

Уровни обслуживания для обеспечения климатической устойчивости, моделирование устойчивости на уровне сети, пути адаптации и инструментарий АБР по «зеленым дорогам»

Д-р Ян Гринвуд

Консультанты по инфраструктуре
Greenwood Associates

Уровни обслуживания, обеспечивающие климатоустойчивость

Является ли это устойчивым?

- Автомобильная дорога в Окленде, Новая Зеландия
- Обслуживает порядка 200 000 единиц транспорта ватт в сутки
- Сочетание прилива и штормового прилива
- 3 полосы + автобусная полоса оказались под воздействием на пару часов
- Процессы для мониторинга прогнозируемых уровней прилива
- Расширенное предупреждение в средствах массовой информации и на знаках
- Задействован план управления дорожным движением
- Бригада технического обслуживания готова к зачистке дороги, когда вода отступит
- Не является серьезной проблемой = риски ЧС смягчены



А сейчас?

- Та же автомагистраль, еще один км этой дороги
 - Пятничный вечер, впереди длинные выходные
 - Непрогнозируемые, очень обильные осадки
 - Группа по коммуникациям транспортного органа разъехалась по домам
-
- **Разница между неудобством и катастрофой зачастую лежит в плоскости коммуникации!**



*Источник:
Транспортный
орган Новой
Зеландии*

*Источник: NZ
Herald*

Устойчивость не означает постоянную эксплуатационную готовность

- Устойчивость - это не то же самое, что и «постоянная готовность и пригодность к использованию»
- Оксфордский словарь
- - *существительное*
 1. способность выдерживать или быстро восстанавливаться после трудностей; выносливость.
 2. способность вещества или предмета возвращаться к форме; эластичность.
- Климатоустойчивая транспортная система - это не та, которая доступна для использования 100% времени, а та, которая выдерживает согласованную величину события без ущерба для актива, и которая может легко восстановиться после события большего масштаба.

Уровни обслуживания по обеспечению климатостойчивости

- Что мы обычно имеем в своем арсенале:
 - Меры по улучшению дорожного состояния (IRI, колеи, выбоины и т. д.)
 - Меры безопасности дорожного движения (iRAP, смертельные+серьезные и т. д.)
 - Уровни заторов на дорогах (Руководство по управлению дорогами A-D)
 - Геометрические стандарты (ширина полосы движения и обочины, горизонтальная и вертикальная кривизна)
- Но очень редко уровни обслуживания определяются на основе устойчивости
 - Какого масштаба должно быть событие, чтобы дорога оставалась открытой? И как долго она может быть закрытой?
- **Без четко определенных уровней обслуживания по умолчанию каждая дорога уже является климатостойчивой – просто, возможно, не на том уровне, которым было бы довольно общество.**

Как выглядят уровни обслуживания, обеспечивающие климатостойчивость

- Определение масштаба климатического события
- Как актив должен реагировать на это событие

Класс дороги	Время непроходимости при наводнениях: интервал повторяемости			
	5 лет	10 лет	50 лет	100 лет
Магистраль	ноль	ноль	< 2 часов	<12 часов
Региональная дорога	ноль	<6 часов	<24 часов	<2 дней
Районная городская дорога	ноль	<6 часов	<24 часов	<2 дней
Районная сельская дорога	<2 часов	<12 часов	< 2 дней	<5 дней
Общественная дорога	<12 часов	<2 дней	<5 дней	<7 дней
Подъезд к фермерскому хоз-ву	< 24 часов	<5 дней	<10 дней	<10 дней

Источник: Джаспер Кук

Моделирование устойчивости на уровне сети

Благодарим г-на Кокс Е. (Vrije Universiteit Amsterdam) за предоставление этих слайдов

База данных с опасными ситуациями

Площадь

Подверженность и уязвимость на уровне актива

Отправление/ назначение

Отказ сети и перебои в обслуживании

Инфраструктурные услуги

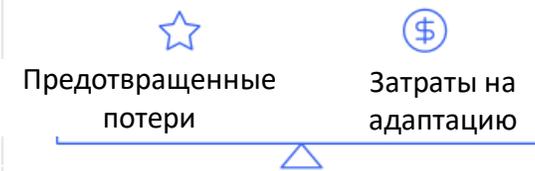
Риски на уровне системы

Региональные параметры по потерям



Оценка адаптации

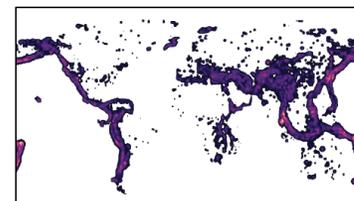
- Стратегии на уровне актива
- Стратегии на уровне системы
- Стратегии на уровне сети



Инвестиционные решения

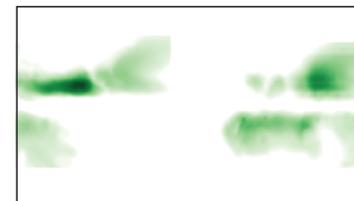
- Анализ последствий начинается с (пространственных) данных о различных стихийных бедствиях, экстремальных погодных явлениях и изменении климата.
- Некоторые данные могут быть получены из общедоступных источников, однако, иногда требуется локальная или индивидуализированная информация

Землетрясения
(4 интервала
повторяемости)



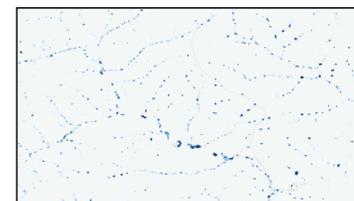
ПУГ
Сжижение

Циклоны
(5 интервалов
повторяемости)



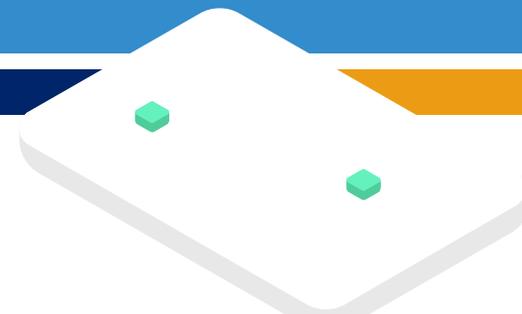
Скорость
ветра

Наводнения
(7-10 интервалов
повторяемости)



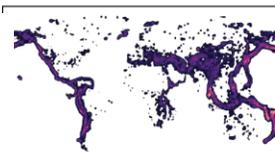
Поверхность
Река
Побережье

Г-н Кокс и др. (2019)



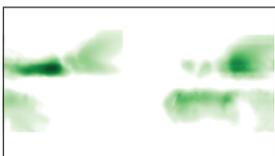
ДАННЫЕ

Землетрясения
(4 интервала повторяемости)



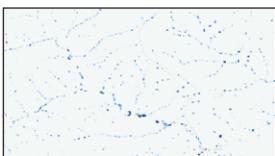
PGA
Liquefaction

Циклоны
(5 интервалов повторяемости)



