



Физические климатические риски для коммерческих компаний и практические подходы к их оценке

Александр Чернокульский

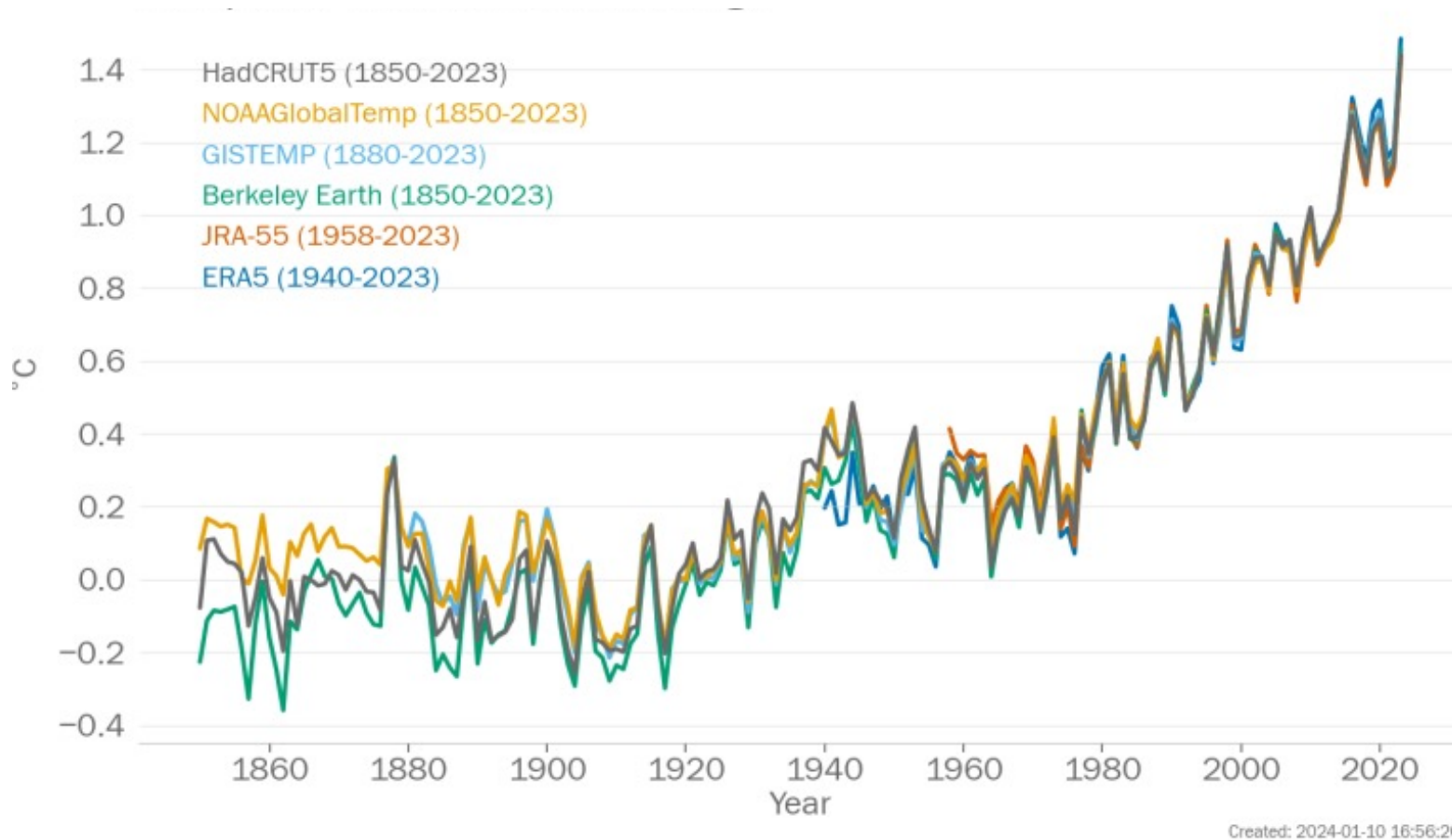
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова
Российской академии наук

a.chernokulsky@ifaran.ru



30 мая 2024, г. Москва
Семинар Института глобального
климата и экологии имени
академика Ю.А. Израэля

Изменение приповерхностной температуры



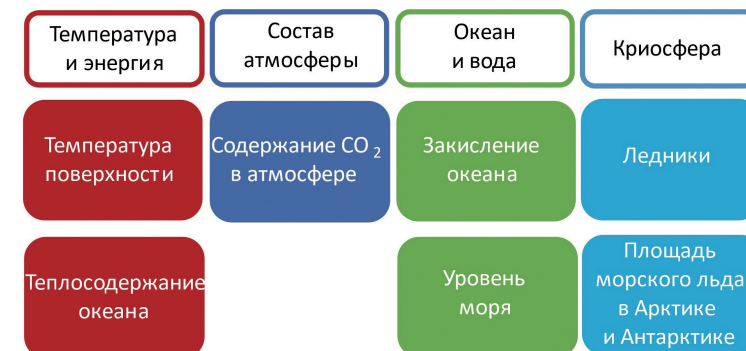
Аномалии глобальной приземной температуры воздуха
(относительно средней за 1850-1900 гг.)

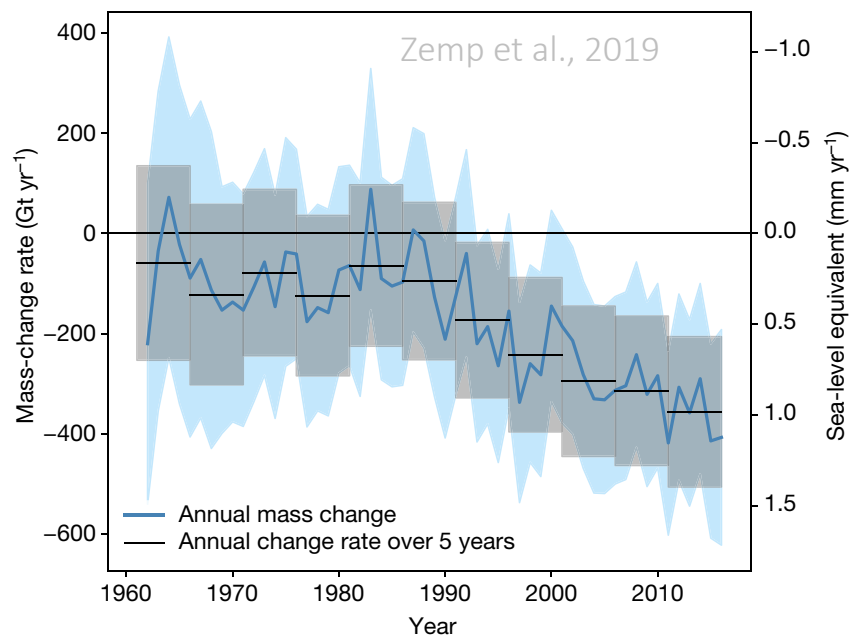
WMO, 2024

2023 – самый жаркий год в истории инструментальных наблюдений

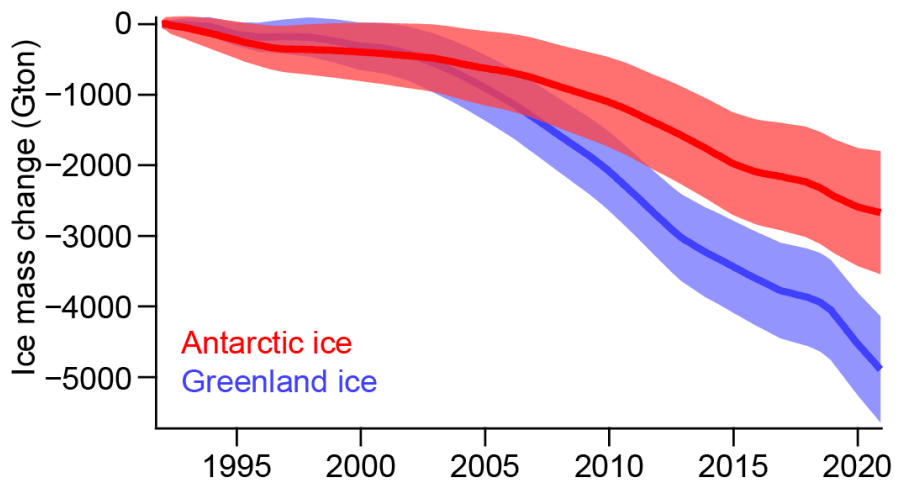
Аномалия глобальной температуры в 2023 году:
 1.45 ± 0.12 °C

