



Деградация вечной мерзлоты в следствие климатических изменений и перспективы хозяйственного освоения Арктики

Дмитрий Стрелецкий

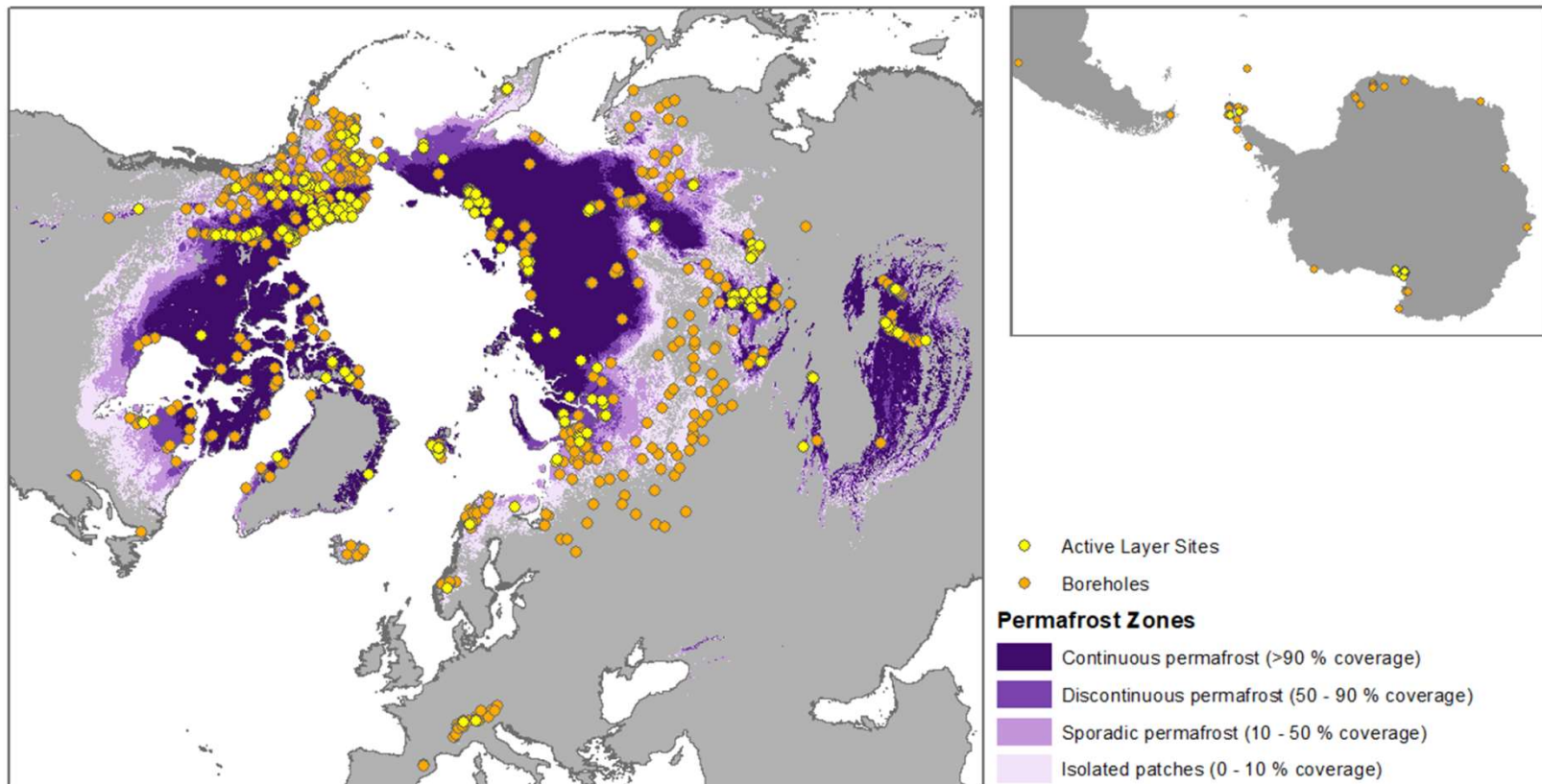
Состояние проблемы на мировом уровне

Около 24% поверхности Земли в северном полушарии является зоной распространения многолетне- мерлых пород (ММП)

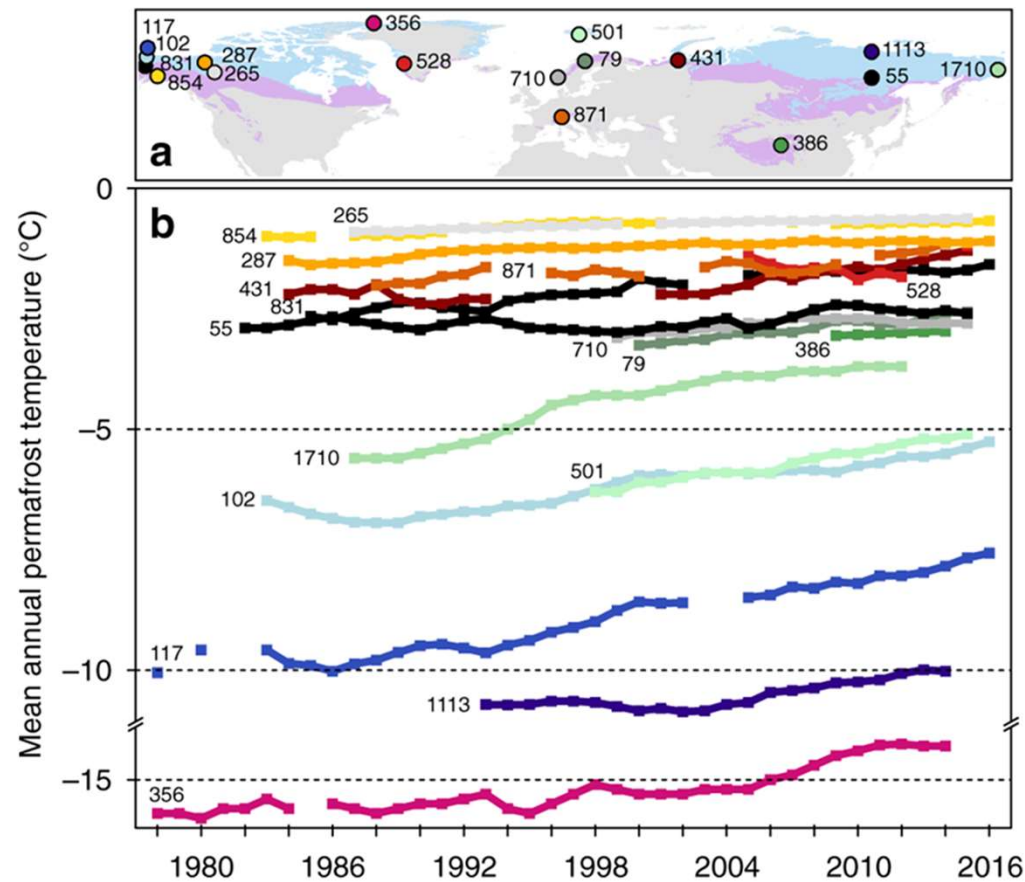
Деградация ММП (повышение температуры, увеличение глубины оттаивания (СТС) и сокращение площади) является глобальной проблемой