Wind speed

Наводнения
(7-10 интервалов повторяемости)



Surface
River
Coastal

Базы данных транспортной инфраструктуры



Roads
Railways

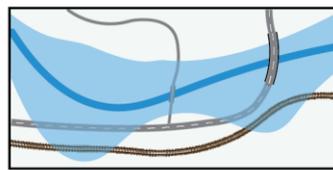
Социотехнические базы данных



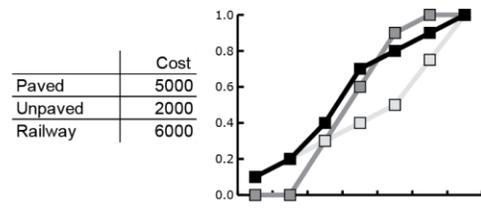
GDP
Fragility
Repair costs
Prot. standards

АНАЛИЗ

Пересечение

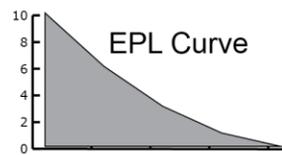


Расчет потерь



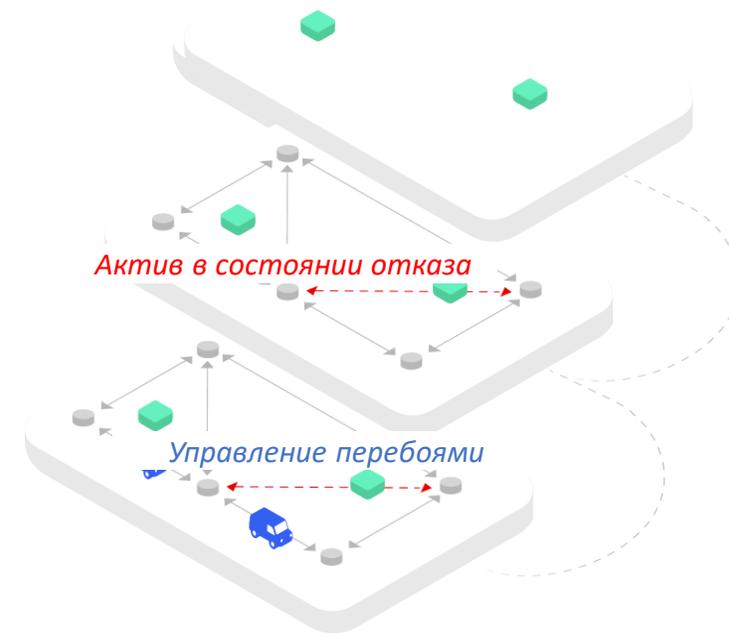
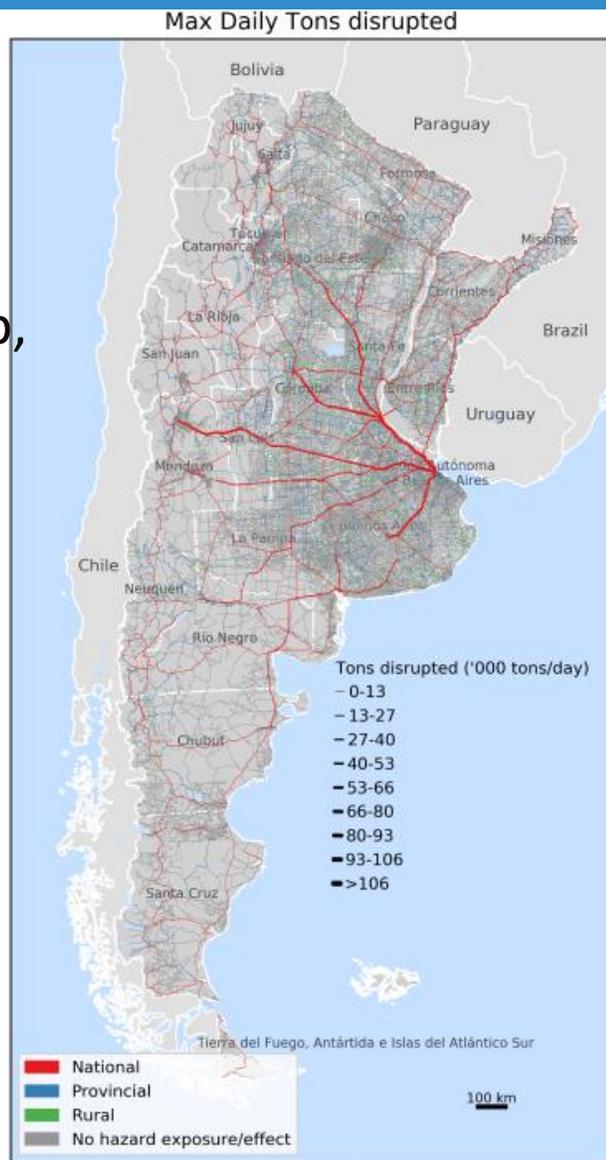
Риск и неопределенности

Sensitivity of loss parameters

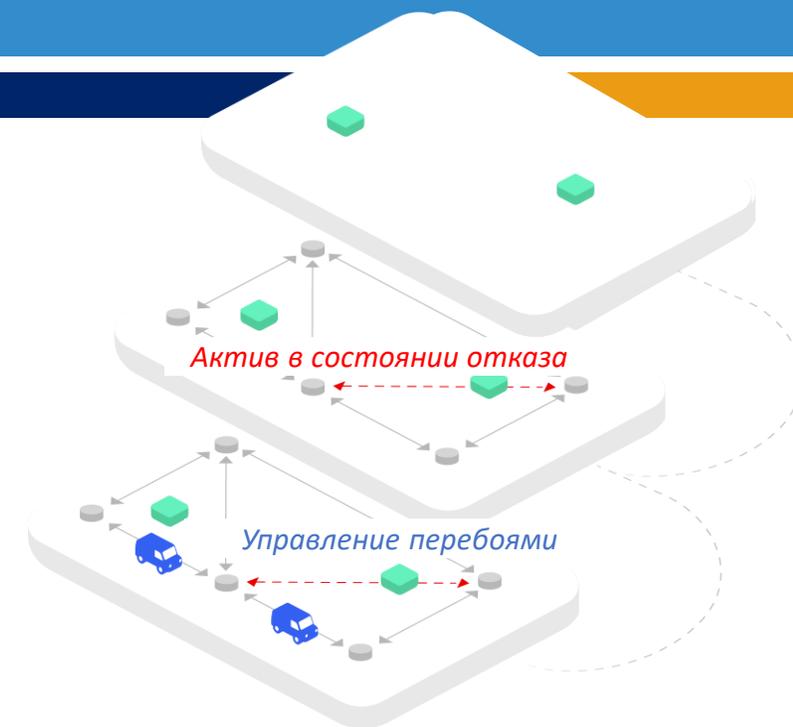


Оценка перебоев в обслуживании путем изучения следующих комбинированных данных:

