематические исследования и примеры ослабления уязвимости климата</li> <li>– Внедрение в стандарты понятий экономического эффекта от сокращения выбросов и загрязнения</li> <li>– Финансовое стимулирование в трудовой деятельности при положительных достижениях в сохранении климата</li> <li>– Внедрение современных экологически чистых технологических процессов производства</li> <li>– Нормирование объемов и интенсивности антропогенной нагрузки на природные системы</li> </ul>
<p>Группа 6: работники и служащие в сфере транспорта, граждане всех возрастов (50 %)</p>	<p>Инженерный и обслуживающий состав Активное гражданское население</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Участие в общественной позиции по сохранению климата</li> <li>– Умышленное ограничение использования озоноразрушающих продуктов</li> <li>– Минимизация воздействия на природные ресурсы при нахождении в биотопах</li> <li>– Переработка и повторное использование отходов, разделение отходов при утилизации<sup>1</sup></li> <li>– Инициирование и внедрение новаторских идей по защите окружающей среды, здоровья человека</li> </ul>
<p>Группа 7: целевые структурные подразделения (организации), деятельность которых направлена на реализацию мероприятий по сохранению климата (5 %)</p>	<p>Органы государственного управления и их филиалы, ответственные за практическое выполнение решений по сохранению климата Международные организации и их филиалы деятельность которых интегрируется с национальными интересами по защите окружающей среды</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Реализация договорных обязательств, национального и международного уровня по сохранению климата.</li> <li>– Контроль за планом выполнения договорных обязательств по сохранению климата.</li> <li>– Контроль точности и прецензионности проводимых измерений</li> <li>– Организация и управления деятельностью по сохранению климата в рамках договорных обязательств</li> </ul>

*Примечание.* В Республике Беларусь ежегодно образуется более 40 млн. тонн отходов (отходы производства и твердые коммунальные отходы).

Инициатива группы 2. Принятое в Беларуси соглашение мэров направлена на подтверждения и поддержки усилий местных властей по реализации устойчивой энергетической политики, направленной на достижение будущего с низким содержанием углерода. Эта инициатива направлена на то, чтобы объединить добровольные обязательства местных и региональных органов власти по достижению и превышению цели Европейского Союза 20 % снижения выбросов CO<sub>2</sub> к 2020 году и затрагивает группу 2.

Инициатива группы 3. В Беларуси разработан Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь до 2020 года, определяющий направления экологического производства и состоящий из двух этапов. В качестве основной цели первого этапа выполнения плана рассматривается переход к качественному сбалансированному росту экономики путем ее структурно-институциональной трансформации с учетом реализации принципов «зеленой» экономики, приоритетного развития высокотехнологичных производств, которые станут основой для повышения конкурентоспособности страны и качества жизни населения. Основная цель второго этапа (переход к стабильной устойчивости развития и достижение высокого качества человеческого потенциала на основе дальнейшего становления «зеленой» экономики, ускоренного совершенствования высокотехнологичных производств<sup>18</sup>.

Инициатива группы 5. В системе Минприроды ежегодно выходит порядка 2000 печатных материалов в республиканских периодических изданиях, размещаются репортажи на национальных телеканалах, проводятся пресс-конференции, касающиеся основных направлений деятельности Минприроды. Реализуется свыше 20 республиканских акций и конкурсов природоохранной направленности, в том числе «Час Земли», «День Матери-Земли», «День без автомобиля», «Посади свое дерево», на лучшее обустройство и содержание мест пользования поверхностными водными объектами для рекреации, спорта и туризма.

---

<sup>18</sup> Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь до 2020 года, утвержден Постановление Совета Министров Республики Беларусь 21.12.2016 № 1061

Инициатива группы 6. Страхование имущества при управлении климатическими рисками.

Инициатива группы 7. Разработана порядок исчисления размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, устанавливающий также виды и показатели деградации земель (включая почвы), утверждается Советом Министров Республики Беларусь и включает в себя возмещение:

- при сбросе загрязняющего вещества в подземные воды;
- при незаконной рубке, удалении, изъятии, уничтожении и (или) повреждении до степени прекращения роста древесно-кустарниковой и иной растительности;
- при уничтожении или повреждении на землях лесного фонда лесосушительных канав и дренажных систем;
- выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду;
- деградации земель (включая почвы) вследствие загрязнения с концентрацией загрязняющего вещества в земле.

Белорусские общественные организации, которые следует отнести к группе 7: экологическое товарищество «Зеленая сеть», общественная организация «Экодом», учреждение «Центр экологических решений», международное общественное объединение «Экопартнерство», эколого-краеведческое общественное объединение «Неруш» и Белорусское Общество Красного Креста при поддержке Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды и Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

## 5. АНАЛИЗ ДОСТУПНОЙ ИНФОРМАЦИИ И ДАННЫХ

### 5.1. Государственный климатический кадастр

Государственный климатический кадастр – систематизированный свод данных, основанный на гидрометеорологических данных средств измерений о совокупности атмосферных условий (температура воздуха, облачность, атмосферное давление, направление и скорость ветра, количество осадков и т. п.), характерных для определенной территории, меняющихся в течение года, варьирующих в определенных границах от года к году, но незначительно меняющихся от одного многолетнего периода к другому по структуре (рис. 12).

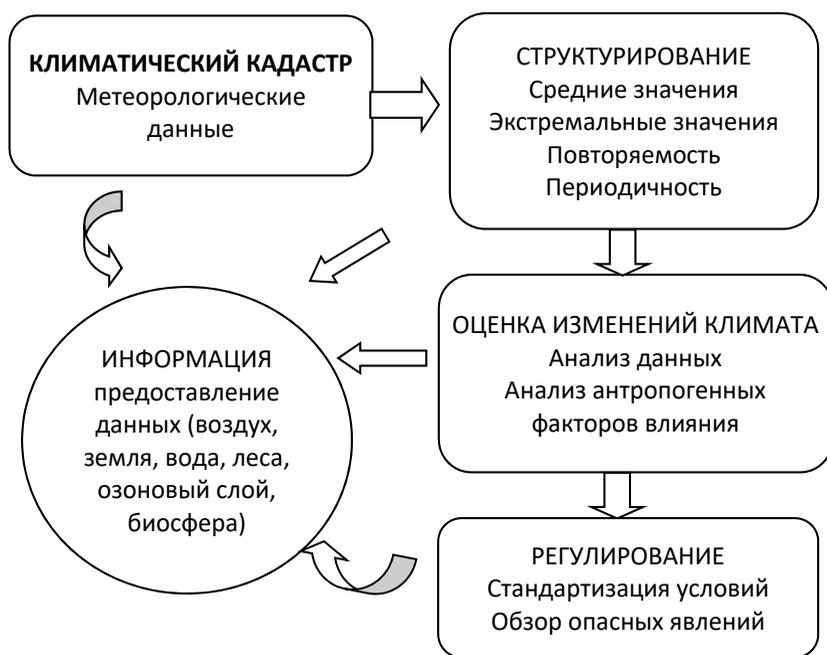


Рис. 12. Общая схема ведения климатического кадастра, информирование

Предоставление данных государственного климатического кадастра государственным органам, иным организациям и физиче-

ским лицам осуществляется по их письменным запросам в порядке, установленном законодательством<sup>19</sup>.

Ведение государственного климатического кадастра осуществляет Минприроды и формирует информационное поле по следующим направлениям: сбор данных о климатических изменениях, контроль за достоверностью данных, подготовка ежегодных обзоров, печатное издание данных.

Данные предоставляются физическим и юридическим лицам. Порядок предоставления государственной гидрометеорологической службой гидрометеорологической информации потребителям утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь 23 октября 2007 г. № 75<sup>20</sup>.

Главное управление по гидрометеорологии при Совете Министров Республики Беларусь является ответственным лицом по ведению и обновлению климатического кадастра.

## **5.2. Государственный кадастр природных ресурсов**

Государственный кадастр природных ресурсов – систематизированный свод данных о количественных и качественных характеристиках природных ресурсов, их экономической оценке и использовании.

Порядок ведения государственного кадастра природных ресурсов устанавливает Совет Министров Республики Беларусь [11]. Понятие и виды кадастров природных ресурсов закреплены в Законе «Об охране окружающей среды».

В Республике Беларусь ведутся следующие государственные кадастры природных ресурсов: земельный, недр, водный, атмосферного воздуха, лесной, растительного мира, животного мира, климатический, торфяного фонда, а также отходов.

---

<sup>19</sup> Положение о государственном климатическом кадастре утверждено Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 04.10.2006, № 1301.

<sup>20</sup> Положение о порядке предоставления гидрометеорологической информации Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды производителями гидрометеорологической информации, не входящими в государственную гидрометеорологическую службу утверждено Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.01.2007 № 75

Ведение государственных кадастров природных ресурсов осуществляют Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и иные специально уполномоченные республиканские органы государственного управления в соответствии с их компетенцией (рис. 13).



Рис. 13. Общая схема ведения кадастра природных ресурсов

Состав данных для государственных кадастров природных ресурсов и кадастровой информации, формы и сроки издания публикуемых кадастровых сведений определяются с учетом предложений заинтересованных министерств и ведомств<sup>21</sup>.

### 5.3. Статистические данные об изменении климата

Основным источником информации статистических данных является Национальный статистический комитет (рис. 14).

<sup>21</sup> Положение о порядке ведения государственного кадастра возобновляемых источников энергии и использования его данных утверждено Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 июня 2011 года № 836

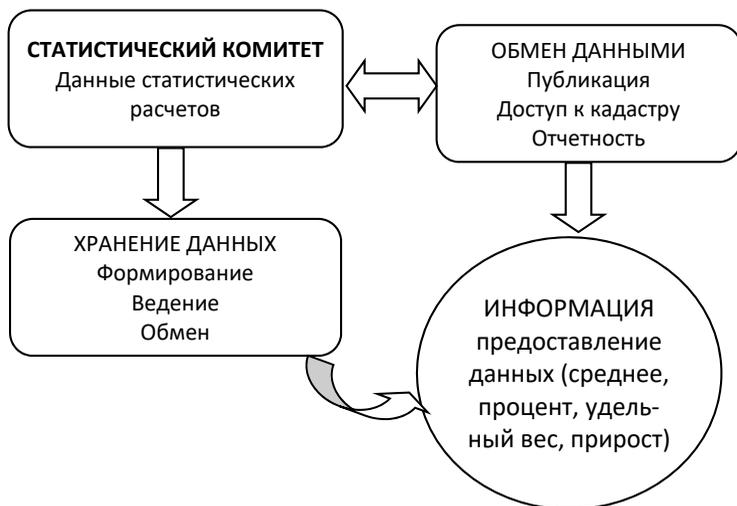


Рис. 14. Общая схема представления статистических данных по направлению изменения климата

Национальный статистический комитет, а также предварительно ответственные министерства и ведомства, предоставляют на безвозмездной ежегодной основе данные о деятельности, связанной с экологией и климатом, а также данные государственных кадастров.

Для обеспечения информационно-вычислительного обслуживания, распространение статистических публикаций, оказание издательских услуг в подчинение Национальному статистическому комитету приданы два предприятия:

- Республиканское унитарное предприятие «Информационно-вычислительный центр»;
- Республиканское унитарное предприятие «Центр информационных технологий»

Доступ пользователей к официальной статистической информации обеспечивается в соответствии с календарем пользователя, размещаемым на официальных сайтах органов государственной статистики в глобальной компьютерной сети Интернет ([www.belstat.gov.by](http://www.belstat.gov.by)) с указанием даты и точного времени выпуска официальной статистической информации.

Официальная статистическая информация распространяется или представляется пользователям путем публикации в статистических

изданиях, средствах массовой информации и (или) размещения на официальных сайтах органов государственной статистики в глобальной компьютерной сети Интернет, а также в соответствии с заключенными договорами (соглашениями) и по разовым запросам пользователей<sup>22</sup>.

#### 5.4. Текущие данные по гидрометеорологической ситуации в регионе

С целью общедоступного информирование населения о текущих, прошедших и будущих гидрометеорологических условиях, о состоянии окружающей среды, о приближении опасных и стихийных явлений погоды в сети Интернет в общем доступе сформирован интернет-ресурс (<https://www.pogoda.by>) – далее Ресурс.

Метеорологическая информация, представленная в виде карт погоды, таблиц, графиков, изображений, текстовых сообщений – периодически обновляется (рис. 15).

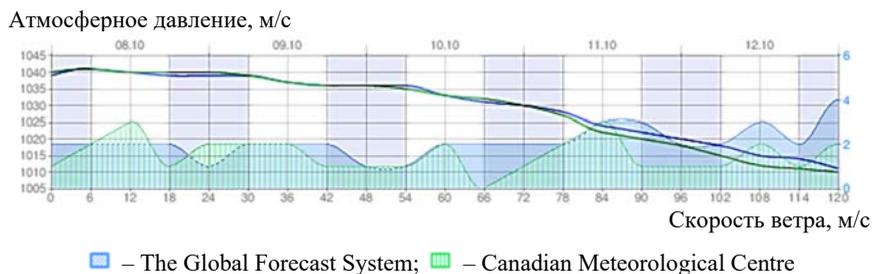


Рис. 15. Пример использования ресурса POGODA.BY при определении скорости ветра и атмосферного давления

На Ресурсе размещается также статическая информация в виде обзоров, аналитических материалов, пресс-релизов, авторских текстов по метеорологической, климатической, агрометеорологической, гидрологической тематике, справочных материалов; информация организационно-правового характера.

<sup>22</sup> Политика распространения официальной статистической информации утверждена Приказом Национального статистического комитета Республики Беларусь от 11.08.2017 № 119

Отсчет времени на Ресурсе производится по универсальному координированному времени – UTC. Атмосферное давление приведено к уровню моря.

Прогноз погоды, публикуемый на Ресурсе рассчитан в Белгидромете по данным глобальной прогностической модели. Источник данных: Met Office, Великобритания, NOAA (США), Canadian Meteorological Centre. Обновление прогноза погоды – два или четыре раза в сутки.

Информация Ресурса не может быть использована для планирования или проведения мероприятий, реализация которых связана с риском материальных потерь или человеческих жертв. Для получения официальной информации следует обращаться непосредственно в соответствующие структурные подразделения Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет). Информация предоставляется в порядке, установленном законодательством, в соответствии со статьей 1 Закона Республики Беларусь от 10 декабря 2020 г. № 64-З «Об изменении Закона Республики Беларусь «О гидрометеорологической деятельности»<sup>23</sup>.

В Беларуси основным производителем климатической информации является Белгидромет. Для адресного обслуживания секторов экономики подготавливаются следующие материалы:

- справочники по климату;
- сборники климатических норм;
- атласы;
- специализированные климатические обзоры;
- метеорологические ежемесячники и ежегодники;
- ежегодные обзоры климатических особенностей и опасных гидрометеорологических явлений на территории Республики Беларусь;
- ежегодное участие в подготовке «Сводного ежегодного сообщения о состоянии и изменении климата на территории государств-участников СНГ»;
- подготовка материалов для «Ежегодного бюллетеня по климату» (Бюллетень РА VI) и «Заявления ВМО о состоянии глобального климата»;

---

<sup>23</sup> Закон Республики Беларусь «О гидрометеорологической деятельности» от 9 января 2006 г. № 93-З

- ежегодно издается Резюме «Климат Республики Беларусь»;
- отчеты о научно-исследовательских работах в области прикладной климатологии.

Основным потребителем климатической информации являются средства массовой информации – 37 %. Однако, в последние годы отмечается увеличение количества потребителей климатической информации. Так, к примеру, ввиду аномально теплого 2020 года, количество обращений за информацией возросло на 35 % по сравнению с 2019 годом.

Выделяют три фундаментальных принципа климатического обслуживания<sup>24</sup>:

- знание пользователя и понимание того, что ему нужно, например: климатические элементы, имеющие отношение к пользователю; каким образом пользователь хочет получать информацию; как пользователь будет интерпретировать информацию; с какой целью информация будет использоваться и т. д.;
- простота, доступность и своевременность информации;
- обеспечение качества: предоставление продукции, подготовленной с пониманием возможных видов оказания услуг и анализа, в комплекте с надлежащей документацией и подкрепленной основательными знаниями относительно наличия свежих данных и характеристик.

### **5.5. Предоставление нормативной документации в области экологии и защиты климата**

Нормативно-технические требования в экологии и защите климата установлены в следующих документах:

- Технические регламенты
- Общегосударственные стандарты
- Технические кодексы установившейся практики (ТКП)
- Государственные стандарты
- Технические условия и стандарты организаций

Технические кодексы установившейся практики и государственные стандарты РБ (за исключением стандартов в военной сфере) в общем случае добровольны для применения.

---

<sup>24</sup> Руководство по климатологической практике. ВМО – № 100. – Женева, 2018. – 182 с.

Обязательные для соблюдения технические нормативно-правовые акты (ТНПА) публикуются:

- на Национальном правовом Интернет-портале ([www.pravo.by](http://www.pravo.by));
- на интернет-сайте Национального фонда ТНПА ([www.tnpra.by](http://www.tnpra.by));
- на сайтах государственных органов, их утвердивших.

Доступ к ТНПА, обязательным для соблюдения, можно получить с помощью интернет-ресурсов, формируемых Национальным центром правовой информации Республики Беларусь (далее – НЦПИ), – Национального правового Интернет-портала Республики Беларусь (<http://pravo.by/>) и информационно-поисковой системы (далее – ИПС) «ЭТАЛОН-ONLINE» (<http://etalonline.by/>).

Основные данные, которые представляются в статистике по климату:

- рост температуры воздуха и внутригодовое перераспределение выпадающих сумм осадков;
- рост продолжительности волн тепла, увеличение их повторяемости и интенсивности;
- уменьшение продолжительности отопительного периода;
- увеличение продолжительности вегетационного периода;
- уменьшение продолжительности климатической зимы и увеличение продолжительности климатического лета;
- уменьшение количества дней с морозом;
- увеличение количества жарких дней;
- рост индекса дефицита холода и уменьшение значения индекса дефицита тепла;
- значительное снижение количества выпадающих осадков в марте, апреле, июне и сентябре, рост – в мае и июле;
- ухудшение условий увлажнения в летний период года.

Способы предоставления информации о ТНПА приведены на рис. 16.

Информация об опасных явлениях погоды, наблюдавшихся на территории Республики Беларусь, представляется в ежегоднике «Обзор климатических особенностей и опасных гидрометеорологических явлений на территории Республики Беларусь», который подготавливает Белгидромет. В ежегоднике отмечены опасные явления, зарегистрированные гидрометеорологическими станциями и постами, а также явления, не зафиксированные наблюдательной сетью, но причинившие ущерб и по визуальным оценкам достигшие критериев опасного явления.



Рис. 16. Способы предоставления информации о ТНПА

Прогнозирование будущего климата республики может осуществляться с помощью разработанных крупными климатическими центрами моделей. Например, климатические прогнозы для Беларуси проводились с помощью региональной климатической модели, разработанной в Главной геофизической им. А. И. Воейкова, а также климатических моделей, представленных консорциумом EURO-CORDEX (Coordinated Downscaling Experiment – European Domain) [12].

Наиболее значимыми документами в области регулирования вопросов адаптации к изменению климата являются следующие:

– Директива Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. № 3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства»;

– Указ Президента Республики Беларусь от 9 ноября 2010 г. № 575 «Концепция национальной безопасности Республики Беларусь»;

<sup>25</sup> Закон Республики Беларусь «О нормативно-правовых актах» от 17 июля 2018 г. № 130-З принят Палатой представителей

– Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23 декабря 2015 г. № 1084 «Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь»;

– Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 года (одобрена Президиумом Совета Министров Республики Беларусь 2 мая 2017 г. № 10);

– Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 21 декабря 2016 г. № 1061 «Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь до 2020 года»;

– Указ Президента Республики Беларусь от 29 июля 2021 г. № 292 «Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы».

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОВ И ИНСТРУМЕНТОВ ОЦЕНКИ

**Метод прогнозирования потенциального потепления.** Потепление климата фиксируется по всей Беларуси (рис. 17). По результатам выполнения международного проекта по климату экологической сетью «Зой» по авторским оригиналам Республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды составлены карты изменения температуры в Беларуси с 1973 г. по настоящее время и далее прогнозирование до 2050 года.

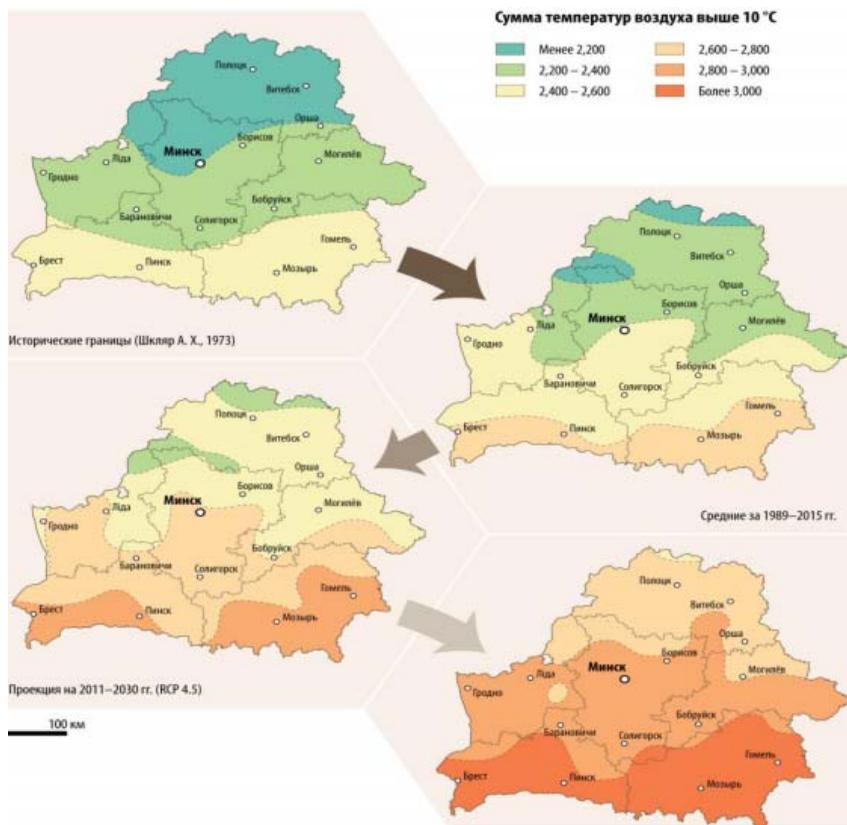


Рис. 17. Изменение агроклиматических зон в Республике Беларусь

Одним из подходов анализа чувствительности климата на колебания температуры предлагается метод оценки потенциала глобального потепления (далее ПГП) как совокупное влияние парникового газа на изменение климата за определенный период времени (обычно 100 лет) по сравнению с углекислым газом ( $\text{CO}_2$ ), для которого ПГП = 1. Например, потенциал глобального потепления метана ( $\text{CH}_4$ ) – 28 означает, что воздействие на глобальное потепление 1 кг метана в 28 раз сильнее, чем 1 кг  $\text{CO}_2$ . ПГП закиси азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) составляет 265, гексафторида серы ( $\text{SF}_6$ ) – 23 500 и далее формирование итогового ПГП.

**Метод оценки разрушения озонового слоя.** В транспортном секторе используются вещества, разрушающие озоновый слой Земли. Транспорт ответственен примерно за 5–10 % глобальных выбросов озоноразрушающих веществ. Кроме того, существуют процессы, приводящие к изменению концентрации озона в стратосфере и тропосфере, связанные с выбросами оксидов азота и углеводородов, в которых транспорт также принимает участие. Наземный транспорт, выбрасывая оксиды азота и углеводороды, участвует в процессе формирования фотохимического смога, одним из компонентов которого является т. н. «приземный» озон. Выбросы авиалайнеров оказывают на атмосферный озон разнонаправленное действие: на больших высотах они его разлагают, на малых высотах – образуют.

«Приземный» или тропосферный озон практически никак не влияет на поглощение ультрафиолетового спектра солнечного света, т. е. не выполняет функции защитного слоя атмосферы, однако является крайне токсичным веществом [13].

**Метод оценки истощения ресурсов.** К региональному уровню воздействия транспорта на окружающую среду влияющих на истощение ресурсов можно отнести:

– выбросы загрязняющих веществ, вносящих вклад в процессы закисления осадков и эвтрофикации водоёмов: серы диоксид  $\text{SO}_2$  и азота диоксид  $\text{NO}_2$ ;

– экологические эффекты, связанные с добычей, переработкой и потреблением материальных и энергетических ресурсов, как возобновляющихся, так и невозобновляющихся;

– непреднамеренный перенос живых организмов с перевозимыми людьми или грузами или в элементах конструкции транспортных средств, приводящий к интродукции этих организмов в экосистемы, не адаптированные к их появлению.

**Метод объемов выпадения осадков.** С точки зрения воздействия изменения климата на транспортную отрасль в Республике Беларусь наиболее существенным и явным является увеличение интенсивности и количества осадков, выпадающих одновременно и повышение температуры окружающего воздуха. Осадки, в основном в виде дождя, ведут к экстремальным подтоплениям и размывам, приводящим как к кратковременным – до нескольких часов, так и долговременным – до нескольких дней и более – перерывам в движении и повреждениям дорожной инфраструктуры. Наиболее чувствительны к экстремальным подтоплениям городские территории, где в большинстве случаев водоотводные сооружения не были запроектированы на увеличившиеся объемы осадков. Характеристики изменения очень сильных дождей и ливней приведена в табл. 6.

Таблица 6

Характеристика сильных дождей и ливней

Текущие тенденции	Будущие изменения
<p>Суточный максимум осадков имеет четко выраженный годовой ход: наибольшие отмеченные значения находятся в пределах 40–80 мм, в отдельные годы суточный максимум осадков может достигать 80–100 мм и более и характерны для периода с мая по сентябрь, наименьшие абсолютные суточные максимумы отмечаются с октября по апрель и находятся преимущественно в пределах 12–30 мм. Наибольший рост характерен для летнего периода времени. За последние десятилетия отмечается увеличение суточных максимумов осадков: существенное летом и незначительное в зимнее время. Абсолютный максимум осадков на территории Беларуси отмечен на станции Бобруйск – июль 1970 – 146,0 мм осадков</p>	<p>Согласно данным моделирования к концу столетия ожидается увеличение суточных максимумов осадков на величину 20 мм и более. А к середине столетия суточные максимумы осадков увеличатся на 11–15 мм. Наиболее интенсивный рост будет отмечаться в теплое время года (с апреля по октябрь), но также будет отмечаться рост суточных максимумов осадков и в период с ноября по март (холодное время года). Учитывая рост температуры воздуха в зимнее время года, вырастет доля жидких и смешанных осадков</p>

**Метод инвентаризации выбросов.** Необходимо непрерывно проводить инвентаризацию выбросов загрязняющих веществ в ат-

мосферный воздух (табл. 7). В Республике Беларусь инвентаризация выбросов производится [14]:

- для новых источников выбросов – 2 года;
- для модернизируемых источников выбросов – 2 года;
- для действующих стационарных источников выбросов – 5 лет.

Таблица 7

Требования к допустимой концентрации загрязняющих веществ при инвентаризации

Загрязняющие вещества	Значения предельнодопустимой концентрации (ПДК), мкг/м <sup>3</sup>		
	максимально-разовая (ПДК <sub>м.р.</sub> )	среднесуточная (ПДК <sub>с.с.</sub> )	среднегодовая (ПДК <sub>с.г.</sub> )
Сероводород	8	–	–
Сероуглерод	30	15	5
Фенол	10	7	3
Фториды твердые	200	120	30
Хлористый водород	200	100	50
Свинец	1,0	0,3	0,1
Аммиак	200	–	–
Формальдегид	30	12	3
Ацетон	350	150	35
Бензол	100	40	10
Гидроцианид	30	10	3
Метиловый спирт	1000	500	100
Толуол	600	300	100
Бенз(а)пирен	–	5 нг/м <sup>3</sup>	1 нг/м <sup>3</sup>
Кадмий	3,0	1,0	0,3
Этилацетат	20	–	–
Бутилацетат	100	–	–
Этилбензол	20	–	–
Ксилол (смесь о-, м-, п-)	200	100	20
Бутанол	100	–	–
Стирол	40	8	2

**Метод мониторинга за деятельностью по обращению с отходами** применяется для развития экономики замкнутого цикла на основе кардинального изменения системы управления отходами, внедрение инновационных моделей потребления и производства:

- разработка безотходных, малоотходных и ресурсосберегающих технологий;

- выработка наиболее рациональных технологических схем по использованию и уменьшению крупнотоннажных отходов производства (галитовых, глинисто-солевых шламов, фосфогипса);

- разработка технологий производства экологически безопасной (в том числе биоразлагаемой) упаковки из сырья различных видов.

При разработке нормативов образования отходов и лицензировании отходов предприятиям необходимы специализированные аккредитованные аналитические лаборатории, а в самих проектах нормативов указываются средства контроля и измерений, которые используются для проведения соответствующих анализов и соблюдения нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении лицензируемой деятельности.

**Метод мониторинга атмосферного воздуха** – это система наблюдений за состоянием атмосферного воздуха, а также оценка и прогноз основных тенденций изменения качества атмосферного воздуха в целях своевременного выявления негативных воздействий природных и антропогенных факторов. В настоящее время мониторинг состояния атмосферного воздуха проводится в 19 промышленных городах республики, включая областные центры по методике в таблице 8. В городах установлено 67 стационарных станций. В Минске – 12 станций, в Могилеве, Гомеле и Витебске – по 5, в Бресте и Гродно – по 4; в остальных промышленных центрах – 1–3 станции. Регулярными наблюдениями охвачены территории, на которых проживает почти 87 % населения крупных и средних городов республики [15].

Исходными данными определяется, что выбросы в разбивке по видам транспорта, осуществляющего грузовые перевозки (в кг CO<sub>2</sub> на тонну груза на 1 км) [16]: автомобильный транспорт (грузовики грузоподъемностью >35 т) 0,051–0,091; дизельные поезда 0,017–0,069, электропоезда 0,019–0,040; сухогрузы 0,0025–0,008, контейнеровозы (1 600 км) 0,57–0,63.

**Значения индекса качества атмосферного воздуха  
и граничные значения, используемые для его расчета**

Значение индекса качества атмосферного воздуха	Описание уровня загрязнения, с учетом его влияния на здоровье населения	Индекс качества атмосферного воздуха	Граничные значения, используемые для расчета индекса качества атмосферного воздуха, мкг/м <sup>3</sup>					
			PM2,5, –24 ч	PM10, –24 ч	NO <sub>2</sub> , –1 ч	CO, –8 ч	O <sub>3</sub> , –8 ч	SO <sub>2</sub> , –1 ч
0–1	Очень хороший	Голубой	0–12	0–20	0–40	0–2000	0–24	0–70
1–3	Хороший	Зеленый	13–36	21–60	41–120	2001–6000	25–72	71–210
3–5	Умеренный (средний)	Желтый	37–60	61–100	121–200	6001–10000	73–120	211–350
5–7	Удовлетворительный	Оранжевый	61–84	101–140	201–280	10001–14000	121–168	351–490
7–10	Плохой	Красный	85–120	141–200	281–400	14001–20000	169–240	491–700
> 10	Опасный	Коричневый	>121	>201	>401	>20001	>241	>701

**Метод оценки деградации почвы.** В Европейском Почвенном научном центре (г. Вангенгейм, Голландия) было предложено определение деградации почвы как совокупность процессов, вызванных деятельностью человека и уменьшающих способность почв к поддержанию жизни людей. И основными показателями принимались:

- степень деградации почвы – сравнительный уровень выраженности деградации почвы в целом к фиксируемому моменту времени;
- скорость деградации почв – быстрота изменений степени деградации почв;
- вид деградации – группа процессов ухудшения свойств и качества почвы, имеющие одинаковые механизмы осуществления и результаты воздействия;
- число совмещенности – число видов деградации почв, диагностируемых одновременно в одной почве или в пределах одного ЭПА [1].

Виды и показатели деградации почвы в методике оценки для Республики Беларусь как система оценки принимаются по табл. 9 с учетом Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Указ Президента Республики Беларусь от 17 июля 2001 г. № 393 «О присоединении Республики Беларусь к Конвенции Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке»

Таблица 9

## Комплексная система оценки деградации и эрозии почвы

Виды деградации земель (включая почвы)	Показатели деградации земель (включая почвы)	Низкая		Средняя	Высокая
Загрязнение земель (включая почвы) химическими и иными веществами	Превышение норматива предельно допустимой концентрации химических и иных веществ, кратность раз	>1–5	>5–20	>20–50	>50
	Превышение показателя фоновой концентрации при отсутствии установленного норматива предельно допустимой концентрации химических и иных веществ, кратность раз	>2–10	>10–40	>40–100	>100
Водная эрозия при невыполнении требований по охране земель	Уменьшение мощности плодородного (гумусированного) слоя почвы, процентов	10–25	>25–50	>50–75	>75
	Появление, увеличение глубины промоин, рытвин и провалов относительно поверхности, сантиметров	21–40	>40–100	>100–200	>200
	Появление, увеличение мощности абiotического (неплодородного) наноса, сантиметров	3–10	>10–20	>20–40	>40
Ветровая эрозия при невыполнении требований по охране земель	Уменьшение мощности плодородного (гумусированного) слоя почвы, процентов	10–25	>25–50	>50–75	>75
	Появление, увеличение мощности абiotического (неплодородного) наноса, сантиметров	3–10	>10–20	>20–40	>40
Выгорание осушенных торфяников	Удельный вес площади выгоревших торфяников в площади контура земель или земельного участка, процентов	<10	>10–40	>40–70	>70
Зарастание пахотных и улучшенных луговых земель древесно-кустарниковой растительностью и (или) сорняками	Удельный вес площади контура (контуров), заросшего древесно-кустарниковой растительностью и (или) сорняками, в площади контура земель или земельного участка, процентов	5–15	>15–40	>40–70	>70
Минерализация (разрушение) осушенных торфяно-болотных почв при невыполнении требований по охране земель	Срабка торфа, сантиметров в год	2–4	>4–6	>6–8	>8
	Уменьшение мощности торфяного слоя, процентов	10–25	>25–50	>50–75	>75

## Окончание табл. 9

Виды деградации земель (включая почвы)	Показатели деградации земель (включая почвы)	Низкая		Средняя	Высокая
Незаконное нарушение земель при разработке месторождений полезных ископаемых и их переработке; добыче торфа и сапропелей; ведении строительных работ и иных раскопках	Удельный вес площади контура (контуров) с испорченным (утраченным) плодородным слоем почвы в площади контура земель или земельного участка, процентов	1–2,5	2,6–10	11–40	>40
	Глубина промоин, рытвин, провалов и раскопок относительно поверхности, сантиметров	>20–40	>40–100	>100–200	>200
Подтопление и заболачивание земель при невыполнении требований по эксплуатации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений	Повышение уровня грунтовых вод до поверхности земли, метров	0,65–0,50	0,49–0,35	0,34–0,20	<0,20
	Гибель основной растительности и (или) появление или увеличение удельного веса влаголюбивой (болотной) растительности в площади контура земель или земельного участка, процентов	5–15	>15–40	>40–70	>70

## 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН

### 7.1. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

Минприроды является координирующим органом, обеспечивающим функционирование национальной системы инвентаризации парниковых газов, своевременный сбор данных о деятельности, а также представление Национального доклада о кадастре парниковых газов в Секретариат РКИК ООН.

Минприроды отвечает за реализацию 25 природоохранных конвенций (протоколов к ним), участие в 4 международных организациях:

Всемирной метеорологической организации (ВМО);

Программе Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП);

Глобальном экологическом фонде (ГЭФ);

Комитете по экологической политике Европейской экономической комиссии ООН.

На смягчение последствий изменения климата под контролем Минприроды направлена Государственная программа «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016–2020 годы<sup>27</sup> (табл. 10).

Таблица 10

#### Целевые показатели Минприроды по сохранению лесных экосистем

Наименование целевого показателя	Единицы измерения	Значение показателя по годам (прогнозные)			
		2020	2030	2040	2050
1	2	3	4	5	6
Лесистость территории	процент	40,1	41,0	41,5	42,0
Доля участков смешанных насаждений	процент	72,8	74,0	75,4	77,0

<sup>27</sup>Государственная программа «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2016–2020 годы утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17 марта 2016 г. № 205

1	2	3	4	5	6
Доля насаждений с преобладанием твердолистных пород	процент	4,1	5,0	5,3	5,6
Доля естественного возобновления в общем объеме лесовосстановления	процент	45	47	49	50
Средний запас насаждений	м <sup>3</sup> /га	220	225	230	235

Результатами реализации Государственной программы к 2021 году и далее принимается обеспечение прироста запасов:

- нефти категорий C<sub>2</sub> + D<sub>0</sub> в объеме 0,6 млн. т ежегодно;
- пресных вод в объеме 10 тыс. куб. м в сутки ежегодно;
- сокращение объема выбросов парниковых газов на 4,5 % к уровню 2016 года;
- сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и мобильных источников на 2,7 % к уровню 2015 года;
- достижение площади особо охраняемых природных территорий 8,8 % от территории страны.

Минприроды разработан Национальный план действий по увеличению абсорбции углекислого газа лесным фондом Республики Беларусь на период до 2030 года<sup>28</sup>. Целью Национального плана является сохранение достигнутого уровня годичной абсорбции углекислого газа лесным фондом в условиях увеличения к 2030 году на 41,4 % [17].

Указ Президента Республики Беларусь от 20 сентября 2016 г. № 345 «О принятии международного договора» обязывает принять Парижское соглашение от 22 апреля 2016 г. и системно выполнять взятые на себя обязательства.

Перечень государственных организаций, подчиненных **Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды** Республики Беларусь, направления деятельности приведены в табл. 11.

<sup>28</sup> Национальный план действий по увеличению абсорбции парниковых газов поглотителями на период до 2030 года, утвержден Постановлением коллегии Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 05.12.2019

**Структурные органы управления Минприроды,  
краткая характеристика**

<p>Наименование органа управления</p> 	<p>Сфера деятельности, целевое направление по защите климата</p> 
<p>Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Проведение стратегической экологической оценки и разработка экологического доклада</li> <li>– Разработка проектов оценки воздействия на окружающую среду в бассейнах рек</li> <li>– Разработка и обоснование нормативов предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты</li> <li>– Оценка экологического состояния объектов хранения, транспортирования и отпуска нефтепродуктов</li> </ul>
<p>Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология»</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Развитие Орхусского центра, выделенного центр по сопровождению Базельской конвенции</li> <li>– Проведение научных исследований по оценке экономических и социальных последствий вредного воздействия на окружающую среду</li> <li>– Управление Центром международных экологических конвенций и соглашений</li> <li>– Выявление фактов недостоверности сведений, содержащихся в действующем реестре объектов по использованию отходов и реестре объектов хранения, захоронения и обезвреживания отходов</li> </ul>
<p>Центр международных экологических проектов, сертификации и аудита «Экологияинвест»</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Обеспечение научно-технического прогресса в области эффективного использования водных ресурсов</li> <li>– Разработка новых методов охраны окружающей среды от загрязнения и истощения путем</li> <li>– Разработка экологических технологий и средств и получение прибыли</li> </ul>
<p>Республиканский центр государственной экологической экспертизы и повышения квалификации руководящих работников и специалистов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Организация и проведение образовательных мероприятий</li> <li>– Рассмотрение материалов, поступающих на государственную экологическую экспертизу, выдача заключений</li> </ul>
<p>Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Отбор проб и проведение измерений в области охраны окружающей среды</li> <li>– Мониторинг поверхностных вод</li> <li>– Локальный мониторинг окружающей среды</li> </ul>

1	2
Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Оценка радиоактивного загрязнения территорий населенных пунктов, промышленных и гражданских объектов</li> <li>– Оценка химического загрязнения атмосферного воздуха, атмосферных осадков, снежного покрова, почвы, поверхностной и сточной воды, растительности, донных отложений.</li> <li>– Определение максимальной гигроскопической влажности почвы, мутности поверхностных вод, гранулометрического состава взвешенных наносов и донных отложений;</li> </ul>

## **7.2. Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь**

Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь (далее – Минтранс) является республиканским органом государственного управления и осуществляет регулирование и управление в области автомобильного, морского, внутреннего водного, железнодорожного, городского электрического транспорта и метрополитена, гражданской авиации и подчиняется Совету Министров Республики Беларусь.

Основными задачами Минтранса являются:

- реализация единой дорожно-транспортной политики, направленной на создание условий для удовлетворения потребностей экономики и населения в транспортных услугах, с учетом минимизации вредного воздействия на окружающую среду;
- осуществление развития смешанных перевозок, содействие установлению прямых связей между транспортными организациями Республики Беларусь и других государств, привлечение инвестиций;
- проведение в области транспортной деятельности экономической, научно-технической и социальной политики;

Министерство транспорта и коммуникаций определено в качестве головного по вопросам сотрудничества Республики Беларусь со следующими международными организациями [18]:

- Международный транспортный форум;
- Комитет по внутреннему транспорту ЕЭК ООН;
- Международная организация гражданской авиации;

Организация сотрудничества железных дорог – Министерство транспорта и коммуникаций реализовывает следующие стратегические программы:

Государственная программа «Транспортный комплекс» на 2021–2025 годы»;

Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог;

Государственная программа «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы.

Основными научными направлениями развития ведомства на ближайшие годы являются:

- мониторинг и формирование базового правового пространства Союзного государства Беларуси и России, ЕАЭС и СНГ в области транспортной деятельности, унификация и гармонизация отечественного законодательства, включая единые нормы, правила и стандарты;

- развитие инфраструктуры и современных технологий в области логистической и транспортной деятельности с учетом соблюдения экологических норм и обеспечения транспортных процессов;

- создание на базе цифровых технологий информационных, телекоммуникационных и интеллектуальных систем управления процессами перевозки, внедрение электронного документооборота;

- разработка предложений по обеспечению безопасности функционирования транспортных систем, совершенствование процесса обеспечения безопасности дорожного движения и экологических требований.

Перечень государственных организаций, подчиненных Минтранс, направления деятельности приведены в табл. 12.

Таблица 12

Структурные органы управления Минтранса,  
краткая характеристика

Наименование органа управления 	Сфера деятельности, целевое направление по защите климата 
1	2
Контроль и безопасность	
Государственное объединение «Белорусская железная дорога»	Обеспечение безопасности движения, перевозки грузов и пассажиров железнодорожным транспортом

1	2
Государственное учреждение «Транспортная инспекция»	– Обеспечение контроля за соблюдением законодательства производителями транспортных работ – Обеспечение и контроль качества услуг в области транспортной деятельности
Государственное учреждение «Белорусская инспекция речного судоходства»	– Обеспечивает безопасность судоходства на внутренних водных путях Республики Беларусь – Обеспечивает защиту и охрану жизни и здоровья граждан, членов экипажей судов водного транспорта
Государственная администрация водного транспорта	– Развитие внутренних водных путей и транспортной инфраструктуры на них – Обеспечение содержания внутренних водных путей, проходимости и развития – Государственное регулирование деятельности портов
Департамент по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь	– Осуществляет контроль за деятельностью в области гражданской авиации – Надзор за соответствием аэродромов предъявляемым к ним требованиям – Контроль за выполнением правил международных полетов в части воздушного пространства – Надзор за деятельностью авиационного персонала
<b>Проектирование и строительство</b>	
Республиканское унитарное предприятие «Белорусский дорожный инженерно-технический центр»	– Осуществление технического надзора в области дорожного строительства – Диагностика дорог и мостов – Разработка технологических карт
Государственное предприятие «Белгипродор»	– Проектирование автомобильных дорог всех категорий; – Проектирование автомобильных и пешеходных мостов, путепроводов, подземных переходов на дорогах общего пользования и в городах – Разработка схем развития сети автомобильных дорог
<b>Наука и технологии</b>	
Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника»	– Разработка проектов государственных и отраслевых программ развития транспортного комплекса – Разработка предложений по унификации правовой базы в области транспорта – Исследование проблем транспорта
Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ»	– Испытание материалов и изделий – Обследование мостовых сооружений – Техническое нормирование и стандартизация

### 7.3. Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь

Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь (далее – Минлесхоз) является республиканским органом государственного управления и подчиняется Правительству Республики Беларусь.

Минлесхоз координирует деятельность других республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов, юридических лиц, ведущих лесное хозяйство, независимо от формы собственности, в области использования, охраны, защиты государственного лесного фонда и воспроизводства лесов (рис. 18): государственные лесохозяйственные учреждения Минлесхоза, лесхозы и лесничества Министерства обороны Республики Беларусь, экспериментальные лесные базы Национальной академии наук Республики Беларусь, учебно-опытные лесхозы Министерства образования Республики Беларусь, государственные природоохранные учреждения, осуществляющие управление заповедниками и национальными парками, лесохозяйственные предприятия Управления делами Президента Республики Беларусь, Минское лесопарковое хозяйство (табл. 13). Информация о лесном фонде республики, мониторинг динамики происходящих изменений в лесах всех лесофондодержателей, проектирования и расчеты рационального, длительного и неистощительного пользования лесом – все это сфера ответственности лесоустройства, которое представлено лесоустроительным республиканским унитарным предприятием «Белгослес».