Мониторинг по программе GTN-P

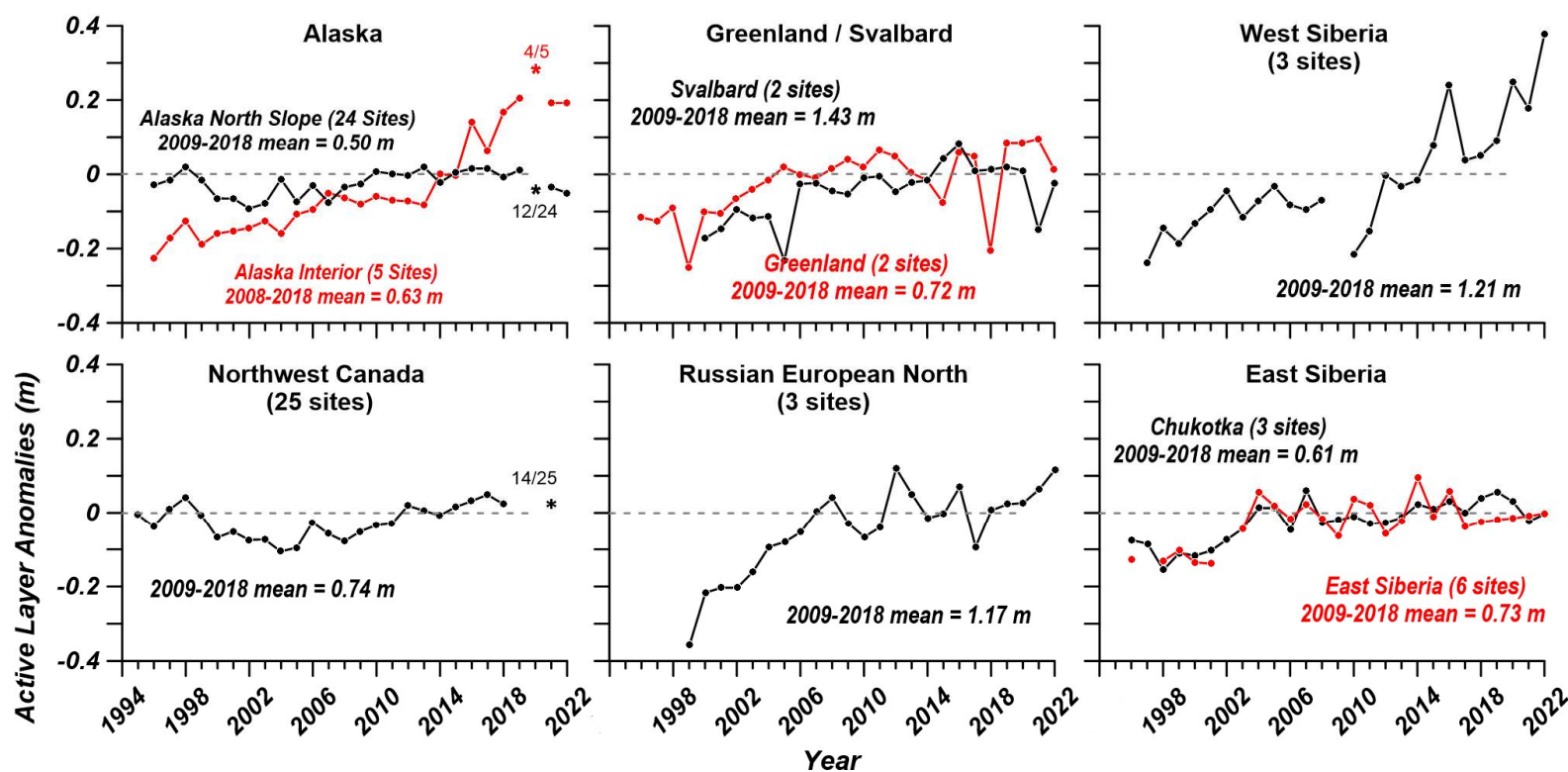


Изменение температуры ММП по данным GTN-P



Global Terrestrial Network for Permafrost (GTN-P): www.gtn-p.org
(Источник: Biskaborn et al. 2019)

Изменение СТС по данным программы CALM



Circumpolar Active Layer Monitoring (CALM) program: www.gwu.edu/~calm
(Источник: Smith et al., 2023)