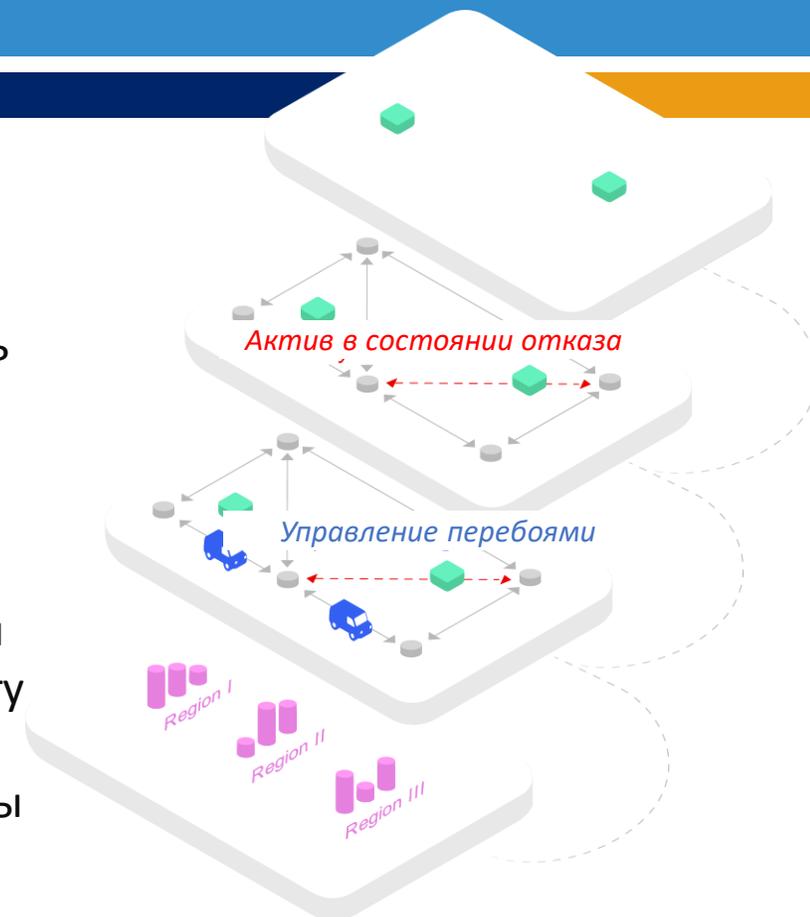
- Информация о состоянии сети (например, характеристики топологии)
- активы, которые потенциально уязвимы (анализ «горячих точек»)
- информация об использовании сети (мощности и использование)
- Это позволяет лучше оценить реальные последствия перебоев (и затраты на их устранение). Помогает расставить приоритеты в инвестициях.



- Выявление (взаимо-) зависимостей между инфраструктурными сетями
- Транспортные узлы, скорее всего, зависят от энергетической инфраструктуры, вызывая различные каскадные эффекты:
 - Подстанция затоплена/поражена землетрясением, но транспортный узел поражен не был → но все еще является неработающим транспортным узлом
 - Они могут быть затронуты одновременно, но подстанция восстанавливается дольше/была более серьезно затронута, → но транспортный узел все равно не функционирует
- Зависимости между инфраструктурными активами трудно моделировать, поэтому часто делаются допущения о степени зависимости и использования (например, каждый транспортный узел зависит от ближайшей электрической подстанции)