Основной целью Минлесхоза является обеспечение рационального и неистощающего использования лесов, их охрана, защита и воспроизводство.

К главным задачам Минлесхоза относятся<sup>29</sup>:

- реализация функций государственного регулирования в области лесного хозяйства;
- проведение единой государственной политики в области использования, охраны, защиты государственного лесного фонда и воспроизводства лесов,
- утверждает санитарные правила в лесах Республики Беларусь;

---

<sup>29</sup> Положение о Министерстве лесного хозяйства Республики Беларусь утверждено Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 16.03.2004 № 298

– повышение продуктивности лесов, обеспечение создания и выращивания лесных насаждений на основе широкого использования научно-технических достижений в целях наиболее полного удовлетворения потребностей экономики и населения во всех видах лесной продукции;

– государственный контроль за состоянием, использованием, охраной, защитой государственного лесного фонда и воспроизводством лесов.

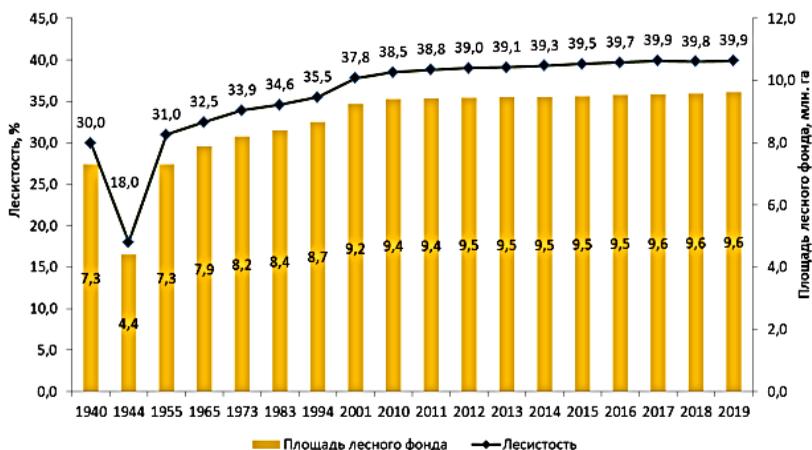


Рис. 18. Динамика лесистости и лесного фонда Республики Беларусь

Таблица 13

### Структурные органы управления Минлесхоза, краткая характеристика

Наименование органа управления 	Сфера деятельности, целевое направление по защите климата 
1	2
Проектно-изыскательное республиканское унитарное предприятие «Белгипролес»	– Разработка технических проектов противопожарного устройства лесов лесхозов – Строительство пожарно-химических станций, противопожарных водоемов, пожарно-наблюдательных вышек – Создание и реконструкции лесосеменных плантаций

1	2
Экспортно-производственное республиканское унитарное предприятие «Беллесэкспорт»	– Услуги по сопровождению займа Всемирного Банка и гранта Глобального экологического фонда для проекта «Развитие лесного сектора Республики Беларусь». – Реализация Проекта «Развитие лесного сектора Республики Беларусь» – проекта Международного банка реконструкции и развития
Государственное учреждение по защите и мониторингу леса «Беллесозащита»	– Контроль радиоактивного загрязнения территории лесного фонда Минлесхоза – Участие в реализации мероприятий в рамках проекта «Развитие лесного сектора Республики Беларусь» ГЭФ/Всемирный банк
ОО «Белорусское общество лесоводов»	– Утверждение принципов устойчивого лесопользования и лесопользования – Разработка и реализация мер по повышению социальной защиты работников леса

Основой рационального ведения лесного хозяйства и природопользования является система лесоустройства. Правовой статус лесоустройства и его содержание определены «Лесным кодексом», которым установлено, что ведение лесного хозяйства и осуществление лесопользования без проведения лесоустройства запрещаются.

С 2010 года в Беларуси вступила в активную фазу реализация программы «Совершенствование правоприменения и управления в лесном секторе (ФЛЕГ) стран восточного направления европейской политики добрососедства и России», направленная на создание более совершенных механизмов управления в лесном секторе.

Мониторинг лесов осуществляется в соответствии с Положением о порядке проведения в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды по следующим направлениям:

- общее состояние лесов, в том числе под воздействием загрязнения атмосферного воздуха (мониторинг состояния лесов);
- состояние лесов под воздействием вредных насекомых и болезней (лесопатологический мониторинг);
- состояние лесов под воздействием мелиоративных работ (эколого-мелиоративный мониторинг мелиорированных лесных земель).

#### 7.4. Белорусский национальный технический университет

Белорусский национальный технический университет (далее – БНТУ) является ведущим высшим инженерно-техническим учебным заведением в национальной системе образования страны. Образовательный процесс в БНТУ функционирует в рамках модели «Университет 4.0», которая представляет тесную связь образования, науки и инновационного предпринимательства.

БНТУ ежегодно осуществляет подготовку более 40 тысяч учащихся, студентов, магистрантов, аспирантов, докторантов. Готовит высококвалифицированные кадры:

- по I ступени образования – по 134 специальностям;
- по II ступени – по 42 специальностям;
- в аспирантуре по 55 специальностям;
- в докторантуре по 34 специальностям;
- функционируют 37 научных школ, возглавляемых ведущими учеными РБ.

Университет участвует в партнерской программе по проекту «Восточно-западная европейская сеть высшего технического образования» (EWENT – East-West European Network on higher Technical education) направлена на запуск исследовательской и образовательной сети, объединяющей высшие учебные заведения Европейского союза, Беларуси, Молдовы и Украины, в том числе БНТУ. Проект EWENT реализуется в рамках программы Эразмус Мундус Акция II лот 8 и координирует стипендиальную программу финансируемую Европейской Комиссией.

Непосредственное руководство БНТУ осуществляет Ректор БНТУ, назначаемый на должность и освобождаемый от должности в порядке, определенном Президентом Республики Беларусь. Основным органом самоуправления БНТУ является Совет БНТУ, который создается в целях решения основных вопросов деятельности<sup>30</sup>.

Перечень государственных организаций, подчиненных БНТУ, приведены в табл. 14.

---

<sup>30</sup> Устав БНТУ, 2018

**Структурные органы управления БНТУ,  
краткая характеристика**

<p align="center">Наименование органа управления</p> 	<p align="center">Сфера деятельности, целевое направление по защите климата</p> 
1	2
<p align="center">Научно-исследовательский политехнический институт (НИПИ)</p>	<p>– Осуществляет организацию, координацию и выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических и инновационных работ по актуальным проблемам науки, техники, экологии и производства в БНТУ.</p>
<p align="center">Опытный завод «Политехник»</p>	<p>– Изготавливает металлоконструкции абсорбционно-биохимических установок различной мощности для защиты атмосферного воздуха от вредных выбросов – Осуществляет инфраструктурное обеспечение деятельности организаций и подразделений БНТУ</p>
<p align="center">Межотраслевой институт повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала (МИПК и ПК)</p>	<p>– Повышение квалификации по системе информационного моделирования объектов инфраструктуры в программном обеспечении Autodesk Civil 3D, Autodesk Infracore, Autodesk Revit – Проведение судебных и досудебных строительно-технических экспертиз – Повышение квалификации руководителей и специалистов в области охраны труда и промышленной и экологической безопасности</p>
<p align="center">Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым направлениям развития техники, технологии и экономики (ИПКиПК)</p>	<p>– Повышение квалификации кадров со средним специальным и/или высшим образованием – Совместный образовательный проект с Сучжоуским институтом прикладных блокчейн исследований (Китайская Народная Республика) – Служба безопасности» (направление образования «Экологическая безопасность»)</p>
<p align="center">Международный институт дистанционного образования (МИДО)</p>	<p>– Проведение дистанционного обучения – Рассмотрении диссертаций по информационным технологиям в отраслях промышленности и Машиностроения – Проведение инновационных форумов в области безопасности экологии и охране труда</p>

1	2
Институт интегрированных форм обучения и мониторинга образования (ИИФОиМО)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Объединяет и координирует все виды деятельности, связанные с мониторингом образовательного уровня и качества знаний молодежи</li> <li>– Осуществляет адаптацию выпускников средних и средних – специальных учебных заведений в современном образовательном пространстве</li> <li>– Осуществляет внутренний мониторинг качества образования студентов</li> </ul>
Институт Конфуция по науке и технике (ИКНТ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Специальные курсы китайского языка для специалистов инженерно-технического профиля</li> <li>– Мероприятия, направленные на знакомство с современной культурой, историей и экологией Китая</li> <li>– Научно-практические конференции, тематические семинары, выставки, форумы, научно-технические мероприятия для детей</li> </ul>
Белорусско-Узбекский межотраслевой институт прикладных технических квалификаций (БУМИПТК)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Подготовка высококвалифицированных инженерно-технических кадров для Республики Узбекистан</li> <li>– Разработка и внедрение совместных образовательных программ в том числе по экологии и защите окружающей среды</li> </ul>
Научная библиотека БНТУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Укрепление позиции университета в вебметрическом рейтинге университетов мира Webometrics</li> <li>– Формирование национального проекта сводной базы данных «Ученые Беларуси» и реализации основных программ Белорусской библиотечной ассоциации</li> </ul>
Редакции журналов и газет	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Публикация научных статей по тематике экологической безопасности в изданиях: «Строительная наука и техника», «Литье и металлургия», «Приборы и методы измерений», «Наука и техника», «Системный анализ и прикладная информатика», газета «Весці БНТУ»</li> </ul>

БНТУ имеет право в порядке, определенном законодательством Республики Беларусь; осуществлять предпринимательскую деятельность; оказывать платные услуги; приобретать акции, облигации и иные ценные бумаги; входить в состав ассоциаций (союзов) и иных объединений некоммерческих организаций; привлекать инвестиции для развития БНТУ, а также укрепления его материально-технической базы; издавать учебную, научную, справочную и методическую литературу, научно-технические журналы, студенческие газеты.

## **7.5. Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь**

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь (далее МЧС) является республиканским органом государственного управления, осуществляющим регулирование и управление в сфере предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и гражданской обороны, обеспечения пожарной, промышленной, ядерной и радиационной безопасности, ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, создания и обеспечения сохранности государственного и мобилизационного материальных резервов, а также регулирование в сфере безопасности судоходства маломерных судов на внутренних водных путях Республики Беларусь.

Основными задачами органов и подразделений по ЧС в соответствии со Статьей 2 Закона Республики Беларусь «Об органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь» от 16 июля 2009 г. № 45-3:

- организация мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций и участие в ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- участие в реализации государственной политики в сфере предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, гражданской обороны и обеспечения пожарной безопасности;
- организация и участие в пределах своей компетенции в обеспечении функционирования государственных систем предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, гражданской обороны и пожарной безопасности, системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций;
- координация в пределах своей компетенции деятельности государственных органов, иных организаций в сфере предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, гражданской обороны и обеспечения пожарной безопасности;
- осуществление государственного надзора, контрольных, разрешительных и других специальных функций в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, гражданской обороны и обеспечения пожарной безопасности;

Для снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций от воздействия климата МЧС разработана Национальная стратегия по

снижению рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на 2015–2030 гг. которая рассмотрена и согласована экспертами Европейской комиссии, ПРООН, Всемирного банка и в которой учтены положения Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий (табл. 15)<sup>31</sup>.

Таблица 15

Климатические риски и чрезвычайные ситуации МЧС  
по транспортной системе

Климатический риск (индекс) 	Воздействие климата, уязвимость транспорта 
1	2
<b>ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ</b>	
<p>Число дней с температурой воздуха –25, –30, –35 °С</p>	<p>– Увеличивается количество аварий из-за поломки автомобилей, увеличиваются потери при перевозках, а также – время на запуск автомобиля. При слишком низких и при слишком высоких температурах (см. след. пункт) наблюдается рост аварийности из-за ухудшения психоэмоционального состояния водителей. – Низкие температуры вызывают пучения и деформацию дорожного полотна, просадки, аварийное состояние – Низкие температуры вызывают укорачивание рельсов, нарушение изоляции изолирующих стыков, в результате возможен разрыв стыков и излом рельсов. – Возрастает опасность для пассажирских перевозок (возможно замораживание вагонов)</p>
<p>Количество дней с температурой воздуха +25, +30, +35 °С, волны тепла</p>	<p>– Высокие температуры способствуют деформацию дорожного покрытия и рельсов: сгон стыков, образование «слепых зазоров», приводящих к «выбросу пути», в результате снижается трафик и безопасность движения, увеличивается стоимость дорожного обслуживания. – Повышение температуры воздуха до +30 °С и выше вызывает провисание проводов (служба сигнализации и связи ж/д). Выходят из строя устройства блокировки (управления сигналами), возможна, например, самопроизвольная смена сигнала (зеленого на красный).</p>

<sup>31</sup> Национальная стратегия по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2015–2030 гг. утверждена Премьер-министром от 30.11.2018.

Продолжение табл. 15

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– При высоких температурах воздуха отмечается негативное влияние на конструкцию мостов, вызывая потенциальное снижение трафика и увеличение стоимости технического обслуживания.</li> <li>– Повышенное потребление энергии на охлаждение в городском и междугороднем транспорте (в т. ч. железнодорожном транспорте), ухудшение самочувствия пассажиров.</li> <li>– Выход из строя общественного транспорта (например, перегрев двигателя) влияет на доступность пассажироперевозок и нарушает график движения общественного транспорта</li> </ul>
<p>Температура воздуха наиболее холодной (жаркой) пятидневки, обеспеченностью 0,94</p>	<p>– Оказывает влияние на выбор ремонта дорожного покрытия (аварийное значение)</p>
<b>РЕЖИМ УВЛАЖНЕНИЯ</b>	
<p>Очень сильные дожди и ливень (критерий опасных явлений)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Размытие насыпей и откосов вдоль дорог, ж/д путей, подтопления отдельных участков. Размытие обочин влияет на геометрию дорог, изменяя их пропускную способность.</li> <li>– Использование спецтехники для восстановления профиля</li> </ul>
<p>Осадки (количество дней с осадками)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Увлажнение дорожного покрытия уменьшает коэффициент сцепления и затрудняют маневренность транспортных средств, снижается безопасность дорожного движения.</li> <li>– Увеличивается длина тормозного пути</li> </ul>
<b>ПРОЧИЕ СИТУАЦИИ</b>	
<p>Гололедица (число дней с гололедом): сочетание температуры воздуха от –2 до –6 °С и относительной влажности воздуха от 65 до 85 %</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– При гололедице скорость движения снижается в 2–2,5 раза, производительность автомобиля – на 30–40 %,</li> <li>– Себестоимость перевозок возрастает в 2–5,5 раз.</li> <li>– В результате потери маневренности автомобиля (снижение сцепления колес автомобиля с дорожным покрытием) происходит опрокидывание автомобилей, столкновения, наезды на препятствия</li> </ul>
<p>Длительные снегопады (более 12 часов), повторяемость снегопадов</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Затрудняется движение автомобильного и железнодорожного транспорта, вводится снегоуборочная техника. Индекс учитывается при расчете соли при обработке дорог.</li> <li>– Сильные снегопады и метели приводят к нарушению работы системы централизованного управления стрелочными переводами.</li> </ul>

1	2
Прирост снежного покрова за сутки более 20 см или интенсивность снегопада более 0,4 мм/мин	– Движение становится аварийно-опасным
Прирост снежного покрова более 30 см за сутки	Движение невозможно для основного парка машин
Общая метель (продолжительность более 3 ч) при скорости ветра до 10 м/с, создающая прирост снежного покрова за 12 часов более 5 см	– Возникают неблагоприятные условия для работы ж/д станций, для пассажиров, погрузки – Ввод снегоуборочной техники, сложность очистки улиц при скоплении транспорта
Ухудшение условий метеорологической дальности видимости (далее МДВ) 500–1000 м	– Скорость легковых автомобилей в тумане снижается с 72 км/ч при МДВ = 1 км до 47 км/ч при МДВ = 100 м. Пик повторяемости снижения скорости движения находится на МДВ = 500 м, т. е. критическим значением видимости, с которых начинается заметное снижение скорости автомобиля является 5000 м днем и 1000 м ночью
Ухудшение условий метеорологической дальности видимости 300–500 м	– Скорость легковых автомобилей в тумане снижается с 72 км/ч при МДВ = 1 км до 47 км/ч при МДВ = 100 м. Пик повторяемости снижения скорости движения находится на МДВ = 500 м, т. е. критическим значением видимости, с которых начинается заметное снижение скорости автомобиля является 5000 м днем и 1000 м ночью
Ухудшение условий метеорологической дальности видимости 100–300 м	– При уменьшении МДВ с 500 до 300 м скорость движения должна быть снижена на 15 %, при уменьшении МДВ с 300 на 100 м – на 45 %. При МДВ равной 50 м безопасная скорость движения составляет 20 км/ч
МДВ = 50 мм и менее (очень сильный туман)	– Возможна полная остановка движения
Скорость ветра 12, 15, 20 м/с и более	– При скорости движения 90 км/ч критической является боковая скорость ветра 20 м/с и более; при скорости автомобиля 80 км/ч, порывах или скорости ветра 15 м/с отклонение траектории движения автомобиля может составлять от 0,4 до 2 м. – Обрыв проводов (служба сигнализации и связи ж/д).

## Окончание табл. 15

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Усиление скорости ветра до 12 м/с и более приводит к закрытию работ по погрузке контейнеров, т.к. при такой скорости запрещено работать на кране.</li> <li>– Сильная ветровая нагрузка может повредить транспортное средство, способствовать перерасходу топлива и износу шин в результате тормозных усилий. Критической является ветровая нагрузка равная весу автомобиля.</li> <li>– Сильный ветер повреждает объекты дорожной инфраструктуры, случаи падения деревьев на проезжую часть, железнодорожные пути, повреждение автомобилей</li> </ul>
Метель (число дней с метелью)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– При метелях снижается безопасность дорожного движения.</li> <li>– Ограничение в применении снегоуборочной техники</li> </ul>

## 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ОПИСАНИЕ МЕТОДОВ ВОВЛЕЧЕНИЯ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СТОРОН

### 8.1. Нормативно-правовой метод

**Нормативно-правовой метод** законодательно устанавливает порядок вовлечения заинтересованных сторон, их филиалов, структурных подразделений с обязательным документированием принятых действий.

Направление деятельности 1 – локальный мониторинг окружающей среды.

Описание деятельности	Обоснование
Юридические лица, осуществляющие эксплуатацию источников вредного воздействия на окружающую среду, обязаны проводить локальный мониторинг окружающей среды	Инструкция о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими лицами, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе и экологически опасную деятельность». Утверждена Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ № 9. Дата введения: 01.02.2007

Перечень параметров и периодичность проведения наблюдений локального мониторинга, объектом наблюдений которого являются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, определяются территориальными органами Минприроды с учетом мощности стационарного источника и уровня его вредного воздействия на атмосферный воздух, но не реже одного раза в месяц.

Концентрации загрязняющих веществ в выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух и объем отходящих газов определяются инструментальными (в том числе автоматическими) и инструментально-лабораторными методами.

Порядок реализации деятельности по проведению локального мониторинга описан в Инструкции о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды.

Направление деятельности 2 – инвентаризации выбросов загрязняющих веществ.

Описание деятельности	Обоснование
Обязательная оценка используемых технологических процессов и методов на объектах юридического лица на предмет соблюдения требований нормативных правовых актов в области защиты окружающей среды	Инструкция о порядке инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Утверждена Постановлением № 42 Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ. Дата введения 23 июня 2009 г.

Инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух проводится: для новых, модернизируемых, реконструируемых стационарных источников выбросов в срок не позднее чем через 2 (два) года с даты ввода технологического оборудования в эксплуатацию.

Акт инвентаризации утверждается руководителем (техническим руководителем) природопользователя, а проекты по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух действуют в течение 5 (пяти) лет.

Порядок реализации деятельности по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ описан в Инструкции о порядке инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Направление деятельности 3 – утилизация озоноразрушающих веществ (далее ОРВ).

Описание деятельности	Обоснование
Обязательное соблюдение требований по обращению, хранению и утилизации юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями озоноразрушающих веществ	Инструкция о порядке обращения с озоноразрушающими веществами. Постановление Утверждена Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ № 122. Дата введения 19 декабря 2008 г.

Идентификации продукции с целью установления в них наличия ОРВ проводится на основании данных сертификатов предприятия – изготовителя продукции и (или) химико-аналитических исследований.

Учет ОРВ, оборудования и отходов, содержащих ОРВ, является обязательным для всех владельцев ОРВ, владельцев оборудования, содержащего ОРВ, и собственников отходов ОРВ.

Юридические лица и индивидуальные предприниматели, осуществляющие деятельность, связанную с обращением с ОРВ, ежегодно в срок до 1 февраля года, следующего за отчетным, представляют в территориальные органы Минприроды или в Минприроды по месту их регистрации отчет об обращении с ОРВ;

Ввоз и (или) вывоз ОРВ и (или) продукции, содержащей ОРВ, через таможенную границу Республики Беларусь, допускаются только при наличии у юридического лица или индивидуального предпринимателя разового разрешения.

Направление деятельности 4 – разработка нормативов допустимых выбросов.

Описание деятельности	Обоснование
Разработка природопользователем нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для объектов юридического лица	Инструкция о порядке установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Утверждена Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ № 43. Дата введения 23 июня 2009 г.

Нормативы допустимых выбросов устанавливаются для загрязняющих веществ, включенных в перечень загрязняющих веществ, согласно приложению 1 к постановлению Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 мая 2009 г. № 31.

При наличии у природопользователя объектов воздействия на атмосферный воздух, расположенных в разных районах города, области, в другой области, зоны воздействия которых не пересекаются, проекты нормативов разрабатываются отдельно для каждого объекта воздействия на атмосферный воздух, обособленного подразделения (филиала), производственной площадки.

Направление деятельности 5 – экологический налог.

Описание деятельности	Обоснование
Налоговые выплаты по ставке экологического налога признаются организации и индивидуальные предприниматели, которые обязаны произвести выплаты согласно законодательству	Налоговый кодекс Республики Беларусь. Глава 21

Объектами налогообложения экологическим налогом признаются<sup>32</sup>:

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, указанные в разрешениях на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух или комплексных природоохранных разрешениях;
- сброс сточных вод в окружающую среду на основании разрешений на специальное водопользование или комплексных природоохранных разрешений;
- хранение отходов производства;
- захоронение отходов производства.

Направление деятельности 6 – обеспечение открытого доступа к экологической информации [19].

Описание деятельности	Обоснование
Обеспечить обществу открытый доступ к экологической информации, имеющейся в распоряжении государственных органов	Указ Президента РБ № 726 «Об утверждении Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды». Дата введения 14 декабря 1999 г.

В документах стратегического уровня, в частности, в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2020 года, подчеркивается, что важнейшей составляющей концепции устойчивого развития и реализуемой на ее основе стратегии является обеспечение и защита права нового поколения – конституционного права на благоприятную окружающую среду в контексте решения экономических и социальных проблем развития государства.

Направление деятельности 7 – прохождение государственной экологической экспертизы.

Описание деятельности	Обоснование
1. Градостроительные проекты, а также изменения и (или) дополнения, вносимые в них 2. Предпроектная (предынвестиционная) документация	Закон РБ «О государственной экологической экспертизе» № 399-З. Дата введения 18 июля 2016 г.

Объектами, для которых проводится оценка воздействия на окружающую среду, являются:

- объекты, у которых базовый размер санитарно-защитной зоны составляет 300 метров и более;

---

<sup>32</sup> Налоговый Кодекс РБ

- объекты промышленности, атомные электростанции;
- республиканские автомобильные дороги, железнодорожные пути, аэродромы и аэропорты с основной взлетно-посадочной полосой 1500 метров и более;
- объекты добычи полезных ископаемых.

Направление деятельности 8 – охрана специальных природных территорий.

Описание деятельности	Обоснование
Введение специальных требований по обеспечению защиты территорий природоохранного характера	Закон РБ № 1982-ХІІ «Об охране окружающей среды». Дата введения 26 ноября 1992

В целях сохранения полезных качеств окружающей среды в Республике Беларусь выделяются следующие природные территории, подлежащие специальной охране:

- курортные зоны и зоны отдыха, парки, скверы и бульвары;
- водоохранные зоны и прибрежные полосы рек и водоемов;
- зоны санитарной охраны месторождений минеральных вод и лечебных сапропелей, источников питьевого водоснабжения централизованных систем питьевого водоснабжения;
- рекреационно-оздоровительные и защитные леса;
- верховые болота, болота, являющиеся истоками водотоков;
- места обитания диких животных и места произрастания дикорастущих растений, включенных в Красную книгу Республики Беларусь.

Направление деятельности 9 – контроль загрязнения воздуха воздушным транспортом.

Описание деятельности	Обоснование
Контроль эксплуатантов воздушных судов, производящих свыше 10 000 тонн годовой эмиссии CO <sub>2</sub> от использования воздушных судов с максимальной сертифицированной взлетной массой более 5700 кг, по ежегодному мониторингу, отчетности и верификации эмиссии CO <sub>2</sub> воздушных судов при выполнении международных полетов и применяются при эксплуатации воздушных судов, выполняющих международные полеты, за исключением выполнения литерных полетов, а также полетов в гуманитарных, медицинских и противопожарных целях	Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь № 27 «Об утверждении авиационных правил «Мониторинг, отчетность и верификация годовой эмиссии диоксида углерода гражданских воздушных судов Республики Беларусь». Дата введения 29 мая 2020 г.

По требованиями установленным для воздушных судов рассматриваются направления:

- методы мониторинга потребления топлива;
- структура плана мониторинга эмиссии CO<sub>2</sub>;
- отчетность объемов эмиссии CO<sub>2</sub> и ее верификация.

## 8.2. Нормативно-технический метод

**Нормативно-технический метод** устанавливает предельно допустимые значения выбросов, сбросы сточных вод и других загрязнений окружающей среды, мер по снижению нагрузки на климат и обязывает все стороны в своей деятельности к соблюдению регламентов по обеспечению экологической безопасности и возмещению потерь.

Направление деятельности 10 – возмещения вреда, причиненно-го окружающей среде.

Описание деятельности	Обоснование
Размер возмещения вреда, причиненного окружающей среде, в том числе в результате аварийного загрязнения окружающей среды устанавливается для всех юридических и физических лиц	Указ Президента РБ № 348 «О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде» Дата введения 24 июня 2008 г.

Возмещение вреда, причиненного окружающей среде, осуществляется лицом, ответственным за его причинение, по фактическим затратам на восстановление нарушенного состояния окружающей среды с учетом понесенных убытков, в том числе упущенной выгоды.

Направление деятельности 11 – развитие электротранспорта.

Описание деятельности	Обоснование
Организация производства электротранспорта Развитие пассажирских перевозок электротранспортом Создание системы сбора, хранения и утилизации компонентов электротранспортных средств	Постановление Совета Министров РБ № 213 «О Комплексной программе развития электротранспорта на 2021–2025 годы». Правительство утвердило Комплексную программу развития электротранспорта на 2021–2025 годы. Дата введения 2020 г.

РУП «Производственное объединение "Белоруснефть"» определено как государственный оператор, осуществляющий функции по созданию и развитию государственной зарядной сети для зарядки электромобилей<sup>33</sup>. Предусматривает до 31 декабря 2025 г. ряд налоговых льгот и преференций, направленных на стимулирование развития электромобильного транспорта:

- установление ставки налога на добавленную стоимость в размере ноль (0) процентов при ввозе на территорию Республики Беларусь физическими лицами электромобилей для личного пользования;

- предоставление физическим лицам права на возврат уплаченной при приобретении электромобиля суммы налога на добавленную стоимость в пределах 500 базовых величин, установленных на момент приобретения электромобиля;

- освобождение до 1 января 2026 г. владельцев электромобилей от оплаты на коммунальных парковках парковочных мест, предусмотренной Указом № 589, и установление на них зарядной инфраструктуры.

Направление деятельности 12 – обслуживание электро-транспорта.

Описание деятельности	Обоснование
Развитие государственной зарядной сети в городской черте Развитие государственной зарядной сети Выбор наиболее перспективных мест для размещения электроразрядных станций	Постановление Совета Министров Республики Беларусь 10 октября 2018 г. № 731 «Об утверждении программы создания государственной зарядной сети для зарядки электромобилей». Дата введения: 10 октября 2018 г.

Министерством строительства и архитектуры предусмотрены требования по установке ЭЗС на станциях технического обслуживания, автомобильных парковках, входящих в состав новых общественных и рекреационных объектов, территорий многоквартирной жилой застройки, в гаражах-стоянках и на стоянках хранения автомобиле.

<sup>33</sup> Указ Президента Республики Беларусь «О стимулировании использования электромобилей» от 12 марта 2020 г. № 92

Направление деятельности 13 – сертификация экологической деятельности.

Описание деятельности	Обоснование
Для осуществления деятельности организация обязана внедрить на международном уровне стандарты ИСО серии 14000 которые способствуют развитию торговли для бизнеса в области окружающей среды и в промышленности в целом	Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды и Госкомитета по стандартизации, метрологии и сертификации № 179/130 «Об утверждении основных положений экологической сертификации продукции и производств в Республике Беларусь». Дата введения 15 июня 1998 года

Внедрение системы управления окружающей средой, соответствующей международным стандартам ИСО серии 14000, подтвержденной сертификатом соответствия экологическим или аналогичным документом (для нерезидентов Республики Беларусь) [20]:

– СТБ ISO 14050-2010 Управление окружающей средой. Термины и определения;

– СТБ ИСО 14031-2003 Управление окружающей средой. Оценка экологической эффективности. Общие требования;

– СТБ ИСО/ТО 14062-2006 Управление окружающей средой. Экологические аспекты, учитываемые при проектировании и разработке продукции.

Направление деятельности 14 – создание экологического паспорта проекта (объекта), предприятия.

Описание деятельности	Обоснование
При планировании любых объектов сводные характеристики воздействий на компоненты природной среды должны отражаться в экологическом паспорте проекта	Постановление Минприроды № 25 «Инструкция о порядке ведения экологического паспорта предприятия». Дата введения 7 июня 2013 г.

Согласно статье 37 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» при эксплуатации зданий, сооружений и иных объектов юридические лица и индивидуальные предприниматели обязаны вести экологический паспорт предприятия.

Экологический паспорт предприятия содержит все данные по использованию индивидуальным предпринимателем или юридическим лицом ресурсов (природных и вторичных) и выражает информацию о влиянии производства на природную среду.

Экологический паспорт разрабатывается на основании Государственного стандарта Республики Беларусь СТБ 17.01.00-01-2012 «Охрана окружающей среды и природопользование. Экологический паспорт предприятия. Основные положения».

Экологический паспорт предприятия заполняется 1 раз в год. Данные вносятся по состоянию на 1 января текущего года. Внесение изменений и дополнений в экологический паспорт осуществляется до 1 марта.

### **8.3. Метод добровольного участия, планирование**

Направление деятельности 15 – государственно-частное партнерство.

Передача местных дорог в ведение частных компаний. Форма Государственного частного партнерства позволяет распределить риски между государством и частной компанией. Использование ее в Республике Беларусь позволило бы местным органам власти укрепить соответствующую финансовую базу для формирования эффективной и устойчивой транспортной системы и качественной дорожной сети.

Направление деятельности 16 – инвестирование для реализации экологических проектов.

Привлечение средств иностранных инвесторов для реконструкции и строительства дорог. Известно, что в настоящее время используются открытые конкурсные торги. Поскольку крупные частные дорожно-строительные организации в республике отсутствуют, то между собой конкурируют, по сути, государственные предприятия (открытые акционерные общества, контрольный пакет акций которых принадлежит государству). Участие иностранных компаний в результате важно, в том числе в аспекте конкуренции.

Направление деятельности 17 – местное саморегулирование (расширение полномочий) в области защиты климата.

Расширение местными властями использования потенциала местных дорожных налогов и сборов, размеры которых устанавливаются решениями Советов депутатов (оплата стоянок и взимание штрафов). В Минске и крупных городах Беларуси назрела необходимость введения «экологического» ограничения на въезд. В их числе следующие: чем ближе к центру города, тем более жесткие экологические требования к транспортным средствам; последовательное введение

дифференцированной оплаты в зависимости от экологических требований; постоянное действие «экологических» ограничений; ужесточение требований к экологическому классу автомобиля.

Направление деятельности 18 – дорожные сборы в отношении топлива.

Дорожные сборы по пассажирским автомобилям все чаще рассматриваются как альтернативный источник доходов и фактор, посредством которого можно регулировать транспортные потоки и транспортную подвижность населения. Комиссия намеревается разработать методические указания по применению компенсационных сборов в отношении всех автомобилей и с учетом всех основных В отношении выбросов ПГ используются два основных рыночных инструмента: налогообложение энергоресурсов и системы торговли квотами (СТК). Инструмент налогообложения сейчас применяется в отношении топлива, используемого наземным транспортом, а СТК – в отношении потребляемой электроэнергии, а с 2012 г. и в отношении авиации. Пересмотр директивы по налогообложению ресурсов позволит обеспечить большую последовательность применения этих двух инструментов. Одновременно ЕС в рамках ИМО настаивает на решении о формировании глобального инструмента, применимого для морского транспорта, по которому пока не производится использования внутренних ресурсов для снижения издержек в связи с климатическими изменениями<sup>34</sup>.

#### **8.4. Методы защиты климата в отрасли «Транспорт»**

Направление деятельности 19 – защита воздушного бассейна при эксплуатации дорожных машин и оборудования.

Дорожные машины при работе оказывают воздействие на окружающую среду в виде загрязнения атмосферы отработавшими газами, пылью, а также являются источниками шума, вибрации и засорения прилегающей зоны выбросами. Для всех видов автомобилей и машин:

- 1) с бензиновыми двигателями устанавливается допустимая объемная доля оксида углерода в отработавших газах,
- 2) для дизельных двигателей дымность по предельно допустимому коэффициенту поглощения.

---

<sup>34</sup> Директива 2009/29/ЕС (ОJ L 140, 5.6.2009, с.63–87) Улучшение и расширения схемы торговли квотами на выбросы парниковых газов в ЕАОС

Описание деятельности	Обоснование
Ограничение выбросов дизельных и бензиновых двигателей на объектах строительства и ремонта автомобильных дорог	Постановление Совета Министров РБ № 847 «Специфические санитарно-эпидемиологические требования». Дата введения 10 декабря 2019 г.

Направление деятельности 20 – отделение места стоянок автотранспорта от жилых зон и некоторых зданий.

Парковочные места в Республике Беларусь для автотранспорта не допускается устраивать вблизи жилых зон и учреждений. Допустимое расстояние до мест парковки автомобилей установлено в зависимости от назначения расположенных рядом зданий.

Описание деятельности	Обоснование
Ограничение расположения парковочных мест на установленное расстояние от зданий и сооружений, жилых зон	Постановление Совета Министров РБ № 847 «Специфические санитарно-эпидемиологические требования». Дата введения 10 декабря 2019 г.

Направление деятельности 21 – обеспыливание дорожных покрытий.

Обеспыливание в первую очередь следует производить на участках дорог, проходящих через населенные пункты, вдоль полей, занятых сельскохозяйственными культурами. Применение обеспыливающих средств на участках, проходящих через водоохраняемые территории, другие охранные зоны, территории заповедников и заказников допускается по согласованию с природоохранными органами.

Направление деятельности 22 – требования к дорожно-строительным материалам (ДСМ).

Опасные (канцерогенные) выделения в атмосферу возникают в процессе приготовления и эксплуатации открытых слоев покрытий из материалов на каменноугольных и сланцевых вяжущих. Содержание канцерогенов (бензапирена) в этих вяжущих на несколько порядков больше, чем в нефтяных битумах.

Описание деятельности	Обоснование
Экологическая безопасность зданий и сооружений и применение экологически безопасных ДСМ	Технический регламент ТР 2009/013/ВУ «Здания и сооружения, строительные материалы и изделия безопасность». Утвержден Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1748. Дата введения 31 декабря 2009 г.

Сооружения должны быть запроектированы и построены таким образом, чтобы обеспечить необходимый уровень безопасности находящихся в них или рядом с ними людей и защиту окружающей среды от следующих факторов риска:

- наличия в воздухе потенциально опасных веществ и микроорганизмов в значениях, превышающих установленные гигиенические нормативы;

- вредных излучений;

- загрязнения воды, почвы,

- уничтожения объектов животного и растительного мира;

- недостаточной степени очистки сточных вод, отходящих газов, а также обезвреживания твердых и жидких отходов;

- накопления влажности внутри строительных конструкций и на их внутренних поверхностях;

- недопустимых параметров шума, вибраций;

- несоответствующего уровня и спектрального состава освещенности;

Направление деятельности 23 – радиационно-гигиенические требования.

Радиационному анализу в обязательном порядке должны подвергать сырье и строительные материалы искусственного и природного происхождения. Сущность оценки состоит в определении суммарной удельной активности естественных радионуклидов – Аэфф. в Бк/кг (Беккерелях на килограмм) в дорожно-строительных материалах.

Основные природные радионуклиды, встречающиеся в дорожно-строительных материалах: радий (Ra – 226); торий (Th – 232); калий (K – 40).

В зависимости от суммарной удельной активности Ra – 226, Th – 232, K – 40 в ДСМ определяется возможная область применения данного материала:

- при Аэфф.  $\leq 370$  Бк/кг материал разрешен для всех видов дорожного строительства;

- при Аэфф.  $> 370 \leq 740$  Бк/кг материал можно использовать в промышленном строительстве, где исключено продолжительное пребывание людей и в дорожном строительстве, в том числе в пределах населенных пунктов;

– при Аэфф.  $> 740 \leq 1350$  Бк/кг материал можно использовать для изолированных объектов промышленного, хозяйственного и дорожного назначения, эксплуатация которых практически не связана с пребыванием людей.

Наибольшую опасность для здоровья людей в помещениях представляет природный радиоактивный газ – радон, выделяющийся из горных пород оснований зданий и сооружений и строительных материалов при радиоактивном распаде.

К объектам обязательного радиационного контроля в строительстве относятся:

- карьеры сырья и строительных материалов;
- территории под застройку и построенные на них, а также реконструируемые и капитально отремонтированные объекты жилищно-гражданского назначения при вводе их в эксплуатацию;
- объекты промышленного и дорожного назначения при вводе их в эксплуатацию;
- сырье и строительные материалы как естественного происхождения (пески, глины, гравий и др.), так и промышленного производства (щебень всех видов и другие искусственные заполнители, арматурная и конструктивная сталь), а также отходы промышленного производства, используемые в строительстве (металлургические и топливные шлаки, золы, пустая порода и другие).

Действующие стандарты и отраслевые нормы в соответствии с указанием Госсанэпиднадзора запрещают использование каменноугольных смол и дегтей для применения в верхних слоях покрытий повсеместно, а в жилых и курортных районах – и в нижних слоях дорожных одежд. Действующими нормами установлено предельно допустимое для рабочей зоны содержание в воздухе: бензапирена (1 класс опасности) –  $0,00015 \text{ мг/м}^3$  углеводородов алифатических (IV класс опасности) –  $300 \text{ мг/м}^3$ .

## 9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДХОДОВ АНАЛИЗА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

### 9.1. Общий алгоритм определения анализа чувствительности к изменениям климата

Воздействие изменения климата вследствие жизнедеятельности человека – это наиболее существенная угроза существования цивилизации и в первую очередь всех коммуникационно-транспортных систем. Существенное изменение температуры, таяние ледников, эрозия почвы, сильные ветры, зафиксированные в течение последних десятилетий, негативно влияют на привычную среду обитания живых существ. И эти изменения оказывают воздействие на человека, на отрасли, чувствительные к климату, в том числе, и на транспортную отрасль. Сравнительная диаграмма ущерба от изменения климата по наиболее уязвимым отраслям Беларуси на основании отчета 7-го национального собрания приведены на рис. 19.

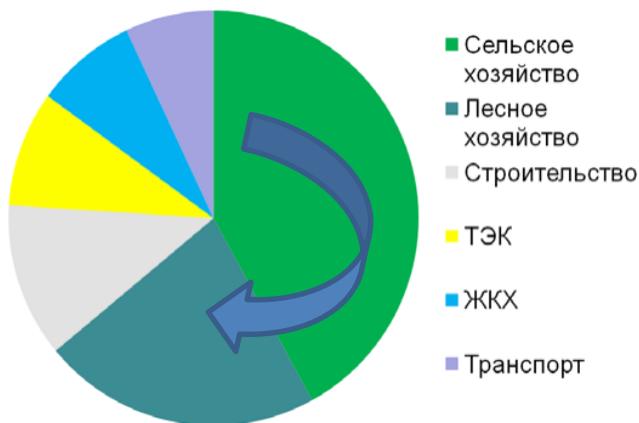


Рис. 19. Уязвимость отраслей Беларуси от изменения климата

Для оценки чувствительности и адаптации рекомендуется действовать последовательно следующие этапы оценки (рисунок 20):

- 1) определить масштабы оценки;
- 2) описать распределение уязвимости и чувствительности отрасли «Транспорт» к климатическим факторам на данный момент;

3) выявить и описать существующие на данный момент стратегии, направления политики и меры, позволяющие уменьшить последствия чувствительных к климатическим факторам, и в случае пересмотра и дополнения вернуться к пункту (1) «определить масштабы оценки»;

4) изучить значение потенциального воздействия изменчивости и изменения климата на другие смежные сферы человеческой деятельности и при необходимости дополнить пункт (2) «описать распределение чувствительных элементов...»;

5) оценить будущее потенциальное воздействие на здоровье, используя сценарии изменения климата, роста численности населения и изменения других факторов в будущем, и описать неопределенность;

6) синтезировать результаты и составить научный доклад об оценке;

7) определить дополнительные направления политики и меры адаптации с целью снижения потенциальных негативных воздействий, в том числе процедуры оценки результатов после реализации указанных мер.

Эти этапы соответствуют общей схеме минимизации и устранения рисков. Не все этапы оказываются возможными или желательными, поэтому решение о том, какие этапы должны быть включены, зависит от целей и средств, имеющихся для проведения оценки.

Уязвимость к изменению климата в транспортной деятельности в первую очередь связана с очевидными глобальными экологическими аспектами [12]:

1) транспорт ответственен за выбросы поглощающих электромагнитное излучение соединений (так называемых «парниковых газов») в тропосферу, где они задерживают тепловое излучение, идущее от земной поверхности в космос. Этот процесс приводит к увеличению средней глобальной температуры и последовательно влияет на транспортную деятельность;

2) транспортная деятельность сопровождается выбросами соединений, разрушающих озоновый слой в стратосфере и, таким образом, нарушает «защитный» процесс поглощения атмосферой ультрафиолетового спектра солнечного излучения, что уничтожает растительность, увеличивает загрязнение воздуха;

3) транспорт является одним из источников загрязнения окружающей среды стойкими органическими загрязнителями, которые

вызывают различные серьёзные нарушения функционирования живых организмов.

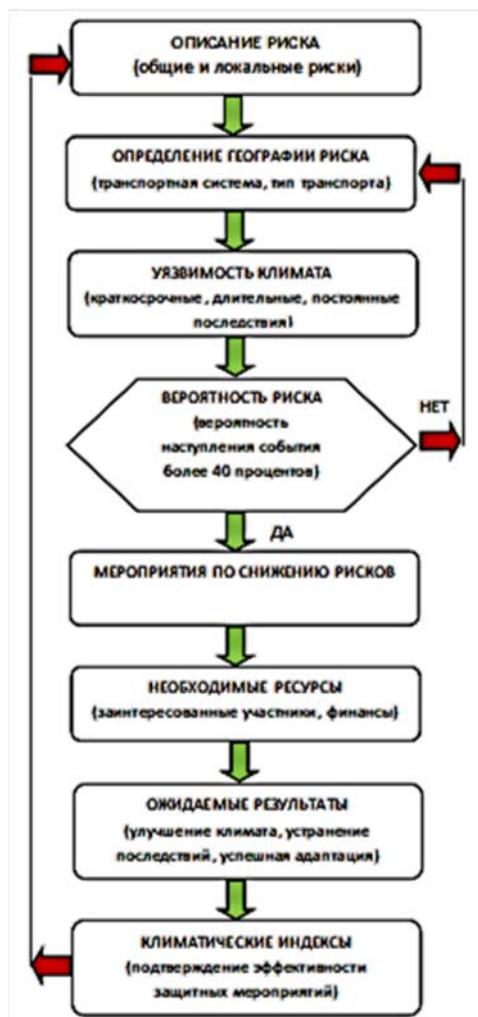


Рис. 20. Алгоритм реализации мероприятий по адаптации к изменениям климата<sup>35</sup>

<sup>35</sup> На основании Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook, IPCC AR5

Уязвимость транспортных сетей к изменению и изменчивости климата в первую очередь определяется следующими параметрами:

– 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;

– службы (например, материально-технического обеспечения, доставки и обеспечения безопасности) более чувствительны к климатическим стресс-факторам, чем материальная инфраструктура, поскольку критический уровень непогоды, при котором возможны задержка или отмена услуг, ниже, чем для причинения ущерба инфраструктуре;

– объекты уязвимы для стресс-факторов, возникновение которых относительно маловероятно по сравнению с обычными аномалиями погоды.

