

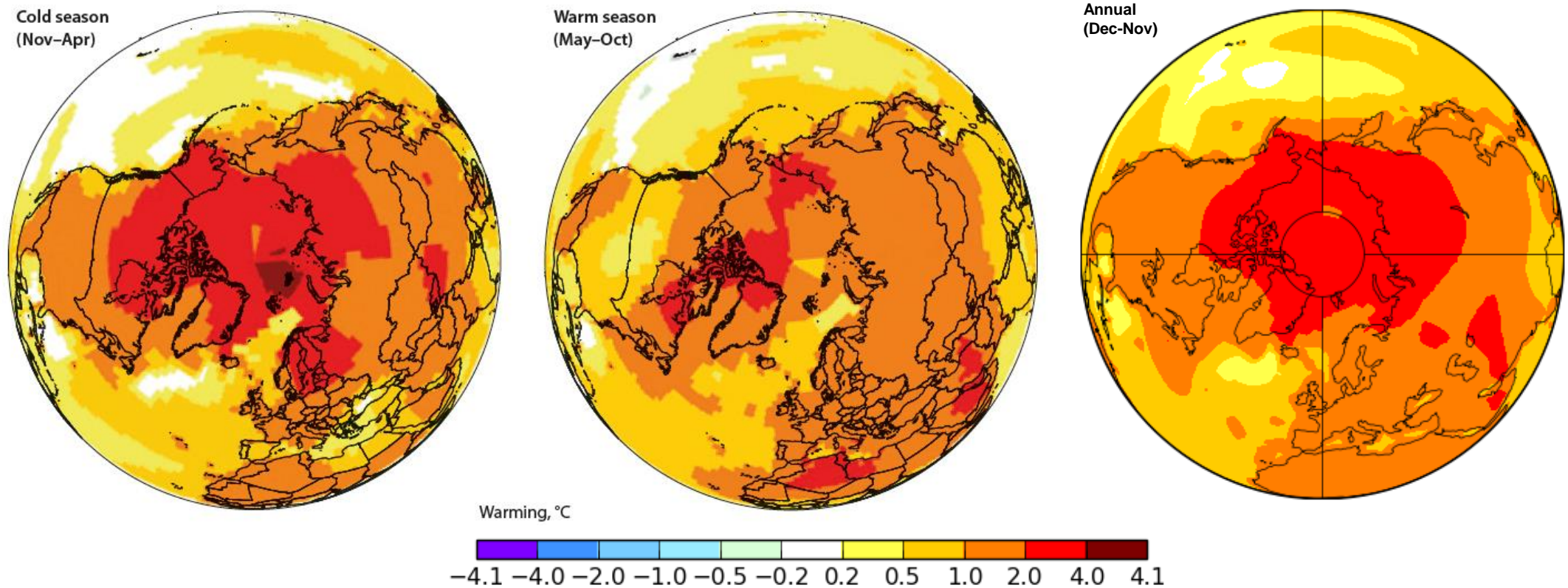
# Современная динамика мерзлотных условий и её влияние на инфраструктуру Российской Арктики



Научно-исследовательской лаборатории геоэкологии Севера,  
Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

# ПОТЕПЛЕНИЕ В АРКТИКЕ ЗА ПЕРИОД 1961–2021.

(NASA GISTEMP <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>)

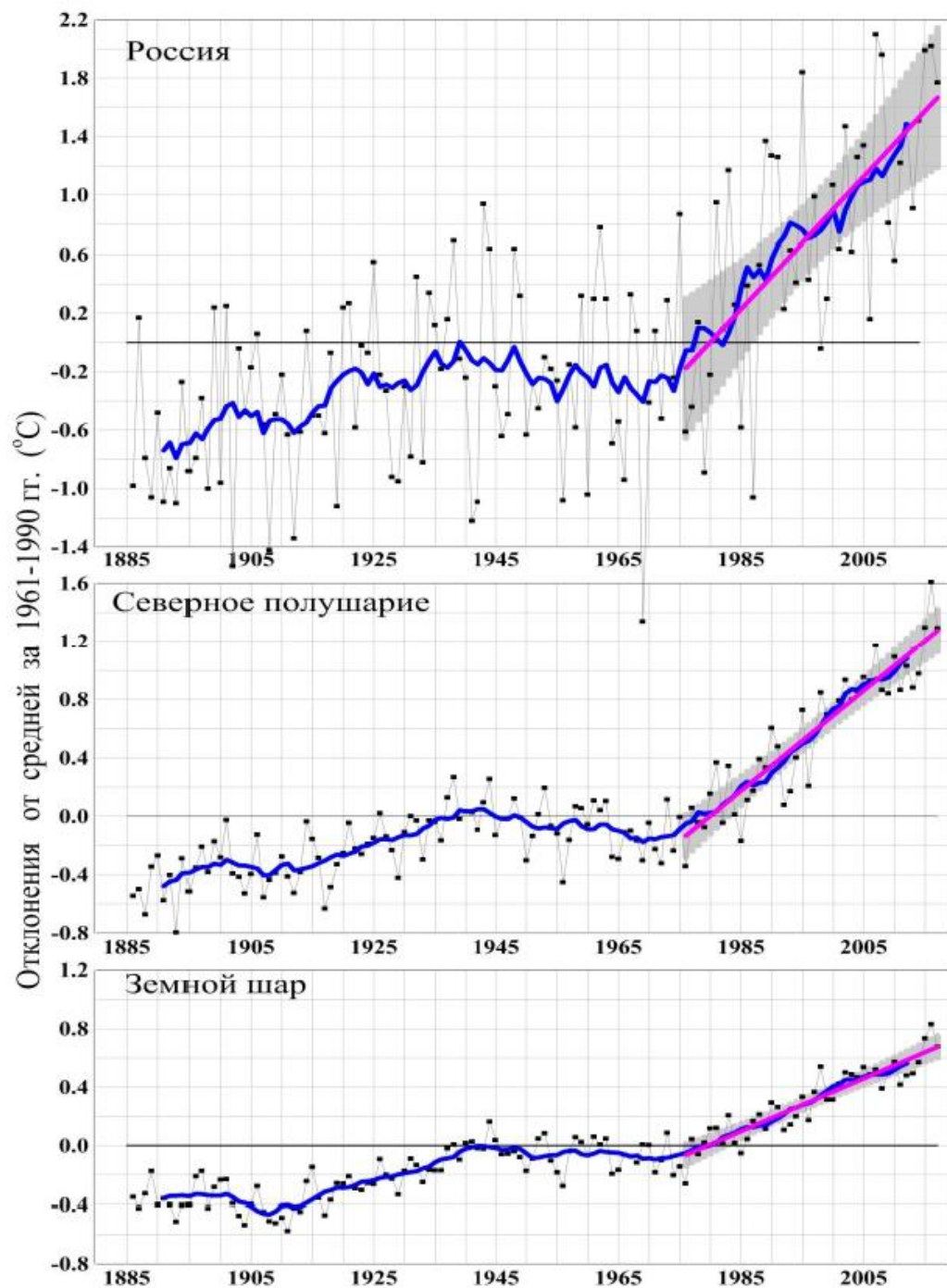


Увеличение температуры воздуха за период 1961-2021:

Для Земного Шара в Целом = 1.08 (°C)

Для Широт > 60 N = 2.49 (°C)

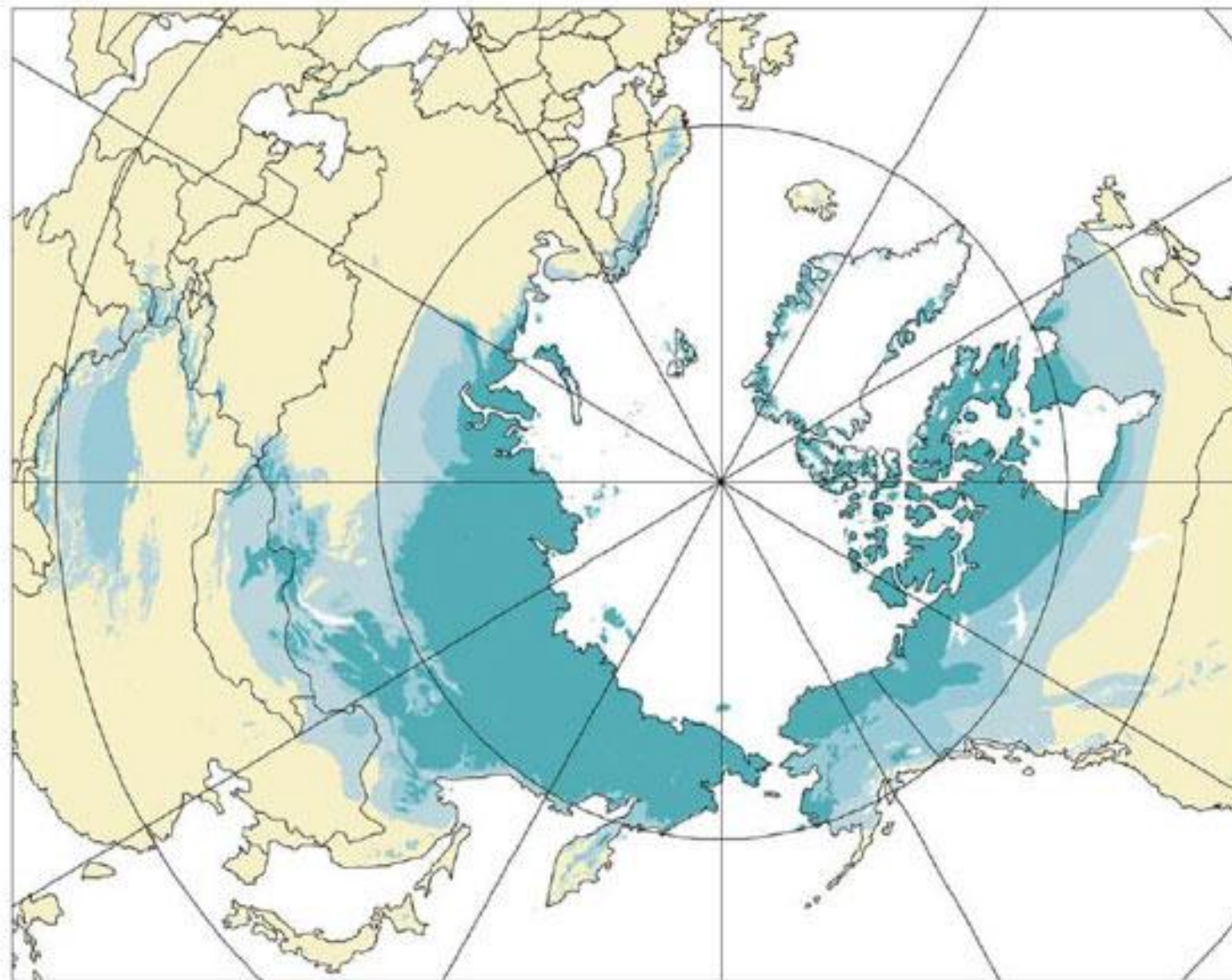
**За последние 60 лет температура воздуха в Арктике повышалась в 2.5 раза быстрее чем в среднем по Земле**