Основные индикаторы изменений климата

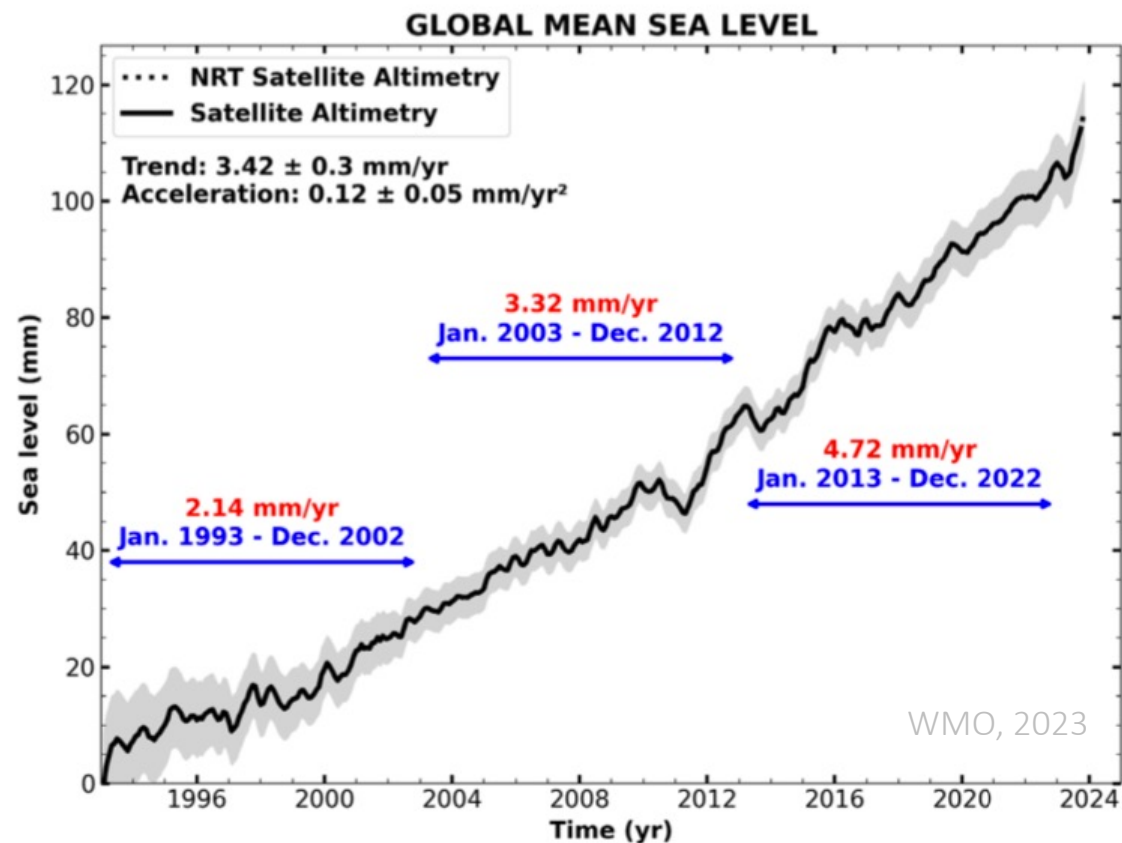




Масса
горных
ледников



Масса Антарктического
и Гренландского
ледовых щитов



Уровень океана

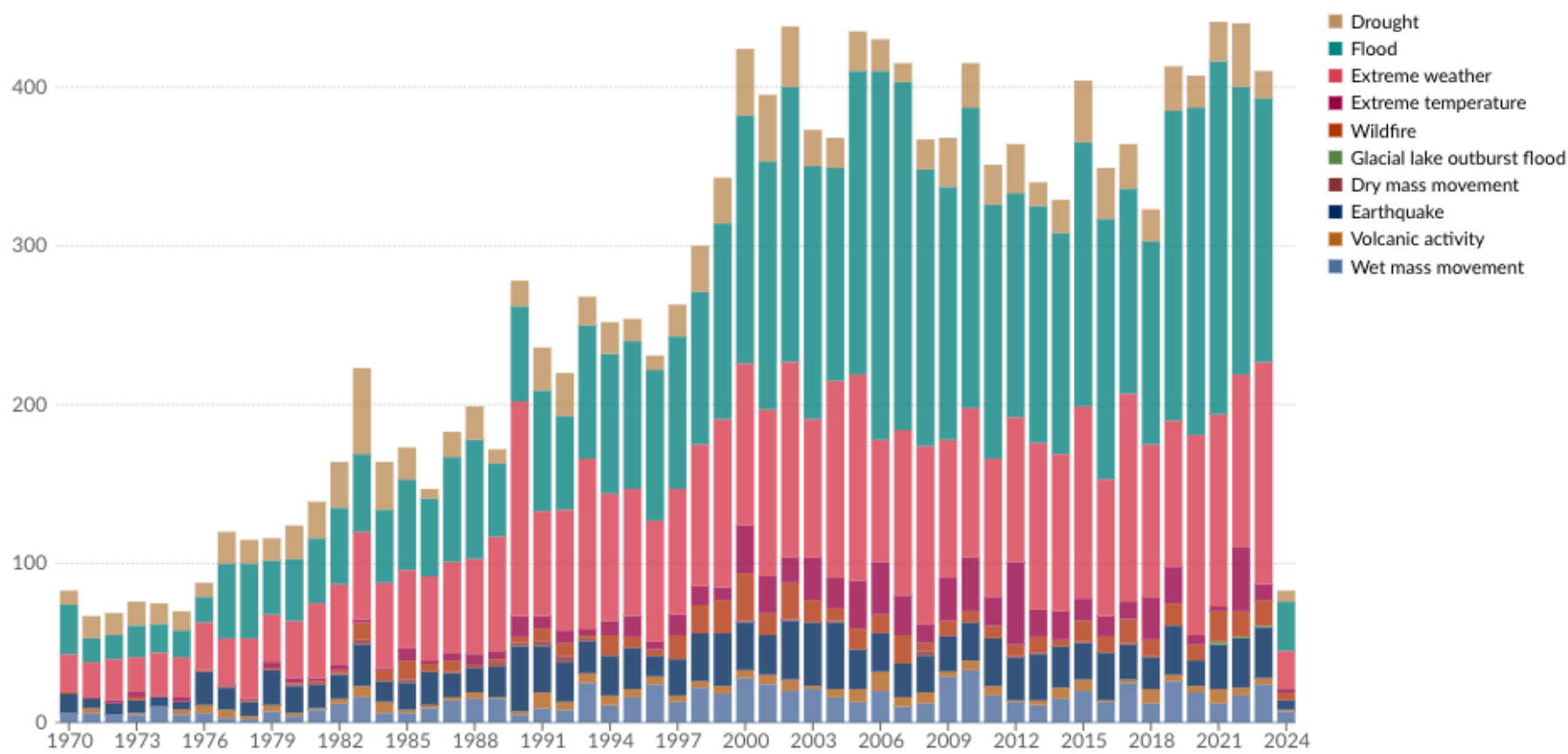
Global reported natural disasters by type, 1970 to 2024

The annual reported number of natural disasters, categorised by type. The number of global reported natural disaster events in any given year. Note that this largely reflects increases in data reporting, and should not be used to assess the total number of events.

Our World in Data

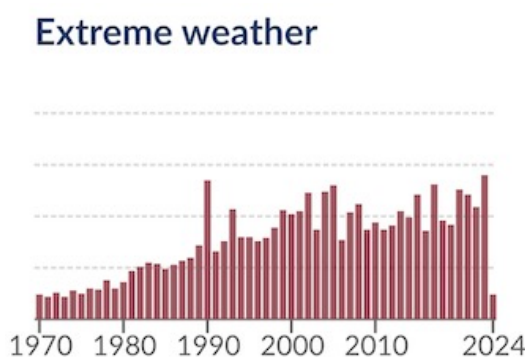
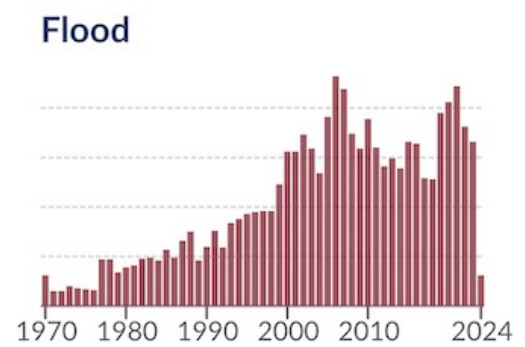
Table Chart

Settings

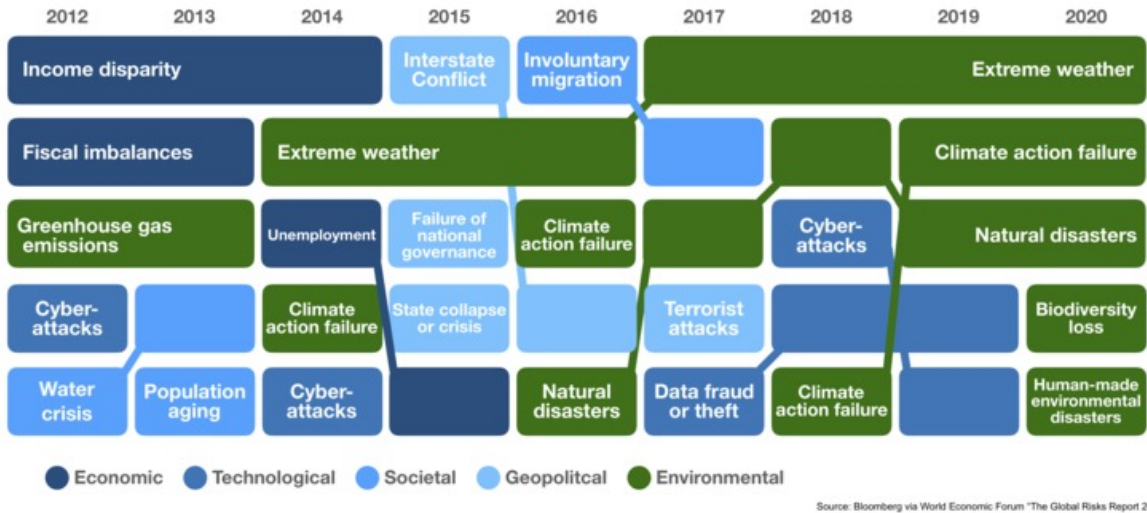


Data source: EM-DAT, CRED / UCLouvain (2024) - [Learn more about this data](#)