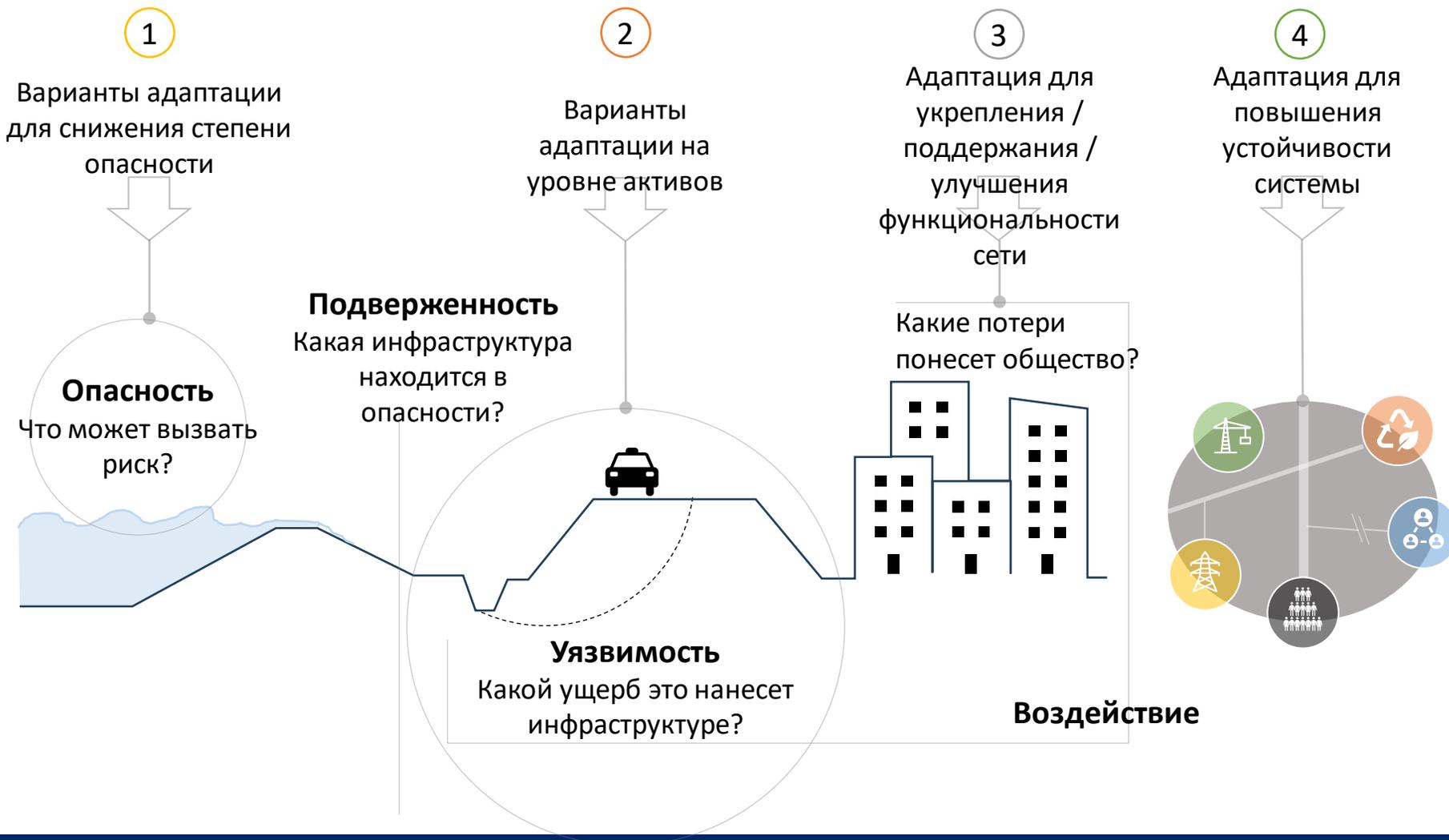


- Преобразование перебоев в обслуживании в макроэкономические последствия.
- Для этого будет оценено несколько показателей:
 - **Общие макроэкономические потери** – сумма прямых и косвенных потерь в долларах США/день из-за потерь товарных потоков из-за отдельных звеньев, отказ которых приводит к отключениям, когда единственный доступный вариант маршрута по маршруту отправления-назначения становится физически недоступным
 - **Стоимость перераспределения фрахта** – общая разница между оценками затрат после перебоя и до перебоя в отношении всех потоков по маршруту отправления-назначения, перенаправленных из-за перебоя в транспортном сообщении. Расходы по перераспределению грузов должны быть отнесены на транспортное звено, отказ которого стал причиной этих перераспределений.
 - **Общий экономический эффект** – общая экономическая критичность сетевых связей представляет собой сумму их макроэкономических потерь и затрат на перераспределение грузов, понесенных в результате перебоев.



- Преобразование перебоев в обслуживании в социальное воздействие.
- Денежные последствия могут быть полезны для принятия решения о том, куда инвестировать, однако, они не всегда дают полную картину.
- Доступность для местных сообществ может быть низкой с точки зрения прямых финансовых затрат, но может иметь большие расходы на социальное обеспечение.
- Таким образом, мы также рассмотрим другие неденежные показатели, такие как доступность больниц и количество людей, пострадавших от закрытия участков дорог.





Пути адаптации (или как обеспечить соответствие вашим уровням обслуживания, обеспечивающим климатоустойчивость)

Благодарим г-на Т. Хеннинга (Оклендский университет) и г-на Е. Кокс (Vrije Universiteit Amsterdam) за предоставление ряда оставшихся слайдов

Многоуровневый подход: как организовать адаптацию?

База данных с опасными ситуациями

 Площадь

Подверженность и уязвимость на уровне актива

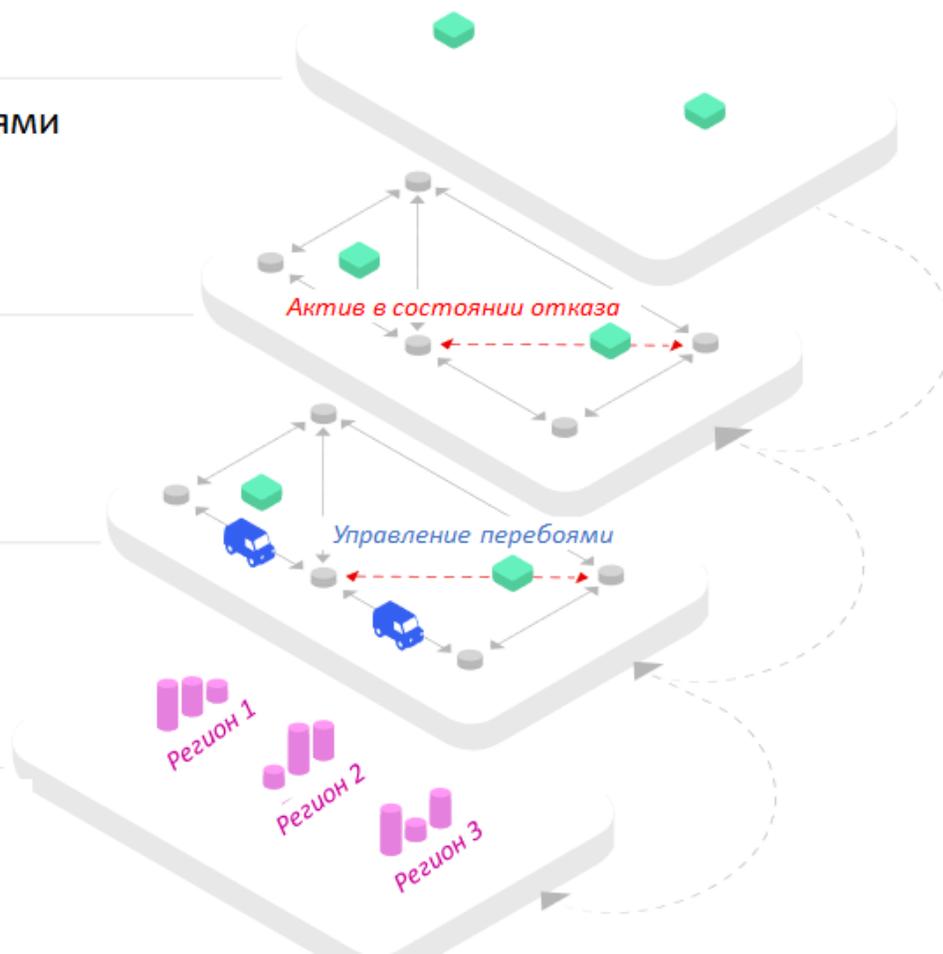
 Отправление/ назначение

Отказ сети и перебои в обслуживании

 Инфраструктурные услуги

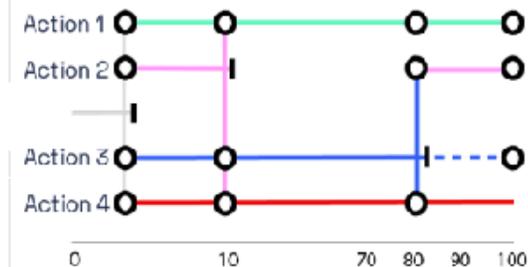
Риски на уровне системы

 Региональные параметры по потерям



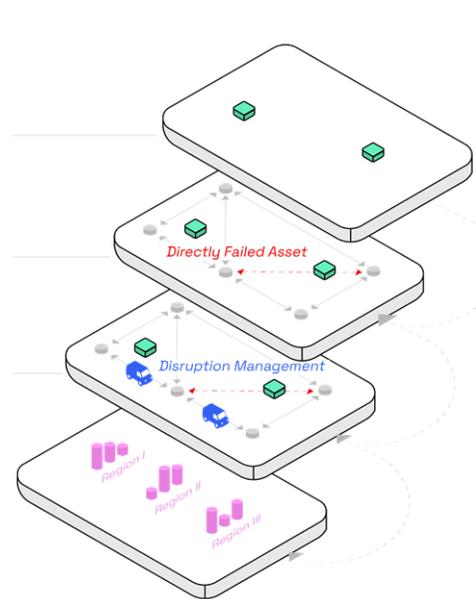
Оценка адаптации

-  Стратегии на уровне актива
-  Стратегии на уровне системы
-  Стратегии на уровне сети