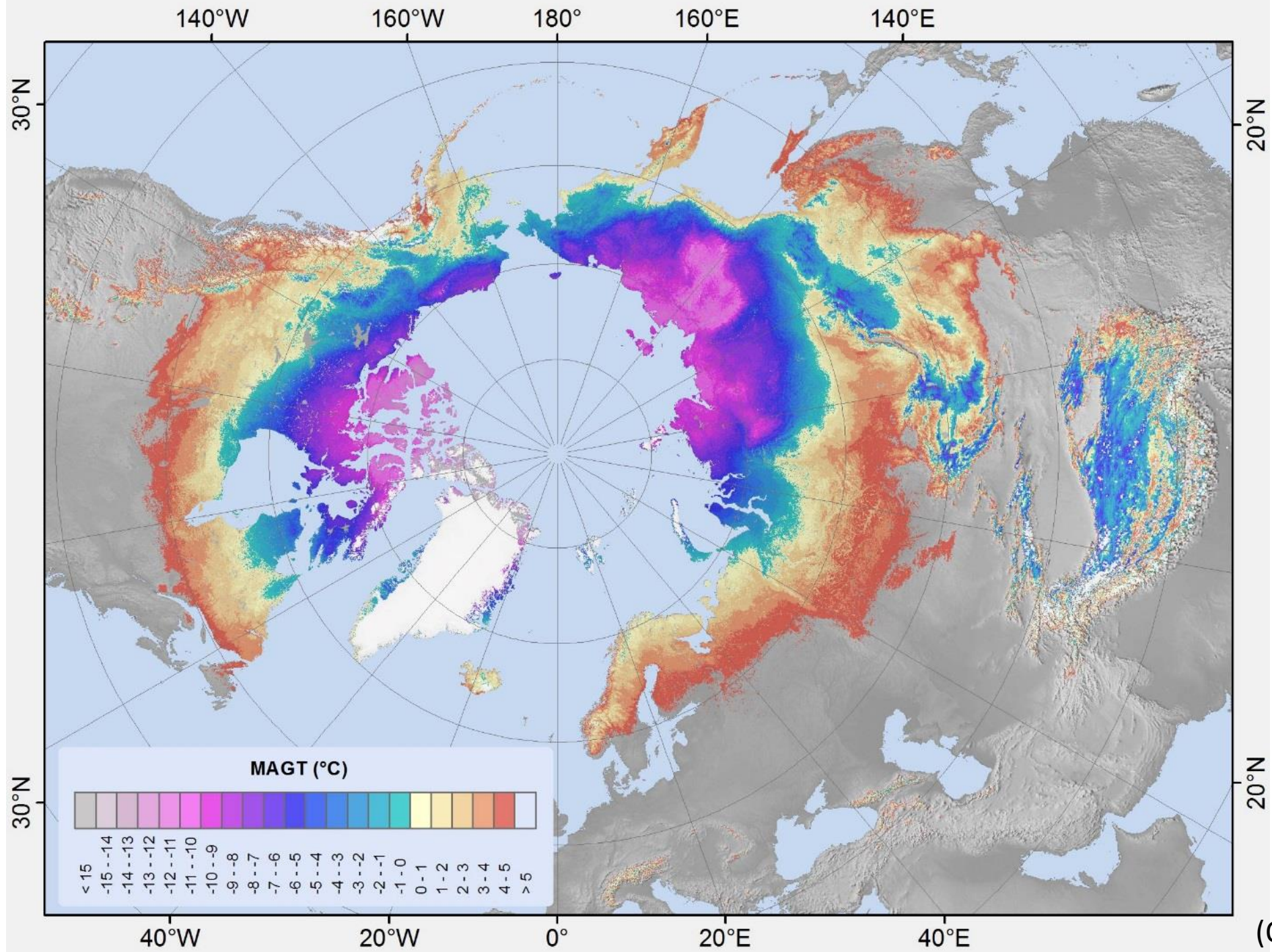
## Годовая аномалия приповерхностной температуры воздуха в России, Северном полушарии (суша) и в среднем по Земному шару за 1886-2017 гг.

*Аномалии рассчитаны как отклонения от средней за базовый период 1961-1990 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Использованы данные Университета Восточной Англии (Земной шар - массив hadcrut4gl.txt, СП - crutem4nh.txt) и данные ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» (Россия - данные на станциях).*

## Распространение многолетней мерзлоты



 сплошное     прерывистое     островное



(Obu et al., 2019)

# Динамика температуры мерзлоты

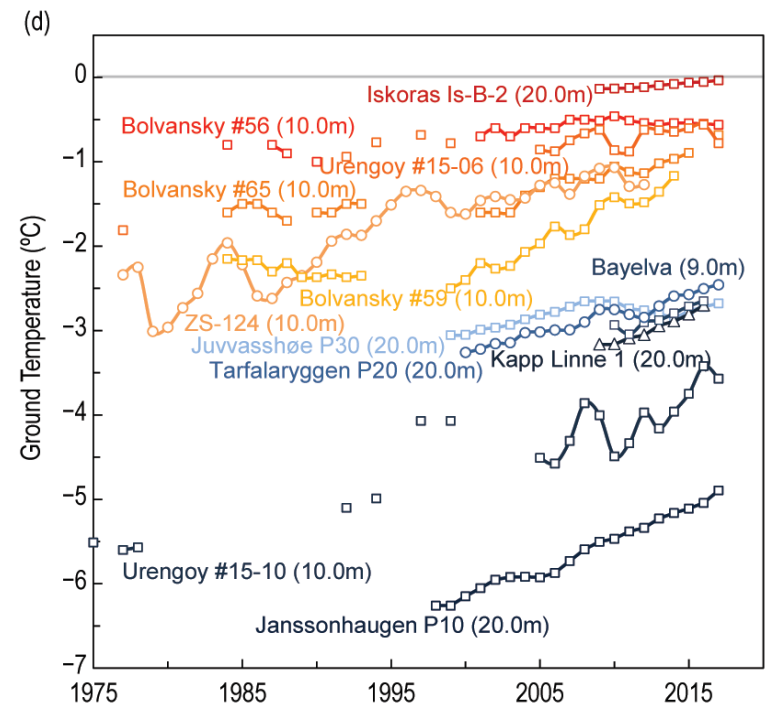
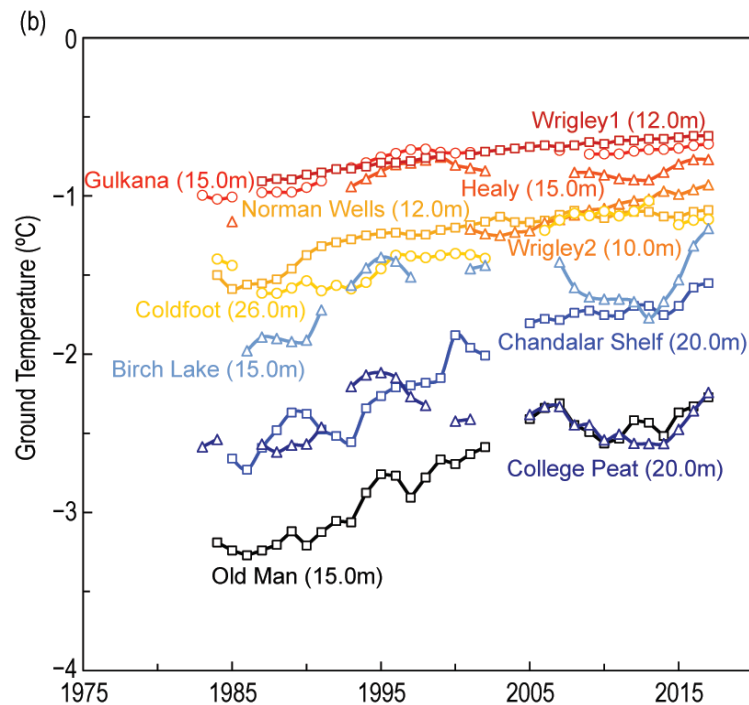
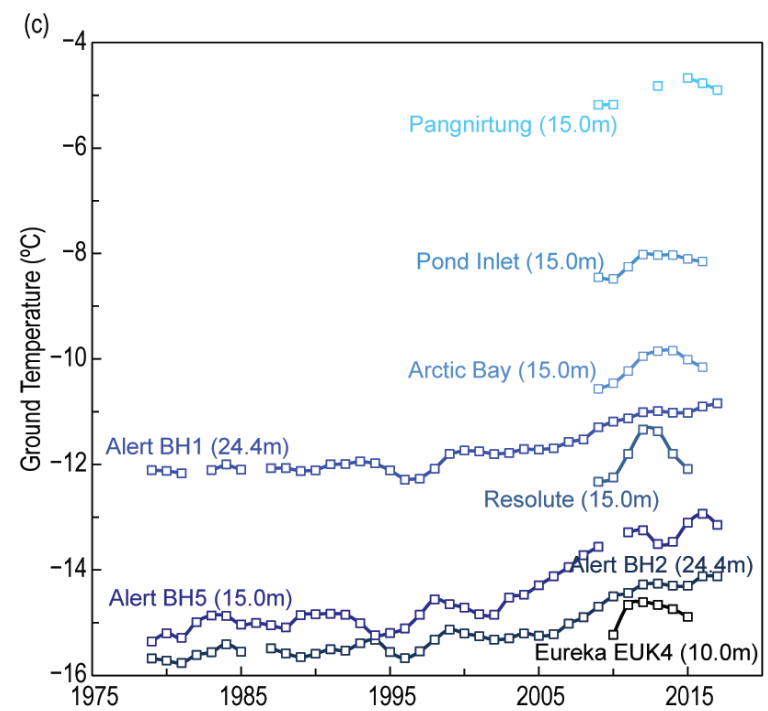
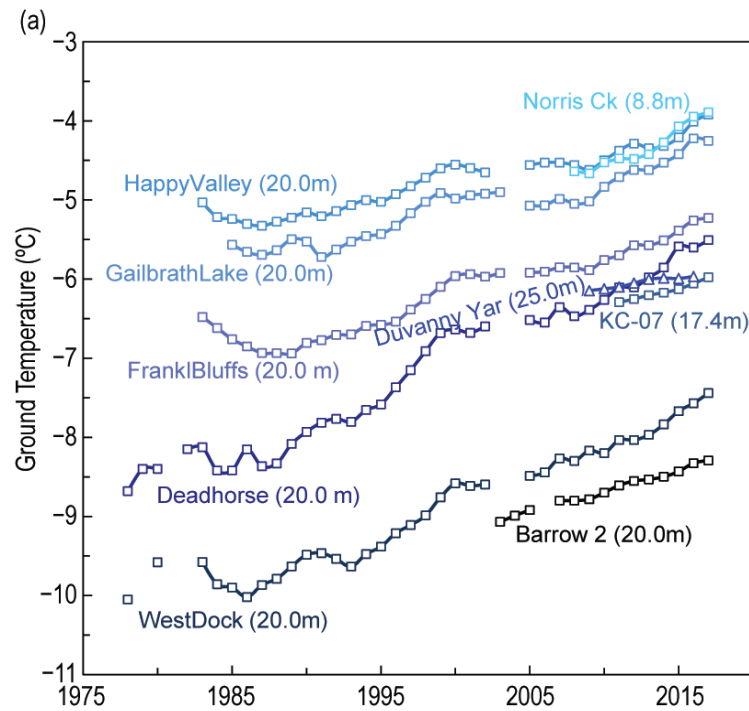
*Изменения температуры мерзлоты на глубинах 9-26 м для:*