Изменение числа зарегистрированных природных катастроф



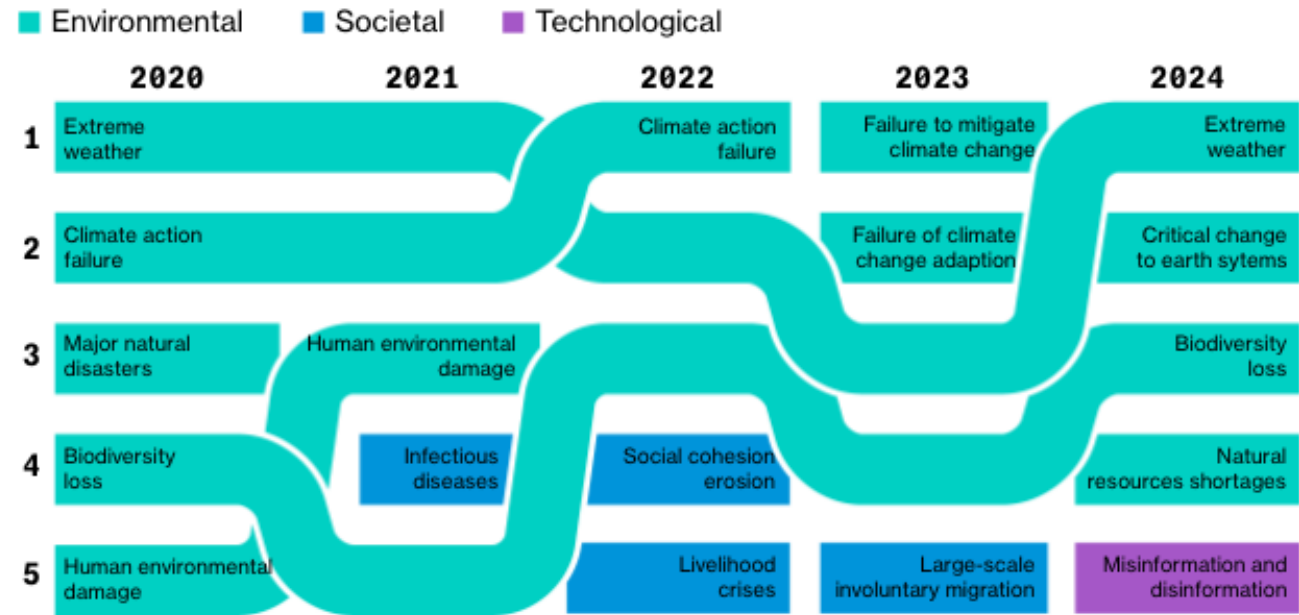
Environmental Concerns Top Global Risks in 2020



Топ-5 рисков с наиболее высокой вероятностью (в среднесрочной перспективе), по данным WEF

Графика: Bloomberg

Likelihood of top risks to occur over the next 10 years



Source: World Economic Forum Global Risks Report 2024

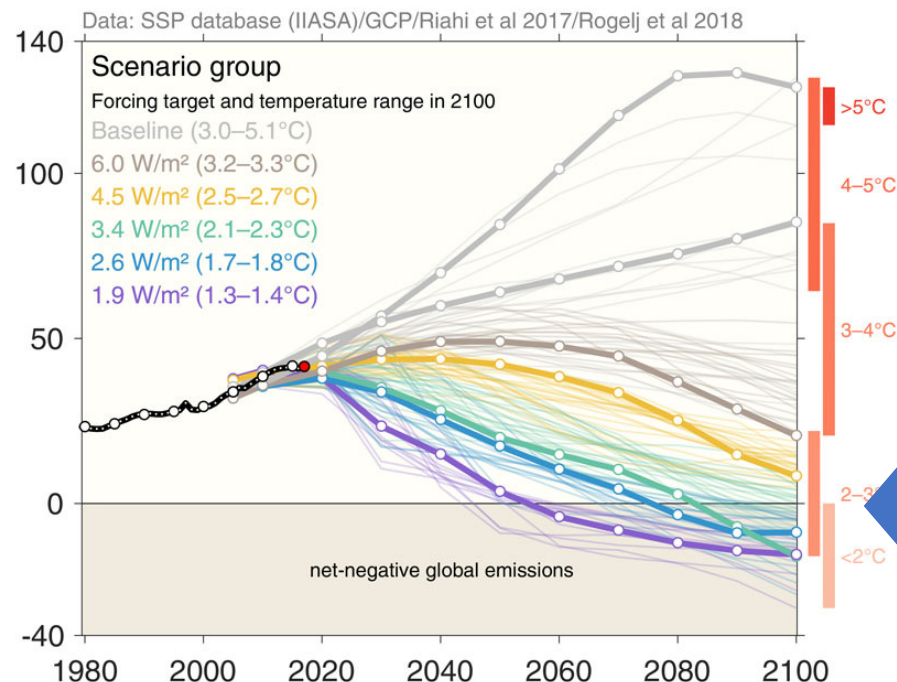
Топ-5 рисков с наиболее высокой вероятностью (в 10-летней перспективе), по данным WEF

В связи с изменением климата и мерами по его смягчению формируются риски для государств и компаний:

Риски перехода, то есть риски, связанные с переходом на новый низкоуглеродный путь развития;

Физические (прямые) риски — риски, связанные с негативными последствиями изменений климата.

Эмиссии CO₂ (Гт) при разных сценариях социально-экономического развития (SSP)



Цель удержания в 1.5–2 °C (согласно Парижскому соглашению)

- **политико-правовые и регуляторные риски**

определяются осуществляемыми на всех уровнях, от международного до местного, политикой и мерами, направленными на сокращение выбросов в атмосферу парниковых газов, включая различные меры государственного регулирования, а также правоприменительной и судебной практикой;

- **технологические риски**

определяются развитием низкоуглеродных технологий, которые позволяют производить такой же или лучший по своим потребительским свойствам продукт или услугу при существенно меньших выбросах в атмосферу парниковых газов или вообще без них;

- **рыночные риски**

определяются изменениями спроса, приоритетов и стереотипов поведения потребителей, кредиторов и инвесторов и превращением углеродного следа компаний и производимой ими продукции в фактор рыночной конкуренции;

- **репутационные риски**

определяются восприятием компании заинтересованными лицами в контексте климатических вызовов.



технологические



политико-правовые



репутационные



рыночные

Острые (экстремальные) риски

риски, вызванные стихийными бедствиями и другими опасными явлениями природно-климатического характера, например тропическими циклонами, наводнениями, волнами холода и жары.

Примеры рисков:

- более частая остановка производства из-за подтоплений или угрозы лесных пожаров;
- учащение перебоев подачи электроэнергии из-за учащения молниевой активности;
- убытки из-за человеческого фактора в условиях усталости персонала во время волн жары;
- получение штрафов из-за загрязнения в результате аварии из-за таяния мерзлоты;
- остановка транспортировки продуктов из-за учащения мощных штормов в районе грузового порта;
- снижение мощности производства в дни со слабым рассеянием примесей (режимы НМУ).

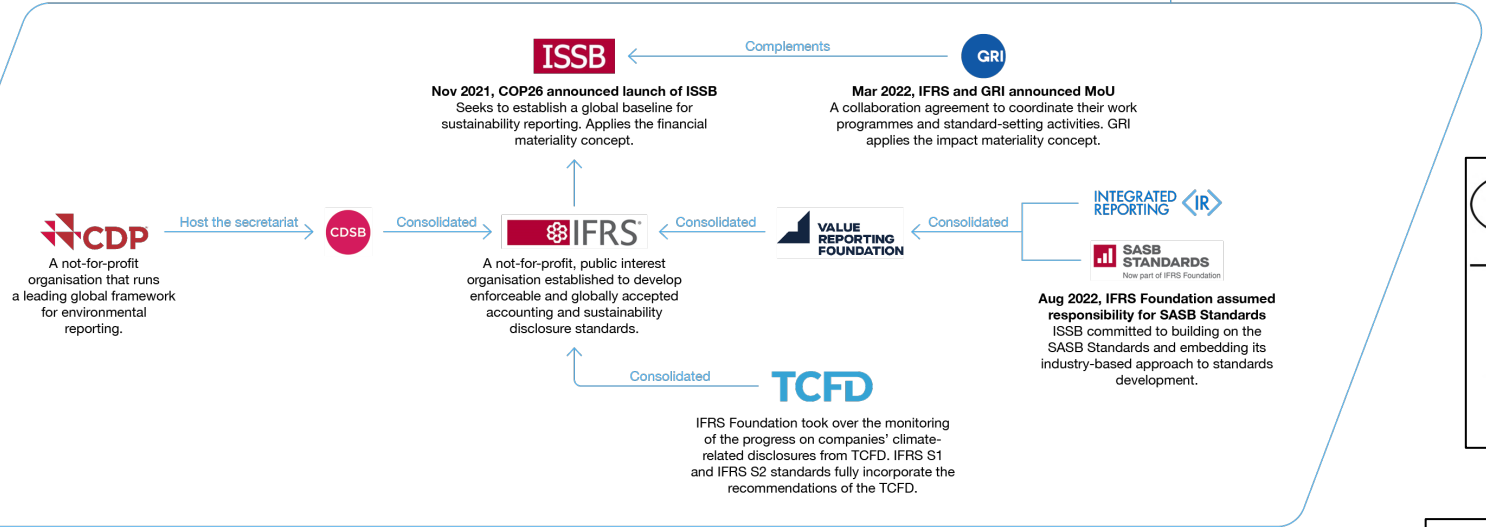
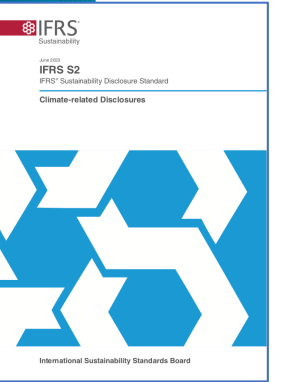
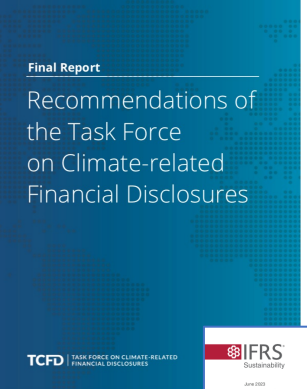
Хронические (систематические) риски

риски, вызванные долговременными необратимыми изменениями окружающей среды, такими как повышение температуры и влажности, закисление и рост уровня океана, таяние ледников и многолетнемерзлых грунтов, изменение породного состава леса, миграция животных, увеличение ареала переносчиков инфекций и т.д..