## **9.2. Уязвимость к повышению температуры воздуха**

Согласно инструментальным наблюдениям за последнее 20 лет на территории Беларуси температура воздуха в среднем превысила климатическую норму на 1,1 °С [21]. Повышение температуры за последний 10-ти летний период в основном приходится на первые четыре месяца года. Также более теплыми стали и летние месяцы (положительная аномалия составила в июле +0,7 °С, а в августе +0,8 °С).

Аномальная жара 2003 года не привела к такому совокупному ущербу, который поставил бы под вопрос целостность и надежность дорог и других инженерных сооружений транспортной системы, а лишь вызвала отдельные проблемы на местах, связанные главным образом с усадкой глинистых почв. На юге страны на Полесье образовалась новая более теплая агроклиматическая область с большей теплообеспеченностью, для которой характерна самая короткая и теплая зима и наиболее продолжительный вегетационный период.

Продолжительные и повторяющиеся периоды экстремальной летней жары могут вызвать повреждение дорог из-за размягчения асфальта и образование колеи при интенсивном движении. Физико-механические свойства асфальтобетонных покрытий зависят от температуры напрямую. В табл. 16 указаны расчетные характери-

стики материалов дорожной одежды – модуля упругости материалов, содержащих органическое вяжущее изменяются в зависимости от температуры по результатам многолетнего применения.

Таблица 16

Зависимость кратковременного модуля упругости материалов от температуры покрытия [22]

Материал	Марка битума в составе материала	Расчетные значения кратковременного модуля упругости E, МПа, при температуре асфальтобетонного покрытия, °С			
		+20	+30	+40	+50
Плотный асфальтобетон	БНД-40/60	2600	1300	690	430
	БНД-60/90	1800	900	550	380
	БНД-90/130	1200	660	440	350
	БНД-130/200	800	560	380	320
Пористый и высокопористый асфальтобетон	БНД-40/60	1700	900	540	390
	БНД-60/90	1200	700	460	360
	БНД-90/130	800	510	380	350
	БНД-130/200	590	410	340	340

Из таблицы видно, что при увеличении температуры покрытия модуль несущих слоев дорожной одежды может снижаться в два раза.

Продолжительные и повторяющиеся периоды экстремальной летней жары могут вызвать повреждение дорог из-за размягчения асфальта и образование колеи при интенсивном движении. Экстремальная жара способна также вызвать деформацию железнодорожных путей, что может стать причиной схода поездов с рельсов и потребовать введения скоростных ограничений. Результаты проведенного анализа чувствительности транспортной системы приведены в табл. 17.

Описание индикаторов при высоких температурах:

- температура атмосферного воздуха – максимальная положительная температура воздуха в пределах от 30 °С и выше;
- число жарких дней, индекс дефицита холода (CDD) – количество непрерывных дней с температурой воздуха от 30 °С и выше;
- солнечное излучение – прямое воздействие солнечных лучей на объекты инфраструктуры и людей;

– уровень пожарной опасности – состояние объекта, характеризуемое возможностью возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара.

Таблица 17

Уязвимость транспорта от высокой температуры, прямых солнечных лучей

Вид транспорта	Индикаторы	Уязвимость	Чувствительность
Автомобильный	Солнечное излучение	Разрушение дорожного покрытия ранее проектных сроков службы (колея, просадки)	Снижение скорости перевозок, уровня комфорта, затраты на ремонт
Автомобильный Железнодорожный Воздушный Водный	Число жарких дней, индекс дефицита холода (CDD)	Рост потребности в охлаждении пассажиров и грузов	Снижение объема перевозок, снижение уровня комфорта пассажиров
Автомобильный Воздушный	Число жарких дней, индекс дефицита холода (CDD)	Повышенный расход топлива при дополнительном охлаждении	Снижение расстояний перевозки
Автомобильный Воздушный Железнодорожный	Температура атмосферного воздуха	Повышенная нагрузка на оборудование, дополнительные затраты на ремонт	Сокращение парка транспорта, сокращение объемов перевозок
Автомобильный Железнодорожный	Уровень пожарной опасности	Задымленность от пожаров снижение видимости	Столкновение транспорта, закрытие маршрутов перевозок
Железнодорожный	Солнечное излучение	Деформация стальных путей	Длительные простои составов, закрытие маршрутов
Автомобильный Железнодорожный	Температура атмосферного воздуха	Перегрев тормозных систем подвижного состава	Повышение количества аварий, заторы
Воздушный Железнодорожный Водный	Число жарких дней, индекс дефицита холода (CDD)	Сбой работы сигнальных устройств	Длительные простои, транспорта, повышение аварийности, отказ работы навигационных приборов
Воздушный	Температура атмосферного воздуха	Увеличение облачности, снижение видимости	Повышенный расход топлива, снижение грузоподъемности

Вид транспорта	Индикаторы	Уязвимость	Чувствительность
Автомобильный Железнодорожный	Число жарких дней, индекс дефицита холода (CDD)	Усадка основания сооружений вследствие усадки грунтов	Просадки основания, разрушение несущих конструкций
Воздушный	Температура атмосферного воздуха	Уменьшение подъемной силы и тяги двигателей	Удлинение взлетно-посадочной полосы
Автомобильный Железнодорожный Воздушный Водный	Температура атмосферного воздуха	Воздействие жары на человека при выполнении ремонтных и прочих работ	Ограничение рабочего времени, увеличение продолжительности ремонтов
Автомобильный Железнодорожный	Температура атмосферного воздуха	Усыхание растений и деревьев, укрепляющих грунт	Оползни, камнепад, обвалы горной породы, закрытие дорог
Автомобильный Железнодорожный	Число жарких дней, индекс дефицита холода (CDD)	Провисание контактных проводов, выход из строя трансформаторов, освещения	Прекращение электроснабжения, сбои в системах управления и обслуживания
Автомобильный Железнодорожный Воздушный Водный	Число жарких дней, индекс дефицита холода (CDD)	Ухудшение здоровья пассажиров в условиях экстремальных температур	Массовые обмороки, жажда, сложность оказания медицинской помощи
Автомобильный	Температура атмосферного воздуха	Перегрев двигателей и системы охлаждения на низких скоростях	Образование массовых заторов, затраты на формирование отрядов служб эвакуации
Автомобильный Железнодорожный Воздушный Водный	Число жарких дней, индекс дефицита холода (CDD)	Распространение инфекций, энцефалитного клеща и других переносчиков заболеваний, рост количества насекомых	Повышение уровня заболеваний энцефалитом и болезнью Лайма, увеличение числа острых кишечных инфекций
<b>Итого</b>	<b>4 индикатора</b>	<b>17 параметров уязвимости</b>	<b>17 видов последствий (чувствительности)</b>

Уязвимость отраслевых систем и процессов в областях относительно среднего по стране оценивалась по будущим значениям характеристик климата в областях на рис. 21–22 приведены результаты пространственной оценки.

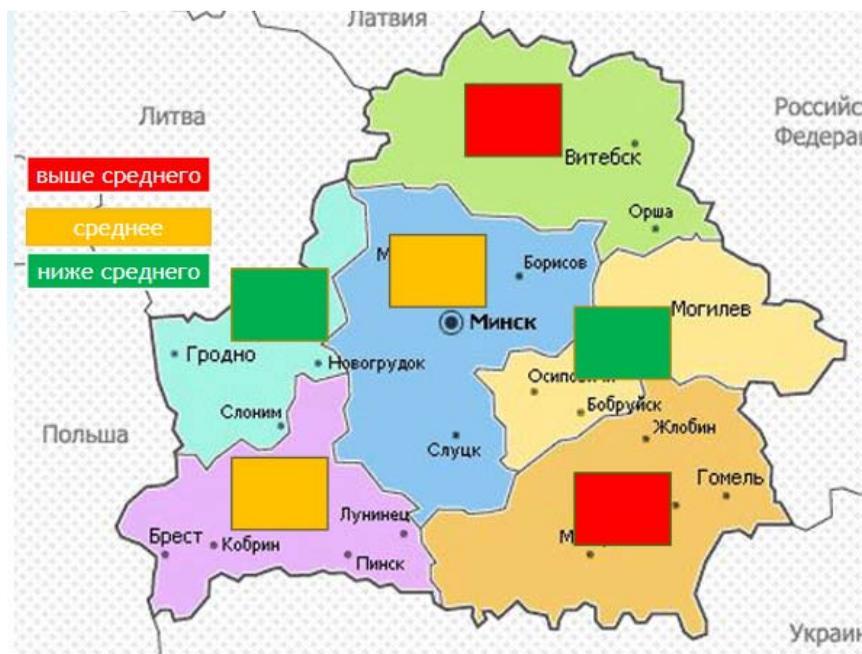


Рис. 21. Уязвимость, выражаемая в потребности в ремонтах автомобильных дорог при будущих повышениях температуры по областям

При рисках выше среднего для дорожного транспорта возможны: выход из строя общественного транспорта, обмороки и тепловые удары пассажиров; пожары, переход огня на придорожную полосу, возгорание строений и транспорта; выход из строя управляющего оборудования.

При рисках выше среднего для железнодорожного транспорта: разрушение стыковки рельс, изменение геометрии рельс, сход с рельс подвижного состава; самопроизвольная смена сигнала светофора, столкновение поездов.

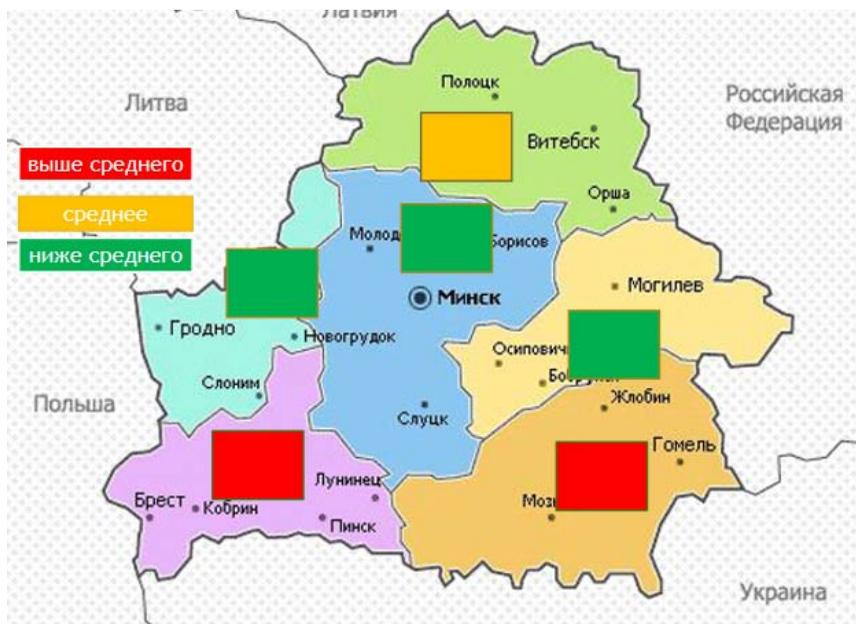


Рис. 22. Уязвимость путей железных дорог при будущих повышения температуры по областям с учетом протяженности путей по областям

**Статистические наблюдения по температуре.** За последние 10 лет (2011–2020 гг.) количество дней с температурой воздуха  $\geq 25^\circ\text{C}$  составило 32–70 при норме 28–60 дня, а за последние 5 лет (2016–2020 гг.) – от 32 до 74 дней (рисунок Б14). Отдельно выделяется 2018 год, когда по югу страны отмечалось более 90 жарких дней. В среднем за период 1989–2020 гг. по территории Беларуси отмечается тенденция увеличения таких дней на 8 дней/10 лет. Наибольший рост характерен для Гомельской области (11,5 дней/10 лет), наименьший – для Витебской области – 5,5 дней/10 лет.

### 9.3. Уязвимость от повышения уровня воды, интенсивных ливней

Прирост объема выпадения осадков может привести к изменению стока рек и тем самым существенно повлиять на состояние автомобильных дорог и железнодорожных путей, складские портовые

операции и эксплуатацию аэропортов, автобусных станций и железнодорожных терминалов. Непосредственный ущерб может быть причинен во время или сразу после выпадения осадков, что требует принятия безотлагательных мер.

Особую обеспокоенность вызывает потенциальное увеличение зимних осадков, с которыми могут не справиться дренажные системы. Одновременное таяние снега и поднятие уровня грунтовых вод вызывает смещения грунтов в местах устройства сооружений.

В городских условиях городская канализация и дренажные системы как правило не справляются с потоками воды при сильных ливнях (рис. 23). Особенно опасные последствия могут наблюдаться в прибрежных городах и городах, расположенных вдоль крупных водоемов (рек, озер). Результаты проведенного анализа чувствительности транспортной системы приведены в таблице 18.

В Республике Беларусь для расчета среднего многолетнего значения используется 30-летний период с 1961 г. по 1990 г., который производится в соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации. Ежегодное выпадение осадков в Республике Беларусь в среднем составляет 574 мм, при этом, согласно наблюдениям, крупные паводки в Беларуси регистрируются три раза в год и чаще. С июля по 20 августа на территории Витебской области количество выпавших осадков в 1,5–2 раза, по данным станции Езерище почти в 2,5 раза превысило климатическую норму.

Первый случай 2020. Под воздействием обильных дождей во второй половине июля в течение полутора-двух недель на значительной территории Витебской области верхний 10-сантиметровый слой почвы оставался сильно и избыточно увлажненным.

Второй случай. Частые и сильные дожди в конце первой декады и во второй декаде августа привели к переувлажнению почвы на значительной территории Витебской области, которое сохранялось в течение двух недель и более. Длительное переувлажнение почвы в Витебской области затрудняло проведение полевых сельскохозяйственных работ, уборка зерновых культур периодически здесь приостанавливалась.

Третий случай. За месяц (вторая половина сентября–первая половина октября) на большей территории Витебской области количество выпавших осадков соответствовало 140–170 % месячной нормы. Частые и интенсивные дожди привели к переувлажнению поч-

вы – сильное увлажнение верхнего слоя на тяжелых по механическому составу почвах в большинстве районов Витебской области сохранялось около трех недель подряд, местами на северо-западе области – почти на протяжении месяца. Переувлажнение почвы сдерживало проведение всех видов полевых сельскохозяйственных работ, иногда полностью останавливало ход уборочной кампании.



Рис. 23. Последствия интенсивного выпадения осадков на территории Республики Беларусь

**Статистические данные по увлажнению.** За период с июня по август 1981–2020 гг. значение среднего уровня осадков (далее – СИО) находилось в пределах от –0,3 в Брагине до 0,1 в Пинске. Условия увлажнения за последние 40 лет были близки к норме. Но по юго-востоку и местами по западной половине страны – незначительный дефицит осадков. За период с июня по август 2011–2020 гг. значения СИО по территории страны изменяются от 0,4 (Столбцы) до –1,1 и ниже по крайнему юго-востоку страны (Брагин). За последние 10 лет преобладающее значение индекса с июня по август по территории страны – отрицательное, т. о. преобладают тенденции снижения осадков в теплый период года и увеличивается повторяемость засух. А по крайнему юго-востоку страны условия увлажнения в летний период года соответствуют умеренно сухим условиям. Лишь по отдельным пунктам наблюдения преимущественно по северо-западу и северо-востоку страны, а также в центральной части (Столбцы), отмечается увеличение осадков и, как результат, рост незначительный индекса СИО.

Прогнозируется, что до конца 21-го века для территории Беларуси характерно увеличение годового количества осадков. Рост отмечается во все сезоны года, за исключением отдельных летних месяцев. Также важным аспектом является весьма вероятное увеличение в структуре зимних осадков доли жидких и смешанных осадков, что в сочетании с увеличением повторяемости внутрисуточных переходов температуры воздуха через 0 °С может привести к росту повторяемости гололедных явлений, в частности, гололедицы.

Таблица 18

Уязвимость транспорта при затоплении,  
ливнях, поднятии уровня воды

Вид транспорта	Индикаторы	Уязвимость	Чувствительность
Автомобильный Железнодорожный	Количество дней с суточной суммой осадков, превышающей 20 мм, количество очень влажных дней (R20 mm)	Переход грунта в текучее состояние, постоянный застой воды на покрытии	Размыв несущих конструкций дорог и мостов, прекращение движения и транспортного сообщения, разрушение вспомогательных дорог с не укрепленным покрытием

Вид транспорта	Индикаторы	Уязвимость	Чувствительность
Автомобильный Железнодорожный Водный Воздушный	Количество дней с суточной суммой осадков, превышающей 20 мм, количество очень влажных дней (R20 mm)	Поднятие уровня воды у систем электроснабжения и сигнальных устройств	Повреждение и замыкание контактных сетей, отключение электричества
Автомобильный	Сумма суточного количества осадков равного или превышающего 1 мм (PRCPTOT)	Подтопление дорог городских улиц, перегрузка дренажных и водоотводных систем	Прекращение работы городского транспорта, отключение водоснабжения
Автомобильный Железнодорожный	Максимальное годовое количество последовательно влажных дней с суточной суммой осадков более 1 мм (CWD)	Поднятие уровня грунтовых вод, заиливание грунтов	Весовое ограничение для грузовых перевозок, дополнительное устройство дренажных систем вдоль проезжей части
Водный	Максимальное годовое количество последовательно влажных дней с суточной суммой осадков более 1 мм (CWD)	Повышение уровня воды на судоходных реках	Снижение габарита под мостом, недостаточной высоты для пропуска судов
Автомобильный Железнодорожный Водный Воздушный	Количество дней с суточной суммой осадков, превышающей 20 мм, количество очень влажных дней (R20 mm)	Затопление подземных сооружений в том числе складского хранения	Порча грузов, товаров, потери территорий, снижение уровня обслуживания
Автомобильный Железнодорожный Водный Воздушный	Количество дней с суточной суммой осадков, превышающей 20 мм, количество очень влажных дней (R20 mm)	Увеличение влажности до 100 % на длительный период	Повышение общей микробной нагрузки для пассажиров, снижение качества питьевой воды

Вид транспорта	Индикаторы	Уязвимость	Чувствительность
Автомобильный Железнодорожный	Количество дней с суточной суммой осадков, превышающей 20 мм, количество очень влажных дней (R20 mm)	Сход лавин, селевых потоков	Затопление тоннелей
Автомобильный Железнодорожный	Количество дней с суточной суммой осадков, превышающей 20 мм, количество очень влажных дней (R20 mm)	Повышение уровня воды в прибрежных районах прохождения транспортных магистралей	Повреждение волноотбойной стены – риск пролома, затопления дорог и схода с рельсов составов, затраты на усиление и сооружение защитных сооружений
Водный	Максимальное годовое количество последовательно влажных дней с суточной суммой осадков более 1 мм (CWD)	Повышение уровня воды в портах	Проблемы со швартовкой, разрушение логистических систем погрузки и выгрузки в портах
Автомобильный Водный Воздушный	Количество дней с суточной суммой осадков, превышающей 10 мм (R10 mm)	Снижение видимости сигнальных систем оповещения	Столкновения, наезд на препятствие, транспортные катастрофы
Железнодорожный	Количество дней с суточной суммой осадков, превышающей 20 мм, количество очень влажных дней (R20 mm)	Перемещение воды в подземные коммуникации	Затопление тоннелей, станций метрополитена, разрушение подземной инфраструктуры
<b>Итого</b>	<b>4 индикатора</b>	<b>12 параметров уязвимости</b>	<b>12 видов последствий (чувствительности)</b>

Описание индикаторов при затоплении и ливнях:

– сумма суточного количества осадков равного или превышающего 1 мм (PRCPTOT) – краткосрочное интенсивное выпадение осадков в течении суток;

– количество дней с суточной суммой осадков более 10 мм, (R10 mm) – непрерывное количество дней с объемом выпадения осадков в пределах суточной нормы;

– количество дней с суточной суммой осадков, превышающей 20 мм, количество очень влажных дней (R20 mm) – непрерывное количество дней с объемом выпадения осадков значительно превышающей суточную норму;

– максимальное годовое количество последовательно влажных дней с суточной суммой осадков более 1 мм (CWD) – общее за год количество дней с выпадением осадков.

#### **9.4. Усиление ветра до штормового предупреждения**

Как правило, в Республике Беларусь штормовое предупреждение объявляется при скорости ветра свыше 18 м/с. Шкала силы ветра по величине повреждений в РБ разделяется от 0 до 38 м/с и более.

Уже ветры скоростью 12 м/с могут привести к повреждению линий электропередач из-за падения на них сломанных ветвей деревьев (рис. 24) [23]. Ветры ураганной силы, то есть скоростью свыше 38 м/с, наносят значительные повреждения легким и иногда даже капитальным зданиям, разбивают окна и сдирают краску с машин. Ветры скоростью свыше 70 м/с способны разрушать уже практически любые здания. Так, некоторые шкалы скорости ветра, в частности шкала Саффира-Симпсона, предназначены для оценки возможных убытков от ураганов.

Из-за сильного ветра в Республике Беларусь 18–19 ноября 2004 года и 9 августа 2005 года отмечались случаи человеческие жертвы. Особенно следует выделить случай, когда в августе 2005 года пострадали 6218 населенных пунктов, было повреждено 7628 км линий электропередач, 256 телефонных сетей, обесточилось 6024 населенных пункта. В Минске произошло более 9000 случаев падения деревьев, наблюдались перебои с электроснабжением, повреждены 122 автомобиля.

Вследствие сильных порывов ветра на территории Республики Беларусь уже в 2019–2020 гг. пострадали населенные пункты в Брестской, Гомельской, по югу Гродненской, Минской и Могилевской областей. Повреждены кровли жилых домов, хозяйственных построек, объектов соцкультбыта, производственных и сельскохозяйственных зданий. Нарушалось электроснабжение населенных пунктов.

Зафиксированы случаи падения деревьев, повреждения автомобилей, задержки движения поезда. Результаты проведенного анализа чувствительности транспортной системы приведены в табл. 19.

Таблица 19

Уязвимость транспорта при штормовых ветрах

Вид транспорта	Индикаторы	Уязвимость	Чувствительность
Железнодорожный Водный	Скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с	Ограничение возможностей работы кранов или погрузки/разгрузки насыпных/наливных грузов из-за ветров и молний	Задержка погрузки, повреждение груза, травмы и потери времени доставки
Автомобильный Железнодорожный	Скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с	Завалы и обрушения на проезжей части (осветительные мачты, деревья, кровля сооружений)	Ограничение маршрутов движения массовые заторы, проблемы с доставкой продуктов и воды
Автомобильный Железнодорожный Водный Воздушный	Скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с	Разрыв проводов электроснабжения, обрушение столбов электрификации, дорожных знаков	Непрерывные электромонтажные работы, отказ работы установок жизнеобеспечения, навигации
Автомобильный Железнодорожный Водный Воздушный	Скорость ветра превышает более 38 м/с	Прекращение оказания помощи по спасению людей, медицинской помощи при столкновениях и повреждениях на транспорте	Травмы, человеческие жертвы, разрушение жилых помещений
Автомобильный	Скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с	Снижение скорости перевозок, повышенный расход топлива	Дополнительные затраты на перевозку грузов и пассажиров
Автомобильный	Скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с	Разрушение зданий придорожного сервиса, заправок, кафе	Снижение объема перевозок, необходимость переоборудования транспорта для дополнительного запаса топлива

Вид транспорта	Индикаторы	Уязвимость	Чувствительность
Водный	Скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с	Высота волны превышает безопасный уровень для маломерных судов	Выброс судов на берег, ограничение речного судоходства, повышение технических требований к судам по безопасности
Воздушный	Скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с	Ограничение полетов из-за опасности взлета/посадки на аэродромах в большей степени низкого класса, сбой навигации	Снижение спроса на авиаперевозки, крушение самолетов
Автомобильный Водный	Скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с	Отказ от размещения навесного оборудования на корпусах транспортных средств, судов	Затраты на переоборудование вспомогательных устройств и радиолакационного оборудования
Железнодорожный	Скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с	Обрыв проводов для электрофицированных поездов	Прекращение движения электрофицированного железнодорожного транспорта. Материальные потери от простоя транспорта
Автомобильный Железнодорожный	Скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с	Выветривание и разрушение почвы, песчаные бури	Ограничение видимости, рост аварийности, износ оборудования
Автомобильный Железнодорожный	Скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с	Увеличение количества мусора на дороге и железнодорожных путях	Повышение опасности повреждения транспорта, рост затрат на содержание
Автомобильный Железнодорожный Водный Воздушный	Скорость ветра превышает более 38 м/с	Разрушение зданий, инфраструктуры	Снижение количества населения, закрытие производств, банков, остановка транспорта
<b>Итого</b>	<b>2 индикатора</b>	<b>13 параметров уязвимости</b>	<b>13 видов последствий (чувствительности)</b>



Рис. 24. Последствия шквалистого (штормового ветра) на территории Республики Беларусь

Описание индикаторов при штормовом ветре: скорость ветра превышает 18 м/с до 38 м/с, скорость ветра превышает 38 м/с.

В результате анализа уязвимости от штормового ветра предлагается зафиксировать 13 параметров уязвимости которые распределяются по видам транспорта: автомобильный – 9 параметров, железнодорожный – 9 параметров, воздушный – 5 параметра, водный – 6 параметров.

## 9.5. Засуха и эрозия почвы

Эрозия почвы, т. е. изменение рельефа местности, может происходить от потоков воды, сильного ветра, засушливых климатических условий. По скорости развития эрозию делят на нормальную и ускоренную. Нормальная эрозия имеет место всегда при наличии сколько-либо выраженного стока воды, выветривания на незащищенных участках дорог и протекает медленнее почвообразования, что не приводит к заметным изменениям уровня и формы земной поверхности. Ускоренная эрозия идет быстрее почвообразования, приводит к деградации почв и сопровождается заметным изменением рельефа, нарушая целосность грунтовых отложений оснований сооружений. По причинам выделяют естественную и антропогенную эрозию. Антропогенная эрозия не всегда является ускоренной и наоборот.

В Республике Беларусь вследствие засух случаются пожары в лесах и на торфяниках, ухудшается экологическая обстановка. За последние десятилетия вероятность возникновения засух и их продолжительность увеличились как за счет изменения (потепления) климата, так и за счет антропогенного воздействия на природную среду (мелиорации земель, нарушения естественного растительного покрова, водоотведения, урбанизации и др.).

В мае за период потепления в сравнении с предшествующим периодом повторяемость почвенных засух в Гомельской области увеличилась в два раза, в Брестской – в четыре. В среднем здесь такие засухи в мае бывают в шести – семи годах из десяти. В остальных областях повторяемость майских засух также возросла, наиболее существенно в северном регионе – в современных климатических условиях в Витебской области засуха в мае в среднем наблюдается в двух-трех годах из десяти. В Гродненской области снизился уровень судоходных рек, что существенно повлияло на объемы перевозок для внутренних путей между промышленными предприятиями (рис. 25).

Решающим фактором стабилизации грунтов и защиты почв от всех видов эрозии является растительный покров. Деревья и кустарники, травостой с развитой корневой системой эффективно снижают скорость приповерхностных воздушных потоков при ветре, обеспечивают поглощение энергии падающих капель при дожде и диссипацию (рассеивание) водных потоков на поверхности. Уязвимость ускоренного антропогенного процесса эрозии почвы влияет на транспортную систему (табл. 20).

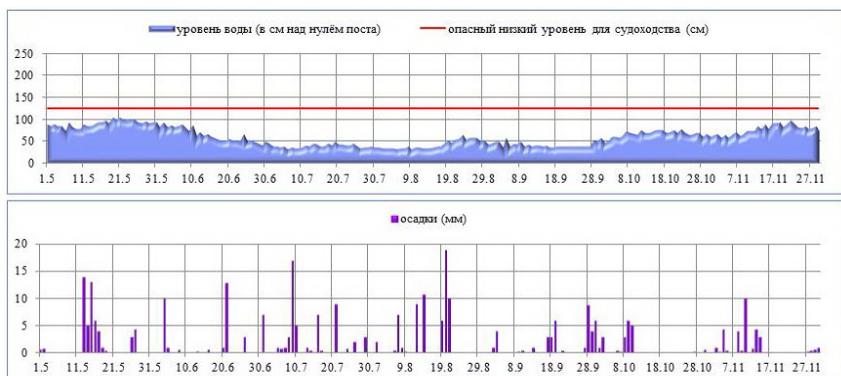


Рис. 25. Снижение уровня воды в различные периоды наблюдения (пример реки Неман)[24]

Таблица 20

Уязвимость транспорта при засухах,  
снижении уровня воды, эрозии почвы

Вид транспорта	Индикаторы	Уязвимость	Чувствительность
Водный	Максимальное количество последовательных сухих дней (дней с отсутствием осадков)	Снижение уровня воды на речных маршрутах	Обмеление рек, повреждение судов, посадка на мель грузовых большегрузных судов
Автомобильный Железнодорожный Водный Воздушный	Максимальное количество последовательных сухих дней (дней с отсутствием осадков)	Осушение колодцев, снижение уровня питьевых источников	Осушение водохранилищ, ограничение доступа к воде
Автомобильный Железнодорожный	Появление, увеличение глубины промоин, рытвин и провалов относительно поверхности, сантиметров	Разрушение основания дорожных сооружений и железнодорожных путей	Затраты на усиление и переустройство оснований, закрытие маршрутов на ремонт

<sup>36</sup> Государственный климатический кадастр. Обзор климатических особенностей в 2019

Вид транспорта	Индикаторы	Уязвимость	Чувствительность
Автомобильный Железнодорожный Водный Воздушный	Максимальное количество последовательных сухих дней (дней с отсутствием осадков)	Высыхание растительности, плодородного слоя, гибель деревьев	Снижение защиты от ветра, рост пожароопасных очагов, пожары
Автомобильный Железнодорожный	Максимальное количество последовательных сухих дней (дней с отсутствием осадков)	Сокращение объектов сервиса на маршрутах вследствие отсутствия водоснабжения	Снижение протяженности маршрута перевозки, дополнительные затраты на модернизацию транспорта запасами топлива и воды
Автомобильный	Максимальное количество последовательных сухих дней (дней с отсутствием осадков)	Снижение уровня воды в реках на участках дорог с паромной переправой	Ограничение снабжения населенных пунктов продуктами питания, медицинской помощи
Автомобильный	Максимальное количество последовательных сухих дней (дней с отсутствием осадков)	Снижение видимости при повышенной пыльности на дорогах, песчаных переносах	Снижение скорости движения, повышенная аварийность, необходимость защиты от песка машин и механизмов
Водный	Максимальное количество последовательных сухих дней (дней с отсутствием осадков)	Уход воды с прибрежных портовых территорий	Отсутствие возможности погрузки в портах, закрытие портов
<b>Итого</b>	<b>2 индикатора</b>	<b>8 параметров уязвимости</b>	<b>8 видов последствий (чувствительности)</b>

В Республике Беларусь разработан Национальный план действий по предотвращению деградации земель (включая почвы) на 2016–2020 годы<sup>37</sup>. В свою очередь, ежегодно Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь разрабатывается План мероприятий по выполнению Национального плана действий по предотвращению деградации земель (включая почвы). Площадь земель, подверженных водной и (или) ветровой эрозии планируется снизить до 550 тыс. гектаров.

Описание индикаторов при засухе, эрозии: максимальное количество последовательных сухих дней (дней с отсутствием осадков), появление, увеличение глубины промоин, рытвин и провалов относительно поверхности, сантиметров.

В результате анализа уязвимости от засухи и эрозии почвы предлагается зафиксировать 8 параметров уязвимости, которые распределяются по видам транспорта: автомобильный – 6 параметров, железнодорожный – 3 параметров, воздушный – 2 параметра, водный – 4 параметра.



Рис. 26. Последствия засухи, высоких температур на территории Республики Беларусь

---

<sup>37</sup> Национальный план действий по предотвращению деградации земель (включая почвы) на 2016–2020 годы, утвержденный Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29.04.2015 № 361

## 9.6. Потенциальное воздействие климата на отрасль «Транспорт»

**Потери в автомобильном транспорте.** В рамках проводимых европейских исследований на основе модельных прогнозов рассчитывались годовые издержки, связанные с усовершенствованием укрепленного органическими вяжущими верхнего слоя асфальтобетонного покрытия с учетом разных температурно-климатических сценариев. Межремонтные сроки сократятся, увеличив стоимость эксплуатации дорог и улиц. Так, согласно возможному сценарию 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<sup>38</sup>.

**Потери в железнодорожном транспорте.** 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, но расходы по адаптации к климату к 2050 году прогнозируется увеличить до 45–55 млрд. евро.

**Потери в секторе «Туристические услуги» (все виды транспорта).** 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 [25].

---

<sup>38</sup> 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, Luxembourg

Прогнозируемое повсеместное сокращение снегопадов 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

**Потери от загрязнения воздуха автомобильным транспортом.** Нерациональное использование природных ресурсов не только подрывает устойчивость экологических систем к внешним воздействиям, но и приводит к последствиям (как прямым, так и косвенным) для здоровья и уровня жизни людей. По прогнозам Организации экономического сотрудничества и развития загрязнение воздуха может стать причиной от 6 млн. до 9 млн. преждевременных смертей к 2060 году и обойдется мировой экономике в 1 процент валового внутреннего продукта (2,6 трлн. долларов США) в год. В настоящее время ЕС стремится сократить выбросы парниковых газов, увеличивая долю возобновляемой энергии минимум. Еврокомиссия предложила к 2050 году запретить использование в городах автомобилей с бензиновым двигателем. Некоторые европейские страны определили рубеж по запрету автомобилей с бензиновым двигателем к 2030 году. Данные меры, в перспективе могут быть направлены на ограничения продукции импорта продукции.

**Потери от стихийных природных явлений.** Ущерб, причиняемый стихиями, климатическими изменениями в Республике Беларусь на порядок выше, чем затраты, связанные с ликвидацией чрезвычайных ситуаций техногенного характера. К примеру в 2016 г. в среднем в эквиваленте к белорусскому рублю около 41 млн. долларов США, что в 10 000 раз дороже, чем последствия от техногенного характера. Общий экономический ущерб, причиняемый природными явлениями за 10 лет составил в эквиваленте примерно 400 млн. долларов США<sup>39</sup>.

---

<sup>39</sup> Национальная стратегия по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2015–2030 гг. утверждена Премьер-министром Республики Беларусь 30.11.2018.

## 10. ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА, УЯЗВИМОСТИ И КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ

### 10.1. Общие положения и концепция методики оценки воздействия климата

Общие положения оценки воздействия изменения климата и риски отображены в Сендайской рамочной программе, где сформулированы основные направления предотвращения и оценки уязвимости изменения климата, которые реализованы в национальном законодательстве:

– необходимость более глубокого понимания риска бедствий во всех его аспектах, связанных с характеристиками воздействия, уязвимости и опасности<sup>40</sup>;

– укрепление систем управления рисками бедствий, в том числе национальных платформ<sup>41</sup>;

– ответственность за управление рисками бедствий<sup>42</sup>;

– готовность к восстановлению по принципу «лучше, чем было»;

– признание заинтересованных сторон и их ролей;

– мобилизация учитывающих риски инвестиций для предотвращения появления нового риска;

– устойчивость инфраструктуры транспорта, здравоохранения и рабочей среды;

– усиление международного сотрудничества и глобального партнерства

Для уменьшения последствий чрезвычайных ситуаций природного характера и обеспечения защиты населения в Беларуси необходимо и проводится [26]:

– внедрение передовых технологий для мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, развитие национальной системы мониторинга окружающей среды;

---

<sup>40</sup> Закон Республики Беларусь «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера № 141-З от 5 мая 1998 г.

<sup>41</sup> Государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций утверждена Постановлением Совета Министров РБ № 495 от 10 апреля 2001 г.

<sup>42</sup> Указ Президента Республики Беларусь № 181 от 25 мая 2017 г. «О национальном координаторе по достижению целей устойчивого развития».

- проведение ответственными госорганами систематической работы со СМИ, включая популяризацию проблемы изменения климата и последствий климатических изменений;
- включение климатических рисков в учебные программы медицинских учреждений, общие принципы поведения при климатических катастрофах во всех учебных заведениях;
- повышение уровня грамотности населения по обеспечению безопасности и правилам поведения в чрезвычайных ситуациях
- формирование рынка экологических услуг, внедрение экологического аудита и страхования

На основании отчета межправительственной рабочей группы экспертов открытого состава (OIEWG), по индикаторам и терминологии, относящимся к снижению риска бедствий (Женева, 29–30 сентября 2015 г., 10–11 февраля 2016 г. и 15 и 18 ноября 2016 г.) разработаны индикаторы выполнения целевых задач Сендайской программы по снижению воздействия климата:

**ИНДИКАТОР 1:** снизить уровень смертности и пострадавших от стихийных погодных явлений.

**ИНДИКАТОР 2:** снизить прямые экологические потери и долгосрочные потери в последствии от стихийных природных явлений.

**ИНДИКАТОР 3:** интегрировать в единую систему оборудование для раннего оповещения для различного уровня угроз и рисков чрезвычайных ситуаций с обеспечением бесперебойного информирования.

**ИНДИКАТОР 4:** систематизировать ранее принятые соглашения, договоренности и принятые решения по вопросам экологической безопасности, определить уровень выполнения мероприятий по снижению уровня уязвимости.

**Проект оценки рисков RIMAROCC.** Национальными автодорожными ЕС администрациями в рамках автодорожной исследовательской программы ERA-NET разработана методологическая программа управления рисками, касающимися автодорог, в условиях меняющегося климата RIMAROCC. Целью проекта RIMAROCC является анализ рисков, управление рисками при анализе затрат и выгод и уровне приемлемого риска. Проект рассматривает причины, следствия и последствия погодных явлений для выявления основных рисков, требующих принятия мер по смягчению последствий для адаптации к изменению климата. Такой комплексный

подход значительно упрощает согласованность методологических результатов и работу конечных пользователей среди дорожных властей. Особое внимание уделяется проектированию новых дорог и улучшению (содержанию) эксплуатации существующих дорог.

Впоследствии, несколько европейских стран и исследовательских институтов предприняли исследовательский проект «ROADAPT» (Дороги для сегодняшнего дня, адаптированные для завтрашнего дня), чтобы развить RIMAROCC и разработать более подробные методы оценки, которые соответствуют этапам RIMAROCC. Общая схема системы оценки рисков с учетом опыта ЕС приведена на рис. 27.

**Программа PPRD East 3.** Программа PPRD East, инициированная в 2010 году и направлена на укрепление потенциала гражданской защиты в шести странах Восточного партнерства, включая Беларусь. Ее реализация позволит повысить эффективность управления рисками на национальном уровне, а также усилить защиту населения от возможных негативных последствий природных и техногенных катастроф, в том числе:

- Усиление региональной координации, институционального и оперативного сотрудничества между UCPM и странами Восточного соседства и между странами Восточного соседства.

- Нарастивать устойчивый потенциал соответствующих институтов гражданской защиты стран-партнеров для предотвращения риска стихийных бедствий, обеспечения готовности и реагирования на стихийные бедствия и техногенные катастрофы.

- Продвигать национальный всеобъемлющий подход к предотвращению, обеспечению готовности и реагированию на стихийные бедствия и антропогенные катастрофы.

Важной частью программы является укрепление регионального сотрудничества в государствах-участниках и взаимодействия с Механизмом гражданской защиты ЕС. Консорциум по реализации программы PPRD East 2 – MWH: Датское агентство по чрезвычайным ситуациям (DEMA), Финский кризисный центр (СМС-Финляндия), Исследовательский фонд СИМА (Италия) и Австрийский Красный Крест.

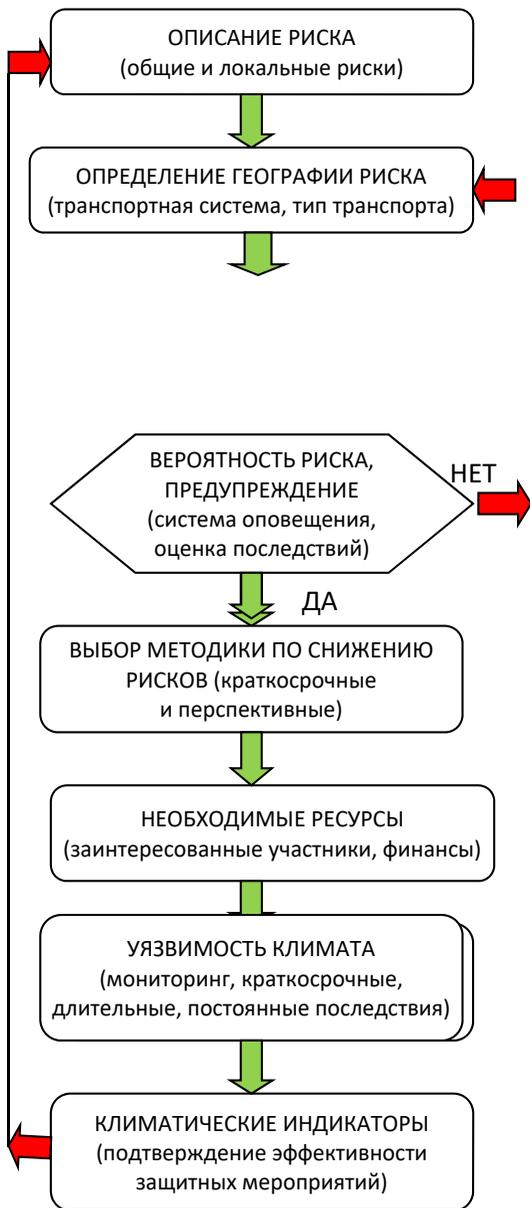


Рис. 27. Принципы обнаружения, оценки и устранения рисков (на основании проекта RIMAROSS)

## 10.2. Система предупреждения чрезвычайных ситуаций

Для предупреждения населения о неблагоприятных погодных явлениях и для лучшего восприятия прогнозов погоды, содержащих предупреждения о неблагоприятных и опасных метеорологических явлениях в Беларуси с июня 2013 годы введены специальные цветовые коды, включающие зеленый, желтый, оранжевый и красный цвета. Цветовой код позволяет доступным образом сообщить, насколько серьезной является ситуация.

В системе «зеленый код» означает, что погода неопасна, опасных и неблагоприятных явлений погоды не ожидается. Желтый – погода потенциально опасна, «желтый уровень опасности», ожидаемые неблагоприятные явления погоды (осадки, грозы, порывы ветра, высокие или низкие температуры и др.) обычны для территории страны, но временами могут представлять опасность для отдельных видов социально-экономической деятельности. Оранжевый – погода опасна, «оранжевый уровень опасности», на большей части территории ожидаются неблагоприятные явления, местами – опасные явления (шквалы, ливни, грозы, град, жара, морозы, снегопады, метели и др.), которые могут негативно повлиять на социально-экономическую деятельность и привести к значительному материальному ущербу, а также возможны человеческие жертвы. Красный – погода очень опасна, «красный уровень опасности», ожидаются метеорологические явления экстремальной интенсивности (очень сильные дожди и снегопады, крупный град, очень сильный ветер, чрезвычайная пожарная опасность и др.), которые могут вызвать серьезный материальный ущерб и человеческие жертвы. Для принятия решения по уровню опасности, в том числе техногенного характера разработаны системы оповещения и системы наблюдения за изменением климата в зависимости от охваченной территории.

**Система оповещения.** Для реализации предупреждения неблагоприятных погодных явлений существует система раннего оповещения о пожарах в жилых и административных помещениях, которая входит в состав государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. На данный момент разрабатывается технология раннего оповещения о лесных и торфяных пожарах. В настоящее время в Министерстве лесного хозяйства Республики Беларусь система наземного обнаружения лесных пожаров

насчитывает 478 пожарно-наблюдательных вышек и 56 мачт. Для раннего обнаружения лесных пожаров и мониторинга прилегающей территории лесного фонда используются 160 видеокamer, которые работают «в ручном режиме»

**Система мониторинга.** Мониторинг атмосферного воздуха проводился в 67 пунктах наблюдений, которые охватывают территории с 87 процентами населения крупных и средних городов. Проводятся наблюдения за содержанием в приземном слое атмосферы таких опасных для здоровья человека загрязнителей, как приземный озон, твердые частицы (размером фракции до 2,5 мкм и 10 мкм). В систему мониторинга атмосферного воздуха в населенных пунктах с 2018 года внедрен расчет индекса качества атмосферного воздуха, для визуализации которого на сайте государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» на картографической основе используется цветовой код.

В рамках мониторинга поверхностных вод регулярно проводятся наблюдения за гидрологическими, гидрохимическими и гидробиологическими показателями состояния поверхностных вод в 297 пунктах наблюдений, размещенных на 86 реках, а также 74 озерах и водохранилищах. Продолжено обеспечение оценки динамики трансграничного переноса загрязнений путем анализа данных наблюдений, осуществляемых в 33 трансграничных пунктах наблюдений. Анализ гидрохимических показателей показывает, что антропогенному влиянию в наибольшей степени подвержены поверхностные водные объекты в бассейнах рек Западный Буг, Днепр и Припять. По данным наблюдений установлено, что качество подземных вод в части содержания в них основных макрокомпонентов в основном соответствует установленным гигиеническим нормативам безопасности воды, за исключением показателей по железу общему, окисляемости перманганатной, окиси кремния, в единичных случаях – аммонийному азоту.