*a) Холодной сплошной мерзлоты Северо Западной части Северной Америки;*

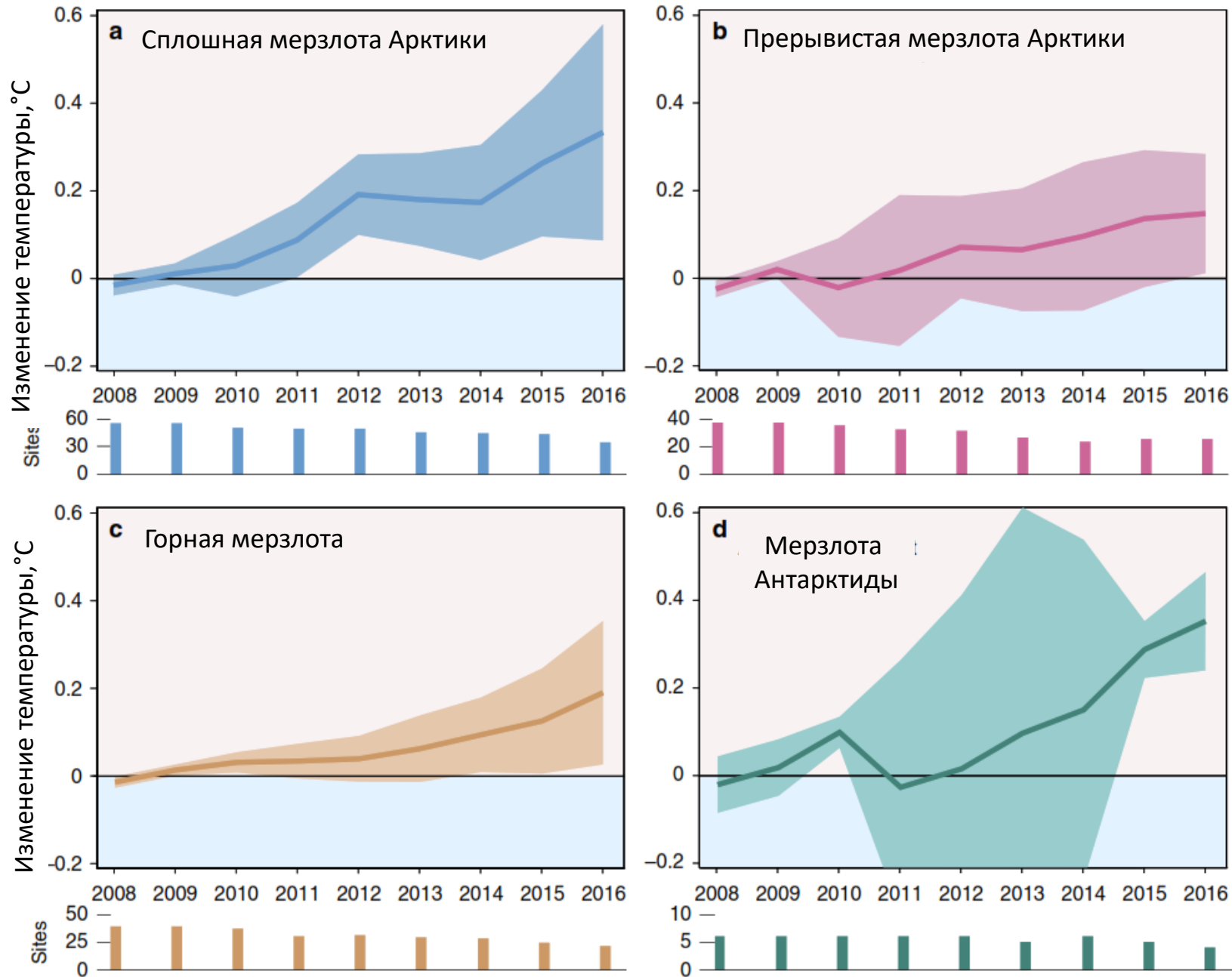
*b) Прерывистая мерзлота Северной Америки;*

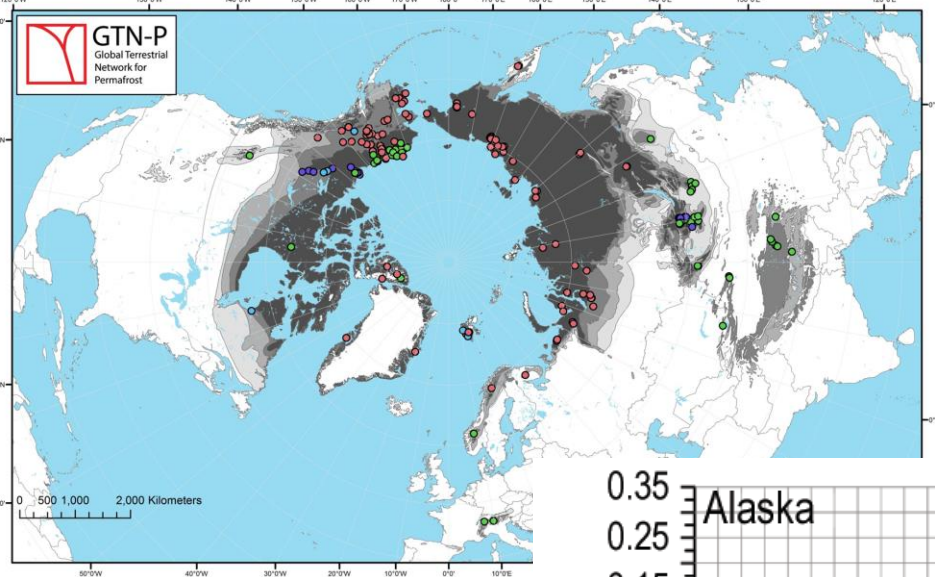
*c) Холодной сплошной мерзлоты Северо-Восточной Части Северной Америки;*