Примеры рисков:

- снижение мощности производства электроэнергии из-за роста температуры окружающего воздуха;
- рост расходов на электроэнергию для кондиционирования из-за роста среднелетней температуры воздуха;
- снижение выработки какого-либо продукта из-за снижения объема водных ресурсов;
- снижение доступности объекта из-за более длинного безморозного периода;
- снижение устойчивости полотна автодорог из-за частых переходов температуры через 0 градусов.

Отчетность компаний: стандарты



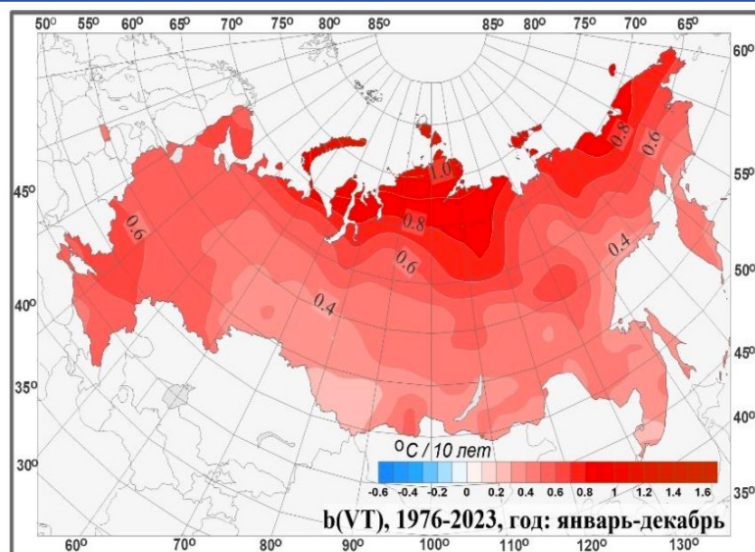
НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСТ Р ИСО 14091—2022

АДАПТАЦИЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА
Руководящие указания по оценке уязвимостей, воздействия и риска

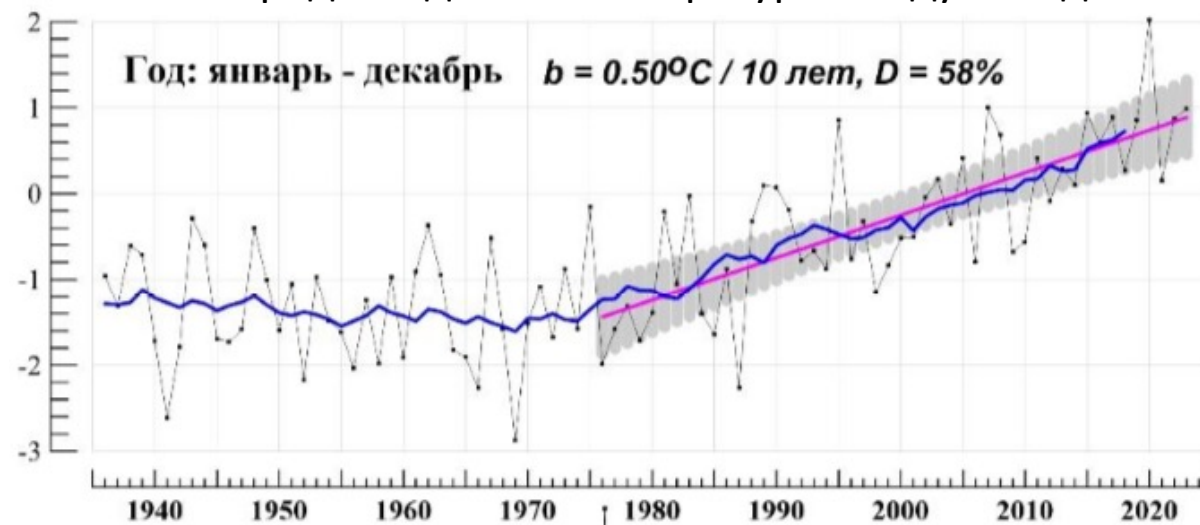
(ISO 14091:2021, IDT)

Финансовым организациям
от 04.12.2023 № ИИ-018-35/60

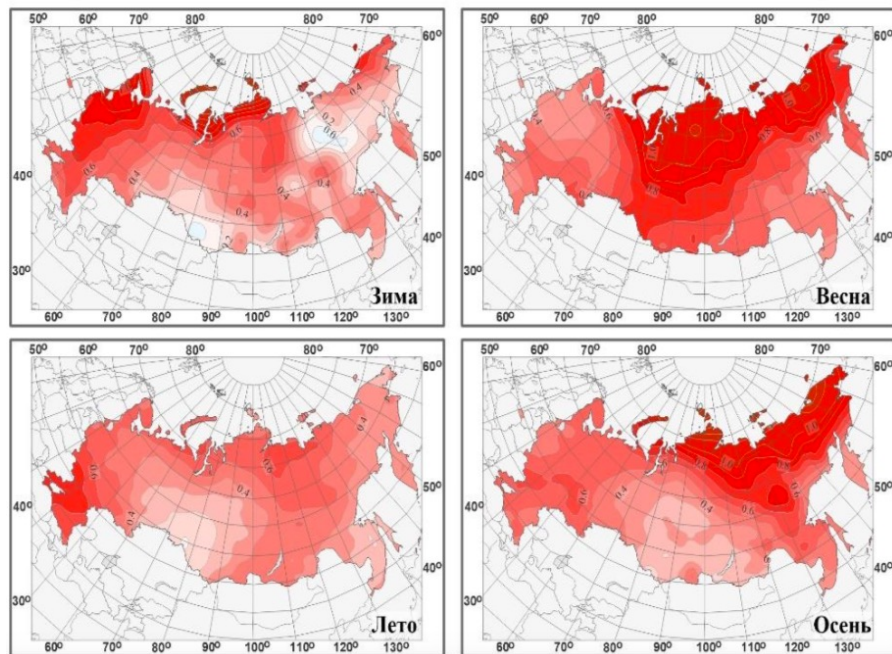
Информационное письмо Банка России
о рекомендациях по учету климатических рисков для финансовых организаций



Изменение среднегодовой температуры воздуха над Россией



Росгидромет, 2024



Коэффициент линейного тренда среднегодовой и средних сезонных значений температуры приземного воздуха на территории России за период 1976-2023 гг.

Тренды температуры (°C/декада, 1976–2019)

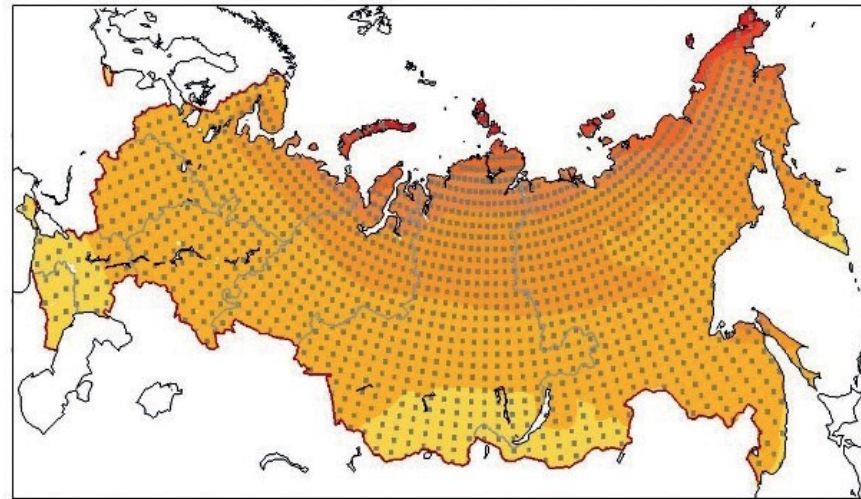
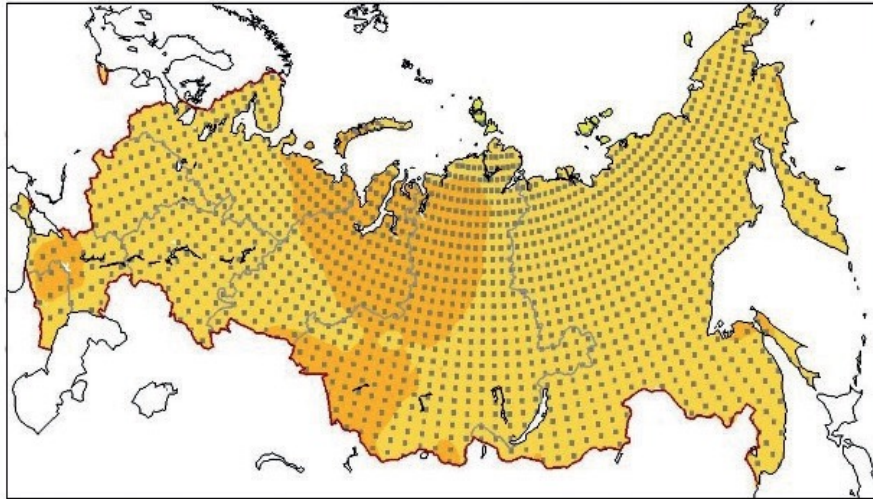