Влияние деградации вечной мерзлоты

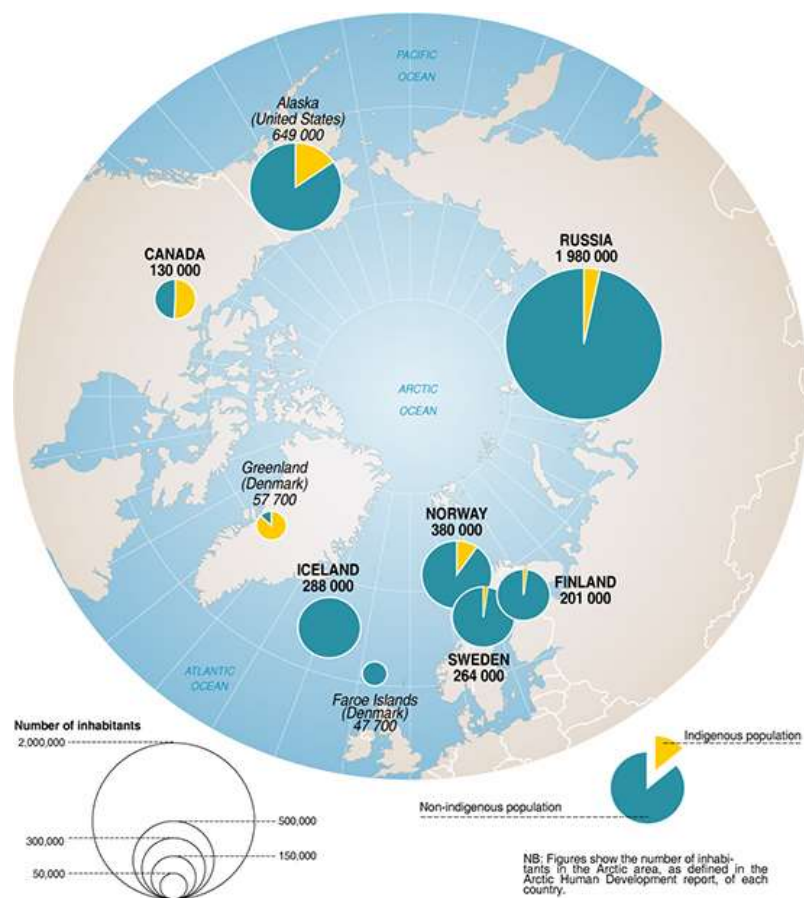
- Воздействие в мировом масштабе как следствие повышения температуры воздуха (15% многолетнемерзлых грунтов содержат 50% почвенного углерода на глубине 3 метров). Влияние на торговлю квотами на выбросы CO₂ и компенсацию выбросов CO₂ (станет ощутимым в ближайшем будущем)
- Местный и региональный уровни: изменение рельефа, сред обитания, инфраструктуры вкупе с характером ее развития, доступности и способов ведения натурального хозяйства (**требуется немедленного принятия мер**)



Арктика

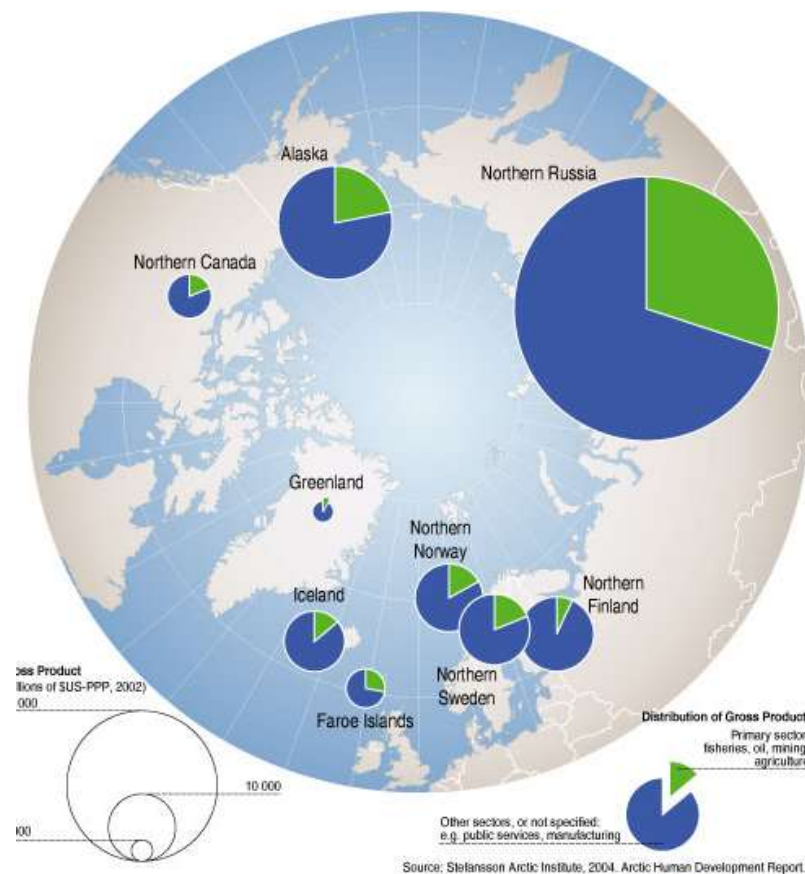
В Арктике проживает около 0,1 % мирового населения. При этом вклад в мировую экономику составляет 0,7% ВРП из которых на РФ приходится 73% (Econor Report 2020)