*d) Мерзлоты Евразии.*

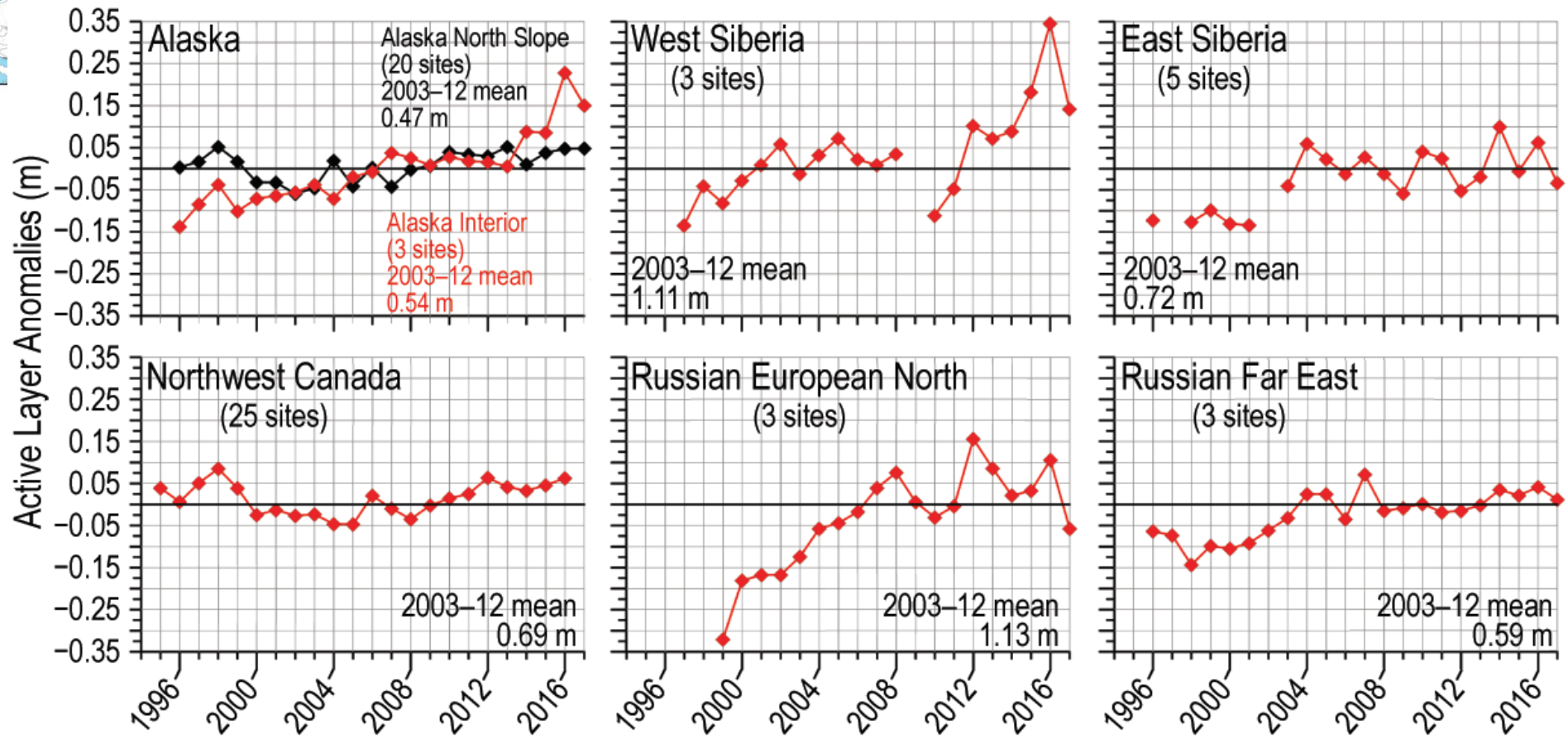


# Динамика температуры мерзлоты за 2008-2016 гг.



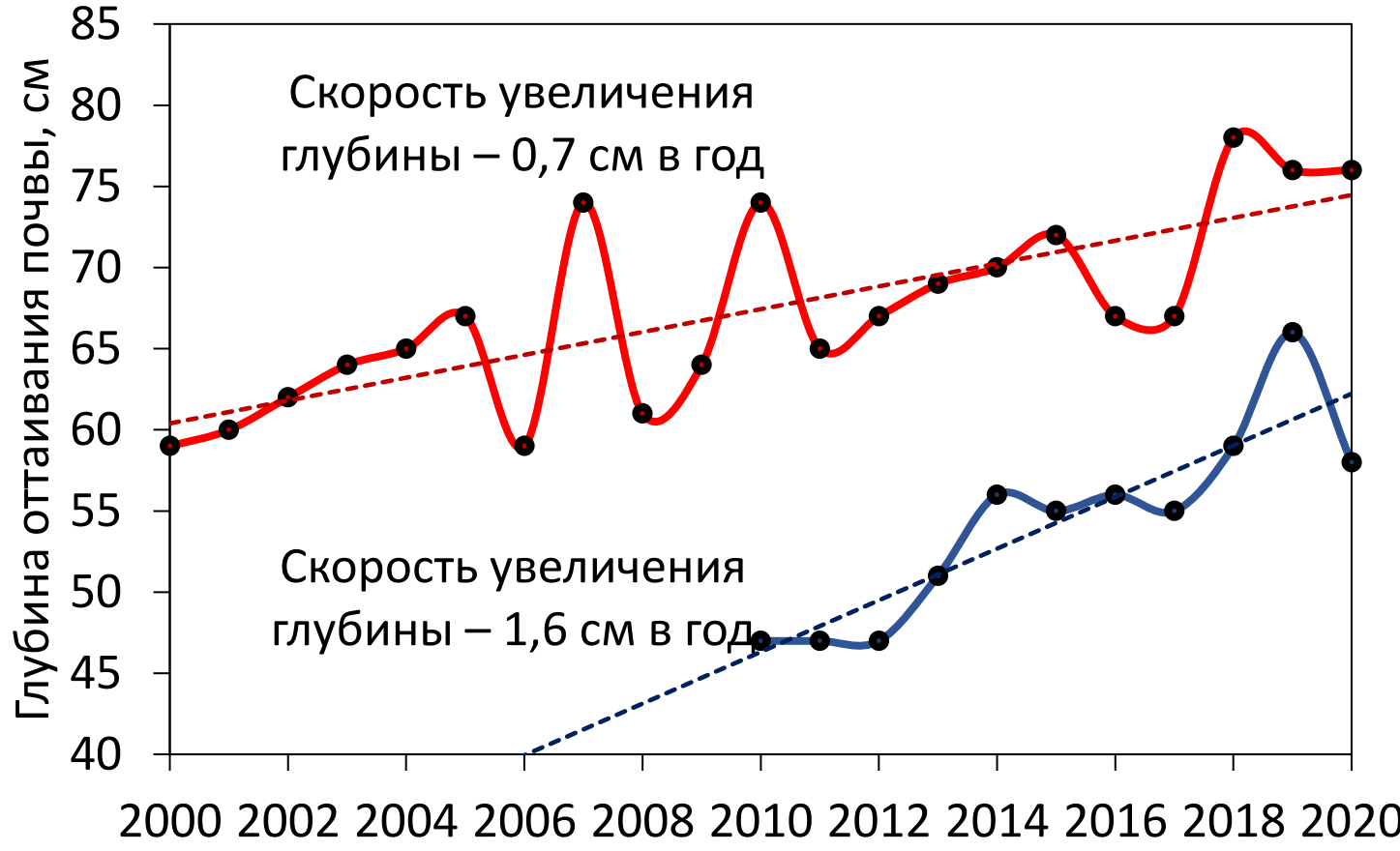
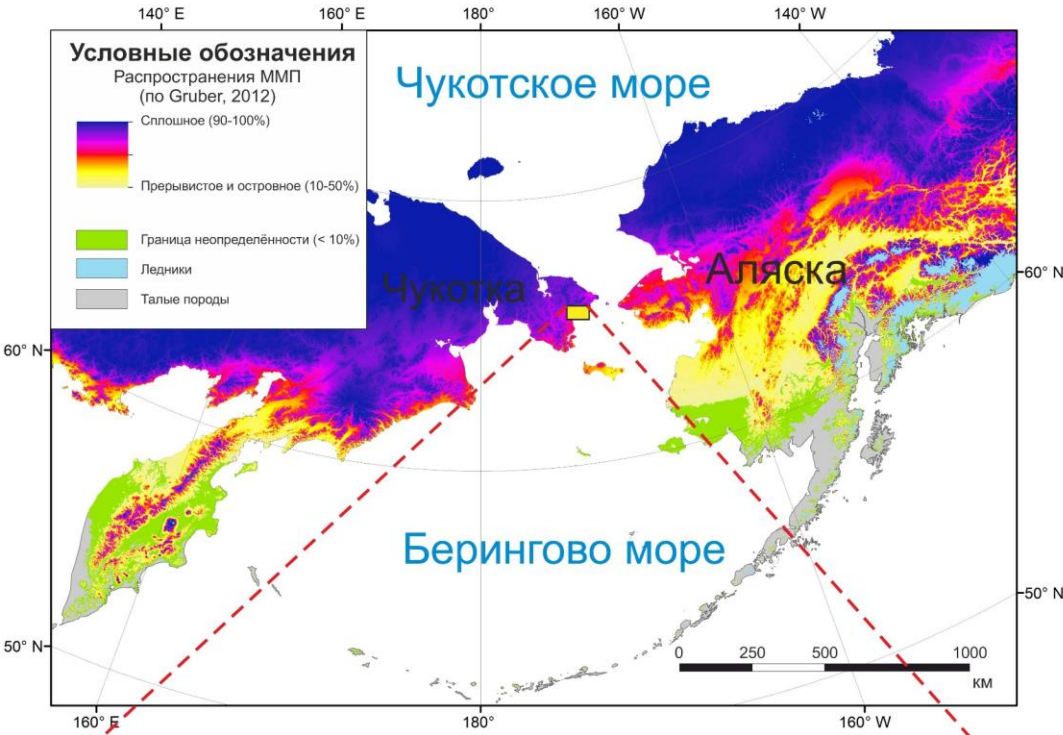


## Изменение глубины сезонного оттаивания почвы (относительно средних за 2003-2012) для характерных мерзлотных регионов Арктики