Проводится мониторинг земельного фонда (наблюдения за составом, структурой и состоянием земельных ресурсов), агропочвенный мониторинг (наблюдения за состоянием почвенного покрова земель) и мониторинг техногенного загрязнения почв. Устойчиво функционирует система мониторинга растительного, животного мира. Осуществляется мониторинг состояния озонового слоя.

### 10.3. Реализация стратегии по снижению уязвимости воздействия климата

Принципы стратегии сокращения риска возникновения чрезвычайных ситуаций и уязвимости метеорологических явлений формулируются на основании изучения всех аспектов влияния рассматриваемого климатического воздействия на ту или иную сферу жизнедеятельности государства, взглядов всех участников на способы снижения воздействия климата.

Разработка мероприятий по снижению риска возникновения климатических катастроф выполняется на всех уровнях административно-территориальных подсистем, подразумевает горизонтальный и вертикальный уровни взаимодействия. Комплексность стратегии предполагает создание упорядоченной полисистемы с устойчивыми связями между подсистемами, функционирующей и развивающейся в интересах снижения риска воздействия климата и уязвимости транспортной системы.

Мероприятия, которые будут реализовываться посредством стратегии характерны для следующих режимов ее функционирования:

- режим повышенной готовности определяет порядок функционирования при ухудшении гидрометеорологической обстановки, получении прогноза о возможности возникновения чрезвычайной ситуации. Реализуемые мероприятия в режиме готовности будут носить превентивный характер по направлениям снижения рисков: первое направление – предупреждение, снижение вероятности возникновения климатических; второе – уменьшение уязвимости и последствий.

- повседневный режим в котором решающая роль в снижении климатических рисков отводится не силам аварийно-спасательных служб, а образовательной и научной составляющим, страхованию и иным функциям субъектов, направленным на предупреждение явлений и снижение ущерба в случае их возникновения.

**Переход от борьбы с бедствиями к управлению рисками.** Указанное направление как часть стратегии подразумевает собой переход от перманентного понимания существующей опасности (т. е. переход от концепции «нулевого риска» – как невозможности абсолютного исключения опасности с точки зрения экономической и технической эффективности) к знанию ее природы (первоисточников), накоплению информации о ней и осуществлению прогнози-

рования возникновения (концепции «допустимого риска» – как возможности жизни в условиях уязвимости).

**Усиление роли внутренних факторов в управлении рисками.**

В настоящее время представляется важным направить усилия по снижению риска бедствий не столько на международном и региональном уровне, сколько на местном, предполагая соответствующие мероприятия в прогнозных программах и планах (программах) развития районов. Данное направление подчеркивает, что зачастую внутренние факторы (результаты человеческой деятельности) оказывают большее влияние на возникновение и развитие чрезвычайных ситуаций, нежели внешние источники опасности. В Республике Беларусь сформировался ряд основных показателей для целевой реализации стратегического планирования до 2025 г. ограничивающих влияние человеческой деятельности на риски ухудшения климата (табл. 21).

Таблица 21

Показатели оценки воздействия к изменениям климата до 2025 г.

Показатель	Единица измерения	Целевое значение в 2025
Выбросы парниковых газов	проценты к уровню 1990 года	24,5
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от мобильных источников	тыс. тонн	751,2
Доля поверхностных водных объектов, которым присвоен «хороший» и выше экологический статус	проценты	75
Индекс сброса недостаточно очищенных сточных вод в водные объекты в процентах к уровню 2015 года	проценты	50
Индекс использования отходов производства (без учета галитовых и фосфогипса)	проценты	85,0
Индекс использования коммунальных отходов	проценты	35
Накопление опасных отходов (1-го–3-го класса опасности)	проценты	не более 50,0
Площадь земель, подверженных водной и (или) ветровой эрозии	тыс. га	не более 550

**Усиление роли экстенсивных территориальных рисков** (риски незначительных, но часто повторяющихся событий). Как отмечено в Глобальном аналитическом докладе по уменьшению опасности бедствий (доклад ООН GAR 2015), экстенсивные риски являются основной причиной смертности и перемещения населения в результате бедствий, а также постоянного разрушения инфраструктуры<sup>43</sup>. На государственном уровне основной координирующей организацией с указанной категорией рисков бороться достаточно сложно ввиду их раздробленности и масштабности, поэтому основная роль в прогнозировании и управлении экстенсивными рисками должна отводиться профильным организациям, функционирующим на локальном и местном уровнях управления.

**Определение роли экспертных (профильных) секторов**, которые на национальном уровне будут обеспечивать реагирование на чрезвычайные ситуации. При постановке задачи устойчивого развития общества профильная координирующая структура не в состоянии в одиночку рассматривать весь комплекс факторов, влияющих на снижение последствий (экономические, экологические, социальные и др.). Под указанным направлением понимается объединение в некую экспертную группу специалистов, обладающих системностью мышления в широких сферах жизнедеятельности и способных осуществлять стратегическое планирование мероприятий по снижению рисков. Кроме того, указанное направление подразумевает под собой децентрализацию полномочий органов власти и вовлечение других министерств и ведомств в управление рисками бедствий во всех районах, независимо от уровня доходов, с признанием ответственности за принятие мер по уменьшению опасностей. Процесс снижения риска не может быть монополией одного учреждения, это требует комплексного подхода, включая мобилизацию ресурсов, а также привлечение политических, технических, научных учреждений страны.

**Переход от информации о существующих угрозах к знанию о них.** В качестве частного решения по указанному направлению предполагается разработка программ обучения максимально широкого спектра населения вопросам безопасности жизнедеятельности.

---

<sup>43</sup> Report: Global assessment report on disaster risk reduction 2015, ISBN / ISSN / DOI9789211320428, 316 p.

Итогом решения видится формирование культуры безопасности, в которой не знание о чрезвычайных ситуациях, а потребность в безопасности будет являться первостепенной задачей.

Начиная с 2004 года в Республике Беларусь внедрена система контроля природоохранной деятельности под эгидой всех министерств и на всех предприятиях отдельно от инспекций. Согласно этой системе, в каждом министерстве и на каждом предприятии имеется сотрудник или сотрудники, ответственные за обеспечение согласования деятельности с природоохранным законодательством посредством обучения сотрудников, распространения соответствующей информации и уведомления о новых директивах. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды стимулирует эту программу, обеспечивая обучение и оказывая методологическую помощь. Оно также предложило Правительству инициировать программу по оценке знаний всех руководителей предприятий в области природоохранного законодательства и постановлений.

**Устранение или минимизация первопричин ухудшения климата.** Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями также с учетом знаний о существующих угрозах и программой контроля рисков необходимо осуществлять на стадии контроля за антропогенным воздействием на климат в транспортной отрасли. Реализация этого направления в стратегии позволит более эффективно противостоять рискам природного характера сократит масштаб и степени тяжести последствий. Для успешной реализации предотвращения дальнейшего нарастания климатических чрезвычайных ситуации предлагается разработать методы снижения воздействия на климат в отрасли «Транспорт» (табл. 22).

Таблица 22

Методы снижения воздействия на климат в отрасли «Транспорт»

Методы снижения воздействия изменения климата, уязвимости и климатических рисков	Вид транспорта	Ожидаемый эффект
1	2	3
Повышение требований к нормам выбросов загрязняющих веществ в отработавших газах	Автомобильный	Снижение прироста температуры воздуха в год

1	2	3
Оптимизация размещения мест и режимов парковок	Автомобильный	Снижение концентрации выбросов
Строительство перехватывающих стоянок в срединной и периферийной зонах города	Автомобильный	Снижение концентрации выбросов
Реорганизация радиальной структуры дорог на подходах к городам в радиально-кольцевую	Автомобильный	Уменьшение траффика транспорта в населенных пунктах в развитии проекта «зеленые города»
Повышение скоростных режимов на дорогах на специально оборудованных участках	Автомобильный Железнодорожный	Снижение концентрации выбросов при снижении заторов и времени поездки
Увеличение протяженности дорог с капитальным типом дорожной конструкции	Автомобильный	Снижение пылеобразования
Проектирование и возведение дорог по участкам лесных массивов	Автомобильный Железнодорожный	Снижение концентрации выбросов поглощением углекислого газа деревьями
Снижение в воздухе содержания твердых частиц, путем ограничения автомобилей с двигателями ниже EURO 3	Автомобильный	Снижение концентрации выбросов при движении грузовых автомобилей
Переход транспортных средств и техники специального назначения на использование газомоторного топлива	Автомобильный Железнодорожный Водный Воздушный	Снижение концентрации выбросов при выполнении локальных ремонтных работ
Увеличение количества транспортных средств с электродвигателями, особенно для общественного транспорта	Автомобильный	Снижение концентрации выбросов заменой экологическим транспортом
Внедрение в практику проектирования аудита экологической и безопасности дорожного движения	Автомобильный	Снижение общего воздействия транспорта на климат
Внедрение интеллектуальных транспортных систем и оптимизация логистических цепочек при грузоперевозках на большие расстояния	Автомобильный	Снижение антропогенного воздействия на климат в целом в транспортном секторе

**Требования к основному критерию антропогенного загрязнения – качеству атмосферного воздуха.** В Республике Беларусь вклад передвижных источников в загрязнение воздуха достигает 70 %, тогда как в среднем в мире данный показатель не превышает 20 %. Методика оценки выбросов устанавливается по принципу сравнения с допустимыми требованиями норм выбросов загрязняющих веществ для бензиновых и дизельных двигателей согласно Правил ЕЭК ООН № 49.

Реализуемые в республике правила ЕЭК ООН № 49 устанавливают единообразные предписания, касающиеся подлежащих принятию мер по ограничению (табл. 23):

- выбросов загрязняющих газообразных веществ и взвешенных частиц из двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для использования на транспортных средствах;

- выбросов загрязняющих газообразных веществ из двигателей с принудительным зажиганием, работающих на природном газе или сжиженном нефтяном газе и предназначенных для использования на транспортных средствах.

Таблица 23

Допустимая антропогенная нагрузка на атмосферный воздух

Наименование вещества	Период оценки	Норматив допустимой антропогенной нагрузки на атмосферный воздух, мкг/м <sup>3</sup>
Азот (IV) оксид (азота диоксид)	1 час/1 год	200/40
Серы диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ)	1 час/24 часа	350/125
Озон	8 часов	120
Углерода оксид (окись углерода, угарный газ)	8 часов	10000
Твердые частицы фракции размером до 10,0 мкм	24 часа/1 год	60/40
Твердые частицы фракции размером до 2,5 мкм	24 часа/1 год	36/25

## 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ И УЯЗВИМОСТИ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

**Температура воздуха.** Скорость современного роста глобальной температуры, вызванного в основном увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере, составила за последние сорок лет около 0,17 °С за 10 лет. Хотя экстремальные погодные явления являются естественной особенностью климатической системы, атмосфера и поверхностный океан сегодня содержат значительно больше тепла, чем в 1950-х гг. Фактически темп увеличения глобальной средней температуры с 1970 г. примерно в 170 раз превышает базовую норму в течение последних 7000 лет. Изменение температуры воздуха является основным показателем воздействия и уязвимости к изменению климата.

**Опасные метеорологические явления.** В качестве критерия оценки воздействия климата принимается такой параметр как опасное гидрометеорологическое явление, которое по своему значению, интенсивности или продолжительности представляют угрозу безопасности людей, а также могут нанести значительный ущерб объектам экономики и населению. Перечень опасных гидрометеорологических явлений приведен в табл. 24, а средний охват территории этими явлениями – в табл. 25.

Таблица 24

Опасные метеорологические явления и их критерии

Название	Определение	Критерии
Очень сильный ветер	Движение воздуха относительно земной поверхности	Средняя скорость ветра не менее 20 м/с, на побережье морей и в горных районах не менее 25 м/с
Шквал	Резкое кратковременное усиление ветра	Мгновенная скорость ветра более 25 м/с в течение не менее 1 мин
Смерч	Сильный маломасштабный атмосферный вихрь	Мгновенная скорость ветра более 25 м/с в течение не менее 1 мин
Сильный ливень	Сильный ливневый дождь	Количество жидких осадков не менее 30 мм за период не более 1 ч
Очень сильный дождь	Значительные жидкие и смешанные осадки	Количество осадков не менее 50 мм за период не более 12 ч

Название	Определение	Критерии
Сильная пыльная буря	Перенос пыли или песка при сильном ветре	Средняя скорость ветра не менее 15 м/с, видимость не более 500 м
Сильная жара	Высокая максимальная температура воздуха в течение продолжительного времени	Максимальная температура воздуха не менее 35 °С в течение более 5 сут
Чрезвычайная пожарная опасность	Показатель пожарной опасности не ниже 5-го класса	Сумма значений температуры воздуха за бездождный период не менее 10 000 °С

Ущерб и риск, создаваемые опасными явлениями, зависят от трех основных факторов:

- размер площади охвата опасным явлением;
- продолжительность опасного явления;
- степень агрессивности опасного явления или сила воздействия на объекты.

Таблица 25

Средний охват территории опасными явлениями [27]

Вид опасного явления	Площадь, кв. км
Сильный ветер	8500
Сильный дождь	25 500
Сильный снег	36 800
Смерч	1,6
Сильные гололедно-изморозевые отложения	1600
Крупный град	15
Сильная метель	13 000
Шквал	2400
Сильный ливень	20

**Показатели по проекту STARDEX.** Исследовательский проект, поддерживаемый Европейской комиссией в рамках Пятой рамочной программы и способствующий реализации ключевого действия «Глобальное изменение, климат и биоразнообразие» в области окружающей среды, энергетики и устойчивого развития STARDEX.

Для унификации расчетов по оценке экстремальности погодных условий при исследовании климата были разработаны индексы ВМО (STARDEX Diagnostic Extremes Indices). Для выявления экстремальных климатических явлений в режиме атмосферных осадков рекомендуют использовать индексы:

R5d – максимальная пентадная сумма осадков. Максимальное в году количество осадков, выпавших за последовательные пять суток (индекс выявляет ситуации, ассоциируемые с возникновением дождевых паводков);

SDII – суточный индекс интенсивности осадков. Отношение годовой суммы осадков к числу дней (с осадками  $>1$  мм/сутки) в году;

R20mm – число суток с осадками  $>20$  мм/сутки. Количество дней в году с суточной максимальной суммой осадков не менее 20 мм;

CDD – максимальная продолжительность сухих периодов. Максимальное число последовательных сухих дней в году (с осадками 1 мм/сутки).

В проекте STARDEX разработано довольно большое число индексов, с которыми можно провести параллели с некоторыми критериями опасных природных гидрометеорологических явлений, учитываемых в прогнозах для отраслей экономики, например, в агрометеорологии или в эксплуатации дорог.

## **12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАРЬЕРОВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ МЕР КЛИМАТИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ**

### **12.1. Определение барьеров по реализации мер адаптации климата**

Транспортная отрасль является сложной системой, включающей многочисленные задействованные стороны. Меры по адаптации отрасли нацелены на сокращение в системе уязвимостей от климатических изменений. К таким мерам можно отнести совершенствование инфраструктуры в целом, конструкции отдельных объектов, улучшение управления на всех уровнях транспортной системы, распространение знаний о климатических изменениях и их влиянии на транспортную отрасль, а также создание устойчивой системы взаимодействия с ключевыми заинтересованными сторонами, исследователями и пользователями.

Исходя из опыта других стран, можно отметить, что к типовым мерам адаптации транспортной системы относятся: совершенствование планирования землепользования при возведении инфраструктурных объектов, модернизация существующей инфраструктуры, совершенствование норм проектирования путем добавления запаса прочности для потенциально уязвимых элементов конструкций (например, повышение прочности дорожных одежд с целью предотвращения колеобразования, повышение мощности городских дренажных систем и т. п.). К типовым мерам также относятся перевод транспортных средств на альтернативные источники энергии, стимулирование развития средств персональной мобильности, не использующих двигатели внутреннего сгорания.

Следует отметить, что в транспортном секторе Республике Беларусь объем мер, направленных на адаптацию к климатическим воздействиям, является недостаточным. Такие меры, даже если они предпринимаются, следует рассматривать скорее, как совпадение, а не как мероприятия в рамках системной деятельности. Можно выделить ряд барьеров на пути реализации мер климатической адаптации. Все барьеры можно разделить на надсистемные, возможности преодоления которых у транспортной отрасли ограниченные, и внутрисистемные, которые возможно преодолеть внутри отрасли.

К основным барьерам и рискам, которые могут возникнуть при разработке и реализации мер климатической адаптации, следует отнести приведенные в табл. 26.

Таблица 26

Определение барьеров по реализации мер адаптации климата

Вид барьеров, ограничений 	Описание ограничений и барьеров 	Действия по преодолению барьеров 
1	2	3
Ограничение финансирования	Ограничение привлечения сторонних инвестиций финансирования	На этапе разработки проектов документов привлекать к их обсуждению заинтересованных, которые впоследствии должны принять участие в их согласовании
	Недостаточный уровень бюджетного финансирования, направленного на адаптацию климата	Перераспределение бюджетных средств и (или) привлечению внебюджетного финансирования
	Снижение платежей организаций, в систему природозащитных фондов	Ежегодное уточнение объемов финансовых средств, контроль за выполнением договорных обязательств
	Секвестирование бюджетных расходов на сферы охраны природы	Формирование индивидуальных и закрытых фондов по защите окружающей среды
Геополитические риски	Введение административных ограничительных мер по сотрудничеству со странами ЕС	Снижение количества конфликтных точек путем переговоров на уровне министерств и ведомств с участием целевых специалистов
	Снижение требований к экологической безопасности при стремлении к достижения экономических показателей и сохранения уровня ВВП	Повышение значимости принятых решений до наивысшего законодательного уровня
Формирование стратегии	Климатическая адаптация не является приоритетной при планировании стратегии действий отрасли	Внесение изменений и дополнений в отраслевые программы и планы на основании научных исследований в рамках НИОКР

1	2	3
Информационные барьеры	Отсутствие в отрасли широко-доступной информации о климатических изменениях и их влиянии на транспортную отрасль, отсутствие каналов распространения такой информации, отсутствие отечественных исследований о влиянии климатических изменений, отсутствие организации, осуществляющей регулярный сбор данных	Определение организации, координирующей деятельность отраслевых предприятий по реализации мер климатической адаптации Проведение работ, обобщающих результаты исследований в других странах, а также потери в транспортной отрасли страны, вызванные климатическими изменениями
Снижение количества специалистов и уровня подготовки	Снижением численности населения	Повышение социальной культуры и уровня жизни, устранение региональных диспропорции в социально-экономическом развитии, наличие ряда проблемных регионов и населенных пунктов
	Высокий уровень безработицы	Оптимизация отраслевых структур на длительный период, создание самокупаемых производств, внедрение рыночной экономики
	Снижение численности студентов	Повышение уровня предоставляемого высшего образования и квалификации преподавателей
Правовые риски	Изменения законодательства увеличивающие продолжительность сроков реализации программ по защите климата	Учитывать планируемые изменения в законодательстве в сфере охраны окружающей среды и смежных сферах для своевременного перераспределения ресурсов
Отсутствие внешней координации	В Республике Беларусь не определен единый координирующий орган по реализации мер, что ведет к неэффективному распределению усилий и средств	Формирование электронной базы данных по климатическим рискам и адаптациям

1	2	3
Недостаточно эффективная система государственной поддержки экономики	Высокая зависимость от импорта топливно-энергетических и иных сырьевых ресурсов	Повышение количества источников альтернативных видов энергии

### 12.2. Определение возможностей по реализации мер адаптации климата

Климатические изменения, а в особенности увеличение вероятности и частоты неблагоприятных погодных явлений, негативно отражаются на здоровье и уровне жизни населения. Поэтому одним из ключевых элементов государственной социальной политики в области адаптации населения к изменению климата является заблаговременное информирование населения о неблагоприятных погодных явлениях и рисках, а также защита населения в чрезвычайных ситуациях природного характера.

Для уменьшения последствий чрезвычайных ситуаций природного характера и обеспечения защиты населения в Беларуси в первую очередь необходимо:

- внедрение передовых технологий для мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций;
- реализация мероприятий по предупреждению пожаров, наводнений, штормовых ветров и гибели людей от них;
- включение климатических рисков в учебные программы медицинских учреждений, повышение уровня грамотности населения по обеспечению безопасности и правилам поведения в чрезвычайных ситуациях (табл. 27).

Определение возможностей по реализации  
мер адаптации климата

Возможности, перспективы	Описание возможностей
Развитие технологий	– Использование интернет-технологий и смарт-оборудования для мониторинга выбросов загрязняющих веществ
	– На территории Республики Беларусь выявлено 1840 площадок для размещения ветроустановок с теоретически возможным энергетическим потенциалом 1600 МВт. Наибольшая выработка электрической энергии может быть произведена на территории Витебской, Минской и Гродненской областей. Отдельные районы Могилевской области также обладают значительным ветро-энергетическим потенциалом
	– Развитие строительства энергоэффективных жилых домов и повышение энергоэффективности жилищного фонда
	– Снижение энергоемкости валового внутреннего продукта, повышение энергоэффективности, в том числе за счет внедрения энергоэффективных технологий и материалов;
	– Развитие электротранспорта (инфраструктуры) и городской мобильности, реализация концепции «умных» городов <sup>1</sup>
	– Создание условий для производства органической продукции
	Нормативно-правовая база
Социальная среда	Внедрение системы «зеленых» закупок, которые, в свою очередь, стимулируют использование инновационных технологий в различных отраслях, в том числе в области использования вторичных материальных ресурсов
	Повышение потенциала использования возобновляемых источников энергии
	Развитие экологического туризма
	Целесообразно провести анализ эксплуатации энергосберегающего и теплогенерирующего инженерного оборудования экспериментальных энергоэффективных жилых домов, строящихся в рамках реализации проекта Программы развития Организации Объединенных Наций «Энергетическая эффективность зданий»

Примечание: 1. В республике более 75 % населения проживает в городах.

2. Производители аккумуляторных батарей в Беларуси отсутствуют

## 13. РАЗРАБОТКА ИНДЕКСА ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТИ И ВОЗДЕЙСТВИЙ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

### 13.1. Существующая мировая система индексов уязвимости и воздействия к изменениям климата

**Индекс экологической эффективности (EPI).** В настоящее время в современном мире для количественной оценки и сравнительного анализа показателей экологической политики государств используется интегральный показатель – Индекс экологической эффективности (EPI)[28].

Методология индекса была разработана так, чтобы государства могли сравнивать собственные успехи и недостатки с другими странами. Сравнение производилось по 16 показателям (в индексе экологической устойчивости было из шести категорий политики, объединенных в две всеобъемлющие экологические группы:

- 1) снижение нагрузки окружающей среды на здоровье человека;
- 2) обеспечение жизнеспособности экосистем и разумного использования природных ресурсов.

Эти две задачи разделены на 9 (девять) категорий, которые охватывают приоритетные вопросы экологической политики, такие как сельское хозяйство, качество воздуха, биоразнообразие, климат и энергетика, леса, рыбные запасы, влияние на здоровье (комплексная оценка опасности для здоровья человека, исходящей от пяти факторов риска: небезопасной воды, плохой санитарии, загрязнения окружающего воздуха твердыми частицами, загрязнения воздуха в бытовых условиях твердыми топливами, и загрязнения озоном атмосферы), водные ресурсы, вода и санитария. Эти 9 категорий объединяют 19 показателей, рассчитываемых из данных по каждой стране.

**Экологический след (GFN)** – мера воздействия человека на среду обитания, которая позволяет рассчитать размеры прилегающей территории, необходимой для производства потребляемых нами экологических ресурсов и поглощения отходов.

В 2003 году с целью согласования методологии и координации исследований была создана глобальная сеть экологического следа –

---

<sup>44</sup> Yale Center for Environmental Law & Policy / Center for International Earth Science Information Network at Columbia University. 2012 EPI Environmental Performance Index and Pilot Trend Environmental Performance Index

Global Footprint Network. Она объединила в своих рядах представителей научных и правительственных кругов, бизнеса, общественности, которые рассчитывают экологические следы целых государств, определяя масштабы негативного воздействия человека на биосферу.

Методология экологического следа формируется на основании суммы 6 (шести) составляющих, а именно: транспортной инфраструктуры, растениеводческого, животноводческого, лесохозяйственного, а также рыбохозяйственного, энергетического следов. Для каждого из этих элементов характерен единый принцип расчета [29]:

1. Объемы внутреннего потребления переводят в эквивалентную площадь со среднемировой продуктивностью, выраженную в глобальных гектарах (гга), и которая делится на численность населения страны.

2. Шесть показателей суммируются, и определяется экологический след в расчете на душу населения, который является более наглядным показателем, так как учитывает количество населения, непосредственно осуществляющее внутреннее потребление.

**Система климатических индексов Climapact** – это программный пакет для расчета климатических индексов, актуальных для секторов здравоохранения, сельского хозяйства и водоснабжения.

Climapact позволяет рассчитывать эти индексы на основе ваших собственных ежедневных данных о погоде – либо точечных данных в виде простого текста (например, с метеостанции), либо всего файла NetCDF с координатной сеткой (например, выходных данных климатической модели).

Climapact разработан группой экспертов Всемирной метеорологической организации по отраслевым климатическим индексам (ET-SCI), чтобы помочь исследователям предоставлять полезную и актуальную климатическую информацию пользователям сектора [30].

### **13.2. Разработка национального индекса оценки уязвимости и воздействия к изменениям климата**

С учетом всех требований к экологической ситуации по уровню загрязнения воздуха, воды и земли, а также к антропогенным отходам жизнедеятельности, требований транспорта и др. предлагается в Республике Беларусь использовать 5-и уровневую оценку уязвимости климата, определяемую по табл. 28, по превышению норма-

тивного значения и по площади загрязнения или несоответствия от общей площади обследуемой территории.

Таблица 28

Уровень климатической уязвимости

Уровень (LEVEL)	Нормативное значение показателя для уровня	Площадь загрязнения или несоответствие показателя для уровня от общей площади обследования (S)	Индекс уровня (I) для нормативного значения и площади
Не опасный	Ниже нормы более 10 %	До 10 %	1
Допустимый	Ниже нормы до 10 %	До 30 %	2
Предельный	Выше нормы до 10 %	До 50 %	3
Плохой	Выше нормы до 100 %	До 80 %	4
Опасный	Выше нормы более 100 %	Более 80 %	5

В случае, если необходимо оценить обследуемую площадь в целом при наличии различных уровней на площади, результирующий уровень определяется как средневзвешенное значение и округляется до ближайшего значения по индексу уровня (1)

$$I = (I(1) \times S(1) + I(2) \times S(2) + \dots + I(n) \times S(n)) / S, \quad (1)$$

где (1..n) – значение индекса для установленного уровня по отдельному показателю;

S (1..n) – площадь загрязнения или несоответствия для отдельного показателя, м<sup>2</sup>;

S – общая площадь территории обследования, м<sup>2</sup>.

По табл. 26 в зависимости от расчетного индекса уровня определяется уровень климатической уязвимости (LEVEL) по определению.

Определяем коэффициент весомости параметра (K) как произведение индексов по нормативному значению и уровню по площади (табл. 29).

**Коэффициент весомости климатического параметра  
или параметра транспорта**

Уровень параметра по соответствию нормативному значению (индекс)	Коэффициент весомости ( $K$ ) при уровне несоответствия параметра по площади или объему (индекс)				
	Не опасный (1)	Допустимый (2)	Предельный (3)	Плохой (4)	Опасный (5)
Не опасный (1)	1	2	3	4	5
Допустимый (2)	2	4	6	8	10
Предельный (3)	3	6	9	12	15
Плохой (4)	4	8	12	16	20
Опасный (5)	5	10	15	20	25

**ИНДЕКС УЯЗВИМОСТИ КЛИМАТА (INDEX)** определяется с учетом всех показателей воздействия на климат, в том числе и по величине интенсивности изменения показателя во времени по формуле

$$INDEX = P_1 \cdot K_1 + P_2 \cdot K_2 + \dots + \dots P_n \cdot K_n, \quad (2)$$

где  $P_1, P_2, \dots, P_n$  – снижение или прирост показателя в долях единиц, рассчитывается по формуле

$$P(1, 2, \dots, n) = 1 + (V_i - V_{i-1}) / V_i, \quad (3)$$

где  $K_1, K_2, \dots, K_n$  – коэффициент весомости климатического параметра (по табл. 26);

$V_i$  – значение показателя в текущем году;

$V_{i-1}$  – значение показателя в предыдущем году;

$n$  – общее количество показателей и принимается индивидуально для каждого вида транспорта или транспортного комплекса.

Дополнительно к общему индексу уязвимости климата, качество атмосферного воздуха (AIR) рассчитывается по максимальному значению выбросовых веществ с учетом объемов концентрации по формуле

$$AIR = \max \left( \frac{NO_2}{40}, \frac{SO_2}{70}, \frac{CO}{2000}, \frac{O_3}{24}, \frac{PM_{10}}{20}, \frac{PM_{2,5}}{12} \right), \quad (4)$$

где  $\text{NO}_2$  – концентрация азота (IV) оксида (азота диоксид) с периодом осреднения 1 час,  $\text{мкг/м}^3$ ;

$\text{SO}_2$  – концентрация серы диоксида (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ) с периодом осреднения 1 час,  $\text{мкг/м}^3$ ;

$\text{CO}$  – концентрация углерода оксида (окись углерода, угарный газ) с периодом осреднения 8 часов,  $\text{мкг/м}^3$ ;

$\text{O}_3$  – концентрация озона с периодом осреднения 8 часов,  $\text{микрограмм/м}^3$ ;

$\text{PM}_{10}$  – концентрация твердых частиц фракции размером до 10,0  $\text{мкм}$  с периодом осреднения 24 часа,  $\text{мкг/м}^3$ ;

$\text{PM}_{2,5}$  – концентрация твердых частиц фракции размером до 2,5  $\text{мкм}$  с периодом осреднения 24 часа,  $\text{мкг/м}^3$ .

Значения индекса качества атмосферного воздуха, рассчитанные по формуле (4), являются характеристикой загрязнения атмосферного воздуха на расстоянии не более 2 километров от стационарного пункта наблюдений.

Для оценки состояния атмосферного воздуха используются также такие показатели, как количество дней в году, в течение которых установлены превышения среднесуточных ПДК и повторяемость (доля) проб с концентрациями выше максимально разовых ПДК.

### **13.3. Моделирование эксплуатационного состояния транспортных путей под воздействием изменений климата**

Погодно-климатические условия, изменения климата, влияющие на разрушение и ослабление дорожных одежд, учитываются при расчете на проектирование, в существующих моделях лишь косвенно, путем введения коэффициентов запаса прочности или поправочных коэффициентов<sup>45</sup>. Для расчета уровня надежности по предельно допустимым растягивающим напряжениям при изгибе асфальтобетона в практических расчетах применяется формула (5).

$$R_{\text{доп}} = R_{\text{И}} \cdot (1 - 0,1 \cdot t) \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{КН}} \cdot K_{\text{Т}}, \quad (5)$$

где  $R_{\text{доп}}$  – предельные растягивающие напряжения при изгибе, МПа

$R_{\text{И}}$  – прочность асфальтобетона на растяжение при изгибе с учетом повторности действия напряжений, МПа;

---

<sup>45</sup> Значение климатических коэффициентов в Республике Беларусь применялись по ТКП 45-3.03-112 с 2008 г.

$t$  – коэффициент нормированного отклонения, принимаемый с учетом коэффициента надежности ( $t = 1,06-2,19$ );

$K_M$  – коэффициент учета снижения прочности асфальтобетона во времени от действия природно-климатических факторов ( $K_M = 0,7-1,0$ );

$K_{KH}$  – коэффициент учета кратковременности и повторности нагружения на дорогу ( $K_{KH} = 0,7-1,0$ );

$K_T$  – коэффициент учета снижения прочности асфальтобетона в конструкции в результате температурных воздействий ( $K_T = 0,7-1,0$ ).

Колебания температуры асфальтобетона как в течении суток, так и за год могут изменяться в пределах от  $0^\circ\text{C}$  до  $40^\circ\text{C}$  (рис. 28). При климатических условиях, отличных от среднестатистических, вероятность возникновения разрушений увеличивается. Для территории Республики Беларусь наибольшие разрушения возникают в самый холодный период (34 % годового времени), в результате образования трещин при повышенной хрупкости материала, и самый жаркий (11 % годового времени) в результате образования колеи.

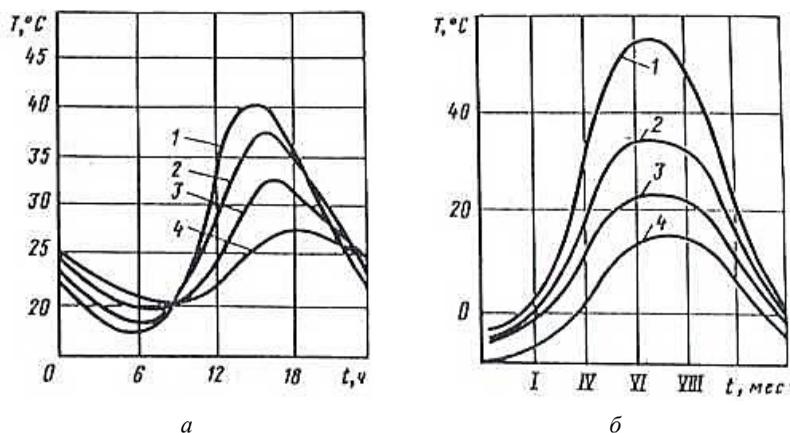


Рис. 28. Изменение температуры асфальтобетона в покрытии в течение суток, летний период (а), в течение года (б) (по данным А. В. Руденского):

1 – на глубине 1 см от поверхности; 2 – на глубине 5 см;  
3 – на глубине 10 см; 4 – на глубине 15 см

Реализация расчета пластических деформаций в виде прогнозирования глубины колеи, по данным исследований ученых Огайского университета (США) и далее, в расчетах Исследовательского

центра аэропорта (Япония), принято в математической модели, учитывающей изменение температуры, по формуле

$$h_k = a \cdot \left( \frac{v_\phi}{v_n} \cdot N \right)^{\left( \frac{\tau}{\tau_{пр}} \right)^c} \cdot T^Q, \quad (6)$$

где  $h_k$  – глубина колеи, мм;

$a$ ,  $b$ ,  $Q$  – параметры модели, являющиеся параметрами напряжённого состояния материала;

$v_\phi, v_n$  – фактическая скорость движения транспортного средства и скорость имитатора нагрузки при испытании, м/с;

$N$  – число приложенных нагрузок, ед.;

$\tau$ ,  $\tau_{пр}$  – касательные напряжения в асфальтобетоне и предельное значение на сдвиг, определяемые в лаборатории, МПа;

$T$  – температура асфальтобетона, °С [31].

В Республике Беларусь Буртылем Ю. В. выдвигается гипотеза о существовании линейной зависимости между сроком службы дорожной одежды и ровностью дорожного покрытия (IRI) нежестких дорожных одежд:

$$IRI = T \cdot R + B, \quad (7)$$

где  $IRI$  – среднегодовое значение ровности на опытном участке, м/км;

$T$  – период наблюдения, лет;

$R$  – коэффициент ежегодного прироста неровностей, м/(км·год);

$B$  – начальная ровность покрытия, м/км.

Характеристика ровности, выраженная в международном показателе ровности  $IRI$  в модели, является интегрирующим показателем комплексного воздействия климата и нагрузки.

Для подтверждения данной гипотезы проведены измерения на 30 опытных участках после выполнения ремонтных мероприятий по устройству слоя асфальтобетонного покрытия. В качестве опытных участков принимались участки с различной интенсивностью движения, дорожной конструкцией и различных областей на республиканской сети дорог. Основным критерием подтверждения взаимосвязности двух величин (времени и ровности покрытия) является коэффициент корреляции.

Допустимый прирост неровностей покрытия ( $R$ ) зависит от типа дорожной конструкции и погодно-климатических факторов. В зависимости от наличия и характеристики источников увлажнения участки дороги разделяются по типу местности и типу дорожной одежды, в соответствии с нормативными требованиями.

Тип дорожной одежды по капитальности соответствует интенсивности движения и на наиболее прочных конструкциях, при существующей интенсивности движения, прирост неровностей меньше чем на конструкциях облегченного типа с меньшей интенсивностью движения. Тип местности по увлажнению влияет на прирост неровностей при глинистых и суглинистых грунтах, на дорогах низких категорий (табл. 30).

Таблица 30

Результаты измерений ежегодного прироста неровностей на дорогах с различными условиями эксплуатации

Интенсивность, расч. авт./сут.	Тип местности по увлажнению	Тип дорожной одежды	Ежегодный прирост неровностей ( $R$ ), мм/м
более 2000	1, 2, 3	капитальный	0,03
1500–2000	1	капитальный	0,05
	2, 3		0,08
1000–1500	1	капитальный	0,08
	2, 3		0,10
800–100	1, 2, 3	капитальный	0,12
	1	облегченный	0,08
	2		0,11
	3		0,13
400–800	1, 2, 3	капитальный	0,06
	1	облегченный	0,01
	2, 3	облегченный	0,12
200–400	1	облегченный	0,15
	2		0,18
	3		0,21

В зарубежных исследованиях для прогнозирования деформаций разработаны модели, учитывающие такие параметры, как напряжения, начальная деформация в материалах, количество приложенных нагрузок, эмпирические параметры уравнений регрессии, полученные в результате испытаний. В табл. 31 приведены некоторые мо-

дели расчета необратимых деформаций ( $\epsilon N$ ) дорожных слоев зарубежных разработчиков.

Таблица 31

Модели прогнозирования деформаций асфальтобетонных дорог

Формула	Параметры формулы	Разработчик, источник
$\epsilon N = a + b \cdot \lg N$	$N$ – количество приложенных расчетных нагрузок, единиц $a, b$ – параметры модели	Barksdale R.D., University of Michigan (Англия)
$\epsilon N = \epsilon l + a \cdot \lg N + b \cdot (\lg N)^2$	$\epsilon l$ – остаточная начальная деформация, возникающая при первом приложении нагрузки, мм; $N$ – количество приложенных расчетных нагрузок, единиц; $a, b$ – параметры модели	Leng J., North Carolina State university (США)
$\epsilon N = A \cdot ((\sigma_1 - \sigma_3) / \sigma_s) \cdot b \cdot (B + \lg N)$	$A, b, B$ – параметры модели, являющиеся постоянными для различных материалов, $\sigma_1, \sigma_3$ – нормальные напряжения по площадкам, МПа, $\sigma_s$ – предельный девиатор напряжений, МПа	Cheung L.W., the University of Nottingham (Великобритания)
$\epsilon N = \epsilon_6 \cdot (NE/106)b \times [E(10^\circ\text{C}) / E(15^\circ\text{C})] \cdot 0.5 \cdot kc \cdot kr \cdot ks$	$\epsilon_6$ – деформация при прохождении 106 циклов нагрузки, мм; $NE$ – количество приложений нагрузки, единиц; $E(10^\circ\text{C})$ – модуль упругости при $10^\circ\text{C}$ ; $E(15^\circ\text{C})$ – модуль упругости при $15^\circ\text{C}$ ; $kc$ – коэффициент для различных типов асфальтобетона (1–1,5); $kr$ – коэффициент вероятности; $ks$ – коэффициент неоднородности грунтов	Petit C., Diakhaté M., Université de Limoges (Франция)
$\epsilon N = (A + m \cdot N) \times (1 - \exp[-B \cdot N])$	$N$ – количество приложенных расчетных нагрузок, единиц; $m, A, B$ – параметры уравнения регрессии	Wolff H., Visser A.

Представленные модели сориентированы в основном на силовые факторы: прочность дорожной конструкции и величину нагрузки (напряжения). Расчетная температура принимается для упругого состояния асфальтобетона в интервале от 10 до 20 градусов. Есте-

ственно, климатические температурные факторы с повышением температуры не учитываются. Таким образом, уязвимость присутствует уже на стадии формирования моделей.

#### 13.4. Социально-экономическое прогнозирование последствий изменения климата

Значение социальной уязвимости состоит из уязвимости территории от опасных явлений и показателей социального развития региона. При оценке социальной уязвимости необходимо учитывать доход населения и уровень здравоохранения, а в частности количество врачей на 10 000 населения и количество больничных коек на 10 000 населения. Указанные показатели выражались в долях единицы. Статистические данные были получены на сайте Национального статистического комитета Республики Беларусь (<https://www.belstat.gov.by/>).

Экономический риск от опасных явлений на определенной территории может быть выражен через формулу [32]:

$$R = A \cdot p \cdot Y, \quad (8)$$

где  $A$  – доля валового районного продукта ВРП (руб.), приходящаяся на одного жителя административной области;

$p$  – вероятность события по статистическим данным;

$Y$  – уязвимость некоторого объекта, подвергающегося воздействию (рис. 29).

Показатель устойчивости к бедствию ( $d_m$ ) – экономическая характеристика, показывающая возможность той или иной пострадавшей территории противостоять бедствию и ликвидировать его собственными силами:

$$d_m = L / GNP, \quad (9)$$

где  $L$  – размер бедствия в денежном выражении;

$GNP$  – валовый региональный продукт (ВРП).

В шкале DIMAK возможно использовать качественные и количественные характеристики бедствия (табл. 32). Количественные характеристики бедствия классифицируются в нарастающем порядке от 1 до 6.

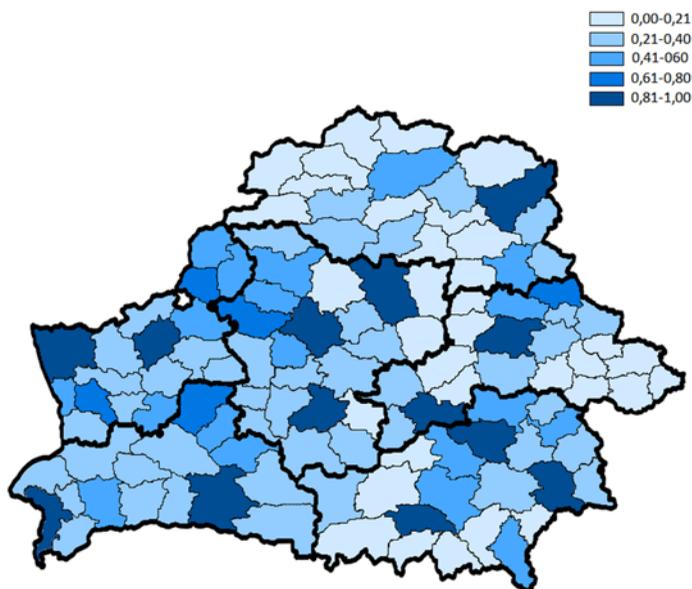


Рис. 29. Уязвимость (Y) от опасных явлений для административных районов Беларуси, выраженный в долях единицы

Таблица 32

### Классификация величин бедствия

Степень бедствия	Термины для качественной оценки	Количественная оценка
1	нет бедствия	<1,0
2	незначительное бедствие	1,0–2,5
3	бедствие	2,5–4,5
4	большое бедствие	4,5–6,0
5	жестокое бедствие	6,0–7,0
6	катастрофа	≥7,0

Шкала DIMAK может использоваться при оценке последствий любого стихийного либо антропогенного бедствия в случае, если проведена оценка санитарных и финансовых потерь. В Беларуси не отмечаются опасных явлений, приводящих к значительным человеческим жертвам, поэтому данный метод интересен, в первую очередь, для оценки экономических потерь от природных и техногенных бедствий.

## 14. АДАПТАЦИИ ОТРАСЛИ «ТРАНСПОРТ» К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА

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 [33]. 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 [34–36]. 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.

Что касается уязвимости транспортных сетей к изменению и изменчивости климата, то различные исследования показали, что:

– 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;

– службы (например, материально-технического обеспечения, доставки и обеспечения безопасности) более чувствительны к климатическим стресс-факторам, чем материальная инфраструктура, поскольку критический уровень непогоды, при котором возможны задержка или отмена услуг, ниже, чем для причинения ущерба инфраструктуре;

– объекты уязвимы для стресс-факторов, возникновение которых относительно маловероятно по сравнению с обычными аномалиями погоды.

Разработка и осуществление планов адаптации и технических мероприятий определяют стратегический выбор, различные подходы к

которому описаны ниже (табл. 33). 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 [36–47].