Ожидаемый рост температуры воздуха в России

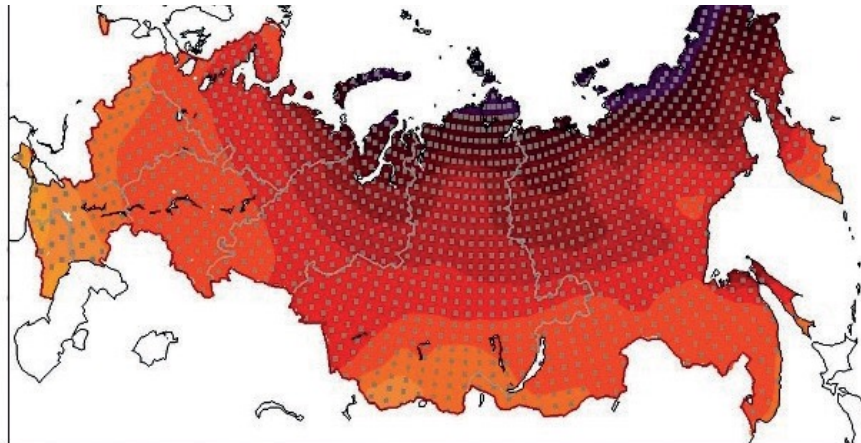
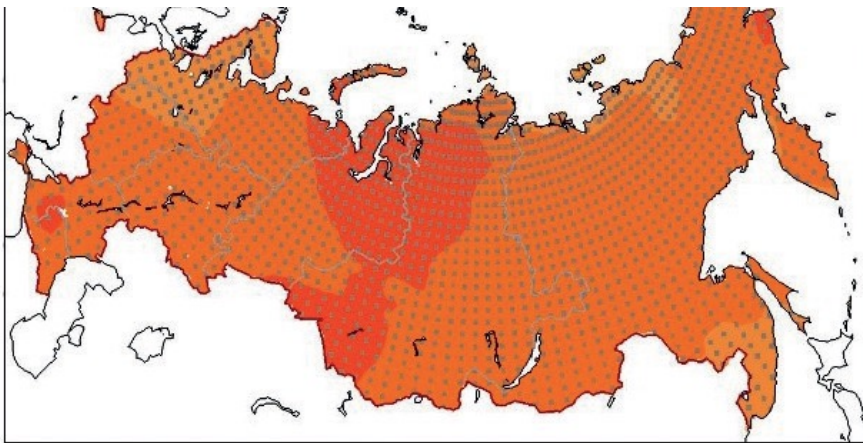
Лето

Зима

Середина
21 века

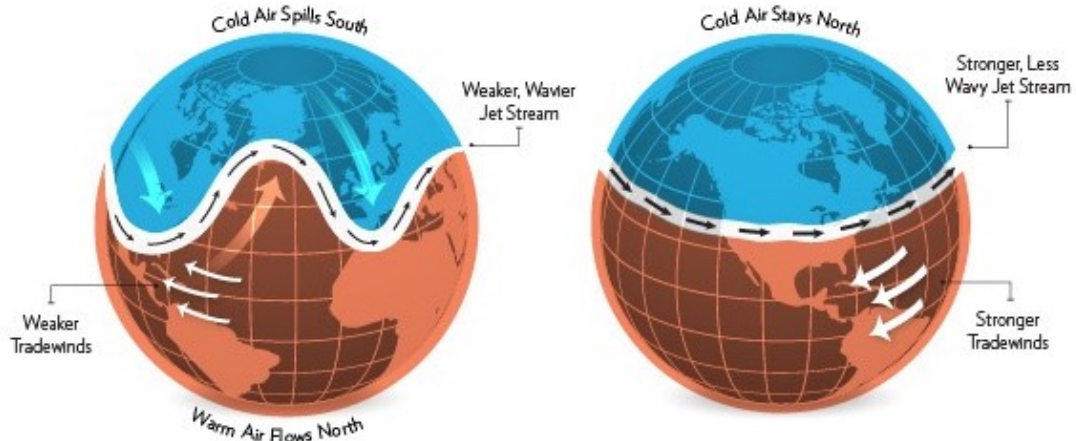


Конец
21 века

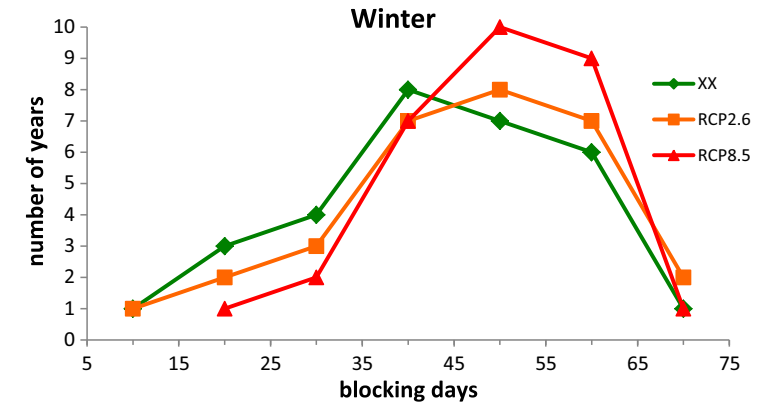


Ожидаемое изменение приземной температуры воздуха в середине и конце 21 века зимой и летом (ансамбль 37 климатических моделей, сценарий SSP5-8.5)

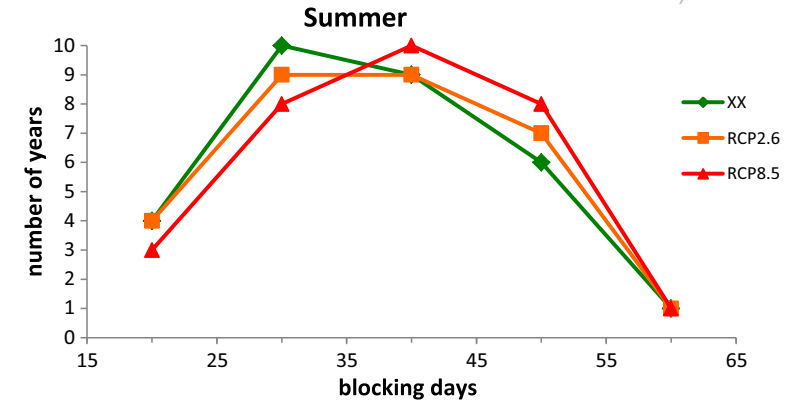
Блокирование и меандрирование в атмосфере



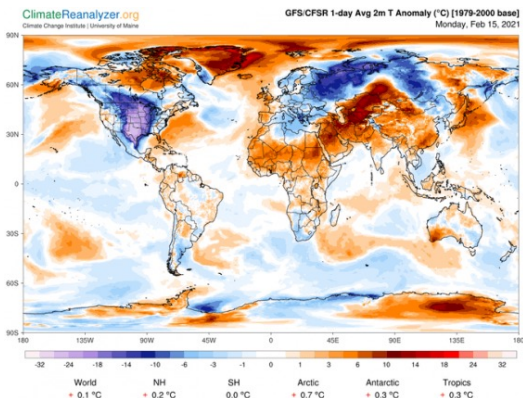
Блокирующие антициклоны — «меандрирование» в атмосфере, морозы зимой, жара летом.



Mokhov et al., 2014

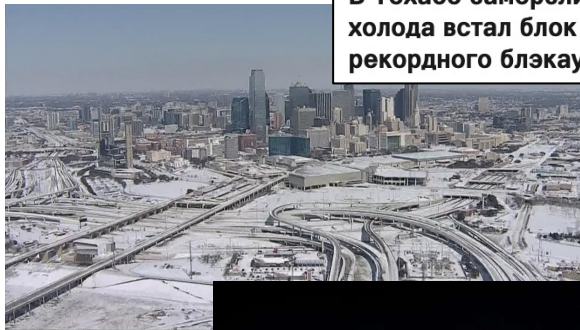


Изменение продолжительности блокирования (в днях) в евро-атлантическом секторе



Аномалии температуры за 15 февраля 2021

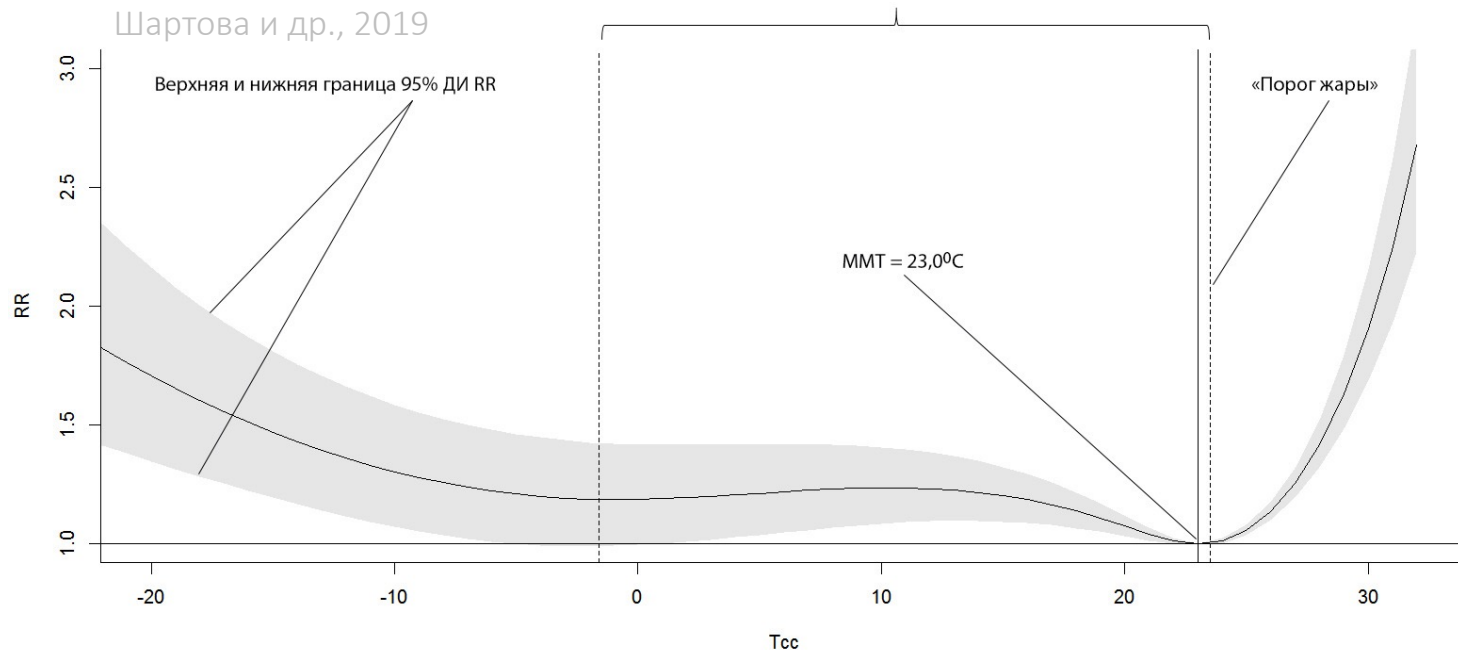
В Техасе замерзли газовые скважины и от холода встал блок АЭС: новые подробности рекордного блэкаута 3.6