Население Арктики



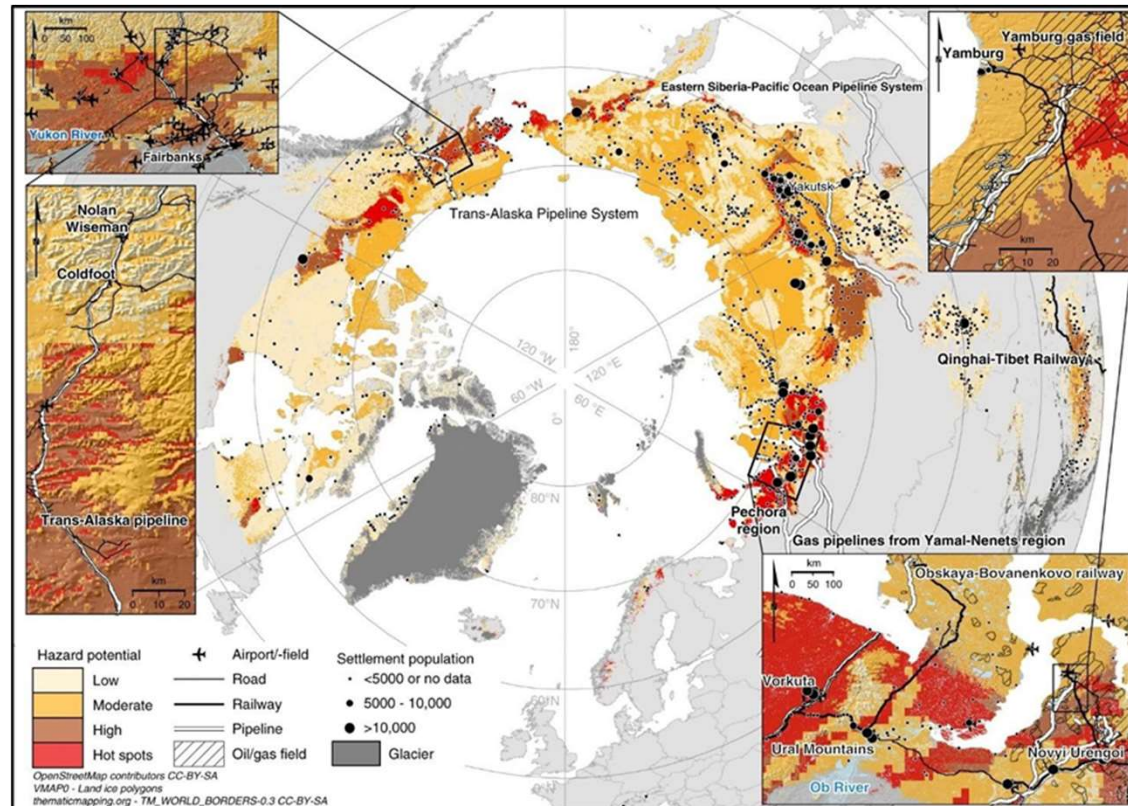
Sources: - United States: US Census Bureau, 2002 and United States department of commerce 1993; Canada: Statistics Canada, 1995 and 2002; Greenland: Statistics Greenland, 1994 and 2002; Faroe Islands: Faroe Islands Statistics, 2002; Iceland: Statistics Iceland, 2002; Norway: Statistics Norway, 2002; Sweden: Statistics Sweden, 2002; Finland: Statistics Finland, 2002; Russia: State Committee for Statistics, 2003; Republican information and publication center, 1992; State committee of the Russian Federation for statistics 1992; AMAP, 1998; AMAP Assessment Report Arctic Pollution Issues; AMAP, 1997; Arctic Pollution Issues: A State of the Arctic Environment Report; Stefansson Arctic Institute, 2004; Arctic Human Development Report.

Экономика Арктики



Источник: Econor 2020, maps AHDR

Карта рисков повреждения инфраструктуры в Арктике



Карта рисков повреждения инфраструктуры в Арктике к середине нашего века (2041–2060 гг.) с врезками увеличенного масштаба по центральной части Аляски и северо-западной части российской Арктики (Источник: Hjørt et al. 2018)



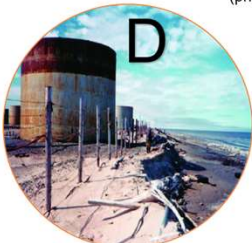
The Svalbard Global Seed Vault
(photo by R. Gangale)



Water system sinking in permafrost,
Point Lay, Alaska, (photo by C. Russell)



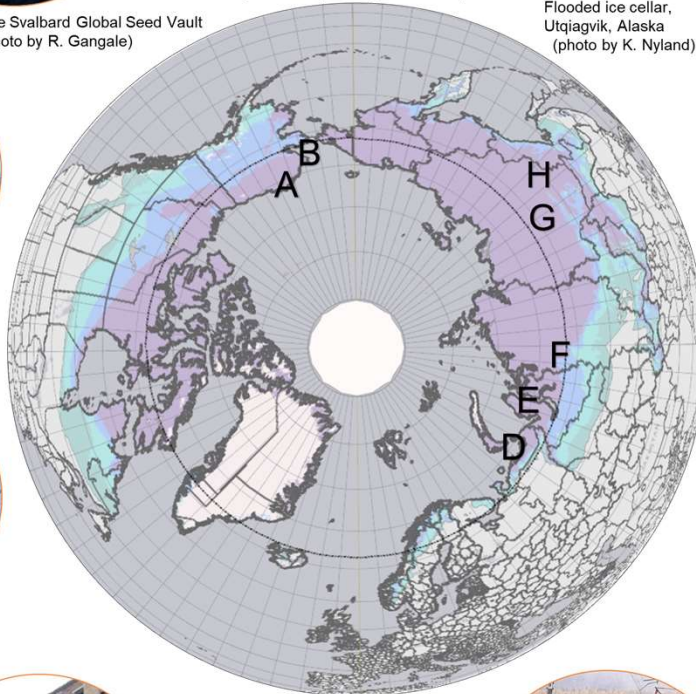
Flooded ice cellar,
Utqiagvik, Alaska
(photo by K. Nyland)



Coastal erosion in Varandei Island.
(photo by S. Ogorodov)



Gas-emission crater in Yamal
Peninsula (photo by A. Kizyakov)



Deformation of residential building
constructed on permafrost in Igarka.
(photo by D. Streletskiy)



Above-ground pipeline in Northern Yakutia
crossing the area with ice-rich permafrost.
(photo by A. Fyodorov)



Baikal-Amur railroad deformation
(photo by E. Kozyreva)

Svalbard Mine Flooded: “More Serious than Presumed”

As Arctic warming accelerates, permafrost thaw hits Alaska mine

Giant new 50-metre deep 'crater' opens up in Arctic tundra

By Anna Liesowska
29 August 2020

Blocks of soil and ice thrown hundreds of metres from epicentre of the funnel at the Yamal peninsula.

Climate change poses a challenge to the global average.

Published: Sep 01 2020 - 12:27

The multination
Dog Mine in Mo
pern
sper
stor

Huge Spill Stains Arctic and Climate Change Could Be the Cause

By Yuliya Fedorinova

June 4, 2020, 3:29 AM EDT Updated on June 4, 2020, 10:18 AM EDT

The Moscow Times
INDEPENDENT NEWS FROM RUSSIA

NEWS OPINION BUSINESS MEANWHILE ARTS AND LIFE PODCASTS VIDEOS IN-DEPTH MOSCOWLIVING

Melting Arctic Permafrost Threatens Russian Energy Firms' Bottom Line – Morgan Stanley

was first

nent.