Таблица 33

Адаптация транспорта на риски климатического воздействия при уязвимости

Уязвимость 	Риски 	Адаптивность или мероприятия по защите (решение) 
1	2	3
<b>ДОРОЖНЫЙ (АВТОМОБИЛЬНЫЙ) ТРАНСПОРТ</b>		
Перегрев двигателей общественного транспорта на малых скоростях без охлаждения обдувом в движении	Выход из строя общественного транспорта, обмороки и тепловые удары пассажиров при длительном воздействии волн тепла	Установка дополнительного оборудования для охлаждения двигателя и салона, обязательный запас воды в салоне
Остановка и поломка транспорта, при высоких температурах и отсутствии воды	Потеря времени пассажиров, потеря скоропортящихся грузов, нарушение условий поставки грузов	Увеличение количества источников воды и мест отдыха на дороге, оборудование транспортных средств локальными холодильными установками
Длительной воздействию тепловых волн на пассажиров и работников транспорта	Обмороки, летальные исходы, снижение работоспособности, ошибки при выполнении работ, повышенный риск сердечных заболеваний	Дополнительное оборудование индивидуальными кондиционерами мест для пассажиров, средствами первой помощи, защита работников от перегрева
Пожароопасная ситуация, лесные пожары, сильная задымленность	Пожары, переход огня на придорожную полосу, возгорание строений и транспорта	Запрещение посещения лесов, сооружение противопожарных канав, дежурство пожарных расчетов
Скорость ветра 18 м/с и более до 38 м/с, штормовой ветер	Повреждение сооружений и транспорта, травмы, прекращение сообщения, дефицит топлива, продуктов, воды	Усиление инженерных конструкций, зданий и сооружений, установка автономных систем питания, водоснабжения, модернизация транспорта

1	2	3
	Вынос автомобиля с проезжей части, травмы, потеря груза, заторы на дорогах	Установка защитных ограждений в незащищенных местах низких насыпей, устройство дополнительных полос движения
	Обрушение световых мачт, знаков, рекламных щитов, обрыв проводов падение деревьев на проезжую часть от порывов ветр	Удаление высокорастущих насаждений и других сооружений на придорожной полосе, оснащение местных дорожных управлений средствами мобильной помощи, сооружение подземных коммуникаций электро-снабжения
Разрушение дорожного покрытия при высоких температурах , обрушение основания дорожных конструкций, провалы транспорта при интенсивных ливнях, размыв гравийных дорог	Повышение количества дорожно-транспортных происшествий, снижение скорости, объезд разрушений по дальнейму маршруту	Ограничение осевой нагрузки и массы перевозимых грузов, строительство бетонных дорог
	Аварийный ремонт дорожной конструкции	Применение новых материалов и сооружений адаптивных для критически высоких или низких температурах Укрепление откосов, устройство насыпей более 3 метров, сооружение кюветов и канав вдоль дороги, применение сборных покрытий на местной сети
Повышение напряжений в несущих конструкциях мостовых сооружений, потеря прочности при штормовом ветре	Разрушение несущих конструкций, осадки пролетных строений , обрушение укреплений	Усиление конструкции мостовых сооружений, проведение ежедневных осмотров в период критических температур, ограничение допустимой массы на мосту и как следствие недогруз транспорта
Ухудшение психоэмоционального состояния водителя, т. к. резкое изменение температуры вызывает изменение реакции организма	Снижение внимания на дороге, повышенная аварийность, ДТП, необходимость в медицинской помощи	Предупреждение водителя об опасных климатических явлениях на дороге, корректировка набора медикаментов в аптечке водителя

1	2	3
Опрокидывание строительной и погрузочной техники на участках штормового ветра скоростью более 38 м/с	Прекращение движения строительной техники на участках штормового ветра, увеличение сроков ремонта	Применение тяжелой техники повышенной проходимости, специальной конструкции с автономными системами питания
Интенсивные ливни, повышение уровня воды	Разрушение малых и средних мостов, разрушение водопропускных сооружений	Наращивание высоты опор мостов, устройство водоотводных канав, регуляционных дамб
	Перегрузка дренажных и водоотводных систем, затопление улиц населенных пунктов,	Расширение водоотводных систем, использование дорожного материала который в случае сильных дождей эффективнее поглощает или отталкивает воду
	Разлив рек или озер, затопление придорожной полосы	Устройство паромных переправ, наплавных мостов и создание резерва плавсредств
Песчаные бури, пыль и засуха	Попадание песка в узлы автомобиля, салон и фильтры. Затруднение дыхания пассажиров	Защита конструкции автомобиля, посадка защитных устройств к засухе деревьев вдоль дороги
Горящие торфяники, осушение болот	Снижение видимости до 100 метров, аварийность, закрытие движения	Разработка водных скважин с высокой периодичностью, установка насосов, прокладка каналов от скважины к скважине
<b>ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ</b>		
Воздействие солнечной радиации высокие температуры	Значительная протяженность участков разрушения стыковки рельс, изменение геометрии рельс, сход с рельс подвижного состава	Применение автоматизированного контроля деформирования, предварительный проезд тестового транспорта по маршруту следования
Провисание проводов сигнализации и связи вдоль путей и на переездах от воздействия высоких температур	Остановка движения, поражение электричеством	Использование материалов в проводах с высоким уровнем стойкости к нагреванию

1	2	3
Перегрев и выход из строя устройств блокировки, управления сигналами, систем автоматизации	Самопроизвольная смена сигнала светофора, столкновение и крушение поездов	Изоляция элементов управления в термостойкие материалы, перекладка в подземные тоннели, установка солнечных батарей
Тепловой удар у пассажиров и работников транспорта, повышенный риск сердечных заболеваний	Обмороки, летальные исходы, снижение работоспособности, ошибки при выполнении работ	Дополнительное оборудование индивидуальными кондиционерами мест для пассажиров, средствами первой помощи, защита работников от перегрева
Повышения уровня воды, затопление тоннелей, линий метрополитена	Разрушение инфраструктуры транспорта метро, обрушение тоннелей, длительное закрытие перевозок	Установка дополнительных насосных мощностей
Повышения уровня воды, затопление тоннелей, линий метрополитена	Размыв основания железнодорожных путей, подъездных дорог	Расширение основания путей с укладкой дренарующего материала, устройство водоотводных канав, ограждение складов
Обрыв проводов вызванный штормовым ветром, завалы путей	Прекращение обеспечения электричеством, выход из строя систем автоматического контроля	Устройство защитных сооружений, повышение надежности крепления систем электросвязи, установка ветровых генераторов для работы автономных систем жизнеобеспечения
Выветривание укрепительных откосов дорог и мостов	Разрушение и просадки основания путей	Укрепление откосов сборными плитами, органо-минеральными материалами, усиление опор
Горящие торфяники, осушение болот	Снижение видимости до 100 метров, аварийность, закрытие движения	Разработка водных скважин с высокой периодичностью, установка насосов, прокладка каналов от скважины к скважине
<b>ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ</b>		
Повреждение радиолокационных приборов от перегрева или от ветра скоростью более 18 м/с	Сбой в управлении взлетом/посадкой воздушных судов, высокая вероятность крушений	Модернизация навигационного оборудования, защита коммуникаций в специальные корпуса, усиление опор
Увеличение облачности и снижение видимости при высоких температурах	Ограничение полетов, увеличение высоты полета, повышение расхода топлива, снижение массы полезного груза	Модернизация парка самолетов, повышение требований к технологическому обслуживанию, разработка дополнительных мер безопасности полетов

1	2	3
Повышение расхода топлива и износ оборудования, вызванные сильным ветром	Сокращение протяженности полетов, аварийные условия посадки	Увеличение длины и ширины посадочной полосы, защита двигателей, увеличение емкости топливных баков
Интенсивные ливни, повышение уровня воды	Размыв конструкций взлетно-посадочных полос	Устройство дренажных перманентных труб вдоль полосы, углубление ливневой канализации
Уменьшение подъемной силы и тяги двигателей при высоких температурах	Выход из строя двигателей, ограничение полетов, повышенный расход топлива	Удлинение взлетно-посадочной полосы, дополнительные емкости для топлива
<b>ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ</b>		
Снижение уровня воды вследствие засухи	Повреждение кораблей, паромов, потеря груза, дискомфорт пассажиров	Углубление русла фарватера судоходных путей, устройство волнорезов
	Швартовка затруднена, осушение прибрежных мест, возможна посадка на мель	Возведение дополнительных причалов, мест погрузки грузов
Интенсивные ливни, повышение уровня воды	Размыв внутриворотных дорог и прибрежных сооружений, затопление складских помещений	Сооружение защитных дамб и ирригационных сооружений
Уменьшение высота прохода под мостами при наводнениях	Повреждение мостов, закрытие водных маршрутов	Применение конструкции разводных мостов на участках прогнозируемого подтопления
Сильный штормовой прибрежный ветер	Падение кранов и грузов при сильном ветре в портах	Сооружение защитных сооружений, усиление крепления оборудования, перевозка грузов в закрытых контейнерах
Сильный штормовой прибрежный ветер	Снижение видимости сигнальных систем оповещения	Столкновения, наезд на препятствие, транспортные катастрофы

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 [48–55].

Путем систематического анализа информации о текущих и имевших место в прошлом погодных явлениях [56], установления пороговых критериев и соотнесения их с устойчивостью систем можно предположить уровень уязвимости инфраструктуры с целью обеспечения первоочередного финансирования наиболее уязвимых объектов (табл. 34).

Таблица 34

Чувствительность инфраструктуры в отрасли «Транспорт»

№	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	

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 [57–66].

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 инже-

нерно-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.

Общие требования к выбору стратегии адаптации:

– 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;

– 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;

– возможные последствия изменения климата следует рассматривать на ранних этапах планирования и учитывать в оценках рисков и факторов уязвимости [67–69]. В рамках будущих проектов вопросы, связанные с изменением климата, необходимо принимать во внимание уже на стадии проектирования объектов и планирования обслуживания.

## 15. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, РИСКОВ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ В ОТРАСЛИ «ТРАНСПОРТ»

Общая тенденция уязвимости транспорта связана с устойчивой транспортной системой, проектирование которой выполнялось на нагрузку не предусматривающую корректировку от последствий изменения климата. Строительство новых маршрутов передвижения в будущем не предусмотрено в больших объемах и существующая сеть дорог и путей требует серьезного усиления. Как общий результат воздействия изменения климата – это массовые заторы на дорогах, подъездных путях. Ликвидация последствий воздействия климата на транспортных маршрутах затруднительна, поскольку сами пути и дороги являются средством для передвижения ремонтно-спасательных бригад. Общая схема анализа отраслевых «цепочек воздействия» для отрасли «Транспорт» для Республики Беларусь приведена на рис. 30.

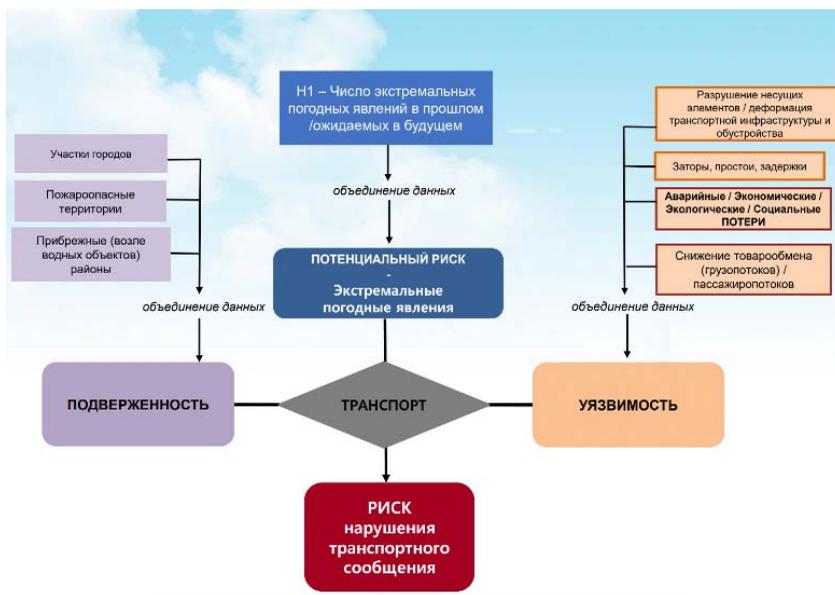


Рис. 30. Общая схема анализа отраслевых «цепочек воздействия» для отрасли «Транспорт»

Так, согласно возможному развитию событий по европейским оценкам, дополнительные ежегодные издержки на ремонт дорог к 2040 году будут составлять около 60 млн. евро/год, до 2040 г. по нарастающей в среднем по 5 млн. евро/год.

### 15.1. Дорожный транспорт

**Высокие температуры** приводят к разрушению дорожных покрытий и инфраструктуры в связи с изменением свойств материалов. Усадка основания сооружений в транспортной системе, разрушение несущей части дорог и путей, происходящие от жары, вызывают дополнительные затраты на ремонт дорог и сооружений. Высока вероятность провисания контактных проводов, выхода из строя трансформаторов, освещения для инженерных сооружений объектов сервиса на дорогах.

Повышение температуры вызовет усиленное нагревание материалов дорожных конструкций и сооружений. К примеру, за период 2010–2020 гг. наблюдалось стабильное увеличение колеи на асфальтобетонном покрытии при устойчивом транспортном потоке, которое составляло около 5–7 % ежегодно<sup>46</sup>. Межремонтные сроки сократятся, увеличив стоимость эксплуатации дорог и улиц. Так как межремонтные сроки службы зависят от уровня надежности по формуле  $K_n = 1 - r$ , где  $r$  – площадь дефектов, то с увеличением дефектов покрытия и сооружений от воздействия температурных факторов соответственно снижается и уровень надежности. Снижение уровня надежности приводит к сокращению срока службы, что увеличивает количество ремонтов<sup>47</sup>. Частота проведения работ по техническому обслуживанию транспортной инфраструктуры скажется на бюджетах владельцев дорог и транспортных путей. Например, согласно проведенным исследованиям, дополнительные ежегодные издержки, связанные с усовершенствованием укрепленного органическими вяжущими верхнего слоя асфальтобетонного покрытия с учетом разных температурно-климатических сценариев, в 27 странах

---

<sup>46</sup> Отчет о результатах диагностики республиканских дорог, 2010–2016 гг., РУП «Белдорцентр».

<sup>47</sup> ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

ЕС в 2040–2070 годах будут составлять 38,5–135 млн. евро, а в 2070–2100 годах – порядка 65–210 млн. евро<sup>48</sup>.

Ухудшение условий проезда приводит к снижению объемов перевозок и увеличению сроков доставки грузов и перевозки пассажиров. Высокие температуры ухудшают условия перевозки пассажиров; в транспортных средствах без кондиционеров возрастает опасность ухудшения здоровья, особенно для пассажиров из уязвимых групп населения. При перевозке как грузов, так и пассажиров ухудшается также психоэмоциональное состояние водителей. Увеличение температуры повышает количество потребляемой энергии на охлаждение в городском и международном транспорте, включая фуры для перевозки грузов.

При формировании маршрутов перевозки и вводимых ограничений на дорогах в результате повышения температуры, возможны весовые ограничения для грузовых перевозок (необходимость изменения маршрутов, простои и т. д.). Постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 1 марта 2021 г. № 4 введены временные ограничения на грузок на оси транспортных средств, самоходных машин в отношении республиканских автомобильных дорог общего пользования в летний период – при дневной температуре воздуха выше 25 °С допускается максимальная нагрузка на одиночную ось не более 6 тонн<sup>49</sup>. На основании Указа Президента Республики Беларусь от 19 июня 2019 г. № 239 рассчитывается стоимость перегруза как ущерб или недогруза как потери перевозчиков в случае вынужденного ограничения осевой нагрузки менее максимально допустимой.

Высокие температуры вызывают необходимость корректировки работы по обслуживанию транспортных систем. Высокие температуры приводят к повышению нагрузки на автомобили, что вызывает дополнительные затраты на ремонт и приводит к вынужденной остановке транспорта. Перегрев двигателей и системы охлаждения на низких скоростях в населенных пунктах вызовет поломку систем охлаждения и заторы на дорогах.

---

<sup>48</sup> 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, Luxembourg.

<sup>49</sup> Постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 1 марта 2021 г. № 4

Увеличение количества осадков способно повлиять на состояние автомобильных дорог. Ущерб может возникать непосредственно во время погодных явлений, пусть даже краткосрочных, что потребует мер экстренного реагирования, а также при длительном увлажнении, которое вызовет разуплотнение основания конструкций. Сильные дожди приводят к размыву насыпей и откосов вдоль дорог, обмыванию мостов, подтоплению отдельных участков дорог. Размывание обочин влияет на геометрию дорог, изменяя их пропускную способность. Под воздействием обильных дождей на значительной территории Витебской области в 2020 году верхний 10-сантиметровый слой почвы оставался сильно и избыточно увлажненным, что привело к размыву несущих конструкций подъездных дорог и мостов. На многих участках дорог это привело к прекращению транспортного сообщения, разрушению вспомогательных дорог, в том числе внутрихозяйственных дорог с не укрепленным покрытием. Дополнительное устройство дренажных систем потребует конструктивного переустройства инженерных сооружений. Увлажнение дорожного покрытия приводит к снижению коэффициентов сцепления, снижая безопасность дорожного движения и увеличения тормозного пути. Ухудшается видимость на дорогах, что затрудняет движение и снижает безопасность дорог. Сильные дожди также приводят к повреждению дорожных конструкций (например, указателей, светофоров и т. д.). Сильные дожди оказывают негативное воздействие на условия перевозки грузов и приводят к заливанию дренажных слоев дорожной конструкции.

Рост температуры в зимнее время приведет к увеличению количества циклов замораживания-оттаивания, что скажется на увеличении неровностей и выбоин на дорогах и поверхностях мостов. Это приводит к увеличению затрат на техническое обслуживание и снижение безопасности дорог. В многочисленных исследованиях экспериментально установлено, что при начальных циклах попеременного замораживания и оттаивания (после 30–50 циклов) прочность асфальтобетонных образцов уменьшается на 5–9 % [9]. По данным многолетних наблюдений метеорологических станций Белорусского Республиканского гидрометеорологического центра, среднее число дней с переходом температуры через 0 °С по республике составляет 60–70 дней [11]. В настоящее время отдельных наблюдений и анализа тенденций по количеству внутрисуточных переходов через ноль не

проводилось, что требует дополнительных исследований, с учетом важности данного показателя для сектора «Транспорт».

Снижение продолжительности зимы, холодных дней и сильных морозов положительно отразится на состоянии дорожного полотна. Такие негативные воздействия низких температур, как увеличение прогрева и запуска автомобилей, деформация и разрушение дорожной одежды в виде бугров и сетки трещин возникают в результате пучинообразования, снизятся.

Такое атмосферное явление как гололедица – очень актуально для сектора «Транспорт». Прогнозов по этому атмосферному явлению нет. Однако при планировании сектора учет данного атмосферного явления важен. Гололедица снижает сцепные качества дорожного покрытия по сравнению с сухим в 5–10 раз, увеличивая тормозной путь. Снижение сцепления колес автомобилей приводит к опрокидыванию автомобилей, столкновениям, наездам на препятствия и т. д. Скорость автомобильного движения в условиях гололедицы существенно снижается. Все это приводит к увеличению расхода топлива. Себестоимость перевозок возрастает примерно в 2–2,5 раз. Согласно Инструкции о порядке применения норм расхода топлива для механических транспортных средств, машин, механизмов и оборудования, утвержденной постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 31 декабря 2008 года № 141, повышение нормы расхода топлива осуществляется при эксплуатации автомобиля в условиях сезонной распутицы, снежных заносов, при сильном снегопаде, гололедице<sup>50</sup>. Расход топлива в гололедицу законодательно может быть увеличен на 35 %. Увеличивается количество реагентов для обработки дорог и растет количество ДТП на дорогах в 2–3 раза. Стоимость ДТП по европротоколу в Беларуси составляет до 800 дол. США<sup>51</sup>. В среднем количество ДТП в сутки составляет 30–40 аварий, при увеличении ДТП при гололеде в 2 раза, ориентировочные потери составят в эквиваленте до 10 тыс. дол. США ежедневно.

---

<sup>50</sup> Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь № 141 от 31.12.2008 «О применении Инструкции о порядке применения норм расхода топлива».

<sup>51</sup> Указ Президента Республики Беларусь от 11 мая 2019 г. № 175 «О страховании»

Негативное воздействие сильных ветров, связанное со снижением устойчивости автомобилей и повреждением дорожных конструкций (в том числе указателей, светофоров, перекрытий мостов и т. д.), будет сокращаться. Однако, разовые ситуации краткосрочного воздействия на транспорт сильных ветров (20 м/с и более) за последние 10 лет увеличиваются. Ослабление ветра также негативно сказывается на отрасли «Транспорт», особенно для дорожного транспорта. В результате отсутствия возможности перемещения воздушных масс концентрация загрязнения воздуха увеличивается в несколько раз. Сложность дыхания пассажиров, смог и снижение видимости являются негативными последствиями. Это связано с отрицательным изменением климата – малоподвижными длительно существующими областями высокого давления, которые чаще всего называют стационарными или блокирующими антициклонами. Следует отметить, что новое для Беларуси явление локального (стационарного) антициклона, возникающее с высокой периодичностью за последние 10 лет, мало изучено.

Туманы снижают видимость на дорогах, а при значительных количествах дней с облачностью (особенно в лесных массивах) снижает восприятие человеком предметов аналогично как при сумеречном времени суток. Длительная облачность в свою очередь увеличивает время реакции водителя в среднем от 2 секунд до 3 секунд.

Количество дней со снежным покровом и высота снежного покрова имеют тенденцию к снижению, поэтому негативное воздействие (заторы и скопления транспорта, увеличение расходов на обслуживание дорог) снизится. Прогнозов по снегопадам нет.

Вследствие длительной засухи возникают лесные пожары и горение торфяников. Лесные пожары и горение торфяников приводит к нарушению видимости на дорогах, а также усложняет дыхание пассажиров и водителей, особенно для дорожного транспорта. Схема анализа отраслевых «цепочек воздействия» для подотрасли «Дорожный транспорт» для Республики Беларусь приведена на рис. 31.



Рис. 31. Схема анализа отраслевых «цепочек воздействия» для сектора «Дорожный транспорт»

## 15.2. Железнодорожный транспорт

Повышение среднегодовой температуры воздуха негативно проявится и приведет к деформации стальных путей; снижению прочности несущих элементов путей при нагревании и сбоям в работе сигнальных систем. Увеличение частоты периодов с максимальными температурами («волн жары») только усилит негативный эффект на железнодорожный транспорт и будет приводить к деформации рельсов, провисанию проводов связи и служб сигнализации, а также потребует дополнительное энергопотребление на охлаждение. Высокие температуры могут вызывать перегрев транспортных узлов и конструкций, что может привести к повреждению вагонов. Негативно скажется повышение температур и на комфортности проезда для пассажиров: увеличение температуры в вагонах приводит к дискомфорту и требует дополнительного охлаждения. Кроме того, проведение ремонтных работ в жаркие дни ухудшает условия работы и требует изменения графика работы.

Увеличение количества осадков, в том числе возможные сильные ливни, может привести к повреждению и замыканию контактных сетей, разрушению и подтоплению мостов и путепроводов, подтоплению и смещению рельсов, размыву насыпей и откосов вдоль железнодорожных путей.

В связи с уменьшением ветровой нагрузки улучшатся условия работы железнодорожного транспорта: снизится количество случаев повреждения линий электропередач, поваленных деревьев на пути, условия перевозки грузов.

Для железнодорожного транспорта отмечается также негативное воздействие такого атмосферного явления, как обледенение. Отдельных исследований для определения прогнозов изменения не проводилось. Однако, учитывая, что количество переходов через ноль увеличивается при повышении температуры воздуха, в зимнее время увеличивается количество жидких осадков, можно предположить, что воздействие может увеличиться. Может увеличиться количество случаев обледенения контактной сети и рельсов.

В рамках проекта «EWENT» были оценены среднегодовые издержки для железнодорожного транспорта в Европе, 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, но расходы по адаптации к климату к 2050 году прогнозируется увеличить до 45–55 млрд. евро.

### **15.3. Речной транспорт**

Повышение средней температуры воздуха окажет воздействие на уровень воды в реках, что приведет к повышению затрат на содержание и изменение прибрежной инфраструктуры. Низкий уровень воды приведет также к ограничению навигации на прибрежных маршрутах. Выброс судов на берег, ограничение речного судоходства, повышение технических требований к судам с точки зрения безопасности потребует дополнительных финансовых затрат. Обмеление рек, посадка на мель грузовых большегрузных судов сократит некоторые виды перевозок или весовой предел загрузки. Некоторые суда не смогут подойти к местам разгрузки и потребуются возводить новые причалы и места швартовки. Например, в Гродненской области, по причине продолжительных высоких темпера-

тур, в 2020 году уже снизился уровень воды судоходных рек по сравнению с 2010 г., что существенно повлияло на объемы перевозок для внутренних путей между промышленными предприятиями

Увеличение количества осадков, в том числе возможные сильные ливни, могут привести к подтоплению прибрежной инфраструктуры (портовые и складские сооружения), а также ухудшить условия навигации. Снижение габарита под мостом при поднятии воды окажется недостаточно для пропуска судов.

В связи с уменьшением ветровой нагрузки улучшаются условия выгрузки и транспортировки грузов. Для речного транспорта отмечается также негативное воздействие такого атмосферного явления как обледенение. Может увеличиться количество случаев повреждения конструкций дока и визуальных навигационных средств. Обледенение систем навигации и швартовки приводит к риску сброса груза при перегрузке. Паромные переправы, имеющиеся в Беларуси, обладают высокой степенью риска повреждения при передвижении транспорта и пассажиров.

Увеличение продолжительности лета и снижение продолжительности зимы имеют положительное влияние на водный транспорт: увеличивается продолжительность сезона навигации.

#### **15.4. Воздушный транспорт**

Авиация подвержена влиянию метеорологических явлений не только на земле, но и на высотах вплоть до верхней тропосферы и нижней стратосферы. Более высокие температурные максимумы («волны тепла») на уровне земли приводят к значительному уменьшению плотности воздуха, снижая подъемную силу на крыльях вылетающего самолета. Такое снижение подъемной силы может иметь серьезные последствия для взлетных характеристик самолета, когда большие высоты или короткие взлетно-посадочные полосы ограничивают грузоподъемность или даже эффективность используемого топлива. Увеличение количества жарких дней и «волн тепла» приводит к ограничению по взлетному весу, что, в свою очередь, увеличивает количество и частоту используемых авиационных судов при одинаковом количестве перевозимого груза. Увеличение количества судов может привести к увеличению шумового воздействия в связи с ограничением грузоподъемности самолетов. Высокие темпе-

ратуры приводят также к повреждению конструкций взлетно-посадочных полос / рулежных дорожек.

Высокие температуры повышают требования по охлаждению аэропортов, что приводит к увеличению нагрузки на местные коммунальные службы, включая водоснабжение и электроснабжение (для охлаждения).

Повышение средней температуры воздуха может привести к: повреждению радиолокационных приборов; снижению запаса прочности высокоточного оборудования и ухудшению условий перемещения судов в результате увеличения облачности и снижению видимости.

Увеличение количества осадков, в том числе возможные сильные ливни, оказывают негативное воздействие на воздушный транспорт и приводят к подтоплению и ослаблению конструкций взлетно-посадочных полос / рулежных дорожек и повреждению конструкций и оборудования аэропорта (недостаточная пропускная способность дождевой канализации); задержке и/или сокращению полетов; повреждению терминалов и навигационного оборудования и снижению сцепления с взлетно-посадочной полосой. Повреждение сетей снабжающих организаций может привести к отказу электроснабжения.

Снижение скорости ветров имеет смешанный эффект: с одной стороны, снижаются неблагоприятные условия, которые могут привести к изменению условий взлета и посадки, оптимальных маршрутов; с другой стороны, минимальное или отсутствие перемещения воздушных масс увеличивают облачность на средних высотах и повышает опасность маневрирования, взлета/посадки воздушных судов. В Беларуси высокая облачность сохраняется длительный период и не только при снижении скорости ветра, а также сезонно в течении всего года.

Тенденция увеличения среднегодовой температуры и влажности при более активной динамике потока указывает на повышенную вероятность появления условий, благоприятных для **обледенения** (данных по тенденциям изменения в настоящее время нет, требуются дополнительные исследования). Благодаря повышенным температурам они также приводят к распространению вверх верхней границы слоев обледенения. Обледенение самолета традиционно считается проблемой для гражданской авиации, и в частности, для местных авиалиний, самолеты которых имеют ограниченную мощность дви-

гателей и несовершенные противообледенительные устройства. Все это приводит к дополнительному использованию противообледенительных средств для самолетов и взлетно-посадочных полос, а также снижению пропускной способности аэропортов.

Еще одним негативным погодным фактором являются туманы (прогноза данного атмосферного явления нет), которые снижают видимость, что осложняет взлет и посадку самолетов. Непрерывная продолжительность туманов составляет обычно от нескольких часов до нескольких суток, особенно в холодный период года.

Сокращение холодных дней и морозных дней благоприятно влияет на работу воздушного транспорта: снизятся случаи отказа работы оборудования, улучшаться условия работы обслуживающего персонала в зимний период.

Засухи для воздушного транспорта имеют смешанное значение: негативное воздействие связано с высокой пожароопасностью прилегающих территорий и снижение видимости и комфорта пассажиров, положительное – отсутствие наземных проблем инфраструктуры, вызванных засухами.

Для транспортной сети чувствительна любая локальная чрезвычайная ситуация или опасные явления, которые прерывают работоспособность отрасли на всем отрезке следования. Наиболее чувствительны для транспорта являются такие экстремальные явления как сильные ветра, аномальная жара, снегопады, а также вероятное увеличение случаев гололеда в связи с ожидаемым увеличением в холодное время количества жидких осадков.

Для целей выявления направленности первоочередных мер по адаптации к климатическим рискам необходима информация о различии величины таких рисков в пространственном (например, в разрезе областных/районных энергосистем) либо временном (состояние в настоящее время – состояние в будущем) измерении. В данных целях можно воспользоваться стандартизированной методикой оценки рисков, предложенной Германским обществом по международному сотрудничеству (GIZ).

Количественный анализ цепочек взаимодействия (рис. 30, 31) можно оценивать по пяти критериям для всех подотраслей системы «Транспорт» (табл. 35)

Таблица 35

## Уровень климатической уязвимости

Уровень (LEVEL)	Количественный показатель	Значение
Не опасный	Экономические потери транспорта	до 10 %
Допустимый	Снижение грузоперевозок	до 30 %
Предельный	Повреждение инфраструктуры	до 50 %
Плохой	Прекращение перевозок	до 80 %
Опасный	Разрушение инфраструктуры	более 50 %

## 16. АНАЛИЗ АДАПТАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТРАСЛИ «ТРАНСПОРТ»

Меры адаптации должны учитывать будущее среднее состояние климата, а также локальные и региональные экстремальные явления. 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.

Разработка и осуществление адаптационных мер и технических мероприятий определяется стратегическим выбором. Видится несколько вариантов адаптации. **Вариант «бездействия»** (т. е. решение пойти на риск, не планируя и не осуществляя соответствующих мероприятий по адаптации) в краткосрочной перспективе может принести экономию, однако в среднесрочной и/или долгосрочной перспективе может повлечь за собой значительные расходы. **Вариант «оптимальная адаптация»** возможен при реализации всех мер, уже заложенных в государственные отраслевые программы, программы инновационного развития. **Вариант «расширенная адаптация»** подразумевает планирование и реализацию мер адаптации к изменениям климата для отрасли в дополнение к уже закрепленным в государственных программах и планах.

Один из ключевых вопросов выбора стратегии заключается в том, что адаптационные меры должны быть рассчитаны не только на активное преодоление существующих 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 транспортных путей.

### 16.1. Дорожный транспорт

Меры адаптации могут включать, например: установку дополнительного оборудования для охлаждения двигателя, грузов и салона;

наличие обязательного запаса воды в салоне, увеличение количества источников воды и мест отдыха вдоль трасс; усиление инженерных конструкций, зданий и сооружений, установку автономных систем питания, водоснабжения; модернизацию транспортных средств; установку защитных ограждений в незащищенных местах низких насыпей, устройство дополнительных полос движения, возможностей объезда в случае разрушения сооружения; применение новых материалов и сооружений, адаптивных для критически высоких температур; усиление опор мостовых сооружений, проведение ежедневных осмотров состояния мостов в период критических температур; предупреждение водителей об опасных климатических явлениях на дороге, корректировку набора медикаментов в аптечке водителя; расширение и повышение эффективности водоотводных систем; устройство паромных переправ, наплавных мостов и создание резерва плавсредств для мостов с высоким риском обрушения и уровня коммуникационной значимости; посадку лесозащитных полос вдоль дорог с использованием устойчивых к засухам древесных и кустарниковых видов; повышение стандартов проектирования транспортной инфраструктуры для обеспечения устойчивости к изменяющимся климатическим условиям, включая улучшение городской канализации и строительных норм и повышение информированности и подготовленности операторов, оказывающих услуги перевозки грузов и пассажиров, совместную разработку стратегий оказания услуг и т. д.

## 16.2. Железнодорожный транспорт

Возможные меры адаптации могут включать: предупреждающее обследование сетей и применение автоматизированного контроля деформирования сетей; дополнительное оборудование кондиционерами мест для пассажиров, оснащение средствами первой помощи и т. д.; усиление основания путей с укладкой дренирующих материалов, устройство водоотводных канав, усиление опор и т. д. Подпрограмма **«Железнодорожный транспорт» Государственной программы «Транспортный комплекс» на 2021–2025 гг.** предусматривает мероприятия по развитию инфраструктуры железнодорожного транспорта, электрификации железнодорожных участков и модернизации систем электроснабжения, обновление подвижного состава, развитие информационно-управляющих систем, подготовке и переподготовке кадров.

### 16.3. Речной транспорт

Меры адаптации могут включать технические мероприятия: углубление русла фарватера судоходных участков рек, сооружение защитных сооружений, реконструкция портовой инфраструктуры; мероприятия, направленные на улучшение качества перевозки грузов – усиление креплений, перевозка грузов в закрытых контейнерах; информационные – например, моделирование зон затопления и т. д. Подпрограмма «Внутренний водный и морской транспорт» **Государственной программы «Транспортный комплекс» на 2021–2025 гг.** предусматривает меры по обновлению (реновации) судов, созданию (реконструкции) портовой инфраструктуры, выполнение путевых работ на внутренних водных путях и т. д.

### 16.4. Воздушный транспорт

Возможные меры адаптации включают модернизацию оборудования (в том числе модернизацию навигационного оборудования и т. д.), техническое переоснащение парка самолетов, дополнительные меры по защите двигателей, увеличение емкости топливных баков, технические мероприятия по увеличению длины и ширины посадочных полос, устройство дренажных труб вдоль полос, углубление ливневой канализации. Реализация мер потребует также изменение технических нормативов и проведение информационно-образовательных мероприятий. В рамках подпрограммы «Гражданская авиация» **Государственной программы «Транспортный комплекс» на 2021–2025 гг.** предусматриваются меры по обновлению (увеличению) парка воздушных судов, реконструкции взлетно-посадочных полос, техническому переоснащению авиационных организаций, обновлению средств аэронавигационного и радиолокационного обеспечения, средств связи и т. д. В случаях крупномасштабных бедствий авиация, возможно, является единственным надежным средством реагирования и оказания помощи. Поэтому в рамках мер адаптации и управления рисками особое внимание необходимо обратить на укрепление инфраструктуры авиации для обеспечения надежного и устойчивого механизма оказания помощи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 при различных сценариях изменения климата, с тем чтобы выявить зоны с высоким риском затопления.

Первичный анализ уязвимости транспортного сектора возможен и в отсутствие подробных данных о будущих климатических изменениях 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. В силу взаимосвязанности и взаимозависимости национальных экономик в рамках глобальной торговой системы во внимание следует принимать также особые потребности стран-соседей.

Следует отметить, что в транспортном секторе Республике Беларусь объем мер, направленных на адаптацию к климатическим воздействиям, является недостаточным. Такие меры, даже если они и предпринимаются, следует рассматривать скорее, как разовые и спонтанные, а не как мероприятия в рамках системной деятельности.

Наиболее уязвимые места транспортной системы – это инфраструктура: мосты, переправы, дороги с высокой интенсивностью движения и особенно городские улицы. Обрушение транспортной инфраструктуры существенно скажется на других отраслях: прекратится снабжение, вывоз/ввоз продукции, доставка людей и помощи. Поэтому меры адаптации в транспортной отрасли необходимо формировать для различных сценариев воздействия климата и на различный временной период.

Нельзя недооценивать потенциальный рост дорожно-транспортных происшествий, рост травматизма и смертности при авариях на дорогах, вызванных погодными явлениями, которые мгновенно приводят к транспортным коллапсам, что в последствии расширяет об-

ласть уязвимости не только транспортной отрасли, но и многих других отраслей.

Направления государственных программ, связанных с экологией, выражены в первую очередь в стремлении к снижению антропогенного влияния на климат, но в меньшей степени применимы для адаптации отрасли к последствиям климатических изменений.

Адаптация транспорта к тепловому воздействию на человека и механизмы в настоящее время не предусмотрена в обширном планировании перевозок. Существующие машины и механизмы, автомобили, поезда, а также системы водо- и электроснабжения уязвимы даже при краткосрочных климатических опасных явлениях.

В целом, большинство научных исследований, проводимым в транспортной отрасли направлено на решение уже существующих проблем безопасности и транспортировки, но при этом проводится недостаточная работа по прогнозированию и предупреждению экологических проблем, решение которых не рассматривается совместно с техническими решениями при проведении исследований.

Недостаточно внимания уделяется вопросам автономности питания транспорта в случае нарушения функционирования основных систем и объектов сервиса на маршруте следования, а также использования возобновляемых источников энергии. Также не предусмотрены дублирующие комплексы, которые должны обеспечивать жизнеобеспечивающие функции транспорта. Поэтому трансформация транспорта, как средства передвижения, в систему автономного многофункционального управления жизнедеятельностью поможет адаптироваться даже при длительных негативных воздействиях.

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.

Основной эффективной системы реагирования на природные угрозы транспортному сектору могут стать интегрированные на национальном и международном уровнях базы оцифрованных сетевых данных, име-

ющие продуманную структуру и включающие информацию о проблемных участках и происшествиях, планы управления и обслуживания, а также модели управления имуществом. Такие базы данных нужны 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.

Возможные последствия изменения климата следует рассматривать на ранних этапах планирования и учитывать в оценках рисков и факторов уязвимости. Вопросы и проблемы, связанные с изменением климата, необходимо принимать во внимание уже на стадии проектирования объектов и планирования обслуживания.

Можно выделить некоторые барьеры на пути разработки и реализации мер адаптации: (1) отсутствие подтверждения экономической эффективности адаптационных мер (высокая вероятность); (2) кратко- и среднесрочное планирование бюджета (высокая вероятность); (3) продолжительные сроки по изменению стандартов проектирования и внедрения их в практику (весьма вероятно); (4) отсутствие требований и практики разработки оценки климатических рисков для проектов и отрасли (высокая вероятность); (5) существующая практика принятия решений без учета климатических изменений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О государственной программе «Транспортный комплекс» на 2021–2025 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 марта 2021 г., № 165 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2021. – № 5/48904.

2. Об автомобильном транспорте и автомобильных перевозках: Закон Республики Беларусь от 14 августа 2007 г. № 278-3 (с изменениями и дополнениями) // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2007. – № 2/1375.

3. О дорожном движении: закон Республики Беларусь от 5 января 2008 г. № 313-3 (с изменениями и дополнениями) // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 2/1410.

4. Воздушный Кодекс Республики Беларусь от 16 мая 2006 г. № 117-3 (с изменениями и дополнениями) // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2006. – № 2/1214.

5. Кодекс внутреннего водного транспорта Республики Беларусь от 24 июня 2002 г. № 118-3 (с изменениями и дополнениями) // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2002. – № 2/867.

6. Закон Республики Беларусь «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности» от 2 декабря 1994 г. № 3434-XII (с изменениями и дополнениями) // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2001. – № 2/463.

7. Стратегия научно-технического и инновационного развития в области охраны окружающей среды и устойчивого использования природных ресурсов на 2021–2025 годы / ОДОБРЕНО решением Научно-технического совета Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 15.04.2020 № 4 Утверждено Первым заместителем Министра природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь Б. К. Пирштук 15 апреля 2020 года / Минприроды, Мн.: 2020. – 16 с.

8. Регламент (ЕС) 2020/1054 Европейского парламента и Совета от 15 июля 2020 г. [Electronic resource]. – Mode of access : [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2020.249.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2020:249:TOC](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2020.249.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2020:249:TOC). – Date of access : 10.08.2021.

9. Регламент (ЕС) 1316/2013 Европейского парламента и Совета от 11 декабря 2013 г. [Electronic resource]. – Mode of access :

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/ALL/?uri=CELEX:32013R1316>. – Date of access : 10.08.2021.

10. О государственной программе «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» на 2021–2025 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 19 февраля 2021 г. № 99 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2021. – № 5/48813.

11. Об охране окружающей среды: закон Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-ХП (с изменениями и дополнениями)// Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2001. – № 2/360.

12. Логинов, В. Ф. Анализ и моделирование климатических процессов в Беларуси / В. Ф. Логинов, Г. П. Кузнецов, В. С. Микуцкий // Доклады НАН Беларуси, 2003. – № 3. – № 47. – С. 112–116.

13. Об охране озонового слоя: закон Республики Беларусь от 12 ноября 2001 г. № 56-З (с изменениями и дополнениями)// Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2001. – № 2/805.

14. Об утверждении санитарных норм и правил «Требования к атмосферному воздуху населенных пунктов и мест массового отдыха населения» и признании утратившим силу постановления министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 июня 2009 г. № 77 : постановление министерства здравоохранения Республики Беларусь, 30 декабря 2016 г. № 141 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017. – № 8/31714.

15. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила проведения приземных метеорологических наблюдений и работ на станциях = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Гідраметэаралогія Правілы правядзення прыземных метэаралагічных назіранняў і работ на станцыях : ТКП 17.10-12-2009 (02120). – Введ. 01.04.2009. – Минск : М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2009. – 190 с.

16. WMO Open Consultative Platform White Paper #1 Future of weather and climate forecasting / World meteorological organization, Switzerland, 2021. – 44 p. – [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : [https://www.preventionweb.net/files/76997\\_futureweatherclimateforecasting.pdf](https://www.preventionweb.net/files/76997_futureweatherclimateforecasting.pdf). – Дата доступа : 10.08.2021.

17. Национальный план действий по увеличению абсорбции парниковых газов поглотителями на период до 2030 года – [Элек-

тронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа : <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/1-Minlesxoz-Nats.-plan-po-absorbtsii-1-2.pdf>. – Дата доступа : 10.08.2021.

18. О Государственной программе «Дороги Беларуси» на 2021–2025 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 9 апреля 2021 г. № 212 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2021. – № 5/48970.

19. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник. // Республиканское унитарное предприятие «Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь», Мн.: 2021. – 203 с. [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/320/320e932d020d538fa4faaaf06f1be7c2.pdf>. – Дата доступа : 10.08.2021.

20. О государственной экологической экспертизе, стратегической экологической оценке и оценке воздействия на окружающую среду: закон Республики Беларусь от 18 июля 2016 г. № 399-З (с изменениями и дополнениями) // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2016. – № 2/2397.

21. Н. Клевец. Отчет по оценке условий изменения климата на территории Республики Беларусь / Отчет в рамках проекта «ЕС для климата». – Минск, 2020.

22. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа : ВСН 46-83 : введ. 29.04.83. – М. : Министерство транспортного строительства СССР, Транспорт, 1995. – 135 с.

23. Hans Dieter Betz, Ulrich Schumann, Pierre Laroche. Lightning: Principles, Instruments and Applications – Springer, 2009. – P. 202–203.

24. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. – [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : [https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_wcover.pdf](https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf). – Дата доступа : 10.08.2021.

25. Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicatorbased report. European / Environmental Agency (EEA), Copenhagen, Denmark, 2013. – 300 pp. – [Электронный ресурс]. – 2013. –

Режим доступа : <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012>. – Дата доступа : 10.08.2021.

26. Национальный доклад: Уязвимость и адаптация к изменению климата в Беларуси / Евгения Бертош, Дмитрий Русаков, Татьяна Лукашевич / Минск, 2014. – [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <https://docplayer.com/28299551-Nacionalnyu-doklad-uязvimost-i-adaptaciya-k-izmeneniyu-klimata-v-belarusi.html>. – Дата доступа : 10.08.2021.

27. Кобышева, Н. В. Климатические риски и адаптации к изменениям и изменчивости климата в технической сфере / Н. В. Кобышева, Е. М. Акентьева, Л. П. Галюк / – СПб., 2015. – 216 с.

28. Последствия изменения климата для международных транспортных сетей и адаптация к ним / Доклад группы экспертов. / Европейская экономическая комиссия организации объединенных наций, 2013. – 270 с. – [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : [https://unece.org/DAM/trans/main/wp5/publications/climate\\_change\\_2014r.pdf](https://unece.org/DAM/trans/main/wp5/publications/climate_change_2014r.pdf). – Дата доступа : 10.08.2021.

29. Rees, W.E. Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves out / Environment and Urbanization, 4, 1992. – P. 121–130.

30. Karl, T. R. CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes / Karl, T. R., N. Nicholls, and A. Ghazi / Workshop summary, Weather and Climate Extremes, 42 (1). 1999. – P. 3–7.