ЛЕДЯНАЯ КОРКА И СВЕЧИ НА ПОЛЯХ. КАК ВИНОДЕЛЫ ФРАНЦИИ СПАСАЮТ УРОЖАЙ В ПЕРИОД РЕЗКОГО ПОХОЛОДАНИЯ

Зависимость смертности от температуры

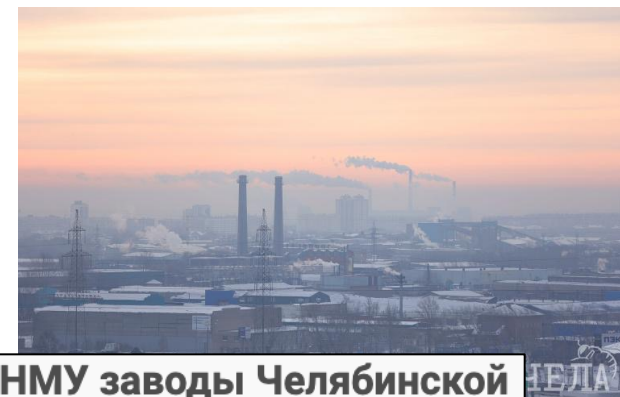
Нижняя и верхняя граница 95% ДИ ММТ



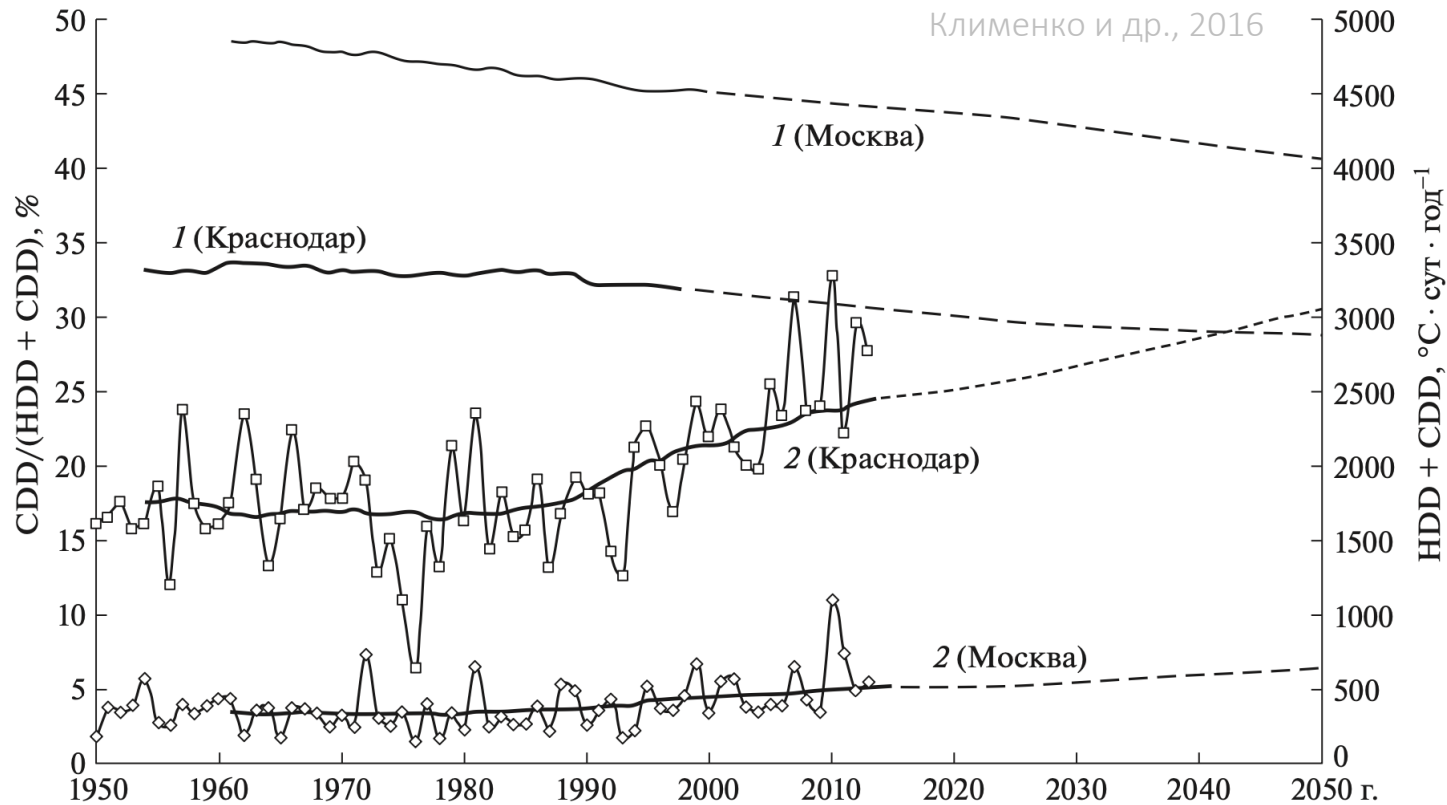
Москва, 2010: избыточная смертность составила 11 тысяч человек

Shaposhnikov et al., 2014

Блокирующие антициклоны: не только аномалии температуры, но и режим НМУ (неблагоприятные метеорологические условия для рассеяния вредных примесей)

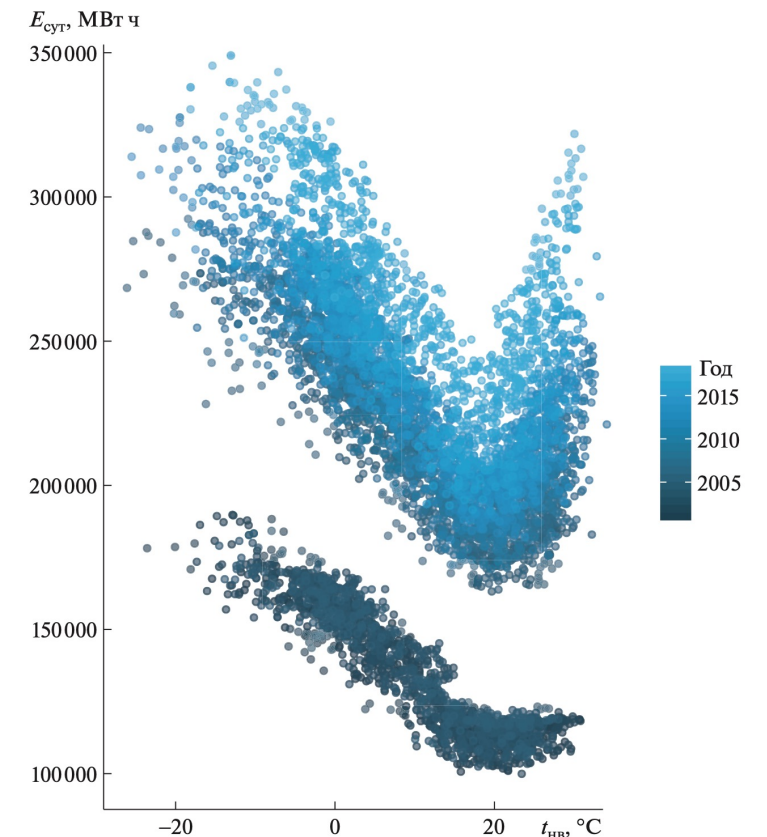


Из-за продления НМУ заводы Челябинской области сократили количество выбросов



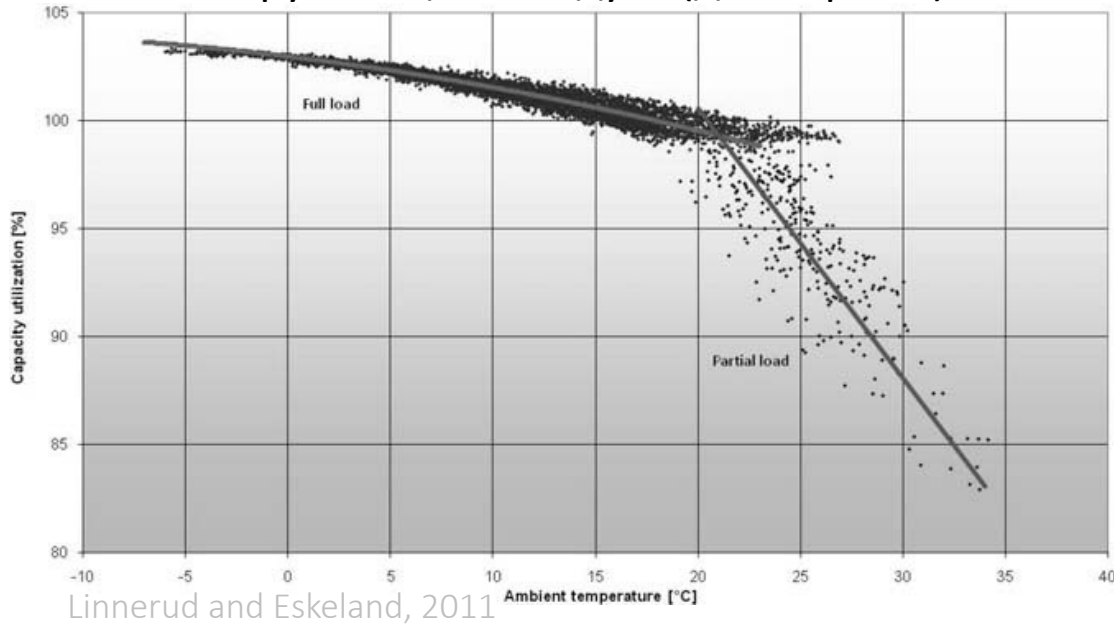
Изменение потребности в энергии на обеспечение комфортных условий в зданиях (отопление, вентиляция и кондиционирование) HDD + CDD (1) для г. Москва и г. Краснодар и доля в ней энергозатрат на охлаждение воздуха CDD/(HDD + CDD) (2).