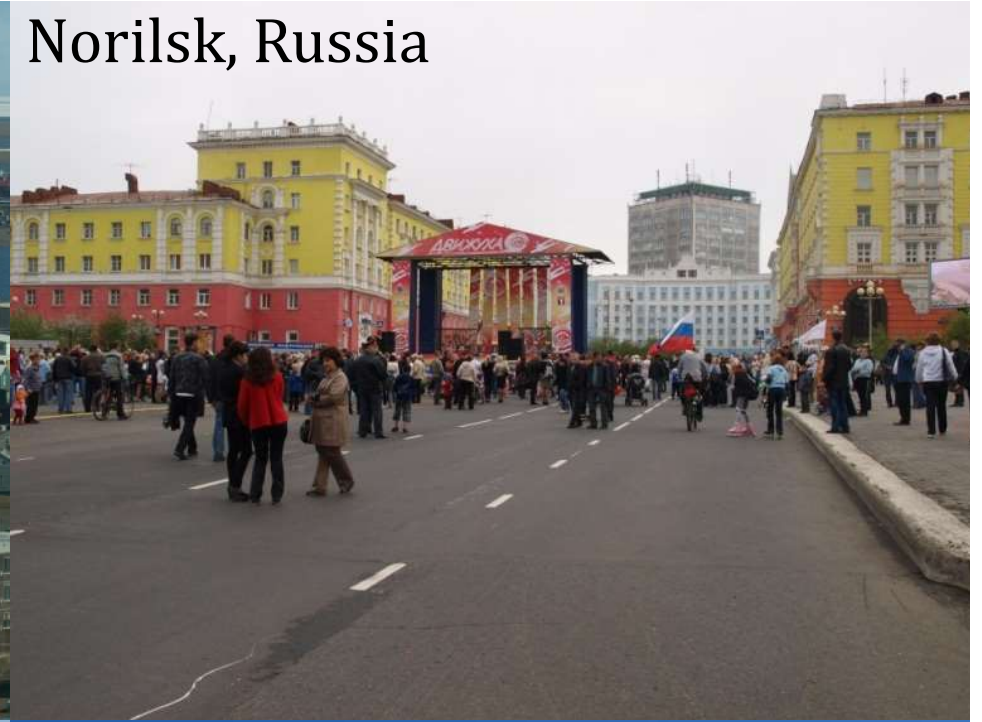
up to 50

under the

Barrow, Alaska



Norilsk, Russia



Barrow, Alaska

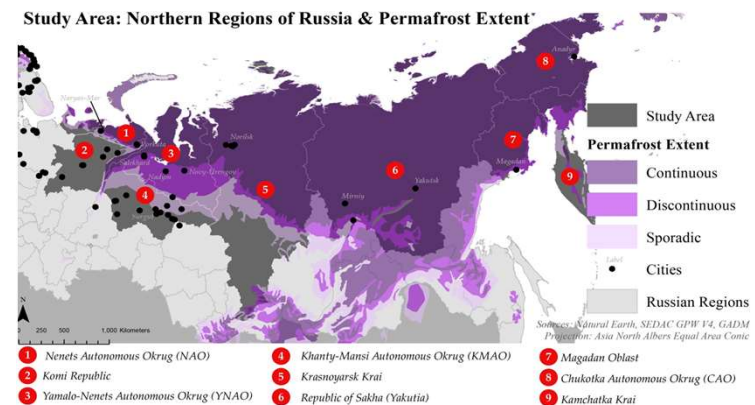
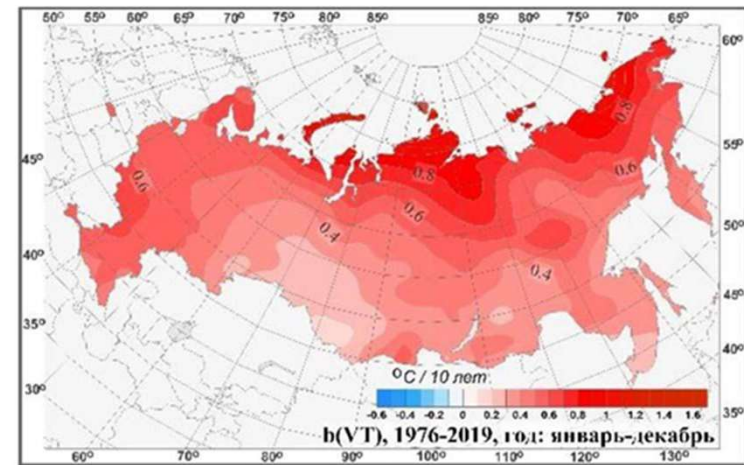