31. Su, K. Rut Prediction for Semi-rigid Asphalt Pavements / K. Su, L. J. Sun, Y. Hachiya // First International Symposium on Transportation and Development Innovative Best Practices, Beijing, 24–26 April. 2008 / China Academy of Transportation Sciences ; ed.: Louis F. Cohn [et al.]. – Beijing, 2008. – P. 486–491.

32. Васильев, М. П. Оценка погодно-климатических рисков для секторов экономики и социальной сферы на региональном уровне (на примере Краснодарского края) // М. П. Васильев, А. А. Петерс / Труды ГГО им. А. И. Воейкова. – 2017. – Выпуск 586. – С. 34–64.

33. Капский, Д. В. Определение подходов к анализу чувствительности транспортной отрасли к изменениям климата / Д. В. Капский, С. В. Богданович, Ю. В. Буртыль / Проблемы безопасности на транспорте. // Материалы XI международной научно-практической конференции. В 2 ч. – Гомель, 2021. С. 24–26.

34. Об охране атмосферного воздуха: закон Республики Беларусь от 16 декабря 2008 г. № 2-3 (с изменениями и дополнениями) // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 2/1554.

35. О железнодорожном транспорте: закон Республики Беларусь от 6 января 1999 г. № 237-3 (с изменениями и дополнениями) // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 1999. – № 2/12.

36. Об утверждении государственной программы по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2017–2020 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 18 сентября 2017 г. № 699 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2017. – № 5/44202.

37. Об утверждении специфических санитарно-эпидемиологических требований : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 11 декабря 2019 г. № 847 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2019. – № 5/47508.

38. Национальный план действий по предотвращению деградации земель (включая почвы) на 2016–2020 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 29.04.2015 № 361 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2015. – № 5/ 40478.

39. Об утверждении программы деятельности правительства республики Беларусь на период до 2025 года : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 24 декабря 2020 г. № 758 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2020. – № 5/48637.

40. Охрана окружающей среды и природопользования. Правила обеспечения экологической безопасности при проектировании предприятий, зданий и сооружений автомобильного транспорта = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Правілы забяспячэння экалагічнай бяспекі пры праектаванні прадпрыемстваў, будынкаў і збудаванняў аўтамабільнага транспарту : ТКП 17.02-06-2011 (02120). – Введ. 01.01.2012. – Минск : М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2012. – 16 с.

41. Охрана окружающей среды и природопользование экологический паспорт предприятия основные положения = Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне экалагічны пашпарт прадпрыемства Асноўныя палажэнні : СТБ 17.01.00-01-2012. – Введ. 01.07.2013. – Минск : М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2012. – 24 с.

42. Транспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов Нормы и методы измерения = Транспартныя сродкі, аснашчаныя рухавікамі з узгараннем ад сціскання. дымнасць газаў, якія адпрацавалі Нормы і метады вымярэння : СТБ 2169–2011. – Введ. 01.01.2012. – Минск : М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 2011. – 7 с.

43. Об утверждении ГН «Гигиенические критерии для обоснования необходимости разработки ПДК, обув (ОДУ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных пунктов, воде водных объектов» 1.1.9-23-2002 : постановление главного государственного санитарного врача Республики Беларусь, 31 декабря 2002 г. № 149 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – № 8/25135.

44. Об утверждении гигиенических нормативов 2.1.6.12-6-2006 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов в атмосферном воздухе населенных мест» : постановление главного государственного санитарного врача Республики Беларусь, 3 апреля 2006 г. № 41 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – № 8/25185.

45. Об утверждении гигиенического норматива «Гигиенический норматив содержания загрязняющих химических веществ в атмосферном воздухе, обладающих эффектом суммации» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 30 марта 2015 г. № 33 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2015. – № 8/29825.

46. Тур, А. Н. Особенности формирования государственно-частного партнерства в Республике Беларусь / А. Н. Тур // Право и управление. – 2011. – № 2. – С. 33.

47. Руководство по TNA. Технологии для смягчения последствий изменения климата, ЮНЕП, 2011. – 39 с.

48. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации, Санкт-Петербург. 2017. – 106 с. [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : <https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/klim-riski-2017.pdf>. – Дата доступа : 10.08.2021.

49. Ориол, К. Оценка уязвимости климата и устойчивости к его изменениям / К. Ориол / Agency for the Support of Development Processes Nau (ASDP NAU), 2014. [Электронный ресурс]. – 2021. – Re-

жим доступа : <https://www.geres.eu/wp-content/uploads/2019/10/ climate-vulnerability-ru.pdf>. – Дата доступа : 10.08.2021.

50. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 to 2019. / United States Environmental Protection Agency. Washington, D.C. – [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2019>. – Дата доступа : 10.08.2021.

51. Ewing, R. Growing Cooler: The Evidence on Urban Development and Climate Change / Reid Ewing, Keith Bartholomew, Steve Winkelman, Jerry Walters, and Don Chen / Urban Land Institute, Washington, D.C., 2008. – 176 ps.

52. Zebisch, M. Risk supplement to the vulnerability sourcebook / Marc Zebisch, Stefan Schneiderbauer, Kathrin Renner (EURAC), Till Below, Michael Brossmann, Waltraud Ederr, Susanne Schwan (GIZ) : 2017. Bonn, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. – [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : [https://transparency-partnership.net/system/files/document/GIZ%20EURAC\\_2017\\_Risk%20supplement%20to%20the%20vulnerability%20sourcebook.pdf](https://transparency-partnership.net/system/files/document/GIZ%20EURAC_2017_Risk%20supplement%20to%20the%20vulnerability%20sourcebook.pdf). – Дата доступа : 10.08.2021.

53. Fritzsche, K. The Vulnerability sourcebook : concept and guidelines for standardised vulnerability assessments / Kerstin Fritzsche, Stefan Schneiderbauer , Philip Bubeck, Stefan Kienberger, Mareike Buth, Marc Zebisch and Walter Kahlenborn / Bonn, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 2017. – [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : [https://www.adaptationcommunity.net/download/va/vulnerability-guides-manuals-reports/vuln\\_source\\_2017\\_EN.pdf](https://www.adaptationcommunity.net/download/va/vulnerability-guides-manuals-reports/vuln_source_2017_EN.pdf). – Дата доступа : 10.08.2021.

54. Energy Exemplar to the User Interface Platform of the Global Framework for Climate Services / World meteorological organization, 2014. – 120 p. – [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=3581](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3581). – Дата доступа : 10.08.2021.

55. Crist, P. Mitigating Greenhouse gas emissions from shipping: Potential costs and strategies. / In R. Asariotis and H. Benamara (eds) / Maritime Transport and the Climate Change Challenge, New York : Earthscan, 2012. – P. 165–204.

56. Клевец Н. Н. Разработка рекомендаций по адаптации к изменению климата для энергетической отрасли экономики (Витебская,

Могилевская и Гомельская области). – Развитие географических исследований в Беларуси в XX–XXI веках [Электронный ресурс] : материалы междунар. науч.-практ. оч.-заоч. конф., посвящ. 100-летию Белорус. гос. ун-та, 60-летию каф. физ. географии и образоват. технологий, 100-летию со дня рождения проф. О. Ф. Якушко, Минск, 24–26 марта 2021 г. / Белорус. гос. ун-т ; под общ. ред. П. С. Лопуха; редкол.: П. С. Лопух (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2021. – С. 277–282.

57. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года. – 148 с. – [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа : <https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR2030/Natsionalnaja-strategija-ustojchivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitija-Respubliki-Belarus-na-period-do-2030-goda.pdf>. – Дата доступа : 10.08.2021.

58. Nemry, F., & Demirel, H. (2012). Impacts of climate change on transport: A focus on road and rail transport infrastructures. JRC Scientific and Policy Reports. Report EUR 25553 EN. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies. Office of the European Union, Luxembourg. – [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : <ftp://ftp.jrc.es/pub/EURdoc/JRC72217.pdf>. – Дата доступа : 10.08.2021.

59. Национальная стратегия по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2015-2030 гг. – [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа : <https://ucp.by/images/file/fpnk/NS1930.pdf>. – Дата доступа : 10.08.2021.

60. Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability / World Business Council for Sustainable Development / WCBSD, 2004. – [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа : <http://docs.wbcsd.org/2004/06/Mobility2030-ExSummary.pdf>. – Дата доступа : 10.08.2021.

61. Котлярский, Э. В. Работоспособность асфальтобетона при тепловом старении и попеременном замораживании и оттаивании / Э. В. Котлярский, Э. М. Ваулин // Транспортное строительство. – 2008. – № 9. – С. 13–15.

62. Строительная климатология: СНБ 2.04.02–2000. – Введ. 08.12.2000. – Минск : Минстройархитектуры, 2001. – 37 с.

63. Ерохин, А. В. Причины пучинообразования на автомобильных дорогах / А. В. Ерохин. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2021. – № 1 (343). – С. 18–20.

64. О проезде тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств : Указ Президента Республики Беларусь, 19 июня 2019 г. № 239 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2019. – № 1/18425.

65. Материалы обзоров Республиканского гидрометцентра по климатическим особенностям и опасным гидрометеорологическим явлениям на территории Республики Беларусь. – [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа : <https://belgidromet.by/ru/news-ru/view/opublikovan-obzor-klimaticheskix-osobennostej-i-opasnyx-gidrome-teorologicheskix-javlenij-na-territorii-1016/>. – Дата доступа : 10.08.2021.

66. Серия Руководств по TNA Технологии для смягчения последствий изменения климата – Транспортный сектор. – Режим доступа : <https://unepdtu.org/wp-content/uploads/sites/2/2019/06/6-transport-russian-final.pdf>. – Дата доступа : 10.08.2021.

67. О национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года : Постановление совета министров Республики Беларусь, 22 февраля 2022 г. № 91 // Национальный реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2022. – № 5/49954.

68. Оценка климатических рисков для адаптации на основе экосистем : Руководство для специалистов по планированию и практиков. – Режим доступа : [https://www.adaptationcommunity.net/download/CRVA-for-EbA\\_Russian.pdf](https://www.adaptationcommunity.net/download/CRVA-for-EbA_Russian.pdf). – Дата доступа : 10.08.2021.

69. Christodoulou A., Demirel H., Impacts of climate change on transport – A focus on airports, seaports and inland waterways, EUR 28896 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-97039-9, doi:10.2760/378464, JRC108865. – [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа : [file:///C:/Users/Den/Downloads/jrc108865\\_final.pdf](file:///C:/Users/Den/Downloads/jrc108865_final.pdf). – Дата доступа : 10.08.2021.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Повреждения дорожного покрытия и меры по их устранению

### **1. Сводные решения по структуре повреждения дорожной одежды.**

1.1. Появление повреждений может быть обобщено в практическом смысле на основании времени:

– кратковременные разрушения: повреждение вследствие грубого проекта дороги и/или ошибок монтажа, т. е. некачественного материала или недостаточного уплотнения; климатические факторы и повторяющиеся нагрузки играют при этом незначительную, но усугубляющую роль. Подобные повреждения становятся заметными между первым и пятым годами эксплуатации:

– разрушения средней длительности: развитие повреждения в результате продолжительного и циклического действия климата (мороз, температурная амплитуда), изменяющего свойства материала дорожной одежды. Некачественные материалы и строительные работы низкого качества являются способствующими факторами. Последствия подобных повреждений становятся очевидными к концу предполагаемого расчетного периода дорожной одежды.

1.2. Если дорожная одежда выдерживает кратковременные и длительные повреждения, то затем она разрушается вследствие нормальных процессов, которые предусмотрены в большинстве методик проектирования.

1.3. Долговременные разрушения появляются в результате совместного воздействия повторяющихся транспортных нагрузок в сочетании с погодно-климатическими условиями.

1.4. Для нежестких (или в иностранных формулировках – гибких) дорожных одежд такими повреждениями обычно являются развитие усталостного растрескивания, колееобразования или продольной неровности.

1.5. Для жестких дорожных одежд основное сочетание повреждений включает развитие усталостного растрескивания плит или разрушения в местах стыка и трещин; долговременные разрушения полужестких дорожных одежд такие же, как и для жестких, за исключением колееобразования.

1.6. Климатические разрушения средней длительности, долговременные разрушения и их взаимодействие очень трудно отделить друг от друга, но все таки такое разделение существует и рассмотрено в разделе 2.

1.7. Основной задачей в системах управления СУДА разных стран, в том числе и в Республике Казахстан является оптимальное процентное содержание участков поврежденной дорожной одежды, которые можно поддерживать в удовлетворительном состоянии с наличием определенных дефектов ремонтируемых ежегодно с момента последнего капитального ремонта или реконструкции.

1.8. На рис. П1 представлены графики повторного появления повреждений по сложившимся моделям (рис. П1), где в течении срока службы дороги колеобразование и трещинообразование отделены от повреждений, при которых одежда пригодна к эксплуатации.

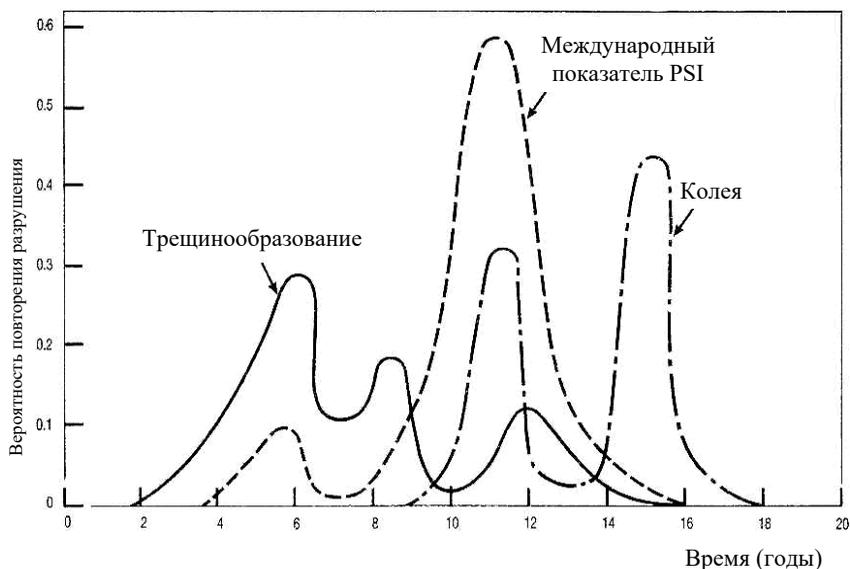


Рис. П1. Структура повреждений дорожной одежды в результате воздействия времени

1.9. Как видно из графика и по обзору последних научных работ колея и трещины являются наиболее многочисленным и структура изменяющим дефектами.

1.10. Несмотря на разделение видов дефектов и их многочисленной классификации, на примере Казахстана такая классификация указана:

- в ПР РК 218-27 (раздел 6);
- в ПР РК 218-49 (раздел 4);
- в Р РК 218-144 (раздел 7);

многие страны определяются на комплексном показателе оценки степени повреждения дорожного покрытия.

1.11. PSI (Present Serviceability Index) – общий показатель дефектности одновременно является (по результатам дорожного испытания AASHO) показателем оценки эксплуатационной пригодности, определяемый по формуле

$$PSI = 5,03 - 1,91 \cdot \log_{10}(1 + \overline{SV}) - 1,38 \cdot \overline{RD}^2 - 0,01 \cdot \sqrt{C + P}, \quad (П1)$$

где  $\log_{10}(1 + \overline{SV})$  – ровность дорожного покрытия, мм/м;

$\overline{RD}$  – средняя глубина колеи, дюйм;

$C$  и  $R$  – суммарная площадь трещин и выбоин,  $ft^2/1000ft^2$ .

По результатам расчета PSI оценка состояния нежестких дорожных одежд проводится по 5-и бальной системе, где пять характеризует отличное состояние дорожной конструкции, ноль – неудовлетворительное.

1.12. В европейских системах оценки транспортно-эксплуатационного показателя дорог «Belman» в качестве комплексного показателя надежности принимается показатель (PSI), зависящий от ровности покрытия

$$PSI = 12,5 - 4,25 \cdot \lg(13,4 \cdot IRI - 53,9), \quad (П2)$$

где IRI – значение международного индекса ровности, м/км.

1.13. Комплексный показатель надежности по видам дефектам во времени представлена на рис. П2. Они показывают, например, что около 90 % дорожной одежды не будет подвержено колееобразованию в течение десяти лет, однако только 38 % дорожной одежды не будет подвержено трещинообразованию.

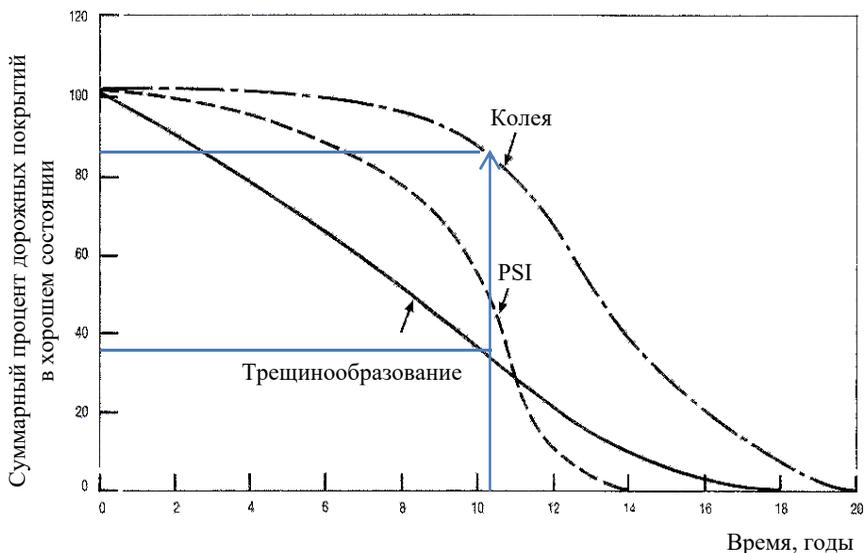


Рис. П2. Пример надежности дорожного покрытия в течение времени по отношению к избранным видам повреждений

1.14. Существует большое разнообразие видов повреждений дорожной одежды («дефекты», «разрушения»). Примеров могут стать дефекты, классифицированные в докладе организации экономического сотрудничества и развития ОЭСР. В табл. П1 представлен список повреждений для гибких, полужестких и жестких дорожных одежд.

В данной классификации представлены только дефекты эксплуатируемых дорог. С точки зрения дорожного инженера и мер по ремонту, которые ему нужно рассмотреть, необходимо различать:

- структурными повреждениями;
- поверхностными повреждениями (т. е. только верхнего слоя дорожной одежды).

Они рассматриваются ниже со ссылкой на преобладающий механизм повреждения – связанный с нагрузкой и/или климатом – и на виды дорожных покрытий, с которыми они связаны.

1.15. Для нежестких (гибких) и полужестких дорожных одежд основными видами структурных повреждений являются образование трещин и постоянная деформация в виде неровностей.

Список повреждений дорожной одежды  
в международном докладе ОЭСР

Дефекты гибких и полужестких дорожных одежд	Дефекты жестких дорожных одежд
Осадка (грунта)	Недостаточное сопротивление покрытия скольжению шины
Осадка (основания)	
Ухаб	Недостаточный дренаж
Волна	Колееобразование
Волнистость, складки в виде «стиральной доски»	Осадка грунта
Выбоина, беспорядочное расположение	Выпирание плит
Деформация	Качание (подвижность) плиты
Колееобразование	Пошаговое изменение, ступенчатый сброс
Сдвиги	Потеря гидроизоляции шва, потеря герметичности, стыковая накладка
Трещинообразование, трещинообразование в виде мелкой проволочной сетки, трещинообразование в виде рыболовной сети	Выдавливание состава для герметизации швов
Прямоугольное трещинообразование, сетка усадочных трещин	Продольное раскрытие шва
Трещина по осевой линии, продольная трещина	Поперечная трещина, диагональная трещина
Трещина по колесной колее	Длинная продольная трещина
Трещина по краю дорожного покрытия	Короткая продольная трещина
Меандрическая трещина	Угловая трещина, угловой разлом
Усадочная трещина, поперечная трещина	D-образное трещинообразование
Отраженная трещина	Выгибание, выпучивание
Деформация сдвига в продольном направлении, серповидная, параболическая, разрывающая трещина	Повреждение шва расширения, shattering

Дефекты гибких и полужестких дорожных одежд	Дефекты жестких дорожных одежд
Волосяная трещина	Прямоугольное трещинообразование, беспорядочное трещинообразование, трещина шириной раскрытия 1 см и более
Отпечаток, рубцевание	Шелушение
Потеря (износ) поверхностных материалов	Выступы
Отрыв верхнего слоя (площадной)	Рытвина, выбоина
Расслоение, выветривание, разрушение под влиянием атмосферных воздействий	Растрескивание, трещинообразование
Выступление зернистого или каменного материала	Отслаивание защитных слоев
Дефекты гибких и полужестких дорожных одежд	Дефекты жестких дорожных одежд
Выступление вяжущего, промывка	Сегрегация и шелушение покрытия
Выбоина	
Выступление воды, влагозадержание, вымочка	
Перемещение грязевой массы на поверхность	
Недостаточный дренаж	
Расслоение	

1.16. По результатам сравнения квалификационных делений дефектов установлено, что основными видами поверхностных повреждений являются:

1) постепенная потеря материала (отрыв верхнего слоя) в результате воздействия воды, которая усиливается от действия противогололедных солей;

2) постепенная потеря прочностных свойств благодаря старению вяжущего в результате влияния климатических факторов;

3) жесткий износ покрытий из-за проезда транспортных средств с шипованными шинами;

4) трещинообразование, вызванное термической усадкой битумных поверхностей, где климат является преобладающим фактором,

хотя транспорт тоже способствует появлению подобного рода повреждений.

1.17. Для жестких дорожных одежд основными видами структурных повреждений являются:

1) потеря ровности поверхности – особенно там, где поверхность состоит из плит и где нету устройств для перераспределения нагрузки;

2) трещинообразование.

1.18. Потеря ровности поверхности происходит в том случае, если покрытие состоит из плит без перераспределения нагрузки, происходит разрыв и движение воды и грязи через швы. Под влиянием транспорта эти выплески ведут к качанию плит (вертикальное движение в месте соединения), что, в конечном результате, может привести к пошаговому изменению или к неравномерному вертикальному перемещению в месте соединения. Такое пошаговое изменение приведет к образованию трещин в плитах, где вышерасположенные части плиты ломаются, а разломанные части прогибаются.

1.19. Трещины могут также образовываться под влиянием совместного воздействия транспорта и климата, особенно при большом колебании температур (термическое напряжение). Также напряжение может появляться из-за недостаточной опоры поверхности, т. е. в грунтовом основании в результате сезонных изменений влагосодержания и, следовательно, изменения несущей способности, или в результате действия мороза в грунтах, обладающих низкой морозостойкостью.

1.20. Общий алгоритм формирования трещин и результаты в дальнейшем приведены на рис. ПЗ.

1.21. Часто встречающимся повреждением дороги является отслаивание, т. е. постепенное расслоение поверхности, сначала путем потери вяжущего, а затем – зернистого или каменного материала. Часто в справочниках такой дефект определяется как выкрашивание или шелушение.

1.22. На основании исследований для Республики Казахстан разработан перечень дефектов унифицированный для различных покрытий (табл. П2). Коэффициент весомости определяет влияние дефекта на безопасность.

1.23. В качестве комплексного показателя дефектности дорожного покрытия предлагается уровень дефектности покрытия (ДП) по формуле (П3) в долях единицы (единица максимальный уровень).

$$ДП = (S_1 \times K_1 + S_2 \times K_2 + \dots + S_{16} \times K_{16}) / S_{п}, \quad (ПЗ)$$

где  $S_{1..16}$  – площадь дефекта,  $м^2$ ;

$K_{1..16}$  – коэффициент весомости (таблица П1)

$S_{п}$  – площадь обследованного дорожного покрытия.

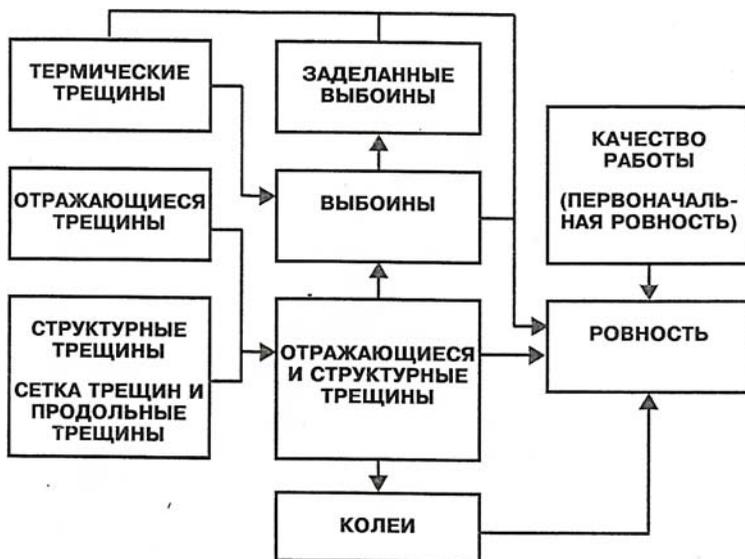


Рис. ПЗ. Принцип формирования основных дефектов и их влияние

Данный показатель позволяет количественно оценивать эксплуатационное состояние в дополнение к ведомости дефектов, а также определять вид ремонта.

Таблица П2

### Ведомость дефектов, унифицированный классификатор

№ пп	Наименование дефекта	Ед. изм.	Описание дефекта	Кoeff. весомости (K)
1	Трещины отдельные, ширина 0,1 м	м	Разрушение по всей толщине слоя материала без удаления его частей с интервалом более 4 м	0,3

№ пп	Наименование дефекта	Ед. изм.	Описание дефекта	Кoeff. весомости (K)
2	Частые трещины	м <sup>2</sup>	Отдельные трещины с частотой расположения между собой до 4 м	1,0
3	Сетка трещин	м <sup>2</sup>	Частые трещины, соединенные между собой отдельными трещинами	1,2
4	Выбоины, ямочность	м <sup>2</sup>	Разрушение с удалением материала	1,2
5	Просадки	м <sup>2</sup>	Углубление без удаления материала	1,2
6	Проломы	м <sup>2</sup>	Углубление с трещинами	1,2
7	Волны, пучины	м <sup>2</sup>	Возвышение материала над покрытием	0,7
8	Колея шириной до 0,5 м	м	Просадки в полосе движения и стоянки транспорта	0,9
9	Колея с волнами шириной до 1,0 м	м	Просадки и волны в полосе движения и стоянки транспорта	1,2
10	Заплаты	м <sup>2</sup>	Заполнение мест разрушения новым материалом	0,7
11	Выпотевание вяжущего, загрязнение	м <sup>2</sup>	Битумный материал на покрытии, посторонние предметы и материалы	0,5
12	Шелушение, выкрашивание	м <sup>2</sup>	Разрушение имеющее вид углублений размером не более зерна каменного материала	0,7
13	Смещение плит	м <sup>2</sup>	Возвышение плит относительно друг друга	1,0
14	Разрушение швов, 0,2 м	м	Нарушение конструкции швов	0,4
15	Скользкость	м <sup>2</sup>	Гололед, снежно-ледяные образования, иней	0,9
16	Износ	м <sup>2</sup>	Разрушение верхней части слоя материала	0,2

## 2. Рекомендации по эксплуатации СУДА для учета погодноклиматических факторов и их влияния на формирование дефектов.

2.1. Изменение свойств материалов основания и грунта вызваны заиливанием и вымыванием материалов. Для решения этой проблемы необходимо проводить испытания и контролировать коэффициент фильтрации грунта по ПР РК 1291, а в низких насыпях и для глинистых грунтов применять геосетки.

Обоснование. Заилненные песчаные грунты, по результатам лабораторного анализа, отнесены к пескам пылеватым с расчетными характеристиками прочности на 20–30 % ниже первоначальных значений. Пути прохождения жидкости через толщу материала оставляют микропустоты, которые снижают степень уплотнения грунта, позволяя занимать эти пустоты частицами материала верхних слоев под действием собственного веса.

2.2. Защита от избыточной влажности и снижение прочности несвязных (необработанных) материалов путем устройства водоотводных сооружений на дорогах с уклоном более 40 промилей, на обочине устройство дренажа путем выкапывания на обочине мест на протяженность увлажняемого участка на глубину до 1 м с подсыпкой каменного материала фракций 10–20 мм с последующей засыпкой.

Обоснование. Увлажнение грунта земляного полотна происходит в виде трех расчетных схем:

- увлажнение земляного полотна снизу, от уровня надмерзлотных вод через водонасыщенную талую прослойку грунта основания;
- увлажнение земляного полотна сверху (атмосферные осадки);
- увлажнение от обоих источников.

В этом случае грунты ежедневно будут воспринимать вертикальные и горизонтальные нагрузки с деформацией, превышающей допустимую, что может привести к возникновению микропросадок и неровностей как в слоях основания, так в слоях покрытия дорожной одежды.

2.3. Пучинообразование грунтов. Для грунтов, обладающих низкой морозостойкостью, т. е. грунт, который разбухает во время мороза в результате образования ледяных пластинок; несущая способность резко падает, когда пластинки тают, воздействие мороза может привести к двум типам повреждений:

- к неровному пучению при замерзании, вызывающему неровности и трещины в зимнее время;
- к потере несущей способности во время оттепели, что может подвергнуть опасности структуру дорожной поверхности, если грунт не защищен от действия мороза. В таких случаях может произойти колеобразование, выпучивание и/или неравномерная осадка.

Необходимо выполнять осушение грунта земляного полотна путем вдавливания водопропускных труб малого диаметра в основание и произвести слив воды.

Обоснование. В слоях основания дорожной одежды при периодическом увлажнении формируются микроканалы перемещения воды. Жидкость способна задерживаться в слоях конструкции, тем самым, увеличивая вероятность появления пучин даже на слабопучинистых грунтах.

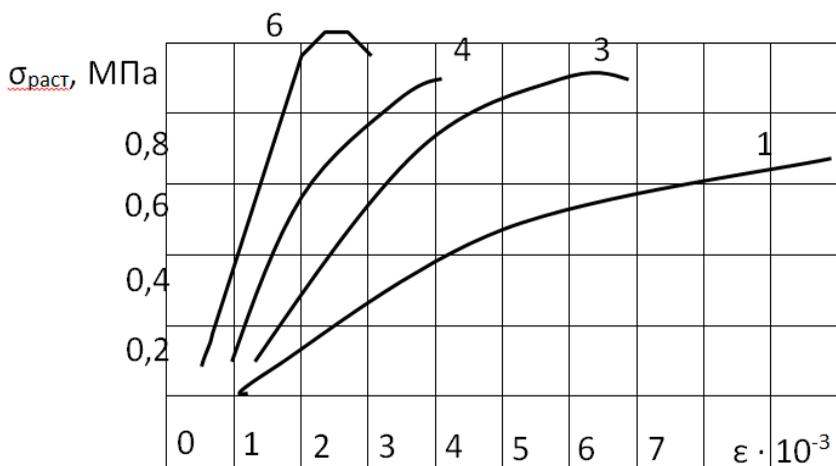
2.4. Эксплуатация дороги при температуре от минус 30 °С до +5 °С. Ограничение нагрузок с высоким коэффициентом динамичности путем предварительного улучшения ровности при температуре от –30 °С до +5 °С для климатических зон преимущественно низких температур. Использование в асфальтобетонах битумов с высокой вязкостью (условной, динамической, кинематической) по СТ РК 1210 и СТ РК 1211. Ограничение скоростного режима на период очень низких температур.

Обоснование: Причиной возрастания внутренних напряжений является существенное различие коэффициентов объемного теплового расширения (сжатия) битума и каменного материала. У битума этот коэффициент примерно на порядок больше, чем у каменного материала. Эти два конкурирующих процесса оказывают противоположное влияние на прочность асфальтобетона: повышение вязкости битумных пленок приводит к увеличению прочности, а появление внутрискруктурных напряжений вызывает обратный эффект, так как сопровождается образованием микротрещин и отрывом битумных пленок от поверхности каменных частиц. Значение показателя вязкости битума при расчетной отрицательной температуре, в качестве характеристики его предельного состояния, может служить критерием оценки трещиностойкости покрытий.

2.5. Эксплуатация дороги при температуре от +30 °С до +60 °С. Применение в покрытии материалов обработанных резинобитумными вяжущими (СТ РК 2373) и модифицированными битумами. Ограничение осевой нагрузки до 6 тонн на ось в период когда температура воздуха выше 30 °С.

Обоснование. При повышении температуры от 30 °С до 60 °С асфальтобетон приобретает вязкоупругие и вязкопластичные свойства. Дефекты в этих условиях проявляются в виде пластических деформаций – образование колеи и неровностей. При высоких температурах, под нагрузкой, в асфальтобетоне появляются значительные пластические деформации за счет течения асфальта по каналам, образованных щебеночными фракциями. На рис. П4 приведена за-

висимость деформативной способности асфальтобетона в зависимости от характеристик битума.



Битумы с показателями:

Рис. П4. Деформативная способность асфальтобетона с битумами различной вязкости по данным СоюздорНИИ:

- а) «глубина проникания иглы при 25 °С»: 1–164; 3–92; 4–65; 6–3
- б) «температура размягчения при 0 °С»: 1–45; 3–48; 4–52,5; 6–57

2.6. Долговечность и старение асфальтобетона. При частом изменении температуры воздуха в таких климатических зонах необходимо использовать пропиточные материалы по Р РК 218-108 со средней периодичностью 3–5 лет.

Обоснование. Результаты испытаний асфальтобетонов динамической нагрузкой позволили установить, что усталостная долговечность меняется с изменением температуры. С увеличением температуры сопротивление усталостному разрушению снижается, т. к. материал становится более пластичным, и создаются условия, благоприятствующие перераспределению микродефектов и их накоплению в растянутой зоне материала. Следует отметить, что влияние температуры на долговечность асфальтобетона проявляется в изменении модуля упругости, а следовательно и скорости формирования дефектов.

На рис. П5 представлены зависимости усталостной долговечности от температуры испытаний для асфальтобетона типа Б.

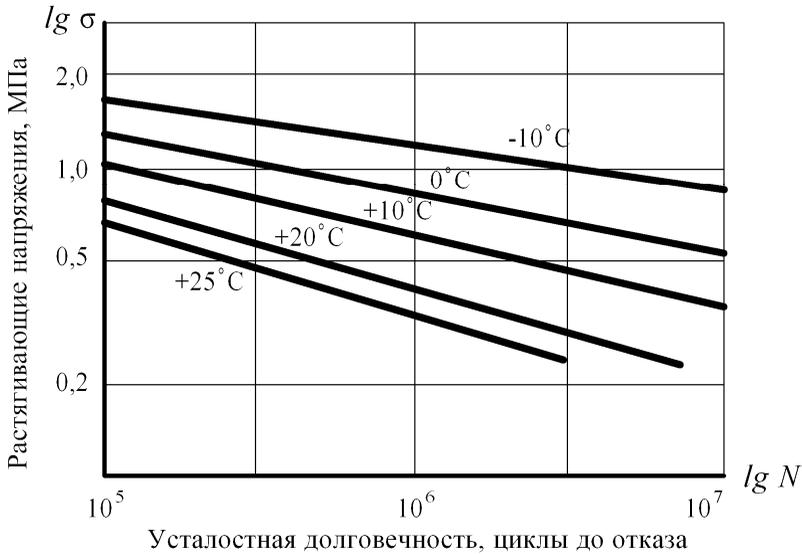


Рис. П5. Изменение формирования усталостных дефектов

2.7. Глубина (индекс) промерзания дорожной одежды. Обязательно проводить расчет по морозостойкости по СП РК 3.03-104 с расчетом толщины морозозащитных слоев как для новых так и для эксплуатируемых дорог. При проектировании дорожной одежды в местах промерзания более 0,8–1,0 м для насыпей до 3 метров необходимо увеличивать толщину слоя из песка до 40 см.

Обоснование. Индекс промерзания выражается как °С.д (градусо-дни) и предназначен для количественного определения воздействия замерзания на дорожное покрытие в течение определенного периода. Способ, с помощью которого рассчитывается индекс промерзания, в каждой стране разный, но во всех странах расчет выполняется на основе среднесуточной температуры воздуха.

День	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средняя температура (°С)	+1,8	+1,2	-2,1	-4,3	-5,2	-8,3	-6,4	-1,7	+2,1	+2,0

Таким образом, индекс промерзания для данного периода:

$$2,1 + 4,3 + 5,2 + 8,3 + 6,4 + 1,7 = 28 \text{ °С.д.}$$

Во время периода оттаивания дорожная одежда и ее основание находятся между двумя источниками подогрева – атмосфера и грунт под фронтом замерзания – в то время как при условиях замерзания, структура находится между теплым и холодным источниками. Воздействие данного индекса оттаивания (выражаемого в °С.д) более быстрое, чем индекс промерзания, имеющий такую же интенсивность. И соответственно при оттаивании внутреннее изменение температуры имеет наибольшую частоту что говорит об изменениях объемов и возникновению перемещений которые вызывают деформации.

2.8. Разрушения и деформации материала по полосе наката. Необходимо учитывать, что в полосе наката деформация дорожной одежды происходит быстрее чем на остальной площади проезжей части. Следовательно, при проведении поддерживающего ремонта в первые годы службы наиболее эффективным мероприятием будет устройство полос нового материала в полосе наката с последующим устройством слоя покрытия на всю ширину по ПР РК 218-55.

Обоснование. Особенности режима движения транспортных средств создают особые условия эксплуатации автомобильной дороги. При отсутствии иных методов устройства дорожных одежд кроме как послойного, равномерно распределенного по всей ширине основания и проезжей части восприятие материалами транспортной нагрузки происходит неравномерно.

На рис. Пб представлены коэффициенты распределения транспортной нагрузки на проезжей части. Со временем, при усиленном воздействии на одни и те же участки дорожного покрытия, в поперечном сечении, износ материалов в полосе наката происходит интенсивнее, чем по всей ширине в целом. Начальный этап формирования колеи или выкрашивания в полосе наката может проходить уже на первые 100–150 сутки эксплуатации автомобильной дороги.

2.9. Усталостные свойства асфальтобетона. Для предотвращения образования усталостных трещин необходимо предусмотреть с помощью знаков и разметки количеством проходов транспортных средств и периодичность их приложения. Для этого на дорогах с интенсивным движением и в местах ограничения скорости рекомендуется устанавливать дорожный знак «ограничение минимальной дистанции».

Обоснование. Во время длительных перерывов между циклами нагружения, материал возвращается в исходное положение. При длительном непрерывном нагружении появляются пластические дефор-

мации, что снижает восстанавливающую способность дорожной одежды и увеличивая со временем общую деформацию конструкции. Скорость накопления деформации асфальтобетона при циклических нагружениях возрастает и остается постоянной до определенного (критического) числа многократных приложенных нагрузок.

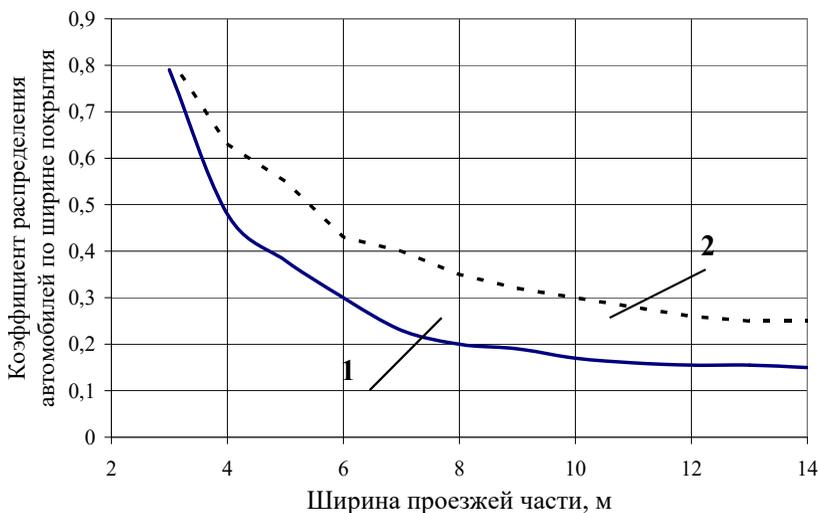


Рис. П6. Распределение транспортной нагрузки на дорожное покрытие:  
1 – вне населенного пункта; 2 – в населенном пункте

Частота приложений нагрузок не учитывается при расчете показателя повреждаемости. Транспортные средства могут пройти поперечное сечение за расчетный период с разной интенсивностью и темпом. Так, например, движение автопоездов в колонне или грузовых автомобилей в сплошном потоке увеличивает вероятность возникновения усталостных разрушений. Проезд такого же количества грузовых транспортных средств равномерно распределенных по трассе, в течении расчетного интервала, позволит дорожной одежде снизить разрушения (рис. П7).

2.10. Температурные трещины. Например, вместо укладывания сразу 16 см слоя, может быть предпочтительно уложить первоначальный 8 см слой, а затем через 2–3 года – другой. При устройстве дорожной конструкции рекомендуется устраивать трещинопрерывающие слои.

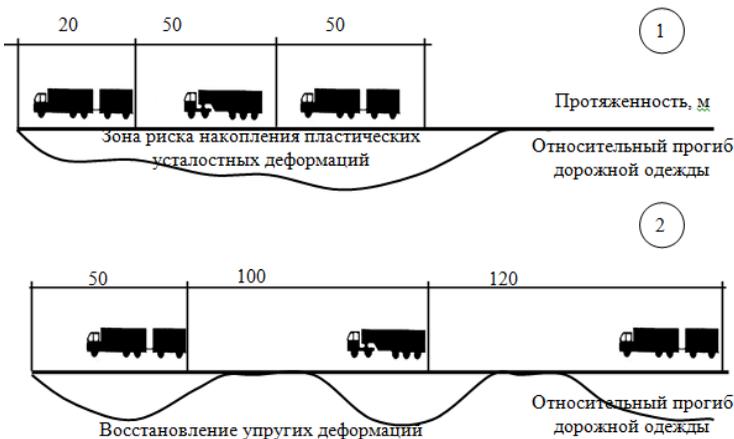


Рис. П7. Деформация при различных условиях движения:  
 1 – в колонне; 2 – с ограничением дистанции

Обоснование. Поперечное трещинообразование асфальтового покрытия при низких температурах, в основном, связано с холодным климатом, при этом какую-либо определенную температуру, выше которой трещины не образуются, установить сложно. Поперечное трещинообразование при низких температурах признано наиболее распространенным видом разрушения, несвязанным с движением автотранспорта. Основной механизм трещинообразования при низких температурах: асфальтовое покрытие, как и почти все материалы, на морозе сжимается, а когда сила натяжения превышает предел прочности, в покрытии образуются трещины. Поскольку асфальтовое покрытие является вязкоупругим, натяжение ослабляется медленно, т. е. относительно быстро при высоких температурах и относительно медленно – при низких.

Обычно температурные трещины образуются приблизительно под прямым углом к центральной линии дорожного покрытия и находятся на более или менее равном расстоянии друг от друга. Другой тип продольных трещин может образовываться на слоях основания, стабилизированных цементом, или вследствие неравномерного поднятия грунта при промерзании. Их нередко можно легко отличить от трещин, образовавшихся в результате холодного климата по хаотичности образования. Образование тепловых трещин на поверхности, происходит очень быстро, постепенно замедляясь при

приближении к поверхности. Трещинообразование вследствие дорожного движения, наоборот, начинается медленно, а по мере приближения к поверхности значительно ускоряется (рис. П8).



Рис. П8. Развитие температурных трещин

Время прохождения трещины по всей толщине образца и образования разрушения составило около 7 % от общего времени испытания; 93 % времени было потрачено на развитие трещины.

Влияние увеличения толщины асфальтобетонного слоя, подверженного повышенному воздействию дорожного движения, на время, оставшееся до проявления трещин, образовавшихся в дорожном основании, обработанном гидравлическим вяжущим представлено в табл. ПЗ.

В рамках рассматриваемых значений толщины, удвоение толщины битумного слоя уменьшает количество поперечных трещин на 1 км по истечении 7 лет более чем в 15 раз.

Основным недостатком трещинообразования в данном слое является то, что трещина продвигается вверх по всей толщине слоев дорожного покрытия вплоть до поверхности. После того, как это произошло, вода, находящаяся на поверхности, проникает в структуру, ускоряя образование многочисленных разрушений, ослабляя нижние слои основания и/или грунтового основания.

Результаты испытаний развития трещин  
при изменении толщины асфальтобетона

Толщина асфальтобетона (см)	Количество поперечных трещин на каждый км через 7 лет
8	50
14	27
16	3
20	1

Поэтому устройство двойного или тройного слоя может оказывать трещинопрерывающее действие.

2.11. Образование колеи. Проблему колееобразования битумных слоев, связанную с высокими температурами, можно решить при проектировании смесей и посредством правильного выбора отдельных компонентов смеси, т. е. их характеристик и пропорций. Критическая колея 30 мм для 13 т/ось формируется через 500–700 тыс. проездов расчетных автомобилей, для 10 т/ось более 1–2 млн. расчетных автомобилей (рис. П9).