Зависимость суточного электропотребления от температуры воздуха для ОЭС юга



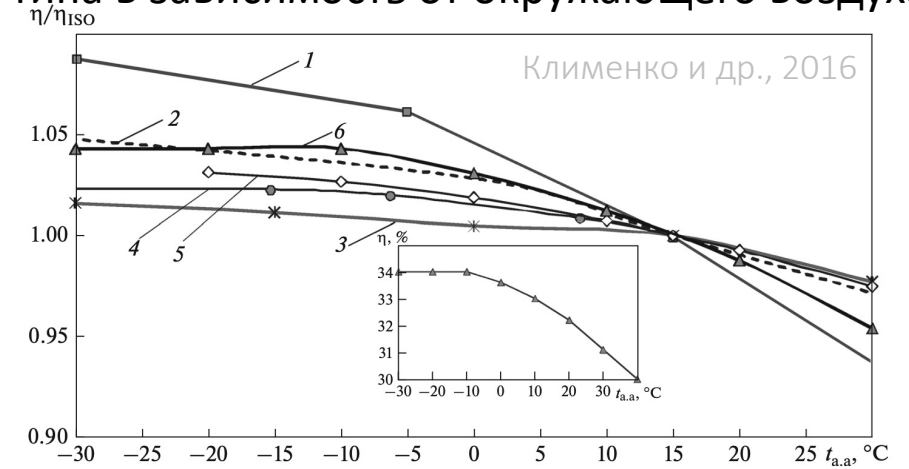
Клименко и др., 2020

Влияние загрузки мощности АЭС в зависимости от окружающего воздуха (для Европы)

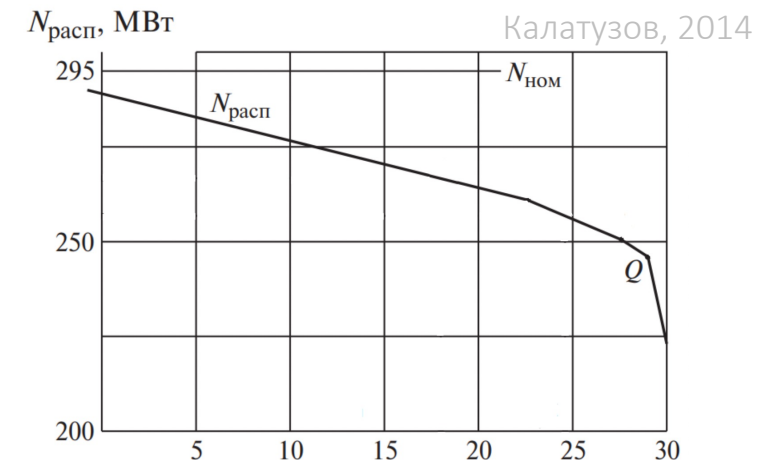


Аномальная жара во Франции привела к отключению АЭС и сокращению производства ядерной энергии

Относительная эффективность газотурбин разного типа в зависимости от окружающего воздуха