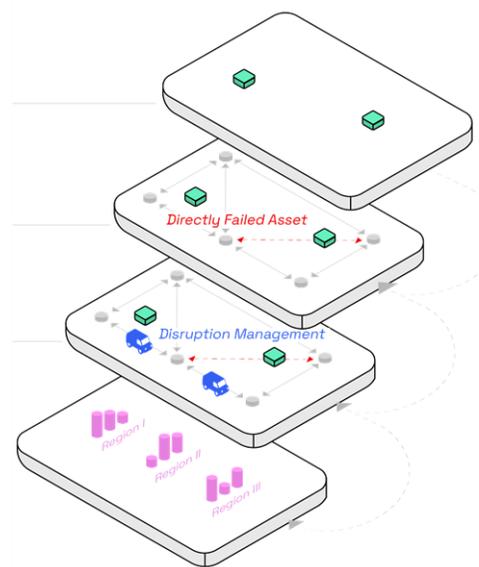
Инвестиционные решения

Адаптация инфраструктуры к климату является многоуровневой (i)



Уровень	Опасность	Уязвимость	Подверженность	Мощность	Спрос/ предложение	Восстановление
Уровень опасности	Степень интенсивности Площадь					
На уровне активов		Функция уязвимости	Геометрия (расположение)			Потребности в восстановлении
Уровень сети			Соединительные дороги (топология сети)	Пропускная способность сообщения		
Уровень системы					Предложение/с прос на узлы	Восстановительная способность

Адаптация климата к инфраструктуре является многоуровневой (ii)

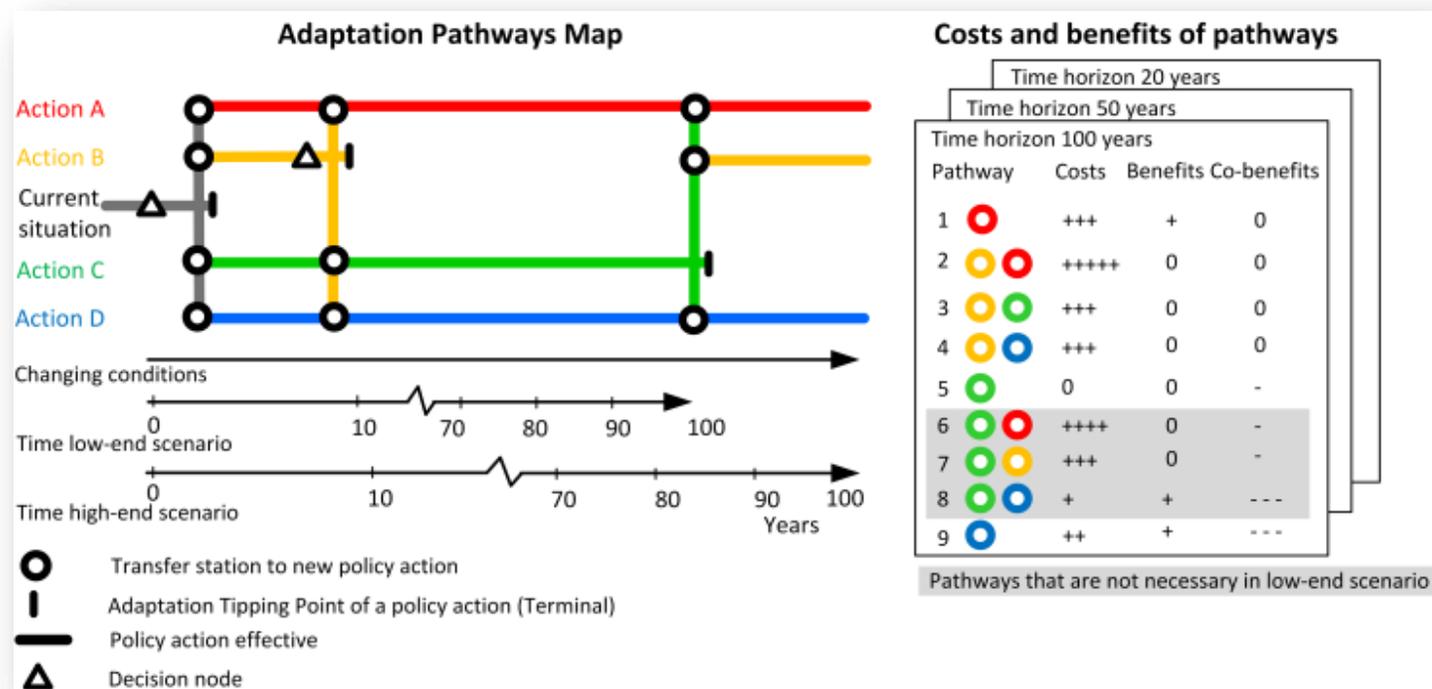


Уровень	Опасность	Уязвимость	Подверженность	Мощность	Спрос/ предложение	Восстановление
Уровень опасности	Строительство дамб и ограждений					
На уровне активов		Подъем уровня железных дорог и насыпей				Дополнительные ремонтные бригады
Уровень сети			Построение новых соединительных сообщений	Увеличение грузовой мощности		
Уровень системы					Увеличение запасов ТМЦ	Восстановительные фонды