Salekhard, Russia



Состояние проблемы в России

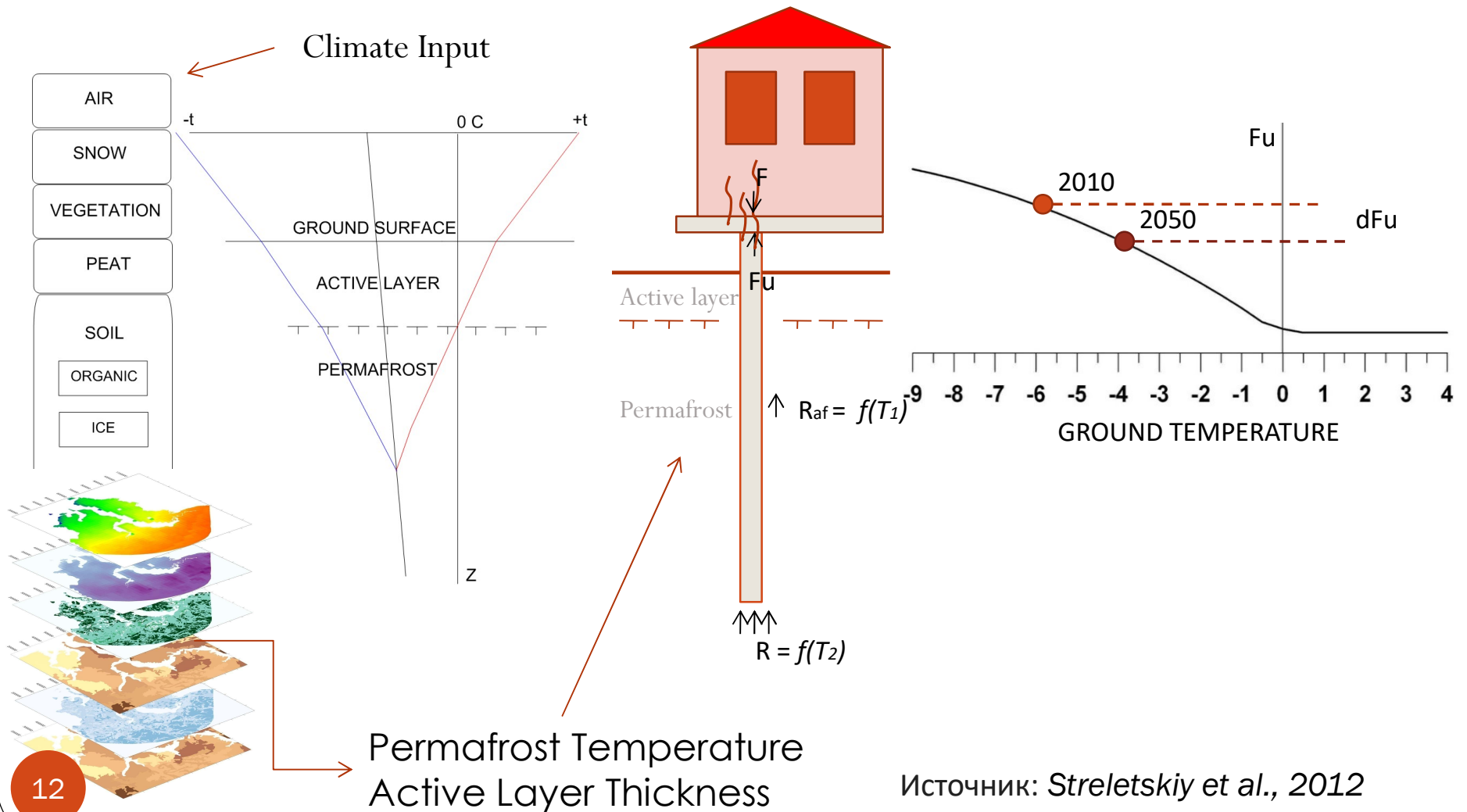
- Вечная мерзлота занимает более 60% территории Российской Федерации (РФ)
- Температура воздуха в РФ повышается в 2,5 раза быстрее, чем в среднем в мире, а в районах вечной мерзлоты — в 3–4 раза быстрее
- В России значительное количество населения и постоянных объектов инфраструктуры расположено в районах ММП, которые подвергаются воздействию климатических изменений.



Моделирование ММП

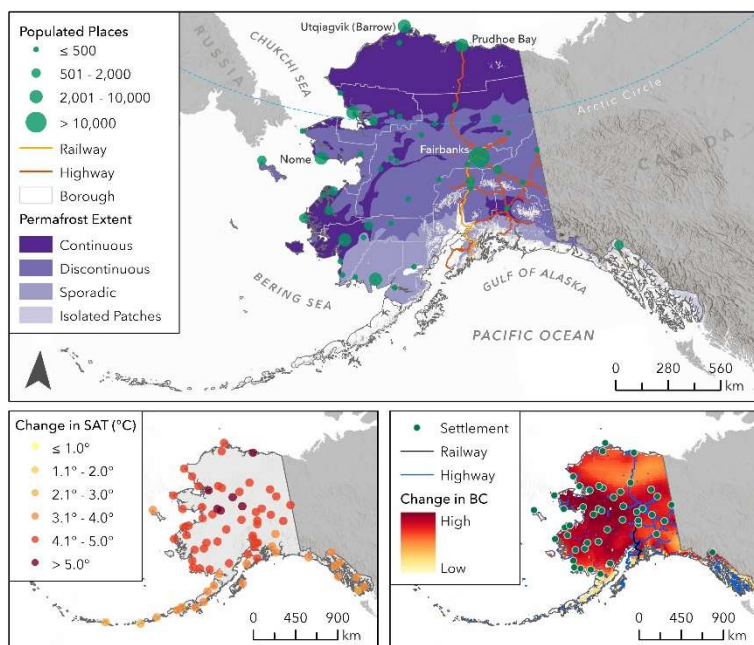
Conceptual Framework of the Permafrost Model