# Динамика изменения глубины сезонного оттаивания почвы для Чукотского полуострова

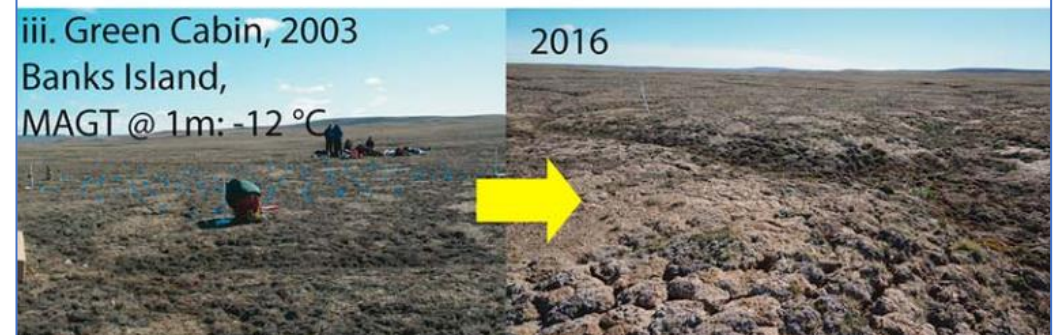
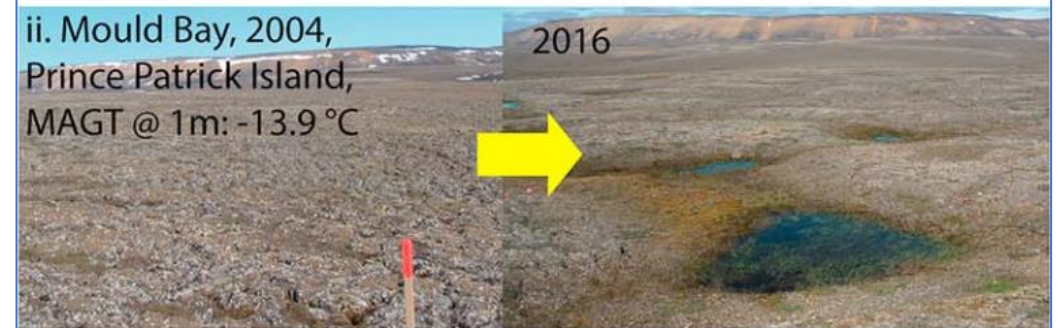


● R-27 Lavrentiya ● R-41 Lorino

# Внешнее проявление последствий деградации мерзлоты



Криогенный оползень, Чукотка, 2017



Термокарстовые просадки поверхности, Канада  
(Farquharson et al., 2019)

# Батагайский провал

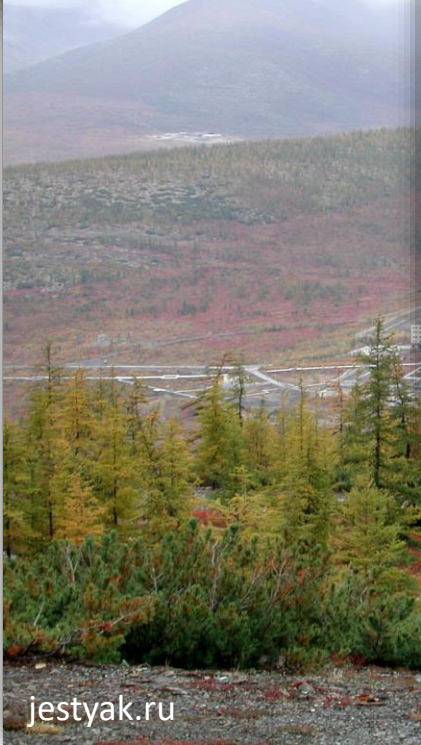


Фото: Дж. Васильчук, август 2017 г.