Примеры адаптации на уровне активов для различных типов опасностей

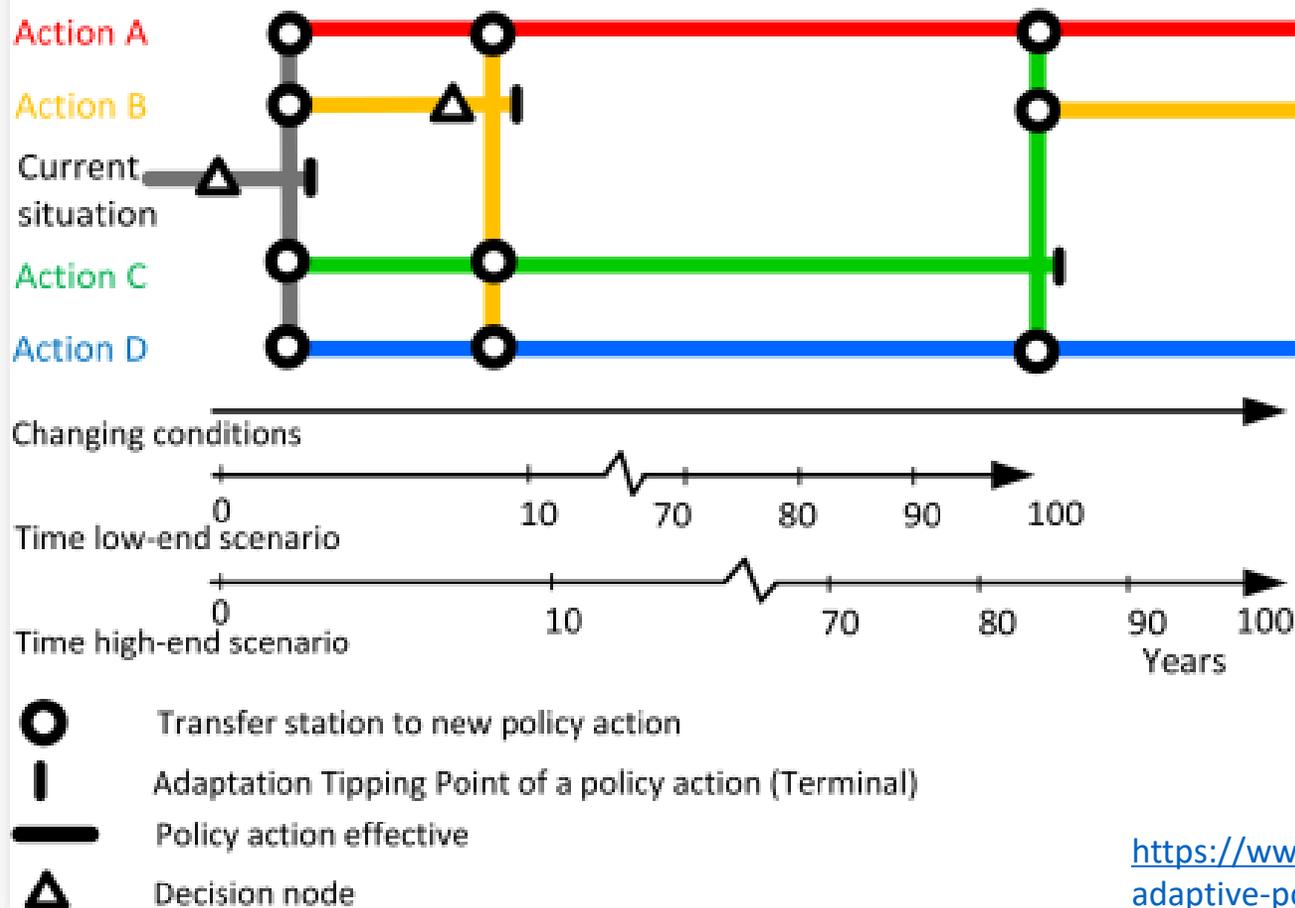
Наводнение	Подъемные пути (колонны, арки и т. д.)	Улучшение связности потока (водопрпускные трубы, мосты, переливные каналы)
Засуха	Строительство водозапоров	Управление влажностью почвы (предотвращение оползней)
Тепловые волны	Более высокие температурные характеристики	Сплошной сварной рельс
Лесные пожары	Создание противопожарных преград	
Ветряные бури	Ветроустойчивые конструкции	
Оползни	укрепление земляного полотна/фундаментов для прогнозируемого смещения грунта	
Землетрясения	Сейсмостойкие конструкции	

- Пути адаптации могут быть ценным инструментом для планирования различных стратегий адаптации и их сравнения.
- Например, они помогают найти баланс между постепенной адаптацией и трансформирующей адаптацией.
- Постепенная адаптация зачастую дешевле в краткосрочной перспективе, однако, для обеспечения устойчивости к более экстремальным изменениям климата может потребоваться трансформационная адаптация.



<https://www.deltares.nl/en/expertise/areas-of-expertise/sea-level-rise/dynamic-adaptive-policy-pathways>

Adaptation Pathways Map



Costs and benefits of pathways

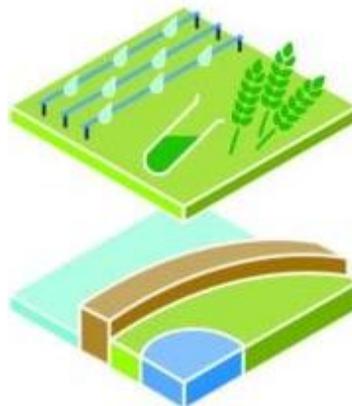
Time horizon 20 years			
Time horizon 50 years			
Time horizon 100 years			
Pathway	Costs	Benefits	Co-benefits
1 ○	+++	+	0
2 ○	+++++	0	0
3 ○	+++	0	0
4 ○	+++	0	0
5 ○	0	0	-
6 ○	++++	0	-
7 ○	+++	0	-
8 ○	+	+	---
9 ○	++	+	---

Pathways that are not necessary in low-end scenario

<https://www.deltares.nl/en/expertise/areas-of-expertise/sea-level-rise/dynamic-adaptive-policy-pathways>

АДАПТАЦИЯ

Ответные меры и подготовка к воздействию изменения климата



Улучшенная инфраструктуру, т. е. Эффективные ирригационные системы для борьбы с засухой

Подготовка к паводкам/ наводнениям, защитные меры по обеспечению пресной водой



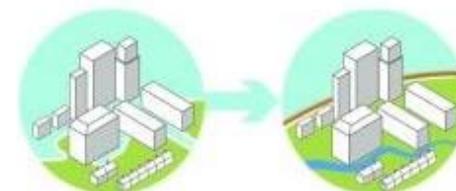
ТРАНСФОРМАЦИОННАЯ АДАПТАЦИЯ

Глубокие системные изменения, которые требуют реконфигурации социальных и экологических систем

Альтернативный образ жизни и трудоустройство
Изменения в сельском хозяйстве, например диверсификация культур, укрепление связей с рынком



Новое городское планирование для защиты людей и инфраструктуры



Затраты на адаптацию к множественным опасностям требуют совместных усилий для моделирования:

- Все еще много неизвестных присутствует во взаимодействиях между стратегиями адаптации между различными опасными природными явлениями -> потенциал для синергии, но также и риски для дезадаптации
- Затраты на адаптацию трудно оценить, и тем более в таком многоуровневом контексте: кто получает выгоды, а кто будет платить?
- Для этого требуются совместные усилия сообщества!

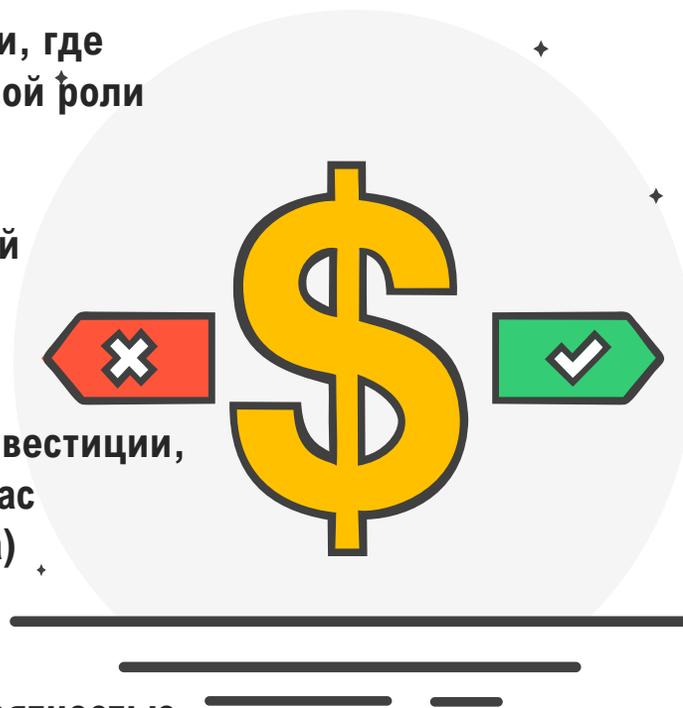
Переносите инвестиции или управляйте рисками, используя разные подходы