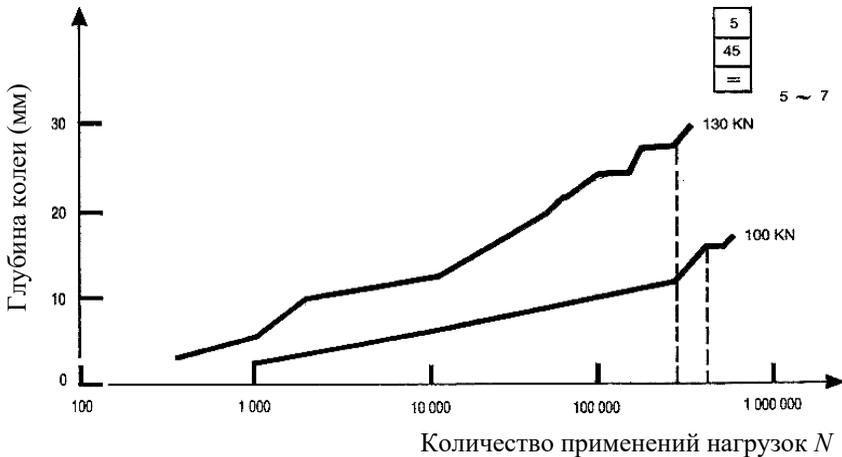


Рис. П9. Увеличение глубины колеи в зависимости от количества воздействий нагрузок в 100 и 130 кН на полуюсь

Прогнозируемая колеиность более 3 см формируется примерно на 6–7 год эксплуатации для среднесуточной интенсивности до 2000 автомобилей при наличии в составе потока более 10 % автопоездов.

### 3. Механизм образования дефектов.

3.1. Характер деформаций дорожного покрытия под действием нормальной и сдвигающей сил со стороны колеса автомобиля на участках торможения с образованием поперечной волны и при движении на подъем с образованием продольной колеи, а также при скольжении покрытия по основанию приведен на рис. П10.

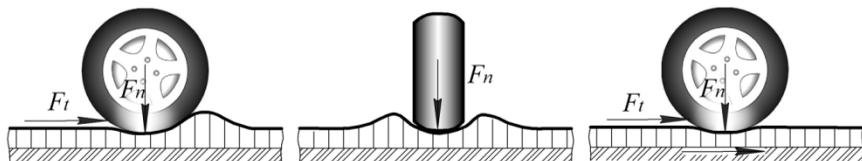


Рис. П10. Принципы деформации дорожного покрытия:  
а – торможение; б – подъем; в – скольжение

3.2. При движении двухосного транспортного средства асфальтобетонное покрытие предварительно, при проезде первой оси, деформируется. Воздействие нагрузки расчетной оси на покрытие происходит при уже частично деформированном покрытии. Повторное деформирование происходит при присутствии эффекта Баушингера, который заключается в уменьшении сопротивления материала малым пластическим деформациям после предварительной пластической деформации.

Учитывая то, что многие из факторов, оказывающих влияние на свойства дорожной одежды, носят случайный характер, проектирование дорожных покрытий обязательно требует статистического подхода.

3.3. Сдвиг покрытия (колея, проломы). Тип повреждения поверхностного слоя (покрытия, защитного слоя) заключается в потере сцепления асфальтового покрытия с остальной конструкцией дорожной одежды. Поверхностный слой подвергается новым напряжениям, вызванным дорожным движением, и его долговечность сокращается.

Потеря адгезивных свойств может быть результатом поднятия грунта при промерзании или следствием тепловых движений (расширение, сжатие), вызванных изменениями дневной, или в особенности, годовой температуры в основании, стабилизированным гидравлическим вяжущим. Сдвиг покрытия возникает чаще всего, если слой под асфальтовой поверхностью подвергается значительным колебаниям температуры и повышенному содержанию воды.

3.4. Скалывание (выбоины, выкрашивание, шелушение). Даже слабый мороз может привести к ряду отклонений параметров поверхностного слоя, что повлечет за собой скалывание материала при воздействии дорожного движения и способствующего воздействию продуктов сгорания топлива и воды. Данные повреждения могут возникать на дорожных покрытиях с асфальтобетонным и цементобетонным покрытием. В большинстве случаев данный тип разрушения имеет место, если слои не являются достаточно плотными. Начиная с трещин в поверхности, битумные материалы будут скалываться с нарастающей скоростью по мере старения вяжущего материала. Добавление снижения прочности вносят переходы температуры через  $0^{\circ}\text{C}$ . Поэтому если в стране таких переходов ориентировочно больше 100, то надо быть готовым к повышенному уровню содержанию и снижению надежности.

3.5. Разрыв (трещины, просадки) формируются от силового воздействия и зависят от количества расчетных автомобилей за промежуток времени. Усталостные свойства материала описываются 3-х кратным изменением момента силы (рис. П11) по элементарным площадкам. Изменение момента позволяет говорить об отсутствии важности мощности слоя. Независимо от средней толщины асфальтобетона перегибы за один осевой проезд происходят в обязательном порядке.

3.6. На стадии проектирования для данной транспортной нагрузки на период эксплуатационного ресурса инженерам-проектировщикам следует выбирать максимальный допустимый уровень вероятности повреждения дорожной одежды в зависимости от технических требований – срока службы, безопасности, удобства и экономических ограничений, динамики воздействия.

Предельные критерии развития деформаций выражены общим количеством расчетных осевых нагрузок и в мировом исследовании выражены в табл. П4, П5.

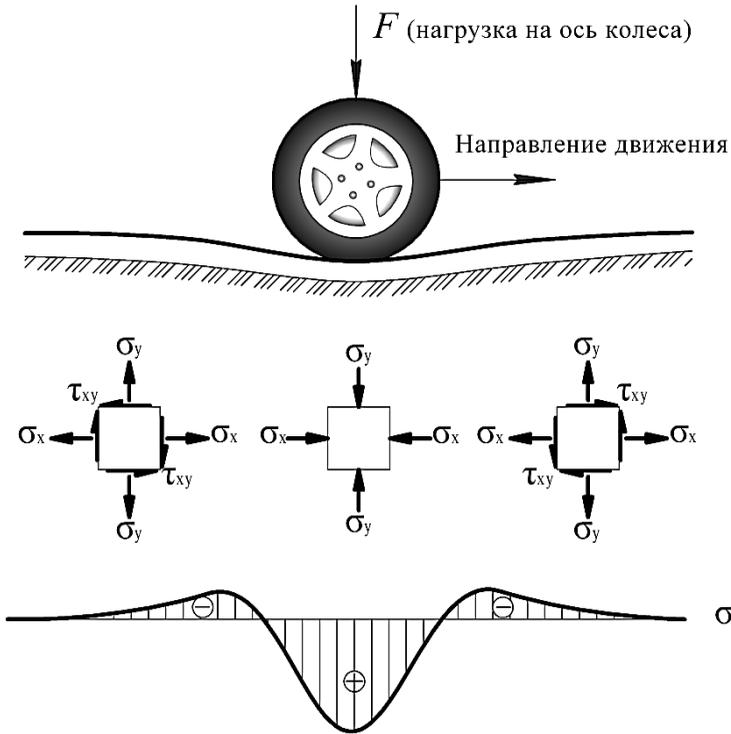


Рис. П11. Усталостные процессы в дорожном покрытии

Таблица П4

Предельная деформация в слоях дорожной одежды  
(моделирование, справочно)

Автор	Критерии типа	Модель от кол-ва расчетных автомобилей (Т)
Браун, Брунтон и др.	Деформация ( $\epsilon$ ), количество нагрузок ( $N$ )	$\epsilon = 21\,600 N^{-0,28}$
Шук и др.		$\epsilon = 10\,500 N^{-0,223}$
Ферстрэген и др.		$\epsilon = 11\,000 N^{-0,23}$
Биссада и др.		$\epsilon = 2500 N^{-0,25}$

3.7. Дополнительно к вышеописанному процессу следует учитывать, что динамическая нагрузка может оказывать существенное

влияние на дорожное покрытие. Характерно, что данные нагрузки изменяются в величине примерно на 10 % по сравнению с такой же статической нагрузкой, но часто они могут достигать изменения до 30 % или даже больше. Динамические нагрузки – это, в первую очередь, низкочастотное явление, которое в большой степени зависит от подвески и параметров транспортного средства. Двойные подвески, например, формируют волны в диапазоне от 2 до 4 Гц, а скачки отдельных составляющих – до 10 Гц.

Таблица П5

Деформационная модель (справочно)

Автор	Критерии типа	Модель
Хсиа и др.	Деформация ( $\epsilon$ ), количество нагрузок ( $N$ ), тип дорожной одежды ( $a, b$ )	$\epsilon = a N^{-b}$
Робертс и др.	Деформация ( $\epsilon$ ), количество нагрузок ( $N$ ), модуль основания ( $E_{sg}$ )	$\epsilon = f(E_{sg}, N)$
Фрим и др.	Деформация ( $\epsilon$ ), количество нагрузок ( $N$ )	$\epsilon = f(N, \text{категория дороги})$
Гшвендт и др.	Напряжения ( $\sigma$ ), количество нагрузок ( $N$ ), модуль конструкции ( $E_p$ )	$\sigma = 0,0045 E_p (l + 0,7 \log N)^{-1}$
Листер и др.	Деформация ( $\epsilon$ ), количество нагрузок ( $N$ ), структурное число ( $CBR$ )	$\sigma = f(CBR, N)$

3.8. В качестве основной гипотезы формирования трещин и колеи фактический запас прочности, и соответственно, надежность жестких дорожных конструкций под воздействием транспортной нагрузки по общему модулю упругости и по растягивающим напряжениям. Для основных случаев проектирования допустимый (необходимый) коэффициент надежности определяют, как минимальное значение коэффициента прочности в конце срока службы дорожной одежды в зависимости от категории дороги, типа дорожной одежды и принятой группы нагрузок. Оптимальная толщина асфальтобетонных слоев подбирается исходя из напряжений по графику на рис. П12. При толщине асфальтобетона более 20 см напряжения от стандартной нагрузки практически не меняются. Рекомендации: толщину пакета асфальтобетонных слоев более 20 см как решение при ремонте следует применять при экономическом обосновании.

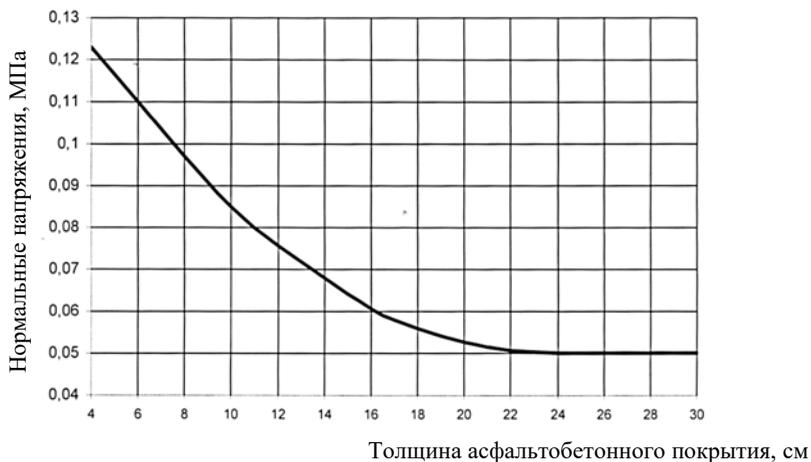


Рис. П12. Напряжение в материале при различных толщинах асфальтобетона (10 тонн/ось)

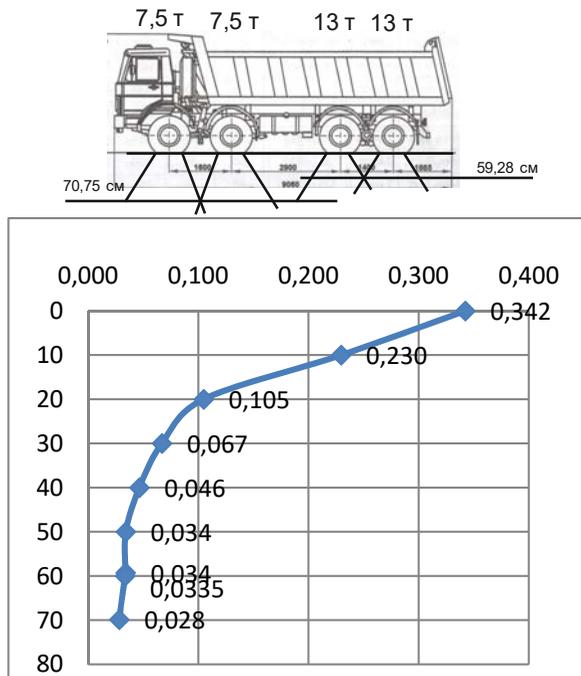


Рис. П13. Эпюра напряжений для 4-осного 13 тонного грузовика

#### **4. Оценка надежности дорожных одежд асфальтобетонных покрытий.**

4.1. При оценке прочности дорожных одежд разработаны и внедрены модели, основанные на зависимости между видами дефектов покрытия, коэффициентом прочности и толщиной слоев усиления для дорог различных категорий. Взаимосвязь между прочностью дорожных одежд и дефектностью в определенной степени подтверждается опытными исследованиями.

Устройство тонких слоев на местах интенсивного образования трещин, колейности в дальнейшем затрудняет принятие объективных решений при оценке надежности. Временное устранение видимых дефектов не решает проблемы снижения прочности, но приводит к систематической отсрочке выполнения капитального ремонта. Развитие трещин в слоях покрытия продолжается, но оценить фактор и динамику разрушения покрытия невозможно. На рис. П14 приведены участки дороги, где покрытие до и после устройства поверхностной обработки оценивается коэффициентом надежности конструкции ( $K_n$ ) по объемам видимых дефектов.

4.2. С учетом того, что ежегодно устройство тонких защитных слоев в республике на дорогах общего пользования составляет около 4000 км, оценка надежности дорожных одежд по дефектности (повреждаемости) покрытия после текущего ремонта является неэффективной. Кроме того, с течением времени развитие и отражение трещин не прекращается, приводя к разрушению нижележащих слоев конструкции.

4.3. Следует применять дифференцированный подход к оценке надежности дорожных покрытий даже на участках со значительной дефектностью. В этом случае визуальную оценку дефектов следует дополнять количественной оценкой ровности покрытия, так как в этом случае искажение профиля покрытия (просадки, неровности) указывает на снижение надежности конструкции даже при отсутствии видимых дефектов.

4.4. Назначение ремонтных мероприятий определяется наличием структурных разрушений асфальтобетонного покрытия в виде трещин, колейности, ямочности, просадок и т. п. При проведении оценки дефектности на покрытии принимается ряд условий нормативно закрепленных для всех состояний покрытий, независимо от процессов и причин разрушения конструктивных слоев. Однако, весомость отдельных дефектов при изменении других транспортно-эксплуатационных па-

раметров на практике может изменяться. Сочетание дефектов, выявленных в процессе диагностики определяет выбор наиболее эффективных ремонтных мероприятий и время их проведения (рис. П15).



а) неудовлетворительное состояние (уровень надежности менее 0,8)

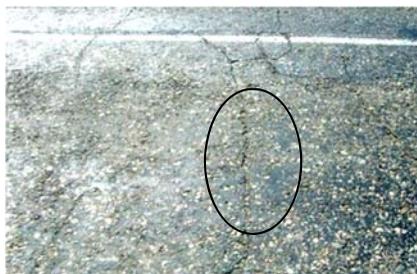


б) удовлетворительное состояние (уровень надежности более 0,8)

Рис. П14. Изменение уровня надежности автомобильных дорог, характеризуемых дефектностью покрытия



а) Нитевидные трещины



б) Трещины с шириной раскрытия до 10 мм



в) Трещины с шириной раскрытия более 10 мм



г) Трещины залитые битумной эмульсией

Рис. П15. Поперечные трещины по своему характеру требующие различных методик выполнения ремонтных мероприятий:  
*a* – ремонт не требуется (содержание); *б* – капитальный ремонт;  
*в* – капитальный ремонт с фрезерованием;  
*г* – текущий ремонт или содержание

При закреплении величины значимости к отдельным структурным разрушениям проезжей части не учитывается преимущество характерных разрушений с небольшим значением коэффициента весомости.

При расчете дефектности, при обработке данных по объемам зафиксированных трещин не учитывается их ширина раскрытия и ранее проведенные мероприятия по их ремонту в процессе содержания. К примеру, на автомобильных дорогах с частыми трещинами залитыми битумной мастикой, в соответствии с методикой проведения ремонтов, дефектность покрытия соответствует состоянию проезжей

части где частые трещины имеют нитевидный характер или ярко выраженный вид сформированных трещин, но в тех же объемах.

4.5. Целесообразно предусматривать переработку и использование асфальтобетона существующей одежды. В общую толщину слоев из стабильных материалов не следует включать загрязненные материалы дополнительных слоев и основания, а также неморозостойкие слабопрочные каменные материалы.

В случае применения при реконструкции дорог новых слоев одежды из щебня, гравия, шлака и грунтов, укрепленных цементом, над ними необходимо располагать слои из материалов, обработанных органическими или комплексными вяжущими, общей толщиной не менее конструктивной или рассчитанной из условия предотвращения образования отраженных трещин.

Нижние слои из зернистых материалов можно укладывать на существующее водонепроницаемое покрытие только при проведении мероприятия, исключающих влагонакопление в этих слоях.

На участках, где, кроме усиления дорожной одежды, предусмотрено также уширение проезжей части и земляного полотна, должна быть обеспечена равнопрочность всей одежды в пределах ширины новой проезжей части. Как правило, следует предусматривать одностороннее уширение земляного полотна, а двустороннее уширение – только при необходимости или экономической целесообразности.

Для уширения земляного полотна следует применять несвязные грунты. Связные грунты можно использовать случае их идентичности с грунтом существующего земляного полотна.

4.6. При проектировании реконструкции дороги дренажные устройства следует назначать, с учетом состояния старой дороги и ее дренажной системы, а также принятых технических решений по перестройке – усиление дорожной одежды, усиление с уширением, полная перестройка.

Если новую дренажную систему предусматривают в пределах уширения проезжей части и обочин, то для усиления фильтрации воды в старом подстилающем слое необходимо новый дренирующий слой устраивать заглублением по отношению к низу старого.

4.7. На реконструируемых участках дорог, где обеспечение необходимой морозостойкости традиционными мерами технически невозможно или экономически нецелесообразно, нужно новую

дорожную одежду вводить теплоизоляционный слой. Толщину этого слоя следует определять теплотехническим расчетом.

Для предохранения грунта земляного полотна под дорожной одеждой от промерзания со стороны обочины теплоизоляционный слой должен быть устроен на 1 м шире проезжей части с каждой стороны.

Принципы и методы расчета на прочность, морозоустойчивость и дренирование усиливаемых реконструируемых участков, а также расчет теплоизоляционных слоев в основном те же, что и новых конструкций дорожных одежд.

4.8. Слои основания, укрепленные гидравлическим вяжущим подвержены температурному трещинообразованию. Эти трещины, появившиеся в нижних слоях, проявляются затем в вышерасположенных асфальтобетонных слоях как отраженные трещины. Это явление всегда сопутствует таким основаниям.

При проектировании и строительстве дорожной одежды полужесткой конструкцией должны применяться технические решения, уменьшающие риск появления отраженных трещин в асфальтобетонных слоях, от температурных трещин или технологических швов в слоях жесткого основания. Примерами таких решений являются:

Сокращение содержания гидравлического вяжущего (например, цемента) до минимально необходимого количества, обеспечивающего требуемую прочность одновременной оптимизацией состава минеральной части смеси;

Применение промежуточного слоя, распределяющего растягивающие напряжения от жесткого основания, которым может быть:

- мембрана из полимерасфальтобетона (слой SAMI),
- слой толщиной 12 см из уплотненного щебня,
- полимерная, металлическая или стеклянная сетка,
- волокно, пропитанное битумополимером,
- искусственная, целевая организация (например путем нарезки) поперечных трещин в жестком основании и выполнение промежуточного слоя из сетки или волокна,
- объединение нескольких из приведенных выше способов.

4.9. Согласно анализу статистических данных, в том числе по результатам ежегодной диагностики в Казахстане установлено, что 59 % от всех возникающих на поверхности покрытий повреждений и разрушений составляют трещины (одиночные, частые, сетка тре-

щин), различные по своей природе, размерам, расположению относительно оси автомобильной дороги. В связи с этим проблема повышения трещиностойкости дорожных покрытий является одной из наиболее актуальных (рис. П16).

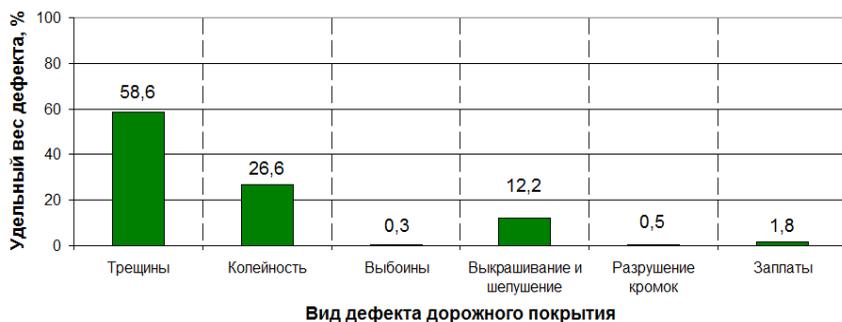


Рис. П16. Распределение дефектов дорожного покрытия по статистическим данным

4.10. Процент копирования отраженных трещин ( $B$ , %) от швов и трещин старого цементобетонного покрытия в новое асфальтобетонное покрытие, предлагается определять по формуле

$$B = 100 / (1 + e^{(a+bt)}), \quad (П4)$$

где  $t$  – срок службы нового асфальтобетонного покрытия (слоя усиления);

$a$ ,  $b$  – параметры, определяемые зависимости от состояния ремонтируемого асфальтобетонного покрытия, проектируемых мероприятий по ограничению отраженных трещин (наличия трещинопрерывающей прослойки и т. д.) и толщины защитного слоя или слоя усиления;

$$a = 3,5 + 0,75(0,394 \cdot h - c); \quad (П5)$$

$$b = -0,69 - 3,73(0,394 \cdot h - c), \quad (П6)$$

где  $c$  – параметр, определяемый инструментально ( $c = 3$ ).

4.11. При невозможности получения данных о площади какого-либо из элементов дороги износ рассчитывается по нормативной величине срока его эксплуатации. Основным показателем надежности, учитывающим как техническую, так и экономическую составляющую является показатель функциональности ( $\Pi_{\phi}$ )

$$\Pi_{\phi} = 1 - \frac{C_p}{C_v}, \quad (\text{П7})$$

где  $C_p$  – стоимость проведения ремонтных работ по всей дороге или на ее участке по результатам оценки износа ее параметров, руб.;

$C_v$  – восстановительная стоимость дороги, руб.

Ремонтные мероприятия назначаются по показателю функциональности:

- от 0,8 до 1,0 – текущий ремонт;
- от 0,6 до 0,8 – выборочный капитальный ремонт;
- от 0,4 до 0,6 – комплексный капитальный ремонт;
- до 0,4 – аварийное состояние.

## **5. Основные выводы по образованию дефектов дорожной одежды**

5.1. Климатические параметры для СУДА в явной или неявной форме влияющие на образование дефектов и интенсивность разрушения:

- средняя месячная температура воздуха;
- максимальный диапазон температуры окружающей среды в течение 24-часового периода или значение, соответствующее десятой доли;
- количественное отношение влажностных условий дорожного покрытия в году;
- средние дневные значения общего солнечного излучения для наиболее и наименее солнечных месяцев;
- опорный индекс промерзания (глубина промерзания);
- количество циклов замерзания в год (переход через 0 °С);
- интенсивность использования противогололедных солей.

Данные значения параметров должны быть основаны на долгосрочных исследованиях (мин 15 лет). Первые четыре характеристики соответствуют «нормальным» условиям. Остальные четыре

выражаются как функция вероятности появления в течение одного или более десятилетий.

5.2. Климат обычно является второстепенным фактором в разрушении дорожного покрытия. Несмотря на это, иногда с помощью климатических факторов можно объяснить возникновение повреждений; это касается случаев поднятия грунта при промерзании, теплового трещинообразования, продольного изгиба цементобетонных плит и трещинообразование вследствие резких колебаний содержания воды в грунтовом основании.

5.3. С практической точки зрения, проектированию и усилению дорожного покрытия способствует следующее:

– упрощение, т. е. замена данных реального дорожного движения данными эквивалентного дорожного движения, разрушающее действие которого не отличается от фактического дорожного движения;

– предварительный выбор материалов и их толщин, соответствующих устойчиво определенным климатическим периодам;

Традиционные конструкции (минимальные):

Количество воздействий нагрузок (расчетный автомобиль – двойные оси:  $2 \times 10$  т)

Вариант 1 (дороги 3–5 кат):

асфальтобетонный слой:	8 см (A10)
	8,5 см (A10)
слой щебня (гравия):	42 см
	46 см

Вариант 2 (дороги 1–2 кат):

асфальтобетонный слой:	11 см
	12 см
слой щебня (гравия):	63 см
	67 см

Для обоих вариантов:

- толщина несвязанного основания 40 см;
- толщина несвязанного подстилающего грунта 30 см;
- коэффициент Пуассона асфальтобетонного слоя 0,35;
- коэффициент Пуассона других слоев и грунтового основания 0,50;
- модуль основания не менее 500 МПа;
- модуль подстилающего грунта не менее 200 МПа;
- модуль грунтового основания средний 40 МПа.

5.4. Деформация битумосодержащих смесей является следствием следующих трех компонентов:

- промежуточная упругая деформация, которая теоретически зависит от температуры;
- замедленная упругая деформация, которая изменяется в зависимости от температуры и продолжительности нагрузки;
- постоянная деформация, которая также изменяется в зависимости от температуры и общего количества нагружений за межремонтный срок службы.

5.5. Общий закон Майнера, учитывающий сезонные силовые воздействия на дорожную одежду при среднем воздействии транспортного потока ( $P$ ) срок службы выражается количеством нагрузок ( $N$ ), рис. П17.

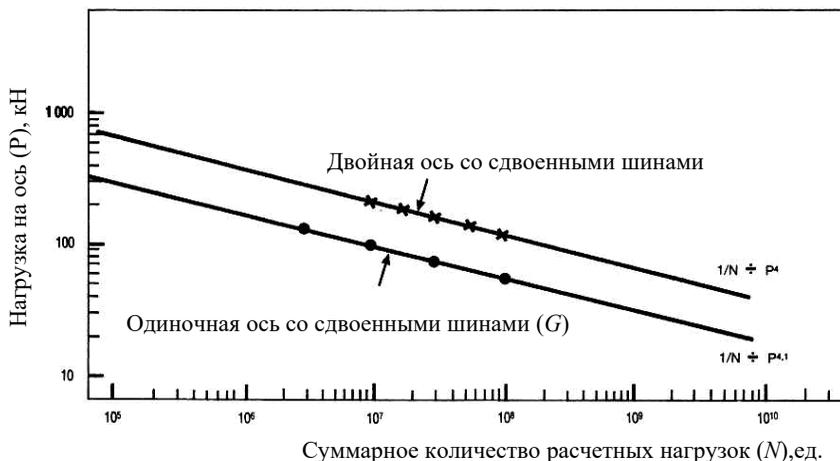


Рис. П17. Количество допустимых нагрузок до наступления предельных состояний [16]

Для дороги с нагрузкой 10 т/ось при соответствии проектных условий расчетным допускаемое количество автомобилей за срок службы составляет 10 млн, для нагрузки 13 т/ось – 5–6 млн.

5.6. Воздействие и защита дорожной конструкции от воздействия циклов заморозания/оттаивания, в случае, если дорожное покрытие построено на грунте с высокой степенью промерзания.

5.7. Для проектирования новых дорог в большинстве стран имеются физико-математические модели в отношении воздействия циклов

замерзания/оттаивания, при использовании которых можно спрогнозировать пределы промерзания различных конструкций дорожного покрытия. Эти модели имеют относительно хорошее обоснование. На основании приобретенного опыта было установлено, что никакие особые структурные повреждения не возникают в результате циклов замерзания/оттаивания, в случае если глубина промерзания находится в пределах конструкции дорожного покрытия (до 0,5–0,7 метра).

5.8. В случае эксплуатируемых дорог 2–4 категории – спроектированных без учета заморозков, опыт, приобретенный в разных странах, показывает, что повреждения вследствие циклов замерзания/оттаивания можно уменьшить посредством обеспечения высокой степени непроницаемости дорожной поверхности (геотекстильные прослойки), улучшения дренажных систем (повышения коэффициента фильтрации), ограничения нагрузки от транспортных средств или применения данных мер в совокупности.

5.9. Для полужестких дорожных покрытий современные исследования и новейшие технологии подтверждают, что:

- тепловое трещинообразование гидравлически связанного дорожного основания (укрепление цементом) практически неизбежно.

- постоянное возникновение на поверхности трещин (трещины в поверхностном слое асфальтобетона, повторяющие рисунок трещин в нижнем слое) может быть замедлено посредством применения различных методик: укладки толстых битумных слоев, применение мембранной технологии, предотвращающих трещинообразование, а также относительно мягких и тонких материалов поверхностного слоя и нестабилизированного зернистого слоя.

- технология ремонта (перекрытия) трещин значительно снижает откалывание материала, связанное с проявлением трещин на поверхности; затраты на содержание являются довольно низкими и, по этой причине, несравнимы с расходами на обновление слоя износа.

5.10. Наиболее важным параметром является модуль жесткости битума; однако, стандартизированного метода для его измерения при низких температурах не существует, единственным средством остается метод точки разрушения по Фраасу, который не измеряет модуль жесткости, а лишь предел разрыва.

5.11. Другой способ метод – это индекс пенетрации, который обычно рассчитывается на основании точки размягчения пенетрации

при 25 °С. Высокий индекс пенетрации предпочтителен, поскольку в данном случае битум не будет слишком мягким при высоких температурах дорожного покрытия (пластическая деформация) или слишком твердым при низких температурах (трещинообразование при низких температурах).

## **6. Предупредительные меры по предотвращению развития дефектов**

6.1. Предотвращение отраженных трещин, применение трещинопрерывающих слоев.

При проектировании и строительстве дорожной одежды полужесткой конструкцией должны применяться технические решения, уменьшающие риск появления отраженных трещин в асфальтобетонных слоях, от температурных трещин или технологических швов в слоях жесткого основания. Примерами таких решений являются:

Сокращение содержания гидравлического вяжущего (например, цемента) до минимально необходимого количества, обеспечивающего требуемую прочность одновременной оптимизацией состава минеральной части смеси.

Применение промежуточного слоя, распределяющего растягивающие напряжения от жесткого основания, которым может быть:

- мембрана из полимерасфальтобетона (слой SAMI);
- слой толщиной 12 см из уплотненного щебня;
- полимерная, металлическая или стеклянная сетка;
- волокно, пропитанное битумполимером;
- искусственная, целевая организация (например путем нарезки)

поперечных трещин в жестком основании и выполнение промежуточного слоя из сетки или волокна;

- объединение нескольких из приведенных выше способов.

6.2. Другим методом предотвращения дефектов – трещин, является использование материалов с низким коэффициентом теплового расширения. При использовании известковых материалов вместо песчаных появление термических поперечных трещин уменьшается при прочих равных условиях, поскольку коэффициент теплового расширения известковых материалов почти в два раза меньше, чем у песчаных. Данное решение, несомненно, зависит от применимости на местности и климатических зон Казахстана.

6.3. Один из возможных подходов по предотвращению дефектов заключается в изменении соответствующих физических свойств материалов посредством изменения состава смеси. Уменьшение модуля эластичности ( $E$ ) при прочих равных условиях приводит к уменьшению термических напряжений.

*Справочно: в Нидерландах, например, запрещено использование тощей бетон смеси в дорожном основании, тогда как применение смешанного с цементом песка, наоборот, принято.*

Данный подход к решению проблемы трещинообразования представляет незначительный допуск на погрешности, поскольку пониженный модуль подразумевает пониженное временное сопротивление разрыву и изгибная прочность; сходное с плитой поведение, являющееся особенным преимуществом полужестких дорожных покрытий, также частично подвергается ухудшению. Другая проблема состоит в том, что обработанный песок в местах трещин обеспечивает плохое схватывание, нежели заполнители.

6.4. Эффективным методом борьбы с трещинами и снижением вертикальных перемещений около трещины является ремонт путем укладки мембраны, предотвращающей появление трещин, между слоем, обработанным гидравлическим вяжущим, и верхним битумным слоем. Мембрана может принять форму толстой пленки из битумоинеральной смеси или геотекстильного материала, насыщенного битумом. Стоимость данного решения, однако, достаточно высока и рационально для применения на платных дорогах и дорогах с высокой интенсивностью.

6.5. На участках, где дренарующий слой под каменной частью существующей дорожной одежды устроен только на ширину проезжей части, рациональна конструкция нового дренажного устройства, в котором для отвода воды служит песчаный слой, вновь уложенный на всю ширину обочин.

6.6. На участках, где в существующей одежде нет песчаного слоя (или песок заилился так, что утратил фильтрационные свойства), новый дренарующий слой нужно устраивать в пределах уширения проезжей части, укрепительных полос и обочин с некоторым заглублением относительно низа старой одежды (но не менее 5 см), если для обеспечения необходимой прочности уширяемой части одежды не требуется более толстый слой песка.

6.7. На участках, где существующий дренирующий слой уложен на всю ширину земляного полотна и фильтрационные свойства песка удовлетворяют требованиям, в целях максимального использования имеющихся конструкции дренажа, покрытие в пределах уширения и укрепления полосы устраивают на новом основании по существующему песчаному слою.

6.8. На участках полной перестройки дорог и значительного повышения отметок земляного полотна с засыпкой существующей дорожной одежды грунтом мероприятия по обеспечению осушения активной зоны и новой одежды существенно не отличаются от применяемых при новом строительстве.

6.9. В выемках и на участках с нулевыми отметками при неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, обуславливающих значительный приток воды в основание проезжей части, для быстрого удаления воды из дренирующего слоя может быть применен продольный дренаж с трубчатыми поперечными выпусками.

Принципы расчета дренирующего слоя реконструируемых дорог те же, что и новых дорог – должно быть обеспечено и временное размещение воды в начале весны и своевременный ее отвод в последующей стадии. При значительных продольных уклонах необходимо предусмотреть меры по предотвращению движения воды в песчаном подстилающем слое по уклону.

6.10. Перспективное планирование изменения дефектности дорожных покрытия нежестких дорожных одежд определяют по формуле

$$DP_t = DP_0 \cdot e^{A \cdot t}, \quad (П8)$$

где  $DP_t$  – прогнозируемый процент дефектности, %;

$DP_0$  – начальный процент дефектности на момент оценки состояния, %;

$t$  – время прогноза, лет;

$A$  – коэффициент, зависящий от интенсивности движения расчетной нагрузки,  $A = 0,4016$ .

На рис. П18 представлен график прогнозируемого изменения дефектности покрытия при его различных начальных состояниях.

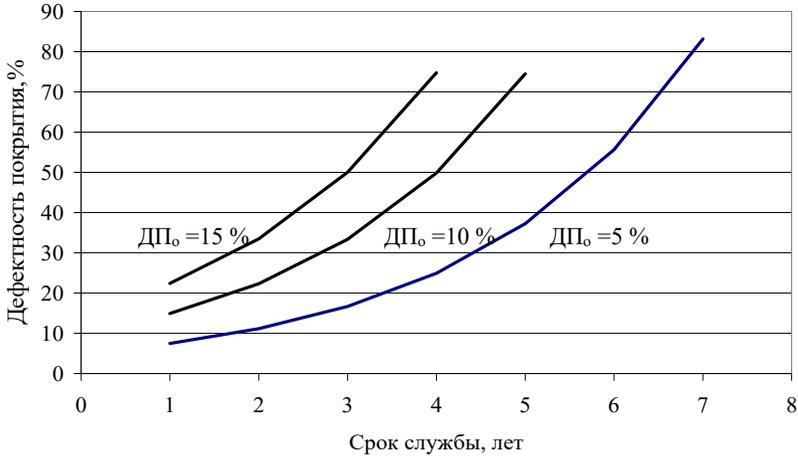


Рис. П18. Прогнозируемое изменение дефектности покрытия при различных значениях начальных условиях площади дефектов

## 7. Типовые разрушения, причины разрушения, методы ремонта

### 7.1. Температурные трещины (рис. П19)

Описание. Температурные трещины образуются на всю ширину покрытия (поперечные) с четко выраженным шагом 2–25 м. Ширина раскрытия изменяется в зависимости от диапазона температуры воздуха.

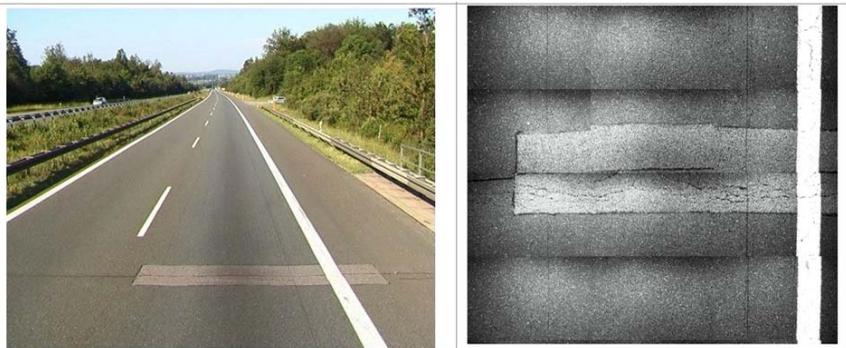


Рис. П19. Температурные поперечные трещины

Причины образования:

а) температурные трещины образуются за счет возникновения температурных напряжений при охлаждении покрытия, как правило, по истечении нескольких лет вследствие старения битума, из-за чего асфальтобетон теряет свою деформационную способность при отрицательной температуре;

б) появление температурных трещин вызывают растягивающие напряжения, возникающие главным образом при резких перепадах температуры воздуха: асфальтобетон становится хрупким, происходит неравномерное охлаждение конструктивных слоев дорожной одежды и несвободное сокращение покрытия при охлаждении.

## 7.2. Отраженные трещины (рис. П20)

Описание. Продольные и поперечные трещины, возникающие по всей ширине покрытия, не в полосе наката, шаг трещин соответствует 4–6 м.

Причины образования. Возникают в результате концентрации напряжений в асфальтобетоне над швами и трещинами основания при перемещениях плит и блоков основания. В первую очередь, асфальтобетонные покрытия, в основании которых лежит цементобетонное основание, где коэффициенты температурных удлинений материалов значительно различаются. Это приводит к разнице расширения материалов под действием погодных явлений и механической нагрузки;



Рис. П20. Отраженные продольные и поперечные трещины

### 7.3. Силовые трещины (рис. П21)

Описание. Силовые трещины в виде группы трещин с различной длиной и направлением к оси проезжей части, чаще всего в виде радиальных локальных трещин, продольных в полосе наката.

Причины образования:

а) возникают растягивающие напряжения, которые значительно больше предельно допустимых значений. Результатом определенного числа приложений нагрузок становится образование в нижней части покрытия по полосам наката продольных волосяных трещин, которые с течением времени объединяются в большие группы, и в результате образуется сетка трещин.

б) материал не отвечает требованиям однородности, величина локальных напряжений может быть на порядок выше средних значений. В тех случаях, когда локальные напряжения превышают пределы упругих деформаций битумных пленок, происходит разрушение связей. При повторении процесса приложения нагрузок увеличивается количество разрушенных связей.



Рис. П21. Силовые трещины, с сеткой трещин

### 7.4. Технологические трещины (рис. П22)

Описание. Продольные и поперечные трещины в местах сопряжения полос и поперечных стыков.

Причины образования. Технологические трещины возникают в результате неправильного подбора состава асфальтобетонной смеси, нарушения технологии устройства слоев и уплотнения смеси, а также в местах продольных и поперечных сопряжений смежных полос асфальтобетонного покрытия

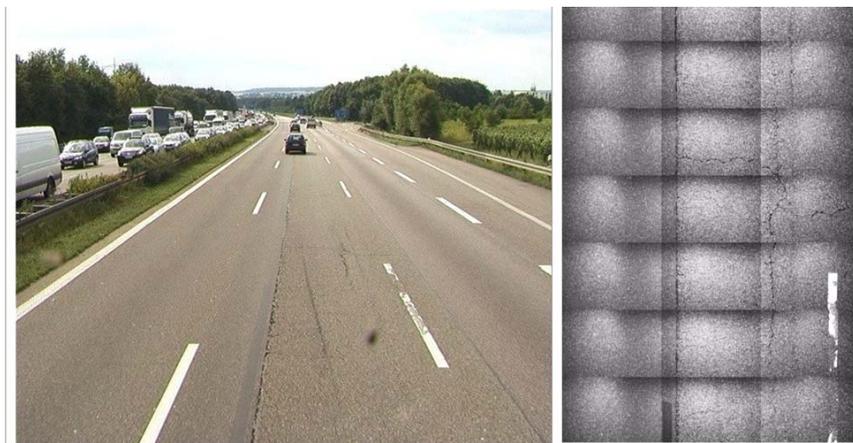


Рис. П22. Технологические трещины в местах сопряжения полос

### 7.5. Усталостные трещины (рис. П23)

Описание. Усталостные трещины возникают преимущественно в виде поперечных трещин с шириной раскрытия более 5 мм.

Причины образования. Вследствие циклического прогиба слоев дорожной одежды при непрерывном транспортном потоке с процентом содержания в потоке грузовых автомобилей более 25 % и(или) осевой нагрузкой, превышающей проектную более 50 %.



Рис. П23. Усталостные трещины с шириной раскрытия более 5 мм

#### 7.6. Выкрашивание и шелушение дорожного покрытия с одиночными трещинами (рис. П24)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

- участки покрытия со сроком службы более 5 лет с ДП менее 0,5;
- выкрашивание и шелушения, одиночные трещины, износ;
- площадь ямочного ремонта по площади до 20 % на 1 км.



Рис. П24. Шелушение, одиночные трещины на покрытии

*Типовая технология работ:* выполнить работы по временной консервации путем пропитки покрытия органическим вяжущим и устройством поверхностной обработки (ШПО) согласно технологии по ПР РК 218-55-2013. Гарантийный период – 2 года.

*Альтернативная технология:* 1. Устройство изолирующего слоя из мелкой поверхностной обработки локальными «картами». 2. Розлив пропиточных составов на покрытие.

*Ограничения к применению:* 1. Розлив вяжущего не допускается проводить при скорости ветра 8 м/с и более. 2. Не рекомендуется выполнять устройство ШПО на кривых с радиусом менее 20 м.

#### 7.7. Колееобразование на покрытии до 3 см с отдельными трещинами (рис. П25)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

- колея глубиной до 30 мм;
- ДП не более 0,5;
- одиночные трещины, редкое выкрашивание, износ.



Рис. П25. Колея на покрытии до 30 мм без значительных дефектов

*Типовая технология работ:* устройство по полосам наката поверхностной обработки с предварительным фрезерованием по ПР РК 218-55 с последующим устройством защитного слоя «Микросюрфейсинг» по Р РК-218-147 на всю ширину покрытия.

*Альтернативная технология:* 1. Устройство по полосам наката поверхностной обработки без фрезерования с предварительной герметизацией трещин без разделки. 2. Устройство пористо-мастичной асфальтобетонной смеси на всю ширину при колеяности покрытия до 10 мм по Р РК 218.

*Ограничения к применению:* ровность покрытия по *IRI* более 4,5 м/км, наличие сетки трещин на покрытии.

#### 7.8. Устранение ямочности на асфальтобетонном покрытии (рис. П26)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

- разрушение покрытия с удалением материала;
- ДП менее 0,5.

*Типовая технология работ:* нарезка продольных и поперечных границ «карты» или фрезерование «карты» глубиной не менее 4 см, с вертикальной обрезкой стенок, при нарезке покрытие вырубает отбойным молотком, проводят подгрунтовку выбоины, укладку материала и уплотняют.



*a*



*б*

Рис. П26. Ямочность на покрытии:

*a* – выбоины по центру покрытия; *б* – разрушение кромки (ямочность)

*Альтернативная технология:* очистка и подгрунтовка выбоины битумной эмульсией, заделка выбоин струйно-инъекционной способом без разделки.

*Ограничения к применению:* марка асфальтобетонной смеси не должна быть ниже, чем у асфальтобетона ремонтируемого покрытия.

7.9. Колееобразование на покрытии до 3 см с трещинами и незначительным разрушением покрытия (рис. П27)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

– колея глубиной до 30 мм с дефектами: сетки (частых) трещин, ямочность, выкрашивание;

– ДП превышает 0,5.



Рис. П27. Колея на покрытии до 30 мм с дефектами

*Типовая технология работ:* предварительная заделка всех дефектов и заливка трещин с последующим устройством двухслойной поверхностной обработки по ПР РК 218-55. Гарантийный период 2 года.

*Альтернативная технология:* заделка выбоин и исправление колеи с устройством трещинопрерывающих слоев покрытия из пористо-мастичной смеси по Р РК 218-2017.