# Влияние деградирующей мерзлоты на инфраструктуру Арктики



Билибинская АЭС



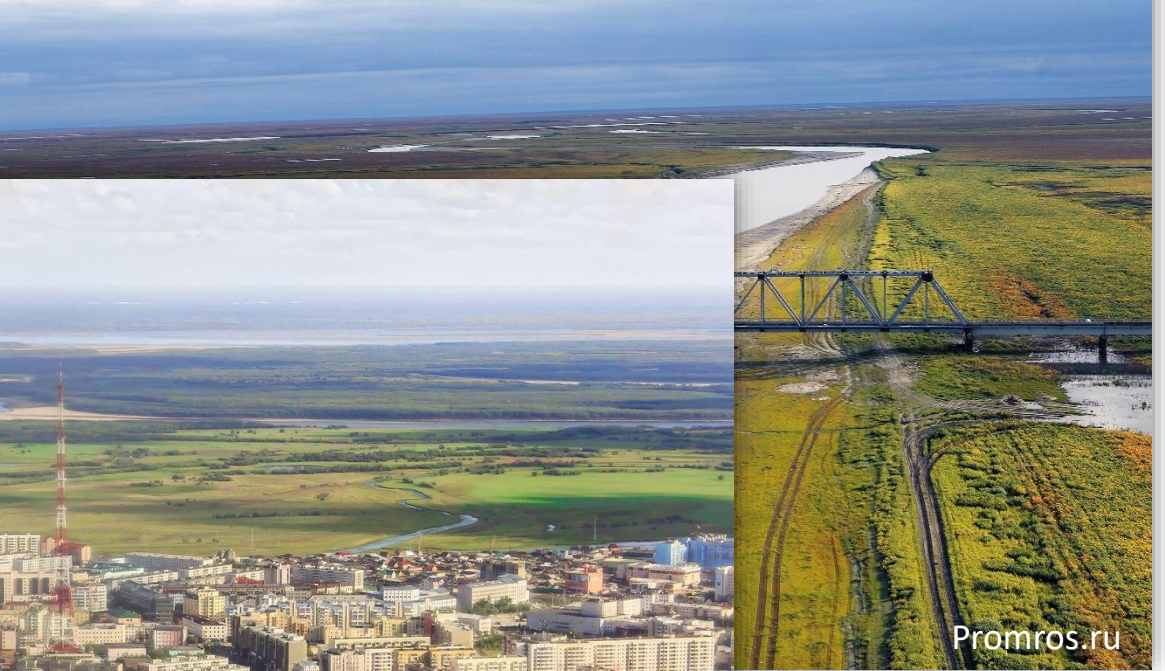
jestyak.ru



г. Якутск

sakhatimes.ru

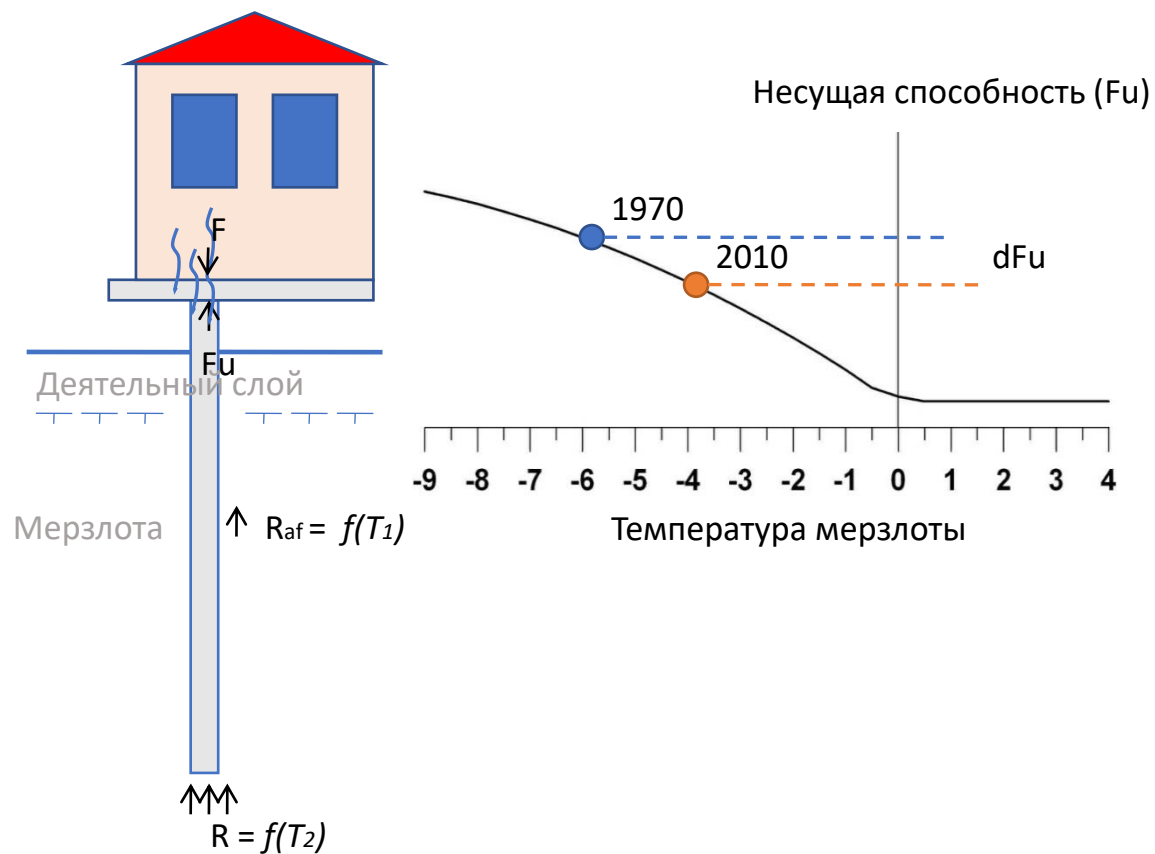
Мост через р. Юрибей, Ямал



Promros.ru

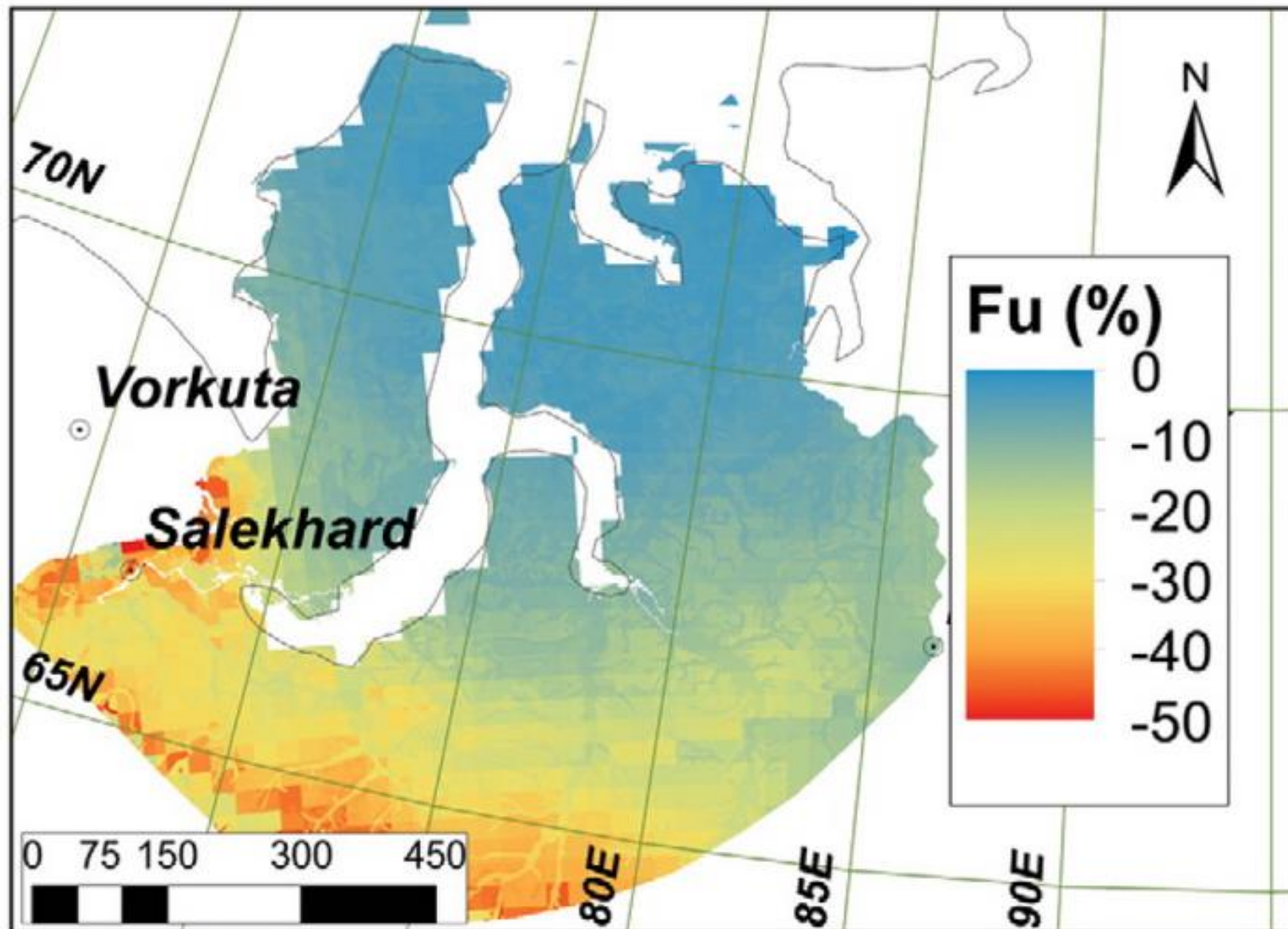


## Модель оценки несущей способности мерзлотных фундаментов



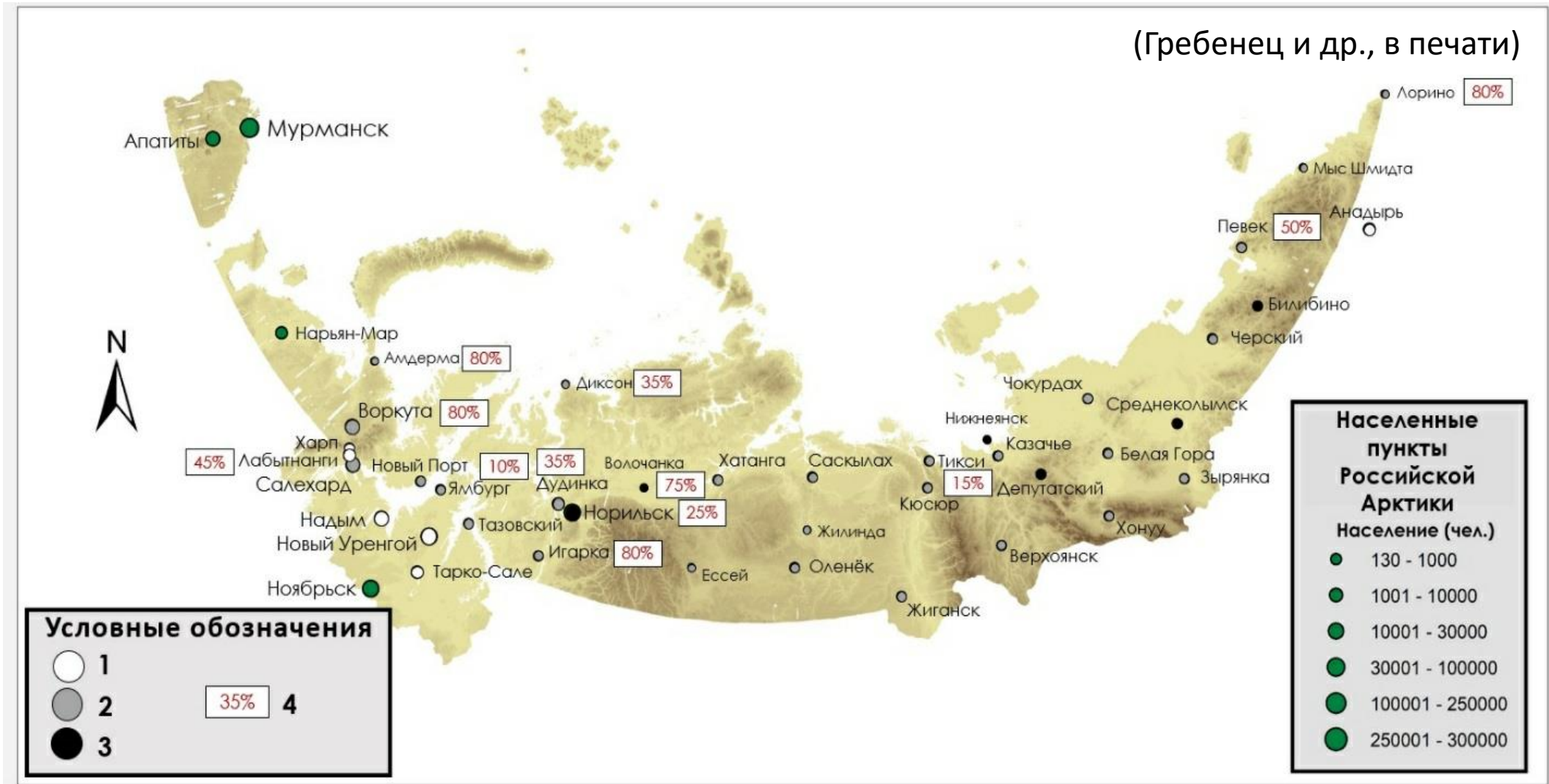
## Оценка изменений несущей способности стандартных свай между декадами 1965-1975 и 2000-2010 из за климатического потепления мерзлоты

Регион	Пункт	несущая способность	
		1970е	2000е
		%	
Западная Сибирь	Салехард	100	<b>68-70</b>
	Надым	100	<b>64-95</b>
Центр. Сибирь	Дудинка	100	<b>85-94</b>
	Норильск	100	<b>74-82</b>
	Тикси	100	<b>93-96</b>
Восточная Сибирь	Анадырь	100	<b>52-84</b>
	Черский	100	<b>76-84</b>



Снижение несущей способности мёрзлых грунтов с 1960х по 2000е гг. для региона Западной Сибири (Streletskiy et al., 2012)

(Гребенец и др., в печати)



Картосхема степени деформированности объектов инфраструктуры.

Оценка степени деформированности объектов инфраструктуры при активизации опасных криогенных процессов: 1 – умеренная, 2 – средняя, 3 – максимальная. 4 – количество (в процентах) деформированных объектов по состоянию на второе десятилетие XXI века.



## Деформации зданий из-за снижения несущей способности свай



Трещина в балке ростверка под жилым 5-этажным домом №17 по ул. Сычёва, с. Лаврентия, Чукотский АО

Трещины в стене дома №6 по ул. Дежнёва, с. Лаврентия, Чукотский АО



Раздавленная под нагрузкой свая здания детского сада,  
с. Лорино, Чукотский АО

Термокарстовая каверна под домом №17 по ул. Сычёва,  
с. Лаврентия, Чукотский АО





Лёдник – подземная камера или система камер для круглогодичного хранения пищевых продуктов. Активно используется коренными народами Севера.