Conceptual Framework of the Permafrost Bearing Capacity Model

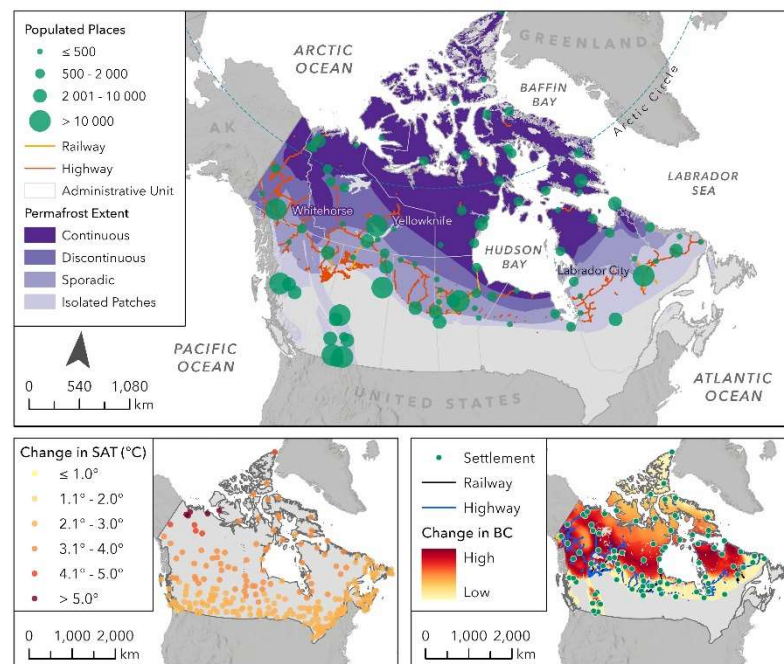


Источник: *Streletskiy et al., 2012*

Прогноз снижения несущей способности ММП: Аляска и Канада

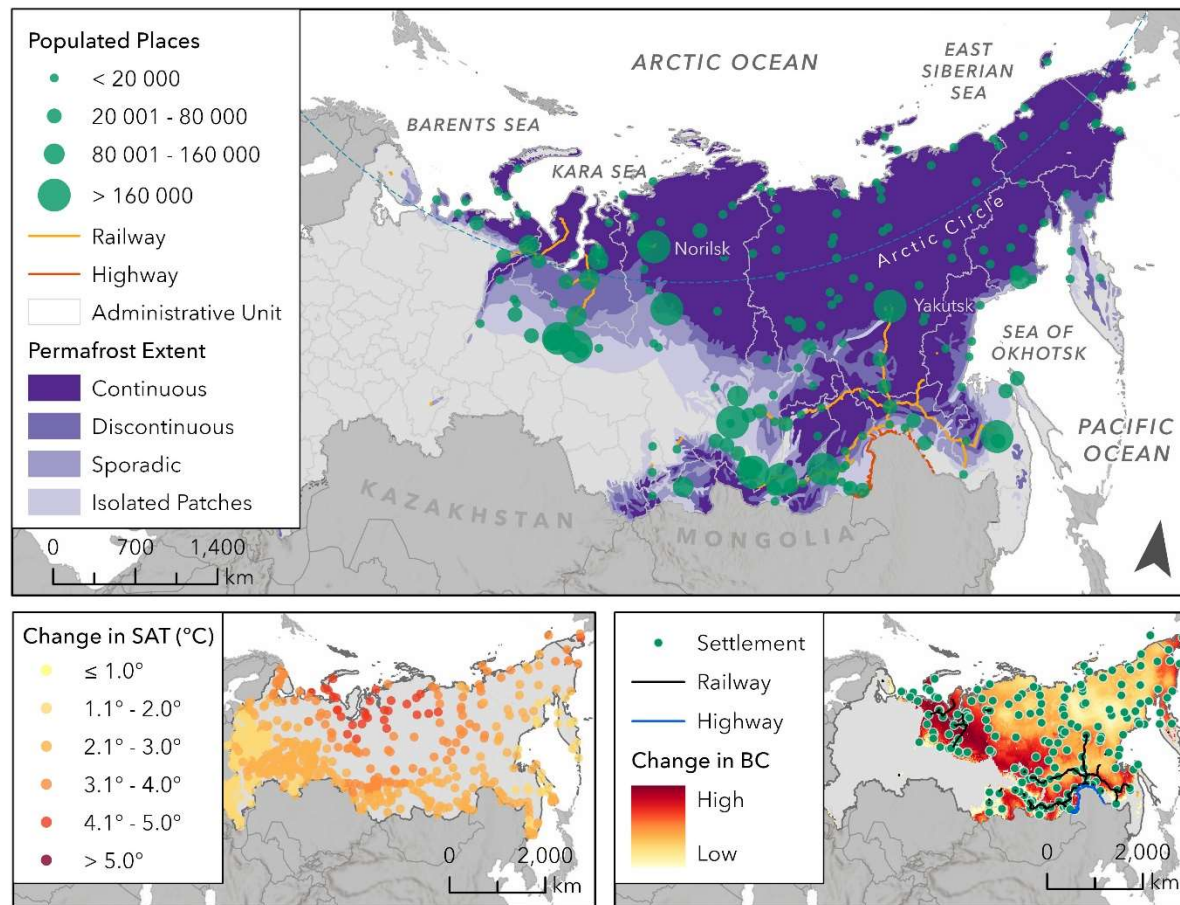


Source: Diva-GIS, State of Alaska Open Data Geoportal, OpenStreetMap, CMIP6 Model Output, AWI-CM-1-1 (SSP585) | Projection: NAD 1983 (2011) | Alaska Albers (Meters)