7.10. Колееобразование на покрытии свыше 3 см с волнами (рис. П28)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

- колея глубиной более 30 мм с волнами по полосам наката;
- ДП превышает 0,5.



Рис. П28. Колея на покрытии более 30 мм с волнами

*Типовая технология работ:* выполнение холодного ресайклинга с последующим устройством защитного слоя по всей ширине покрытия по Р РК-218-147-2018.

*Альтернативная технология:* фрезерования мест образования волн и гребней и укладка в полосе наката и местах фрезерования холодных литых асфальтобетонных смесей

### 7.11. Частые трещины с сеткой трещин и ямочностью (рис. П29)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

- частые трещины с выкрашиванием;
- продольные трещины;
- ДП более 0,5.



Рис. П29. Частые трещины с выкрашиванием

*Типовая технология работ:* фрезерование покрытия не менее 2/3 слоя с дальнейшим устройством выравнивающего слоя на 1 см больше глубины фрезерования и поверху тонкослойного асфальтобетонного покрытия толщиной до 3,5 см из горячих асфальтобетонных смесей или щебеночно-мастичного асфальтобетона. Гарантийный срок 5 лет.

*Альтернативная технология:* розлив на покрытии пропиточных материалов с последующим устройством поверхностной обработки на основе резинобитумного вяжущего

### 7.12. Продольные трещины на дорогах с интенсивным и тяжелым движением транспорта (рис. П30)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

- колея глубиной до 30 мм;
- интенсивность движения более 6000 авт/сут;
- продольные трещины в местах сопряжения полос, одиночные поперечные трещины;
- ДП не более 0,5.



Рис. ПЗ0. Продольные трещины с колесей до 30 мм

*Типовая технология работ:* укладка макрошероховатого слоя толщиной до 3 см из специально подобранной горячей битумощебеночной смеси, содержащей 50–85 % щебня, 4–8 % минерального порошка, песок (остальное до 100 %) и 5–8 % битума (сверх 100 %). По своему составу такая смесь близка к асфальтобетонной смеси типа А.

*Альтернативная технология:* укладка горячей щебеночно-маслянистой асфальтобетонную смесь ЩМА на всю ширину покрытия.

#### 7.13 Розлив битумного вяжущего, выпотевание (рис. ПЗ1)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

- выпотевание или розлив битумовяжущего материала;
- ДП не более 0,5.

*Типовая технология работ:* устройство поверхностной обработки с уменьшенным расходом вяжущего на всю ширину или «картами», либо выполнение фрезерование участка покрытия на глубину до 3 см с последующим устройством защитного слоя из горячей асфальтобетонной смеси.

*Альтернативная технология:* при появлении на отдельных участках покрытия избытка вяжущего выполняется присыпка песком из отсевов дробления или щебнем фракции 2,5–5 мм, при избыточном розливе вяжущего выполняется локальное устройство картами щебня (гравия).



Рис. П31. Выпотевание и розлив вяжущего:  
*a* – выпотевание по полосе; *б* – розлив по полосе

#### 7.14. Трещины на цементобетонном покрытии (рис. П32)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

- одиночные и частые трещины;
- ДП не более 0,5;
- ровность покрытия по *IRI* не более 6 м/км.



Рис. П32. Трещины цементобетонного покрытия

*Типовая технология работ:* разделка трещин с распиливанием на глубину 20–30 мм, прочистка и сушка, установка подкладки на дно трещины, нанесение подгрунтовки под герметик, нанесение герметика, посыпка поверхности герметика заполнителем.

*Материалы:* грунтовка – жидкий битум или битумная эмульсия, герметик – битумно-полимерная мастика, заполнитель – отсев дробления, песок крупный.

7.15. Ремонт герметизационных швов с дефектными краями покрытия (рис. ПЗ3)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

- разгерметизация швов на цементобетонном покрытии;
- разрушение покрытия возле шва.



Рис. ПЗ3. Разрушение шва и сопряженного покрытия

*Типовая технология работ:* удаление из швов существующего герметика, нарезка новых краев шва по ширине разрушения, очистка и сушка карты, восстановление конструкции шва, укладка асфальтобетонной смеси. При отсутствии разрушения вдоль шва выполняется восстановление шва без заплат.

*Материалы:* а/б смесь щебеночная крупнозернистая пористая или полимер бетон, герметик – битумно-полимерная мастика, набор для устройства шва.

7.16. Повреждения и дефекты плит цементобетонных покрытий (рис. ПЗ4)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

- нарушение однородности и возвышение плит;
- неровности плит высотой более 3 см.



Рис. ПЗ4. Нарушение целостности плит, подъем плиты

*Типовая технология работ:* выпиливание по контуру на полную толщину плиты и разрезание на сегменты, выполняется подъем выпиленных участков плит без повреждения кромок соседних участков покрытия, устраивается скользящая прослойка между слоем основания и слоем вновь укладываемого покрытия, устанавливаются арматурные каркасы и штыри, выполняется укладка бетонной смеси.

*Альтернативная технология:* фрезерование места дефекта с устройством заплаты на всю ширину покрытия.

7.17. Разрушение (износ) поверхностной обработки (рис. ПЗ5)

*Условия эксплуатации участка дороги:*

- износ поверхностной обработки по площади более 50 %;
- неровности покрытия не более нормативного;
- ямочность не более 20 % покрытия.



Рис. П35. Разрушение защитного слоя покрытия

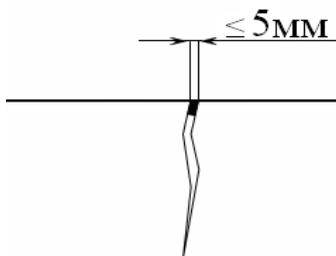
*Типовая технология работ:* повторное устройство (обновление) поверхностной обработки с уменьшенным расходом вяжущего при подгрунтовке: розлив органического вяжущего, россыпь щебня и его уплотнение.

*Альтернативная технология:* локальное устройство поверхностной обработки в виде «ковриков».

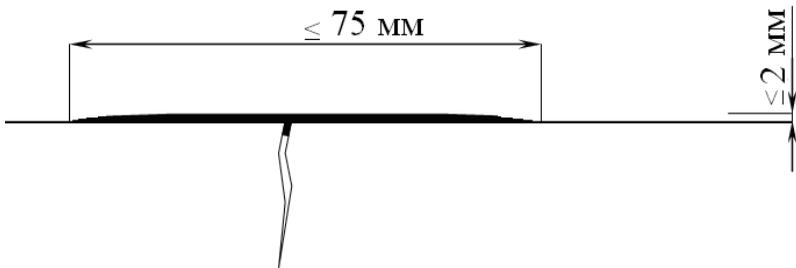
#### 7.18. Заделка трещин на покрытии

*Условия эксплуатации участка дороги:*

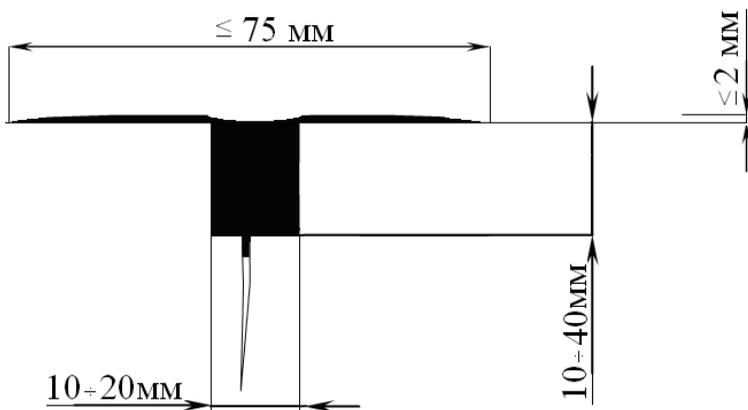
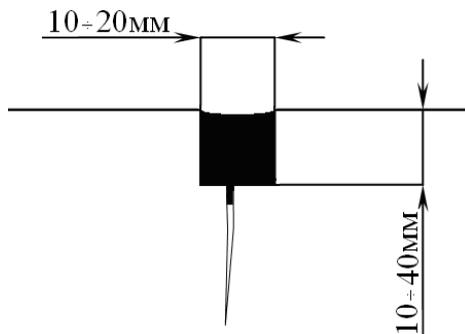
- ДП менее 0,5;
- отсутствие многочисленного количества дефектов.



Вариант 1 – Герметизация трещин шириной до 5 мм без разделки (продувка и заливка мастики под давлением)



Вариант 2 – Герметизация трещин без разделки с устройством защитного слоя (продувка и заливка мастики под давлением, посыпка мелким наполнителем, втапливание щебня)



Вариант 3 и 4 – Герметизация разделанных трещин в уровень с покрытием без устройства защитного слоя или с устройством слоя

## **8. Общие критерии моделирования социально-экономического планирования развития дорожной сети HDM-4**

Уровень социально-экономического развития страны связан с транспортно-экономическим состоянием дорог, а точнее с затратами, связанными с участниками дорожного движения и дорожными службами различных уровней. Расходы участников дорожного движения зависят напрямую от фактических дорожных условий и включают в себя амортизацию транспорта, потерю времени, превышение расхода топлива, безопасность движения и ДТП.

Дорога с большим объемом неровностей и колеи дорогом обходится в обслуживании (содержании) стране по сравнению с ровной дорогой. Поддерживать дорогу в хорошем состоянии для дорожных служб это значит включить затраты на реабилитацию и затраты, на нормальное и плановое техническое обслуживание дорог. При выполнении ремонтно-восстановительных работ необходимо минимизировать общие затраты, которые представляют собой сумму затрат участников дорожного движения и расходы на ремонт и содержание.

Это может быть сделано с помощью различных типов социально-экономических моделей в том числе и HDM по направлениям:

- 1) обоснование уровней затрат бюджета для заданного уровня содержания дорожной сети;
- 2) выбора оптимального проекта технического обслуживания для различных скоростных режимов и дорожно-климатических зон;
- 3) применение альтернативных решений при изменении ситуации несмотря на утвержденный плановый график работ по содержанию, создание технических кластеров – сочетания решений для различных условий.

В рамках европейского проекта RIMES, оценка технического обслуживания дорожной инфраструктуры выполнено в двух направлениях:

- экономические модели, используемые для определения стоимости жизненного цикла дорожной инфраструктуры
- стандарты и методики обслуживания дорожной инфраструктуры;

В течение последних 20 лет дорожные инвестиции в развивающихся странах планировались и определялись в приоритетном порядке на основе моделей экономической оценки, таких как HDM-4. Модель в основном используется для оценки магистральных и по аналогу для республиканских дорог. Модели HDM-4 не очень хо-

рошо подходят для экономического обоснования малоинтенсивных дорог, дорог сельских областей.

Сравнение с другими моделями затрат пользователей дорог проводится:

- Финская модель HIPS в качестве эталона;
- Шведские модели RUC;
- Норвежские модели;
- Инструменты развития и управления дорогами, HDM-4.

При сравнении установлено, что норвежская модель дает гораздо более высокие затраты пользователей дорог, чем другие модели, так как она гораздо больше внимания уделяется продольной ровности. Финская и шведская модели дают вполне сопоставимые расходы с HDM-4 и оптимальный бюджет ниже, а состояние дорожной сети хуже. Модель HDM-4 сложна и нуждается в калибровке для северных условий. В том числе и экологические эффекты в расчетах не будут влиять на оптимальное состояние, так как их зависимость от состояния дороги неизвестна. Подробное описание моделей приведено ниже.

Всемирный банк уже долгие годы финансирует создание систем, которые помогли бы в выборе наиболее оптимальных конфигураций транспортных сетей и планировании инвестиций. Ключевыми их разработками являются продукты HDM-4, RED, ROCKS. В какой-то степени эти системы можно считать расширенными системами моделирования транспортных потоков, дополнительно прогнозирующей социально-экономический эффект от инвестиций в автомобильные дороги.

HDM-4 написана в современном стиле программирования на базе Windows. При построении субмоделей наиболее важным эффектом является снижение эксплуатационных характеристик транспортных средств. В Российской Федерации в качестве баз данных используются системы, разработанные в период с 2000 по 2005 гг.:

– на федеральном уровне использует Автоматизированный Банк Дорожных Данных АБДД «Дорога».

– в регионах используются:

- Титул-2005 (ООО «Титул-2005», Саратов),
- IndorInfo/Road (ООО «Индор-Софт», Томск),
- RoadSoft (ООО «Компалекс», Тверь),
- RoadOffice (ДорСиб, Томск)

## 9. Шведский дорожный кодекс по содержанию дорог с твердым покрытием на основании HDM-4

Кодекс построен на основании системы HDM-4 с предельными значениями, исходящими из трех различных основных целей:

- практичность безопасного движения для пользователя дороги;
- сохранение дорожного капитала для дорожных служб;
- повышение рентабельности по модели.

### 9.1. Предельные значения условий эксплуатации:

- проезжая часть должна быть свободна от трещин шириной раскрытия более 10 мм;
- коэффициент сцепления на покрытии более 0,5;
- поперечный уклон проезжей части должен составлять минимум 1,5 % и максимум 4,0 % на дорогах с двусторонним уклоном;
- Колея на покрытии в среднем на 20 м должна быть не более 20 мм;
- *IRI* на 20 м должен быть не более 6 м/км при ограничении скорости 70 км / ч и более;
- *IRI* на 20 м должен быть максимальным 7 м/км при ограничении скорости 50 км / ч или менее.

### 9.2. Сохранение дорожных активов

Предельные значения имеют своей целью предотвращение значительного преждевременного износа:

- перед началом зимнего периода на дорогах, обработанных ПГМ не должно быть трещин;
- образование выбоин не допускается ни в каких объемах;
- несущая способность дорожной конструкции должна быть обеспечена весь год на всех дорогах для коммерческих и международных целей;
- другие дороги с осевой нагрузкой 10 т/ось или более могут быть ограничены максимум на 3 недели в период весенней распутицы;
- другие дороги с осевой нагрузкой менее чем 10 т/ось должны быть открыты в течение всего года для скоростей движения грузовиков минимально 30 км/ ч и для легковых автомобилей.

### 9.3. Расчетные критерии модели

Использование расчетной модели описывает предельные значения для ровности покрытий по *IRI* на 20 и 400 метров (табл. П6, П7).

Таблица П6

## Пределные значения ровности на 20 метрах дороги

Количество расчетных автомобилей, ед./сут	Ровность дорожного покрытия в расчетной модели для скоростей, <i>IRI</i> , мм/м	
	90 км/ч и более	70 км/ч и менее
Более 4000	4	5
2000–4000	4,5	5,5
300–2000	5,5	6,5

Таблица П7

## Пределные значения ровности на 400 метрах дороги

Количество расчетных автомобилей, ед./сут	Ровность дорожного покрытия в расчетной модели для скоростей, <i>IRI</i> , мм/м	
	90 км/ч и более	70 км/ч и менее
Более 4000	3	4
2000–4000	4	5

## 9.4. Уровень содержания дорог

При наличии дефектов по предельным состояниям порядок алгоритма устранения (предотвращения) дефектов следующий:

– директивные сроки устранения дефектов влияющих на безопасность движения и создающих явно выраженные условия для получения травм или ущерба составляют 2 часа;

– при интенсивности расчетных автомобилей 8000 ед/сут и более устранение дефектов начинается в течение 5 часов и завершается в течение 5 дней;

– при интенсивности расчетных автомобилей 2000–8000 авт/сут начало ремонтных мероприятий на следующий день и завершение в течении 10 дней;

– другие дороги начало ремонтных работ по устранению дефектов в течении 3 рабочих дней, завершение в течении 20 дней.

При рисках безопасности дорожного движения первой мерой может быть установка дорожных знаков по предупреждению опасности, а после этого может быть продолжен ремонт.

9.5. Эксплуатационные характеристики и стандартные описания при содержании и ремонте

*Предварительные условия*

Повреждения после окончания зимнего периода должны быть устранены как можно скорее, если позволит погода, не позднее 1 июля.

Временный ремонт должен быть выполнен с использованием подходящего материала, позволяющего впоследствии произвести постоянный ремонт.

*Реализация*

Дорожная сеть должна быть в удовлетворительном состоянии для транспортных средств с разрешенными нагрузками в соответствии с установленными ограничениями. Исключения могут быть приняты на участках дорожной сети в период распутицы и при снижении несущей способности незапланированным приростом интенсивности.

При ограничениях нагрузки разрешается пропуск транспортных средств с весом брутто 12 тонн. Для массы до 4 тонн плата за проезд не взимается и налоги не удерживаются. Пользователь должен быть проинформирован о любом изменении ограничений нагрузки.

*Граничные условия эксплуатации дорог*

Неровности вдоль или поперек дороги на длине 2,0 м в течение периода 1-го июня по 30 сентября не должны быть больше:

- для национальных дорог – 20 мм;
- для других дорог – 30 мм.

Канавы, водопропускные трубы, дневные водоотводные трубопроводы и колодцы должны быть открыты для безопасного пропуска воды. Не менее 80 % поперечного сечения водопропускных труб и трубопроводов должно быть рабочим.

Размывы откосов не должны быть глубже 300 мм и шире, чем 400 мм.

Временный ремонт трещин шириной раскрытия более 20 мм на проезжей части и более 15 мм на пешеходных и велосипедных дорожках должны быть сделаны немедленно с применением песка или гравия.

Проезжие части на национальных дорогах, пешеходных переходах и велосипедных дорожках должны быть свободны от ям глубиной > 15 мм и шириной > 100 мм. На других дорогах не должно быть разрушений глубже 30 мм и шире 200 мм.

Кромки полос движения должны быть на одном уровне или < 25 мм ниже соседних полос.

Крышки люков должны быть на 0–15 мм ниже, чем прилегающее покрытие.

Вывод: в Швеции социально-экономические модели НДМ используются для прогнозирования потребности в ресурсах, для поддержания или улучшения дорожной обстановки до требуемого уровня. Установлены количественные критерии безопасности в зависимости от класса дороги. Ограничения вводятся на основании стандартов регионов и уровня дороги. Ровность покрытия контролируется начиная с интервала 20 метров и требования к ровности зависят от интенсивности и скорости движения.

#### **10. Норвежская структура по содержанию дорог с твердым покрытием НДМ-4**

Норвежская государственная дорожная администрация использует модель для анализа социально-экономических затрат и выгод на уровне каждой регионально дорожной сети. Предпосылками для использования норвежской модели являются данные:

- развитие состояния дорог;
- последствия принятых мер по техническому обслуживанию;
- социально-экономические последствия для достигнутого состояния дорог.

Модель, используемая норвежским дорожным управлением, представляет собой алгоритмы, основанные на модели, получившей название HIPS (Highway Investment Programming System).

##### **10.1. Краткое описание используемой модели**

10.1.1. Развитие состояния дороги моделируется с учетом перехода от одного состояния класса к другому в течение определенного времени. Переход модели основывается в первую очередь на мониторинге измерения значения неровностей и колеечности не менее чем за два года подряд. В качестве долгосрочной цели, при неизменном классе, рассматривается количественная оценка социально-экономических издержек.

Построение модели основано:

- дорожная сеть делится на локальные дорожные сети в зависимости от климатической зоны, типа дороги и класс трафика (15 локальных дорожных сетей);
- используются такие параметры оценки состояния дороги как неровности и колея;

– параметры состояния дороги делятся на 9 классов, в том числе 3 для неровностей и 3 для колеи

10.1.2. При реализации модели определяется действия по техническому обслуживанию и содержанию, а также затраты и эффекты для каждого решения.

В Норвегия использует 4 основных направления при оценке уровня содержания:

– затраты участников дорожного движения рассчитываются исходя из распределения по виду дорожной сети и далее по классу условий для каждой дороги;

– динамическое программирование используется для нахождения оптимального распределения видов работ на дороге в соответствии с классом условий для получения наименьшей суммы затрат пользователя дороги и затрат эксплуатирующих организаций;

– количественная оценка социально-экономических издержек рассматривается как долгосрочная цель;

– определение состояния дорожной сети на заданном бюджетном уровне в течение нескольких лет.

#### 10.2. Входные данные

Неровность измеряется с помощью лазера, а колеиность измеряется с помощью ультразвука. Измеренные данные хранятся в по участкам 20 метров, а уровень надежности при расчете общего значения на участках 100, 400 м или 1000 м принимается равным 90 %. Выбросовые статистические значения исключаются.

#### 10.3. Основные работы по содержанию

Применяемые виды работ при содержании:

– регламентируемое по срокам обслуживание дорог (уплотнение гравийных покрытий, заполнение трещин, ремонт выбоин);

– текущий ремонт (заполнение колеи, тонкослойные покрытия, поверхностная обработка);

– устранение изнашивания (включая фрезерование, устройство выравнивающих слоев, пропитку покрытия).

Затраты на каждый вид работ принимаются на основании информации, полученной от региональных дорожных управлений.

Расчет дополнительных затрат определяется в зависимости от состояния дорог и базового уровня. Базовый уровень принимается для эталонного участка дороги.

#### 10.4. Расчетные критерии модели

Рекомендуемые значения ровности и колеи приведены в табл. П8.

Таблица П8

#### Пределные значения ровности на 20 метрах дороги

Количество расчетных автомобилей, ед./сут	Глубина колеи, мм		Ровность дорожного покрытия в расчетной модели для класса дорог, IRI, мм/м	
	90 % уровень надежности		90 % уровень надежности	
	магистральные	национальные другие	магистральные	национальные другие
0–300	17,5	18,5	3,5	6,0
301–1500	17,5	18,0	3,5	5,0
1501–5000	17,0	17,5	3,0	4,0
более 5000	16,5	17,0	2,5	3,0

Существуют и другие требования, например, к сцепным качествам, трещинам, выбоинам и поперечному уклону. Требование по времени также определяется допустимой задержкой выполнения ремонтных работ.

К гравийным дорогам также предъявляются следующие требования:

а) значения ровности не должны ограничивать скорости более 20 км/ч от установленной для данной категории;

б) поперечный уклон должен быть таким же, как для асфальтовых покрытий с отклонением  $\pm 2\%$ .

#### 10.5. Срок службы

Дороги с осевой нагрузкой 10 тонн/ось которые как правило, имели:

– 10-летний цикл эксплуатации и по оценкам норвежских специалистов имели реальный срок эксплуатации до 8 лет, при условии если весной ограничения нагрузки были установлены 8 тонн.

– 8-ми тонн дорог, которые, как правило, имеют проектный межремонтный срок 15 лет, были оценены с фактическим сроком эксплуатации сокращенным до 11 лет.

В настоящее время, на основании длительных исследований принято решение не вводить, весенние ограничения нагрузки.

Общие затраты на описанные дополнительные услуги потребность в техническом обслуживании и восстановлении была рассчитана на уровне 80 миллионов норвежских крон на главной дорожной сети и 65 миллионов норвежских крон для второстепенных дорог, вместе 145 миллионов норвежских крон. Сумма была рассчитана как минимум для поддержания состояния дорожного покрытия на том же уровне, что и раньше.

Общая протяженность сети дорог Норвегии составляет около 53 000 км. Минимальное содержание одного километра составило в среднем 2800 крон, что примерно 280 дол. США.

Выводы: в Норвегии социально-экономическая модель HIPS используется для поиска оптимального долгосрочного состояния сети дорог. Модель работает только на уровне дорожной сети, а также может использоваться для распределения бюджетов между различными классами дорог и регионов. Недавние исследования показали, что состояние дорог в Норвегии на сегодняшний день несколько хуже, чем цели, определенные дорожной администрацией. И что необходимо увеличение бюджета на содержание. Перспективным направлением администрации принято оценка водоотвода и дренажа в дополнение к ровности и колеяности.

## **11. Структура по содержанию дорог с твердым покрытием HDM-4 Финляндии**

### **11.1. Состояние сети дорог и система управления**

Финляндия использует модель под названием HIPS на основе HDM для обоснования потребностей в деньгах, поступающих от Министерство транспорта Финляндии на содержание дорог. Модель HIPS (Highway Investment Programming System) используется для анализа затрат и выгод эксплуатации автомобильных дорог. На сегодняшний день в Финляндии состояние такое, что 6000 км дорог классифицируются как некачественные дороги. Оптимальная задача состоит в том, чтобы иметь около 3000 км дорог с неудовлетворительным состоянием и для того, чтобы достичь заданного уровня необходимо дополнительное выделение финансов на сумму 55 млн. евро в год в течение следующих 10 лет.

Если мосты и гравийные дороги должны быть включены в программу финансирования, то существующая потребность увеличивается на 800 миллионов евро дополнительно. Некачественные дороги – это в основном дороги с низким объемом движения (интенсивностью).

По данным Männistö (финского аналитического центра) ранжирование проектов производится примерно на 60 % с учетом дорожных условий и около 40 % на другие вещи, такие как промышленные потребности или политические причины. В отчете также утверждает, что при интенсивности расчетных автомобилей менее 1000 транспортных средств (примерно 1500 реальных автомобилей в сутки) нет смысла производить социально-экономические расчеты с использованием используемых моделей.

### 11.2. Входные данные

Стандарты условий определяются на основе:

- состояние поверхности, выраженное в виде качества ровности (IRI) мм/м, измеряемая на основных дорогах каждый год и на других дорогах каждые 2 года;

- колеиности на покрытии (в мм), измеряемые с той же частотой, что и ровность;

- структурное состояние покрытия, выраженное в виде дефектов (в м<sup>2</sup>), таких как трещины, выбоины, просадки, измеряемые каждые три года визуальными осмотрами;

- несущая способность измеряется с помощью падающего веса, дефлектометра с интервалом 3–5 лет.

### 11.3. Расчетные критерии модели

Рекомендуемые значения ровности и колеи приведены в табл. П9.

Таблица П9

Предельные значения параметров дороги (рис. П36)

Количество расчетных автомобилей, ед./сут	Состояние покрытия		Структурные разрушения		Процент дорог с неуд. состоянием (допуск)
	Ровность (IRI), мм/м	Колея, мм	Объем дефектов, м <sup>2</sup> /1 км	Несущая способность от проектной, %	
менее 350	5,5	–	140	70	18
350–1500	4,1	20	80	70	14
1500–6000	3,5	20	60	70	7
более 6000	2,5	20	30	70	7

Долгосрочная цель, рассчитанная с использованием HIPS, заключается в том, чтобы в предельном состоянии было не более 3500–4500 км дорог (6 % от общей протяженности сети). Сегодня эта цифра состав-

ляет около 6000 км, возникающих из-за недостаточного финансирования. Сравнительная протяженность приведена на рис. ПЗ7.

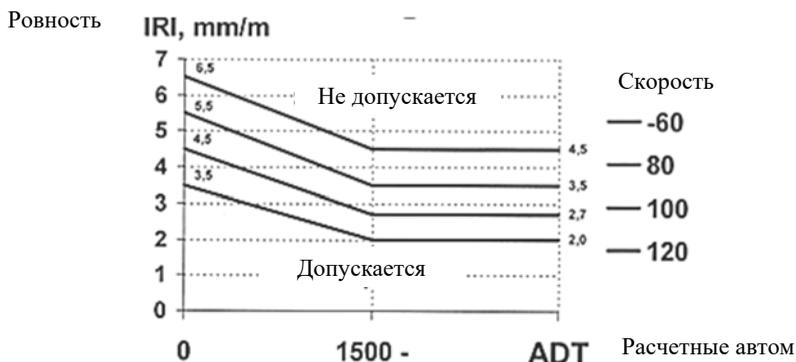


Рис. ПЗ6. Требования к ровности для различных скоростей движения

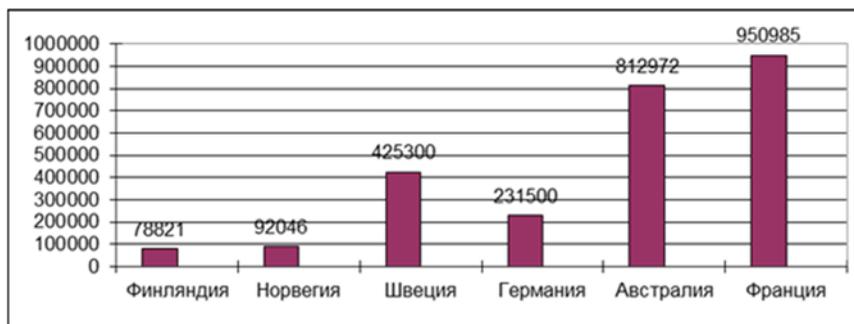


Рис. ПЗ7. Общая протяженность дорог некоторых Европейских государств

#### 11.4. Влияние структурных разрушений дорожного покрытия на продольную ровность

На основании прогнозных моделей баз данных можно прогнозировать изменение продольной ровности на характерных участках дорог с преимущественными дефектами на покрытии.

– влияние трещинообразования:

$$\Delta IRI_{тр} = 0,0066 \cdot S_{тр}, \quad (П9)$$

где  $\Delta IRI_{тр}$  – изменение продольной ровности от влияния трещин, м/км;  
 $\Delta S_{тр}$  – ежегодное приращение площади покрытия полного трещинообразования, %, (для дорог I–II категории – 10 %, остальные 5 %);  
– влияние колееобразования:

$$\Delta IRI_K = 0,088 \cdot \Delta h_{кол}, \quad (П10)$$

где  $\Delta IRI_K$  – изменение продольной ровности от влияния колеи, м/км;  
 $\Delta h_{кол}$  – ежегодное приращение глубины колеи на покрытии, мм, (для дорог I–II категории – 1 мм, остальные – 0,5–0,8 мм);  
– влияние выбоин при нулевом уходе (не заделанные выбоины):

$$\Delta IRI_B = 0,00019 \cdot \Delta S_B \cdot (2 - FM) \cdot \left( S_B + \frac{\Delta S_B}{2} \right)^{0,5}, \quad (П11)$$

где  $\Delta IRI_B$  – изменение продольной ровности от влияния наличия выбоин, м/км;

$\Delta S_B$  – ежегодное приращение площади выбоин на 1 километре, %, (зависит от интенсивности движения транспорта, скорости движения, начальной площади выбоин, в среднем принимается 0,1–0,2 м<sup>2</sup> для 1000 авт/сут);

$FM$  – свобода маневра, 0,35;

$S_B$  – общая площадь выбоин на первый год расчета, м<sup>2</sup>.

## **12. Итоговое критерии и параметры моделирования систем НДМ-4, НПС**

Следующие минимальные данные являются входными данными пользователя расчетной модели:

- Имя проекта;
- Регион SNR (климатический регион);
- Длина дороги;
- Ширина дороги;
- Среднесуточный трафик (интенсивность);
- Процент тяжелых транспортных средств;
- Рост трафика (прирост интенсивности);
- Ограничение скорости;
- Начальное значение  $IRI$ ;
- Начальная глубина колеи;

- Максимально допустимый *IRI* перед техническим обслуживанием;
- Максимальная допустимая глубина колеи перед техническим обслуживанием;
- *IRI*-значение после этапа технического обслуживания;
- *Rut*-значение после этапа технического обслуживания;
- Время, прошедшее с момента последнего этапа технического обслуживания.

Системы расчета на основе HDM-4 представляют собой, в первую очередь, базы данных, на основе которых принимаются решения по сети дорог.

#### 12.1. Постоянные параметры баз данных

Следующие данные являются значениями по умолчанию, используемыми в модели:

- Рост *IRI* определяется как линейная функция, определяемая и устанавливаемая в программе по интенсивности и климатическим характеристикам региона;
- *N*-фактор *II* – это экспоненциальная функция, которая может быть использована, например, на дорогах со структурными проблемами покрытия, чтобы предсказать более быстрое ухудшение состояния;
- Прирост колеи определяется как линейная функция, определяемая по интенсивности и климатическим характеристикам региона;
- Нормальная стоимость ДТП по умолчанию принимается в среднем в эквиваленте 40–50 тыс. дол.США для стран Европы и США.
- Налоговый фактор *I*: возмещение НДС, факторов производства, таможенные и т. д. принимается от 20 до 23 %.
- Налоговый фактор *II*: компенсация потерь эффективности за счет налогового финансирования содержания дорог принимается 30 %.
- Коэффициент недостаточности капитала, отражающий недостаток средств на содержание дорог, принимается от 1 до 1,5.
- Индекс затрат пользователей дорог – это способ получения платы за проезд, дорожный налог, принимается от 1 до 1,5.

В расчетной модели HDM приведен перечень типовых ремонтно-восстановительных мероприятий. Список состоит из 36 пунктов.

Из этого списка пользователь может выбрать различные меры, которые подходят для фактического состояния дороги. Единичные затраты на каждый из них задаются в базе данных модели в валюте для каждой страны индивидуально и стоимость может быть изме-

нена администратором (руководителем проекта). На основании данных о длине и ширине дороги модель рассчитывает полную стоимость для каждого выбранного показателя исходя из единичных расценок. Модель позволяет добавлять административные затраты, не являющиеся техническими.

13. Практическая оценка экономической эффективности ремонта на основании продольной ровности

Определение экономической эффективности ремонта дорожных покрытий выполнено с использованием основных положений экономического анализа, используемого в системе HDM-4.

Исходными данными для получения расходов на эксплуатацию транспортных средств являются издержки пользователей дорог. Расходы на эксплуатацию транспортного средства рассчитываются по характерным типам автомобилей и связаны со скоростью движения транспортного потока, зависящей в свою очередь от ровности и сцепных качеств покрытий, ширины проезжей части и ряда других параметров.

Затраты на эксплуатацию одного транспортного средства группы  $i$  при проезде по участку длиной  $l_j$  определяются по формуле:

$$VOC_{ij} = (a_i + b_i IRI_j + c_i IRI_j^2) \cdot l_j, \quad (\text{П12})$$

где  $VOC_{ij}$  – финансовые затраты на эксплуатацию одного транспортного средства  $i$ -й группы при проезде по участку длиной  $l_j$  км, руб.;

$a_i, b_i, c_i$  – коэффициенты для транспортного средства группы  $i$ , определяются с использованием компьютерной программы HDM-VOC по методике, разработанной Всемирным банком [12];

$IRI_j$  – ровность покрытия на участке по шкале Международного индекса ровности, м/км.

В расчетах использовались следующие значения коэффициентов  $a_i, b_i, c_i$  (табл. П10).

Суммарные транспортные затраты потока автомобилей группы  $i$  при проезде по участку:

$$VOC_j = \sum_{i=1}^n VOC_{ij},$$

где  $VOC_j$  – суммарные транспортные затраты потока автомобилей, евро;

$VOC_{ij}$  – затраты на эксплуатацию одного транспортного средства  $i$ -й группы при проезде по участку длиной  $l_j$  км, евро;  
 $n$  – число групп автомобилей.

Таблица П10

Значения коэффициентов транспортных средств  
 для расчета затрат на эксплуатацию

	Тип автомобиля						
	легковой	легкий грузовой	средний грузовой	тяжелый грузовой	микро- автобус	автобус	автопоезд
<i>a</i>	0,2825458	0,1774925	0,60307	0,737052	0,2618807	0,397287	2,241928
<i>b</i>	0,0124328	0,0008284	0,0058183	0,0367683	0,0143427	0,0210410	0,0400432
<i>c</i>	0,0000204	0,0001063	0,0001771	0,0002552	0,0001311	0,0002980	0,0003999

Транспортные затраты потока всех автомобилей при проезде по всей дороге длиной  $S$  км определяются следующим образом:

$$VOC = \sum_{j=1}^S VOC_j,$$

где  $VOC$  – транспортные затраты потока автомобилей при проезде по всей дороге длиной  $S$ , км, евро.;

$VOC_i$  – суммарные транспортные затраты потока автомобилей, евро;

$S$  – длина дороги, км.

Учет затрат на применение стратегий ремонта производится с использованием укрупненных расценок на проведение ремонтных работ. При этом затраты на применение стратегии ремонта определяются следующим образом:

$$C = S_i x L,$$

где  $C$  – расходы на применение стратегии ремонта, руб.;

$S_i$  – стоимость выполнения 1 км ремонтных работ по выбранной стратегии, руб/км;

$L$  – длина участка, км.

Общественные транспортные затраты представляют собой сумму затрат на эксплуатацию транспорта и затрат на проведение ремонтно-восстановительных работ:

$$OTЗ = VOC + C,$$

где  $OTЗ$  – общественные транспортные затраты, руб.;

$VOC$  – затраты на эксплуатацию транспорта, руб.;

$C$  – затраты на осуществление ремонтно-восстановительных работ, руб.

Экономический эффект ( $b$ ) в системе рассматривается как снижение общественных транспортных затрат после проведения ремонтных мероприятий по сравнению с вариантом, когда ремонт не производился.

Для сравнения эффективности различных вариантов ремонтных работ используются два показателя, выражающие экономический эффект:

- чистая текущая стоимость;
- соотношение выгод и затрат.

Чистая текущая стоимость (ЧТС) представляет собой дисконтированный экономический эффект, рассчитанный за период анализа. Математически ЧТС выражается как разница между дисконтированными доходами и затратами в течение периода анализа стратегии:

$$R_H = \sum_{t=0}^{T-1} (b_t - C_t) / (1 + E)^t,$$

где  $R_H$  – значение чистой текущей стоимости, евро.;

$T$  – анализируемый период, лет;

$t$  – текущий по порядку год при  $t = 0$  для базового года;

$b_t$  – снижение транспортных расходов в год  $t$ , евро;

$C_t$  – сумма всех затрат на ремонтные мероприятия в год  $t$ , евро;

$E$  – коэффициент дисконтирования, принят равным 0,12.

Положительная величина чистой текущей стоимости свидетельствует, что применение данного вида ремонта экономически обосновано при действующей ставке дисконтирования. Чем большей будет чистая текущая стоимость, тем более выгодно проведение ремонта. В условиях бюджетных ограничений выбор варианта ремонта может основываться на величине полученной чистой текущей стоимости.

Соотношение выгод и затрат представляет собой отношение дисконтированного экономического эффекта ( $B$ ) к затратам ( $C$ ):

$$B = \sum_{t=0}^{T-1} \frac{b_t}{(1+E)^t},$$

$$C = \sum_{t=0}^{T-1} \frac{C_t}{(1+E)^t}.$$

Отношение  $B/C$ , большее единицы, свидетельствует о том, что при проведении ремонта экономической эффект превышает затраты. Если оно равно единице, то эффект и затраты уравниваются.

Соотношение, меньшее единицы, указывает, что не все затраты окупятся. Осуществить такой ремонт экономически невыгодно. Если отношение  $B/C$  ниже запланированной учетной ставки, но чистая текущая стоимость имеет положительное значение, то начало работ следует отложить и для определения начальной даты работ должны быть рассчитаны последующие нормы прибыли.

При определении эффективности реконструкции и строительства строящаяся или реконструируемая дорога сравнивается с базовым вариантом. При строительстве за базовый вариант принимаются участки существующих дорог, движение с которых перераспределяется на строящуюся дорогу. При реконструкции за базовый вариант принимается существующий участок дороги.

Под экономическим эффектом в данном случае понимается снижение транспортных затрат после выполнения строительства (реконструкции). Выполнение любого ремонта оказывает непосредственное влияние на ровность участка дороги и, как правило, ведет к улучшению ровности. При этом различные ремонты влияют на изменение ровности по-разному.

Влияние ремонтных мероприятий на ровность асфальтобетонных покрытий определяется следующим образом.

При устройстве слоев асфальтобетона:

$$IRI_p = (-0,05h + 0,5) \cdot IRI_o + (0,09h + 0,9),$$

где  $IRI_p$  – ровность покрытия после ремонта, в  $IRI$ ;  
 $IRI_o$  – первоначальная ровность покрытия, в  $IRI$ ;  
 $h$  – толщина слоя асфальтобетона,  $h = 4 \dots 10$  см.  
 При устройстве поверхностной обработки:

$$IRI_p = IRI_o - 0,1 \cdot IRI_o.$$

При расчетах экономической эффективности улучшения ровности дорожного покрытия нами рассматривались следующие основные случаи:

- ровность исходного покрытия изменялась по шкале  $IRI$  от 4 до 10 м/км;
- расчеты производились для поверхностной обработки, а также устройства слоя покрытия 4, 5 и 6 см с предварительным выравниванием существующей поверхности.

С использованием программного обеспечения системы HDM-4 были выполнены расчеты экономической эффективности для каждого из названных выше ремонтов и для каждого из исходного состояний покрытия. Было определено значение интенсивности движения, при котором отношение выгод и затрат становится больше единицы. При таком и большем значении интенсивности улучшение ровности дорожного покрытия экономически целесообразно. При этом было сделано допущение, что состав потока с изменением интенсивности не меняется. Результаты расчетов представлены в табл. П11.

Таблица П11

Значения интенсивности, при которой экономически выгодно улучшение ровности

Исходная ровность, м/км	Среднесуточная интенсивность (авт./сут), при которой целесообразно выполнять ремонт			
	поверхностная обработка	устройство слоя 4 см	устройство слоя 5 см	устройство слоя 6 см
4	3787	10 470	10 650	10 850
5	2460	6310	6400	6450
6	1800	4218	4250	4350
7	1325	2970	3035	3190
8	1015	2200	2280	2390
9	800	1740	1800	1880
10	675	1400	1460	1510

Из приведенной выше методики экономического анализа понятно, что состояние дорожного покрытия после ремонта сравнивается (рис. П38 и П39) с его состоянием в условиях отсутствия ремонтных мероприятий. Таким образом, для экономического анализа необходимо прогнозировать развитие состояния двух участков – старого асфальтобетонного и асфальтобетонного после ремонта. В настоящем исследовании использована усредненная модель развития ровности асфальтобетонного покрытия, применяемая в системе HDM-4.

Таблица П12

Состав транспортного потока, принятый в расчете HDM-4

Тип автомобиля	Доля автомобилей в потоке, %
Легковые	65,5
Легкие грузовые	4,8
Средние грузовые	3,6
Тяжелые грузовые	3,6
Микроавтобусы	10,1
Автобусы	2,6
Автопоезда	9,8

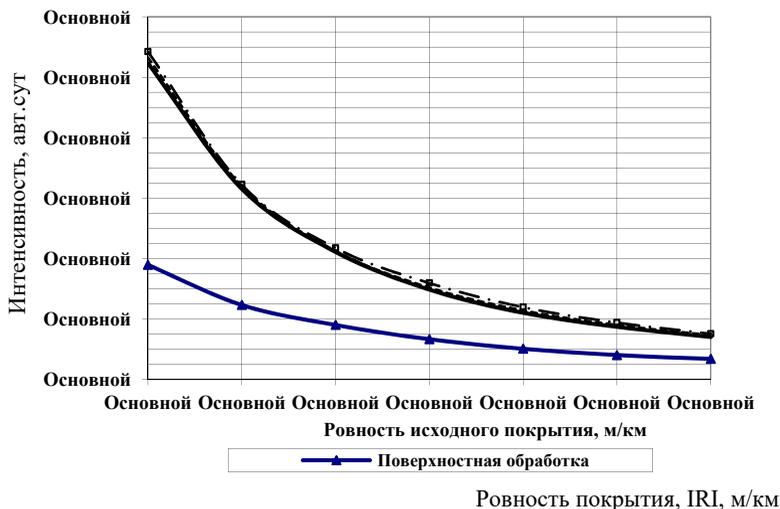


Рис. П38. Значения интенсивности движения, при которой экономически выгодно улучшение ровности дорожного покрытия

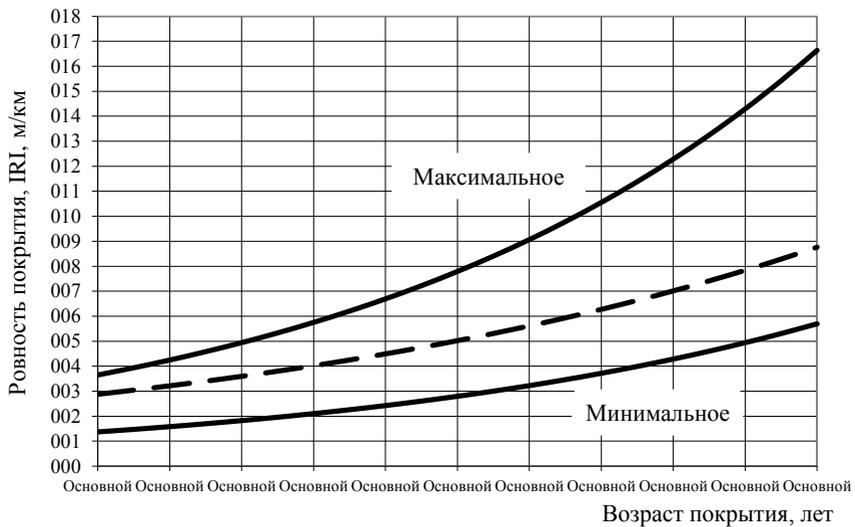


Рис. ПЗ9. Динамика изменения ровности покрытия во времени при максимальных и минимальных параметрах HDM-4

Научное издание

**КАПСКИЙ** Денис Васильевич  
**БОГДАНОВИЧ** Сергей Валерьевич  
**БУРТЫЛЬ** Юрий Валерьевич

**МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА, УЯЗВИМОСТИ  
И КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ  
В ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Подписано в печать 13.05.2022. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Усл. печ. л. 14,94. Уч.-изд. л. 11,68. Тираж 100. Заказ 244.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.