# Ледник в селе Лорино – крупнейшее подземное хранилище пищевых продуктов на Чукотке

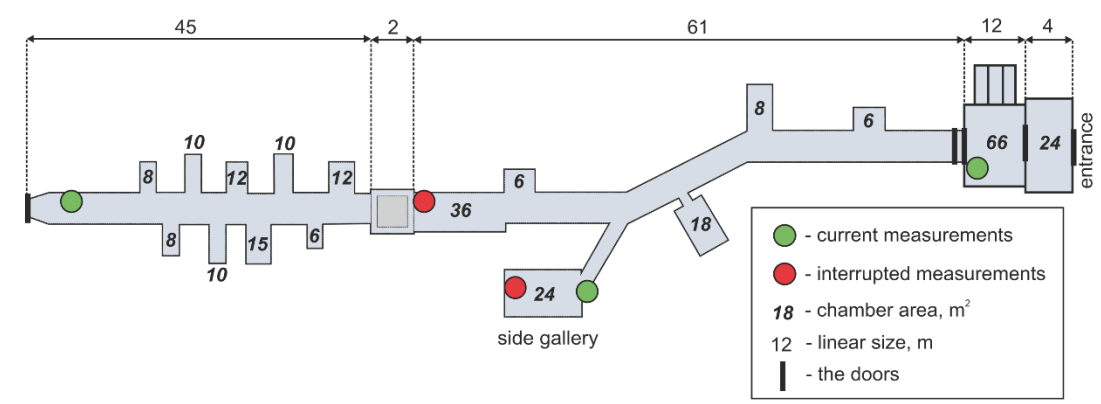
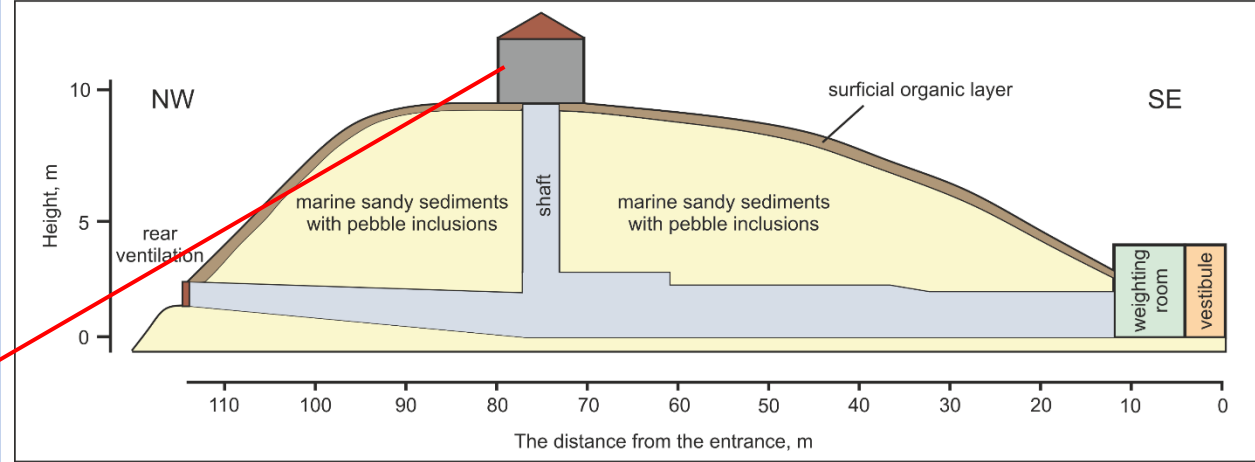


Схема хранилища (Maslakov et al., 2020)

Затопленный ледник в с. Уэлен

2014



Обрушающийся ледник в с. Инчоун



2017

## Проблемы ледника в селе Лорино



Плесень на мясе



Обрушение основного входа



Затруднённый доступ к хранилищу  
(через 10-метровую шахту)



Затопление помещений (наледь)

## Нарушения при проектировании, строительстве или эксплуатации инженерных объектов



Термокарстовая канава над трубой нефтепровода,  
Западная Сибирь

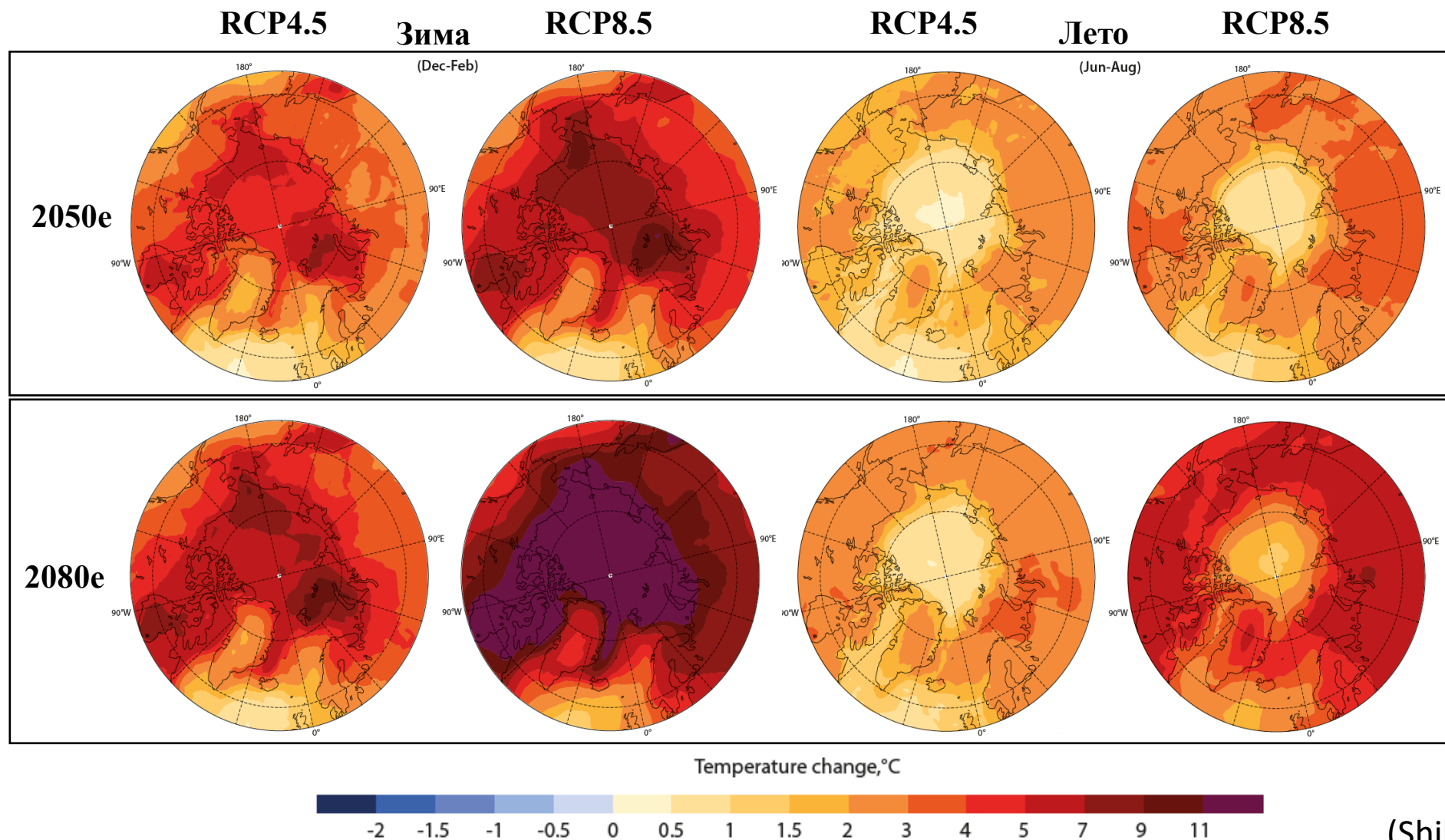


Деформированный дом после аварии  
трубопровода горячей воды

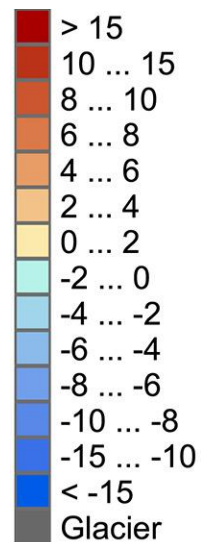
# Прогнозы деградации мерзлоты и устойчивости зданий



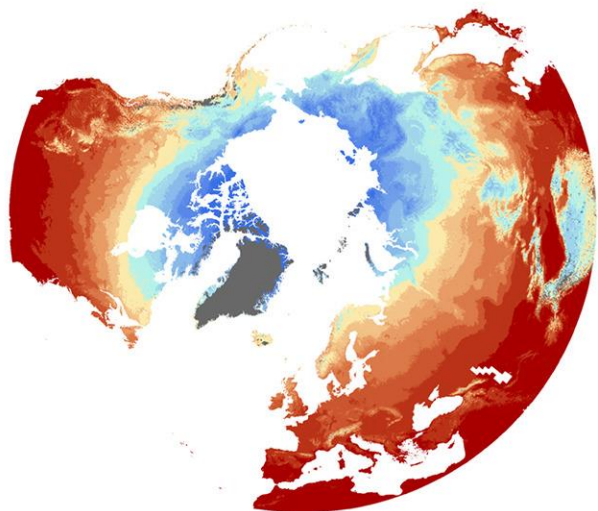
# Прогнозируемые изменения приповерхностной температуры воздуха относительно периода 1986–2005 гг.