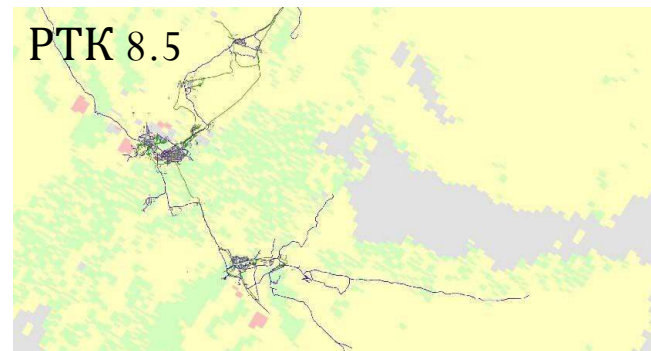
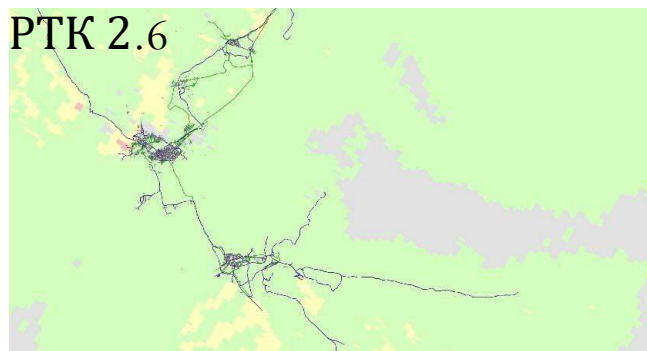
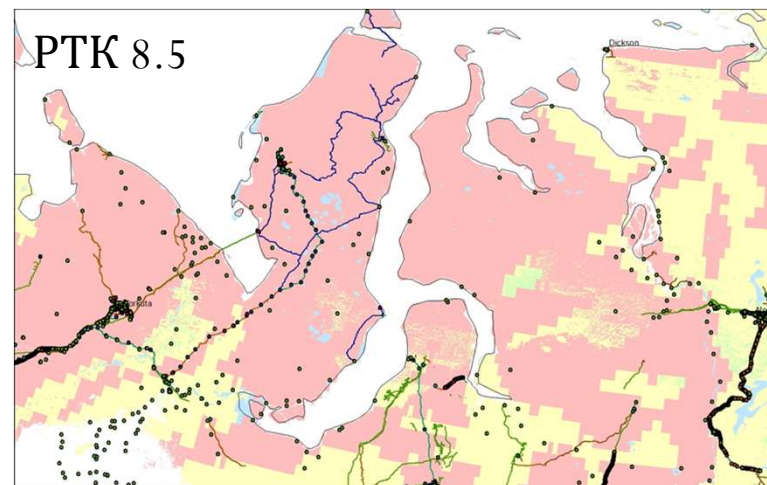
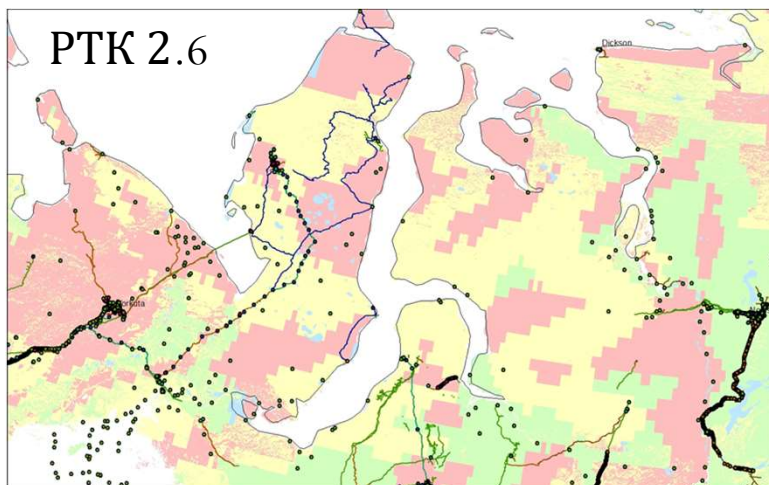
Source: Diva-GIS, OpenStreetMap, CMIP6 Model Output, AWI-CM-1-1 (SSP585) | Projection: Canada Albers Equal Area Conic

Прогноз снижения несущей способности ММП: Россия

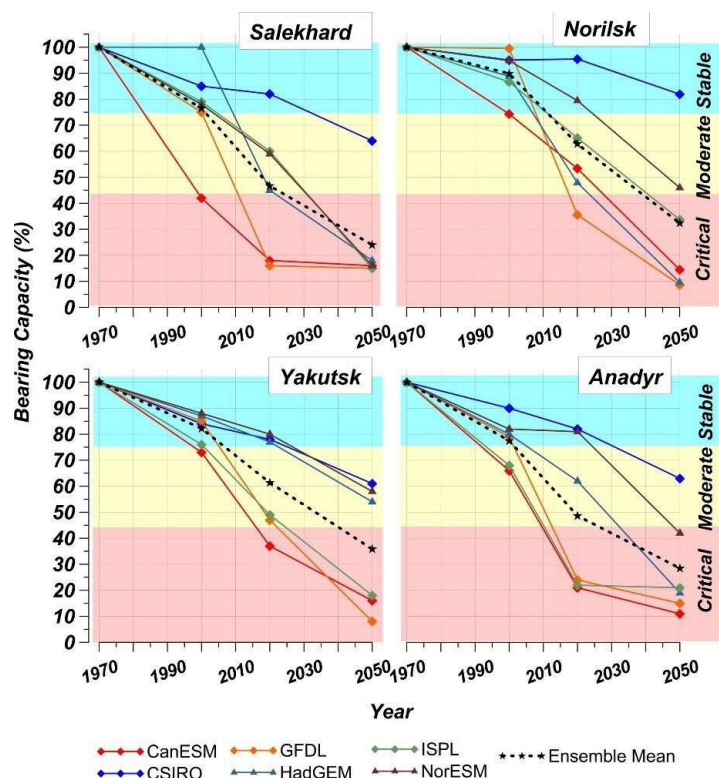


Source: Diva-GIS, OpenStreetMap, CMIP6 Model Output, AWI-CM-1-1 (SSP585) | Projection: Asia North Albers Equal Area Conic

Осадка грунтов при протаивании



Стоимость деградации ММП в РФ



<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gere.12214>

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaf5e6/meta>

Снижение несущей способности многолетнемерзлых грунтов и оседание грунта вследствие таяния подземного льда к 2051 г. (млрд долл. США на 2017 г., курс RUB/USD по паритету покупательной способности ОЭСР, на основе шести выбранных моделей общей циркуляции в рамках сценария РТК 8,5)

- К середине XXI века совокупные затраты, связанные с нарушением инфраструктуры в результате деградации вечной мерзлоты вследствие климатических изменений, достигнут **105,07 млрд долл. США:**

- 17 млрд долл. США – строения и сооружения
- 67 млрд долл. США – инфраструктура
- 21 млрд долл. США – жилые здания

Способы снижения рисков деградации ММП

- **Повышение осведомленности населения, информирование и разъяснение** (мониторинг температуры школами, вузами, на выездных занятиях и семинарах)
- **Развитие мониторинга ММП в естественных условиях и промышленных районах с целью формирования базы для будущих поколений** (необходимы как автоматизированная сеть мониторинга, так и исследования, проводимые специализированными городским подразделениями)
- **Снятие ограничений в области сбора данных и обмена данными** (развитие потенциального горизонтального взаимодействия вместо вертикальных разрозненных сетей)
- **Формирование баз данных ГИС по инфраструктуре для оценки конкретных рисков и соответствующих затрат.**
- **Построение и оптимизация подробных климатических сценариев по Арктике на короткосрочную и долгосрочную перспективу и внедрение сценарного моделирования для определения хода развития и обеспечения принятия решений к 2030 г.**



Спасибо за внимание!

Мнения, выводы и рекомендации в настоящей презентации принадлежат автору и необязательно отражают позицию Университета им. Джорджа Вашингтона или иных лиц.

Продажа, копирование или распространение настоящей презентации без письменного разрешения автора запрещены.