01 **Избегайте** - экстремальные риски, где инвестиции не будут играть особой роли

02 **Переносите риски** для снижения рисков с низкой окупаемостью инвестиций (например, страхование)

03 **Откладывайте** значительные инвестиции, которые не нужны именно сейчас (например, перемещение моста)

04 Для большей части сети **принимайте риски** с низкой вероятностью или последствиями



Инвестирование «без сожалений»

01 **Укрепляйте и защищайте** критически важные компоненты инфраструктуры

02 **Усиливайте и защищайте** проекты, имеющие высокую окупаемость вследствие снижения риска

03 **Улучшайте** меры реагирования, ресурсы и протоколы чрезвычайных ситуаций

04 После стихийного бедствия **восстанавливайте по принципу «лучше чем было»/ используйте отличающиеся подходы**

Инструментарий «Зеленые дороги»

Проект, совместно реализованный



Что такое «Зеленые дороги»?

- Расширение за пределы традиционного фокуса, который преследует принцип связности, безопасности и ценовой доступности.
- Девять тематик «Зеленых дорог»:
 - декарбонизация
 - климатостойчивость
 - управление водными и земельными ресурсами
 - уменьшение загрязнения
 - улучшение качества жизни
 - сохранение биоразнообразия
 - готовность к стихийным бедствиям
 - экологически чистые материалы
 - содействие инклюзивному росту



Что делает этот инструментарий?

- Генерирует перечень надлежащих практик зеленых дорог для каждой тематики на основе критериев, определенных пользователем
- Каждая практика содержит описание следующего:
 - Подробная информация о практике
 - Примеры/ иллюстрации/фотографии
 - Затраты/ выгода
 - Поддерживающие механизмы
 - Справочная информация:
- Цель состоит в том, чтобы предлагать новые идеи для новых проектов на этапе разработки или смягчать проблемы, которые могут время от времени возникать на существующих дорогах



Откуда берутся практики?

- Обширная (150) и растущая коллекция лучших практик
- Открытый призыв к передовому опыту и сообществу практик
- Различная практическая документация и опыт проектов по всему миру
- Экспертное суждение и опыт
- Это живой механизм: мы приветствуем новые данные и сведения

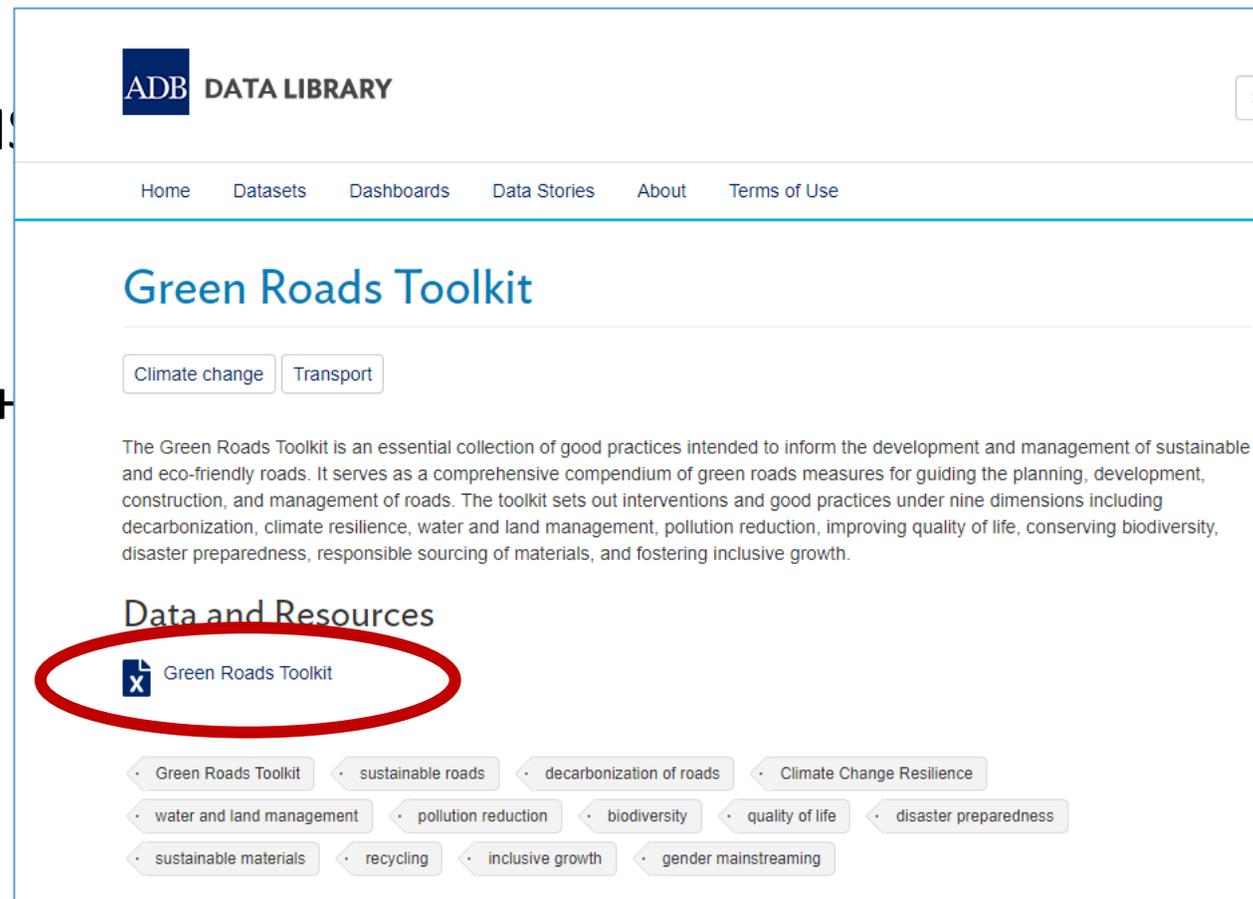


- <https://data.adb.org/dataset/green-roads-toolkit>

- В настоящее время это инструмент в MS

- Файл 90 МБ

- Планируем преобразовать его в онлайн



Как это выглядит и работает

Project Level Application

Step 1: Select Green Road Theme(s) and project characteristics
(Note: Clear all checkboxes in both Step 1 and 2 before making selections)

	1	2	3	4	5	6	7	8
CO2	<input type="checkbox"/>							
Res	<input type="checkbox"/>							
W&L	<input type="checkbox"/>							
Pol	<input type="checkbox"/>							
QoL	<input type="checkbox"/>							
Bio	<input type="checkbox"/>							
Dis	<input type="checkbox"/>							
Mat	<input type="checkbox"/>							

Geography and Climate	Mountainous	Flat	Arid
Standard of road	Low-Volume/rural	Paved highways	Expressed
Road project stage	Planning	Design	Construction/Implementation
Degree of impact	Incremental	Progressive	Transformative