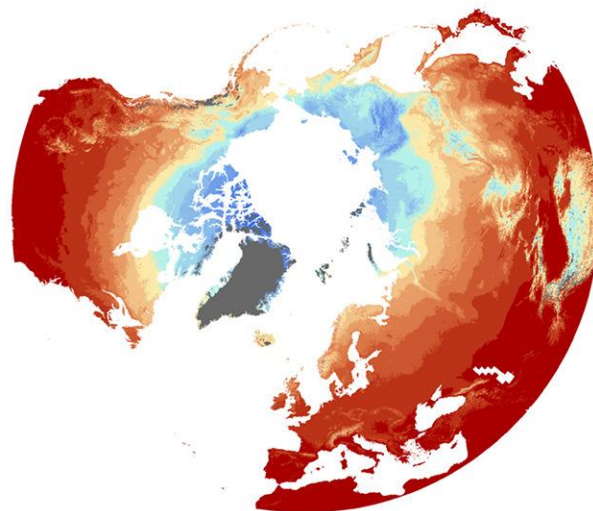
ММП (°C)



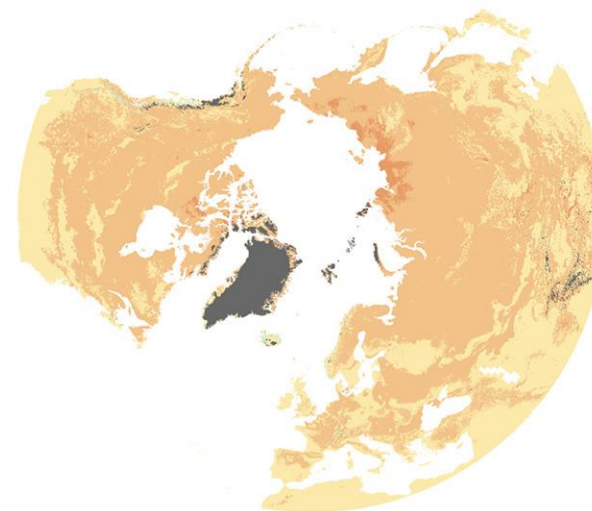
2000-2014



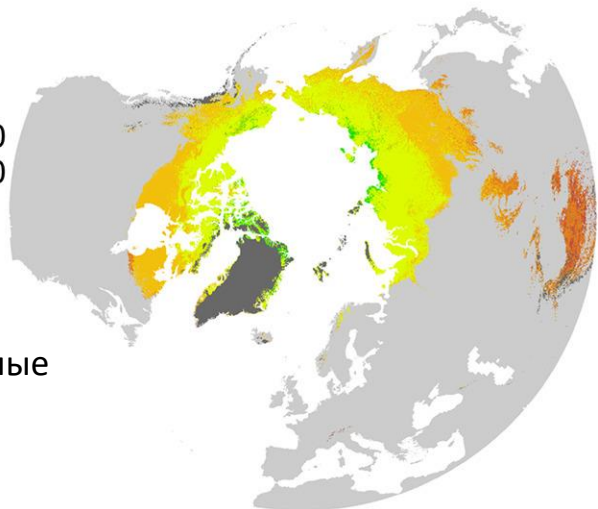
2041-2060 RCP4.5



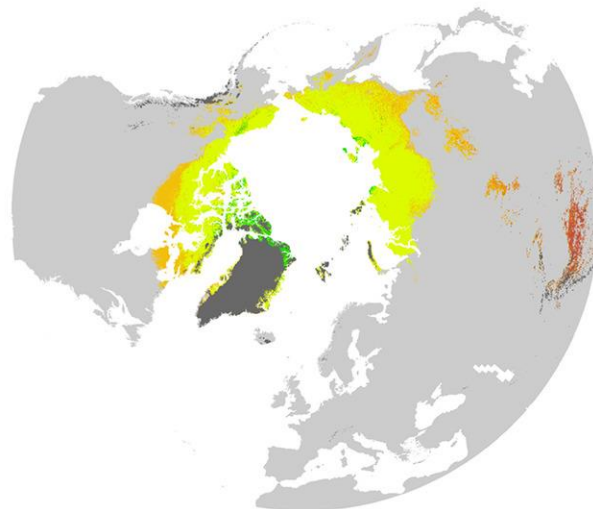
Разница



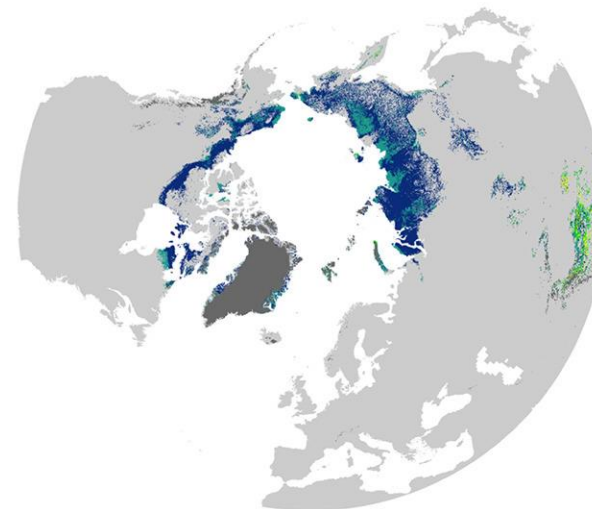
2000-2014



2041-2060 RCP4.5



Разница

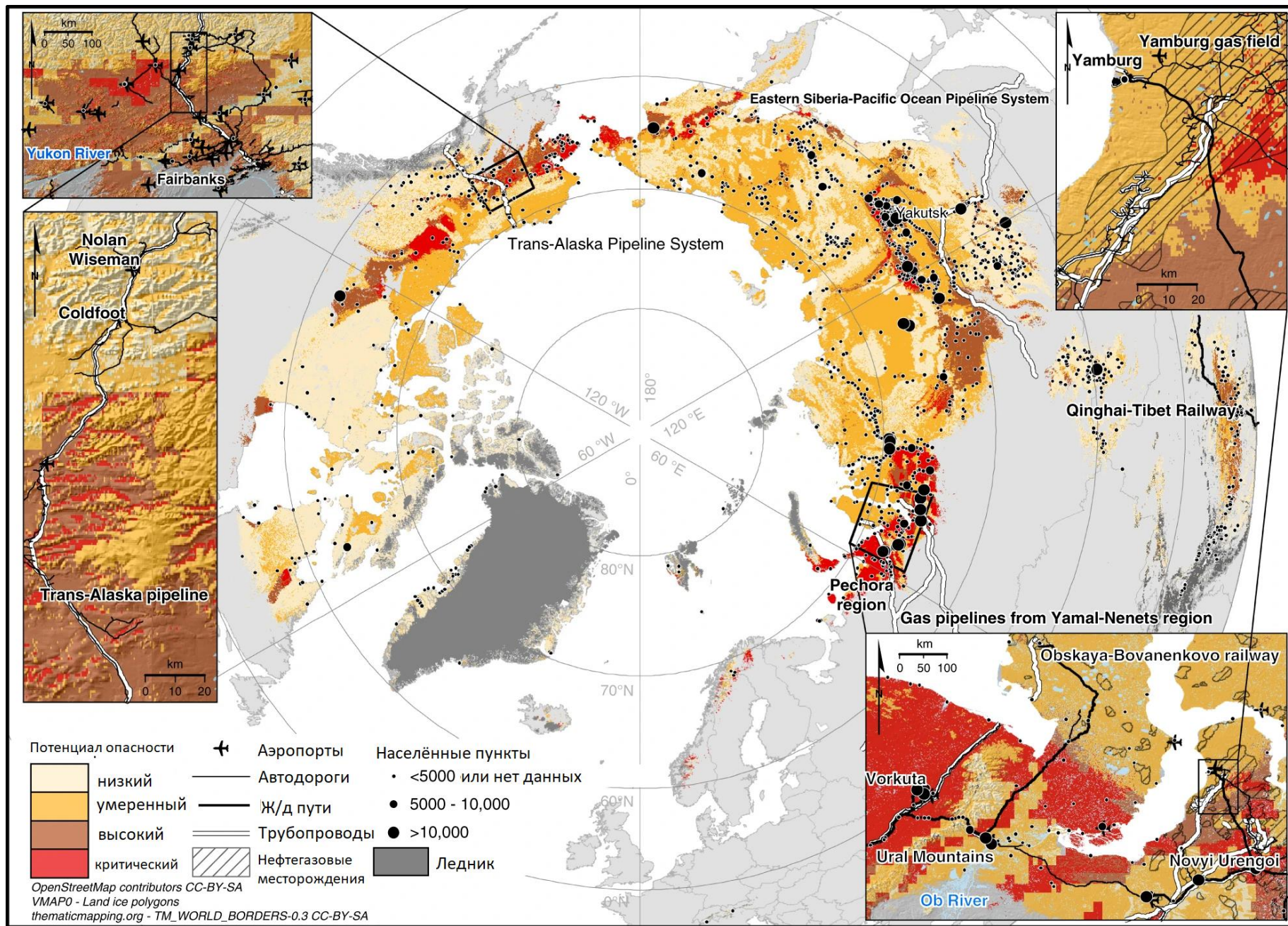


СТС (см)



Изменение температуры мерзлоты (ММП) и мощности сезонноталого слоя (СТС): текущие значения (2000-2014 гг.) и прогноз на 2041-2060 гг.

# Карта опасности оттаивания мерзлоты для инженерных объектов Арктики



(Hjort et al., 2018)

# Заключение

- Вслед за потеплением климата в Арктике происходит повышение температуры многолетней мерзлоты (0,1-0,4°С за десятилетие) и рост глубины сезонного оттаивания почвы.
- Изменение мерзлотных условий ведёт к снижению несущей способности грунтов и разрушению инженерных объектов. В некоторых поселениях доля деформированных зданий превышает 90%.
- Основные причины аварий инженерных объектов: а) неучёт фактора меняющейся природной среды; б) ошибки проектирования и инженерных изысканий; в) нарушения в эксплуатации зданий.
- Тренд к снижению устойчивости объектов арктической инфраструктуры на мерзлоте продолжится: к середине XXI века 70% объектов будет находиться в зоне потенциального оттаивания мерзлоты с поверхности.

Спасибо за внимание!

E-mail: [alekseymaslakov@yandex.ru](mailto:alekseymaslakov@yandex.ru)  
VK: [aleksey\\_maslakov](#)  
Instagram: [@alexeymaslakov](#)