Green Road Practices found

145

GR objectives served: ● Core contributions ○ Secondary

Green Road Theme	Intervention Area	No.	Practice Name	1	2	3	4	5	6	7	8
				CO2	Res	W&L	Pol	QoL	Bio	Dis	Mat
Decarbonization	1.1. Road Network Planning and Road Transport Management	1.1.1	Traffic management to limit peak hour congestion	●			○				
Decarbonization	1.1. Road Network Planning and Road Transport Management	1.1.2	Optimize traffic signal timing	●			○	○			
Decarbonization	1.1. Road Network Planning and Road Transport Management	1.1.3	Low Emission Zones (LEZ)	●			○	○			
Decarbonization	1.1. Road Network Planning and Road Transport Management	1.1.4	Encourage mass transit (buses and trains)	●			○	○			
Decarbonization	1.1. Road Network Planning and Road Transport Management	1.1.5	Facilitate the use of fuel-efficient vehicles	●							
Decarbonization	1.1. Road Network Planning and Road Transport Management	1.1.6	Implement anti-idling ordinances	●			○				
Decarbonization	1.1. Road Network Planning and Road Transport Management	1.1.7	Introduce electric vehicles (EVs)	●			○				

2.6.1 Promoting Nature-based Solutions for roads

Description
Nature-based Solutions (NBS) can be defined as project solutions that are motivated and supported by nature and that may also offer environmental, economic, and social benefits, while increasing resilience. Nature-based solutions include both green and natural infrastructure. Nature-based solutions such as restoring wetlands, controlling drainage with bioswales, lining roads with planted trees in ditches, and using cover crops to control erosion near roads can cost-effectively make transportation infrastructure more resilient to the impacts of climate change. Also, they could provide over a third of the mitigation needed to achieve the 2030 targets of the Paris Agreement. Agencies have begun integrating nature-based solutions into their work, but they are not yet utilized to their full potential. Nature-based solutions are fundamental to many of the "green roads" practices identified in this toolkit.

Area of applicability

Geography and Climate	Mountainous	Flat	Arid	Tropical	Pacific Islands
Standard of road	x	x	x	x	x
Low-Volume/rural	x	x	x	x	x
Paved highways	x	x	x	x	x
Expressed highways	x	x	x	x	x
Urban roads	x	x	x	x	x

Road project stage	Planning	Design	Construction/Implementation	Maintenance
Incremental	x	x	x	x
Progressive	x	x	x	x
Transformative	x	x	x	x

Green Road objectives served

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CO ₂	Res	W&L	Pol	QoL	Bio	Dis	Mat	Inc	Con	Saf	Aff	
●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Nature-based Solutions (NBS) involve a wide range of nature-related techniques that are both cost-effective and improve climate-related resilience in general and for infrastructure such as roads in particular. It is an integration of engineering with nature! These NBS solutions include but are not limited to:

- Using soil bioengineering such as vegetated structures and live stakes to stabilize roadway cut and fill slopes;
- Restoring floodplains and waterways near roads to prevent local flooding;
- Constructing bioswales and rain gardens in urban settings to prevent local street and area flooding;
- Constructing streets and paths in conjunction with detention or water retention ponds and wetlands areas adjacent to the infrastructure;
- Use of green roofs in urban area buildings to augment local green spaces;
- Planting trees along roads and streets;
- Using permeable pavers and grassy parking areas to enhance groundwater infiltration and reduce runoff;
- Acquiring land in flood-prone areas to allow floods to spread out and flow slowly, minimizing damage to local infrastructure;
- Selecting and managing trees and plant ecosystems that are not vulnerable to fires;
- Restoring sand dunes and mangroves in coastal areas to prevent coastal flooding;
- Revolving building "ring roads" around coastal islands that often destroy natural coastal vegetation; and
- Restoring culverts such as "stream simulation" designs that replicate natural stream channel characteristics through the culvert.

Photos/Graphics

SOIL BIOENGINEERING MEASURES INCLUDING LIVE VEGETATED STRUCTURES AND LIVE STAKES

ROADSIDE VEGETATION AS A BUFFER ALONG STREAMS AND NURSERIES FOR NATIVE VEGETATION IN A ROAD PROJECT

GREEN ROOFS AND BIOSWALES OR RAIN GARDENS ALONG URBAN STREETS

Enabling factors

	Improved Design Standards	Public Awareness and Education
Modified Tendering Procedures	x	x
Policy Development	x	x
Environmental Standards	x	x
Regulatory Frameworks	x	x
Improved Planning Systems	x	x

Costs/benefits

Many nature-based solutions are relatively inexpensive because they involve use of natural vegetation. Also, hazard mitigation using NBS can provide many economic, social and environmental benefits beyond the benefits from traditional flood mitigation projects.

Some components of nature-based solutions may have higher upfront costs (e.g., design for nature-based features, increased permitting coordination, higher contingency). However, nature-based solutions are often preferred alternatives for the cost-savings that are typically seen when compared with solely gray (traditional) infrastructure-based solutions over the long-term.

Challenges to implementation of NBS include building sustainable solutions; getting community involvement in projects; developing technical guidance and standards or regulations for use; and education needed to teach basic concepts of nature-based projects.

Remarks/further reading or viewing

Gray, D., Suter, R. 1996. *Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization-A practical guide for erosion control*. New York, NY: A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, Inc. 378 p. (ISBN 0-471-04979-6).

Howell, J. 1999. *Roadside Bio-engineering Reference Manual*. Department of Roads, His Majesty's Government of Nepal. Kathmandu. 218p.

B. Webb, S. Douglas, B. Dix, S. Asam. 2018. *White Paper: Nature-Based Solutions for Coastal Highway Resilience*. FHWA-HEP-18-037. Federal Highway Administration, ICF, and South Coast Engineers, Washington, DC 20008

Environmental Protection Agency. 2023. *Different Shades of Green*. Green Infrastructure Research at the U.S. Environmental Protection Agency Brochure. <https://www.epa.gov/green-infrastructure>

Steinfeld, D., Riley, S., Wilkinson, K., Landis, T., and Riley, L. 2007. *Roadside Revegetation: An Integrated Approach to Establishing Native Plants*. FHWA/WFJTD-07-005. Federal Highway Administration, Vancouver, WA, and Umali National Forest, Pendleton, OR. 42p.

The Nature Conservancy. 2023. *Promoting nature-based hazard mitigation through FEMA mitigation grants*. Joint publication from TNC and AECOM.

Matthews, J., Delacruz, E. 2022. *Integrating Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Disaster Risk Management: A Practitioner's Guide*. Asian Development Bank, Manila, Philippines. <https://www.adb.org/publications/nature-based-solutions-climate-change-adaptation-disaster-risk-management>

Д-р Ян Гринвуд

Консультант АБР и

Консультанты по инфраструктуре
Greenwood Associates

igreenwood.consultant@adb.org

ian@gaic.nz