Зависимость располагаемой мощности ТЭС от температуры окружающего воздуха



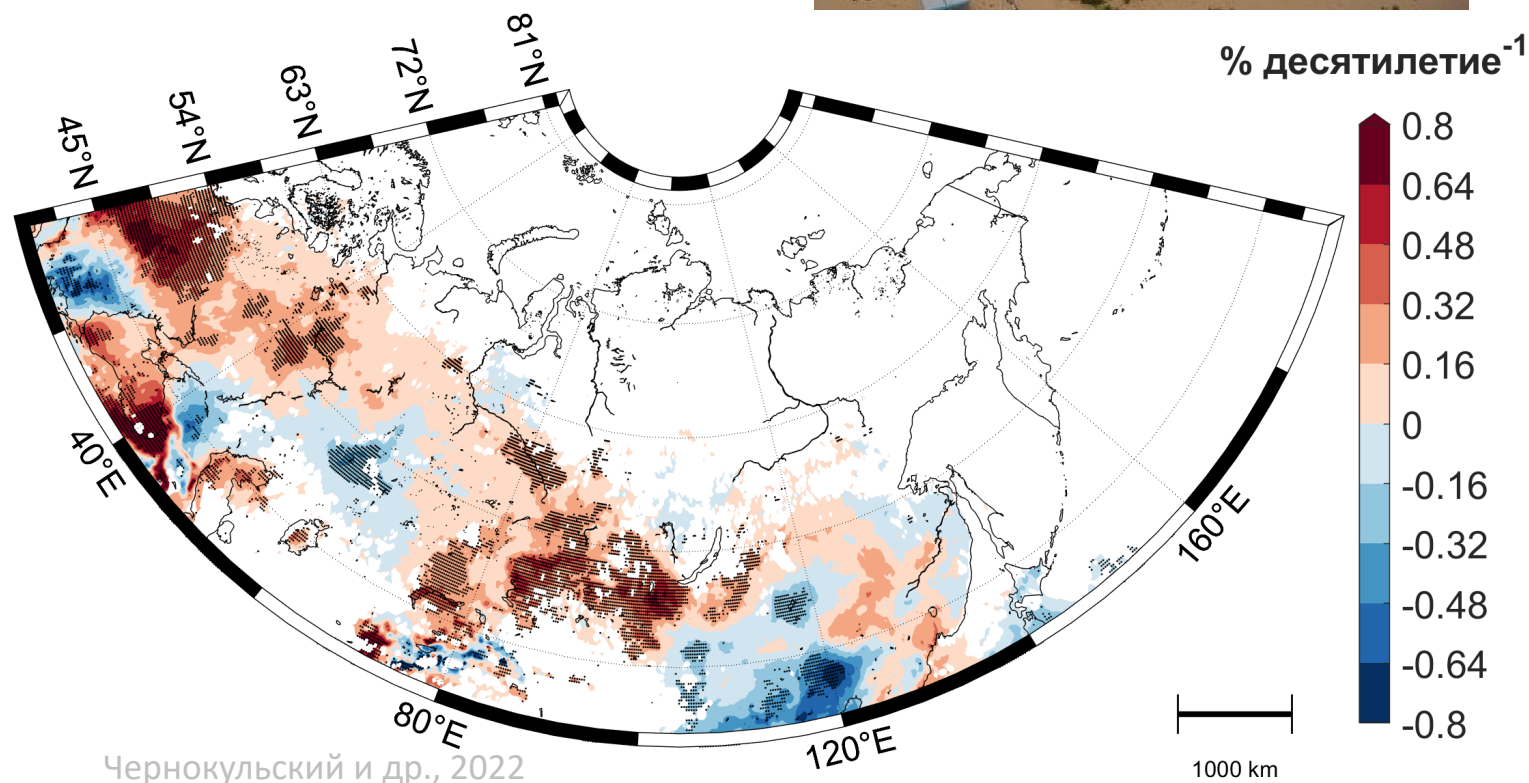
Интенсификация конвективных явлений



Град на Ставрополье погубил посевы на 27 тысяч га

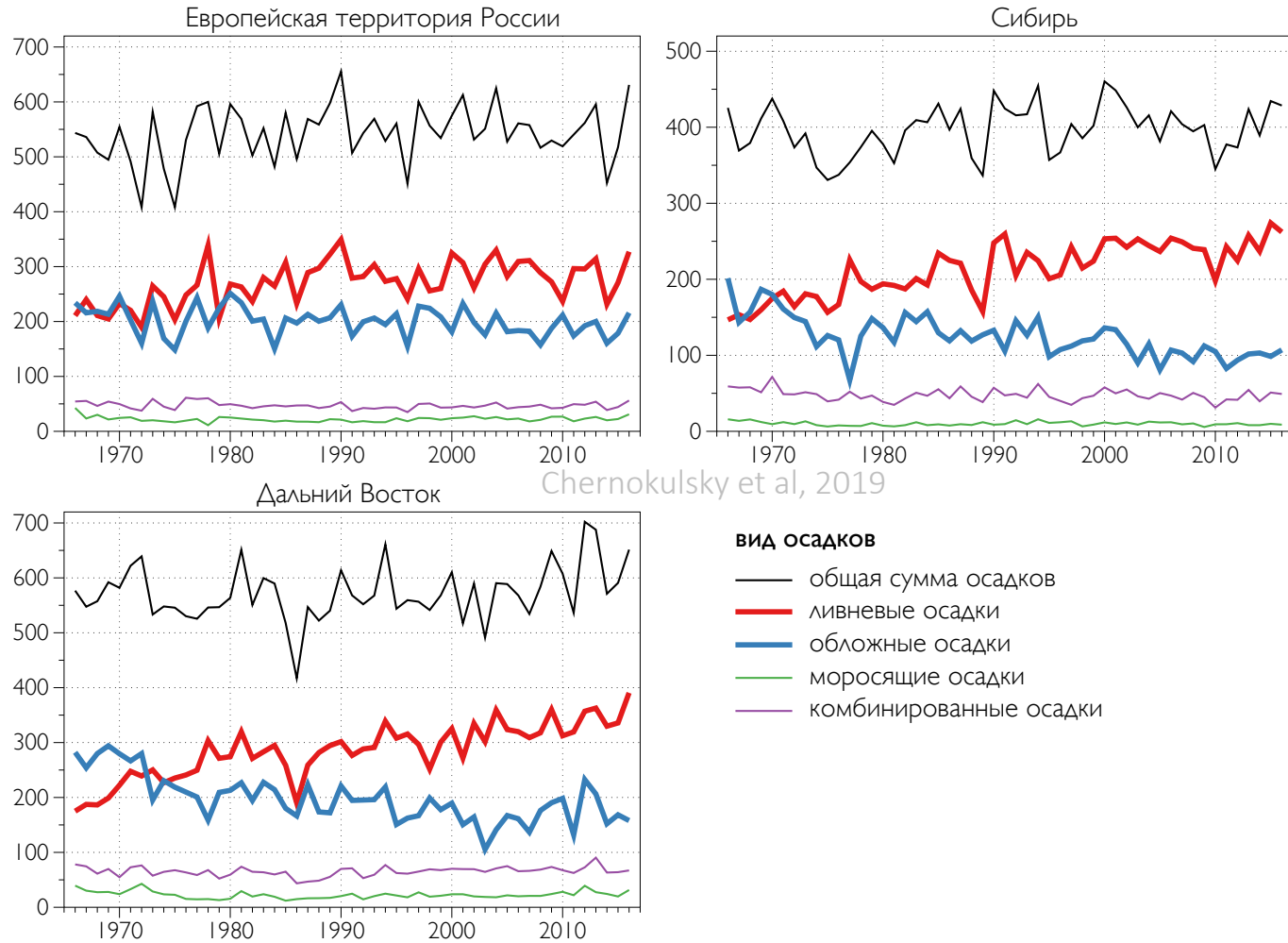


Наводнение унесло жизни 170 человек: 10 лет с трагедии в Крымске

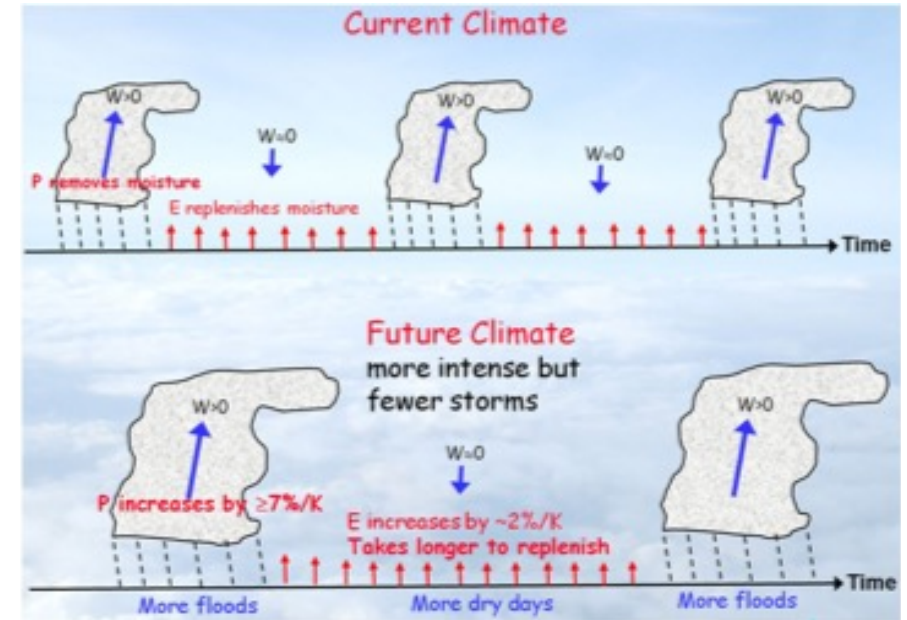


Изменения повторяемости условий интенсивной конвекции (критических значений индекса WMAXSHEAR ($>400 \text{ м}^2\text{с}^{-2}$) в апреле-сентябре за 1958-2020 гг. по данным ERA5

Изменение характера осадков



Изменение ливневых и обложных осадков в России



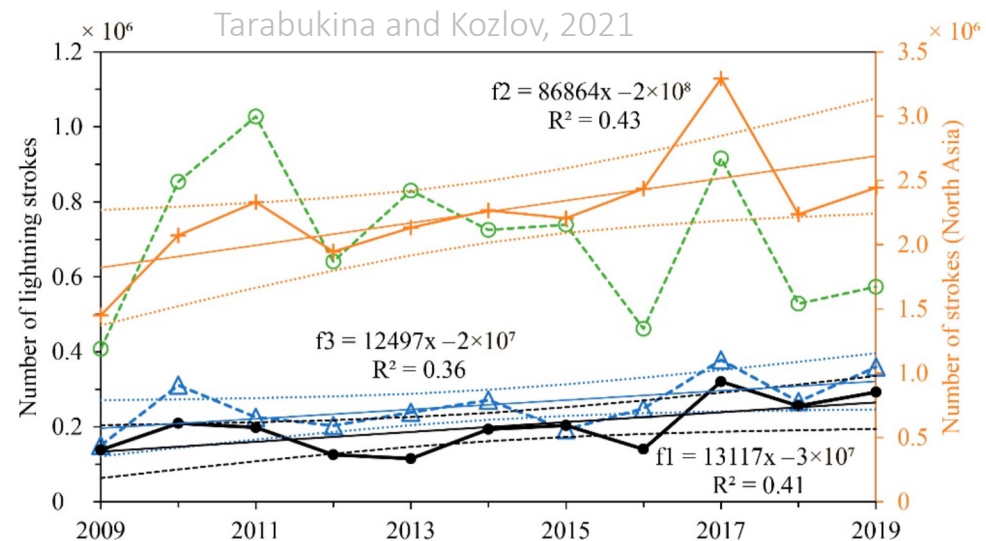
Схематичное изменение режима осадков в новом климате: рост интенсивности осадков происходит со скоростью $\geq 7\%/K$, при этом испарение, суммы осадков и влагосодержания — со скоростью около $2\%/K$, что ведет к более редкому выпадению осадков

Dai et al., 2020

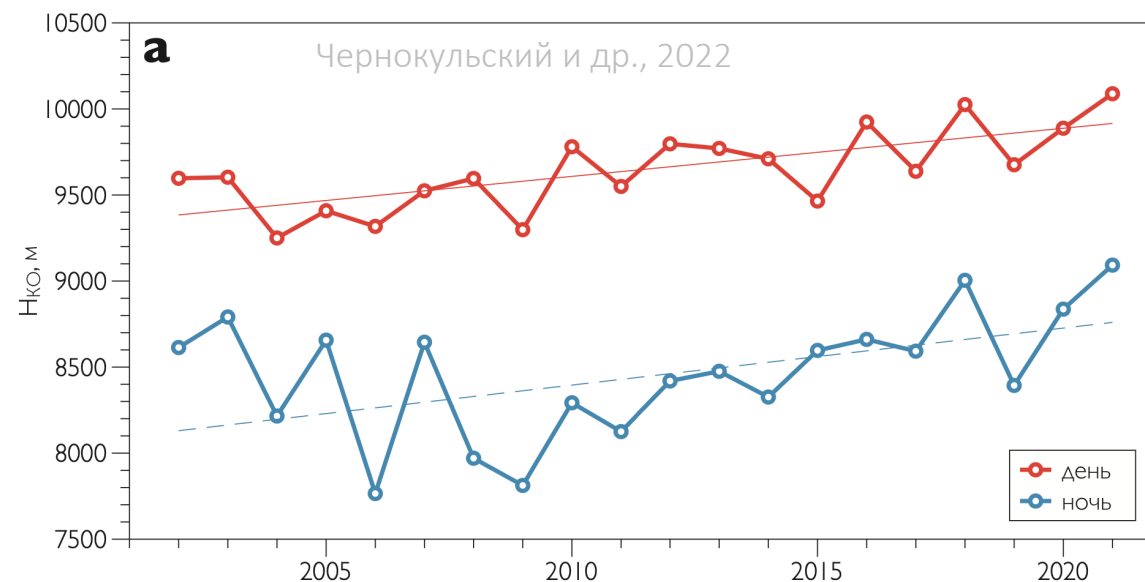
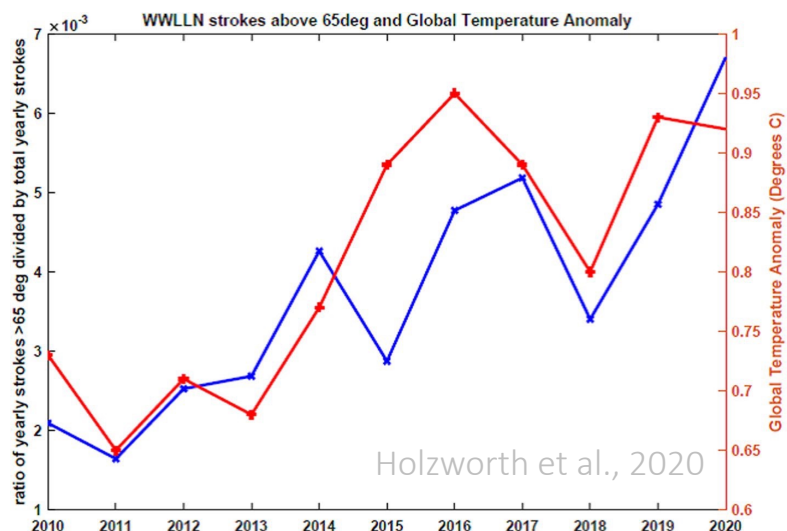
Изменение молниевой активности



Число молниевых вспышек в Азии (желтый) и в Якутии (черный цвет)



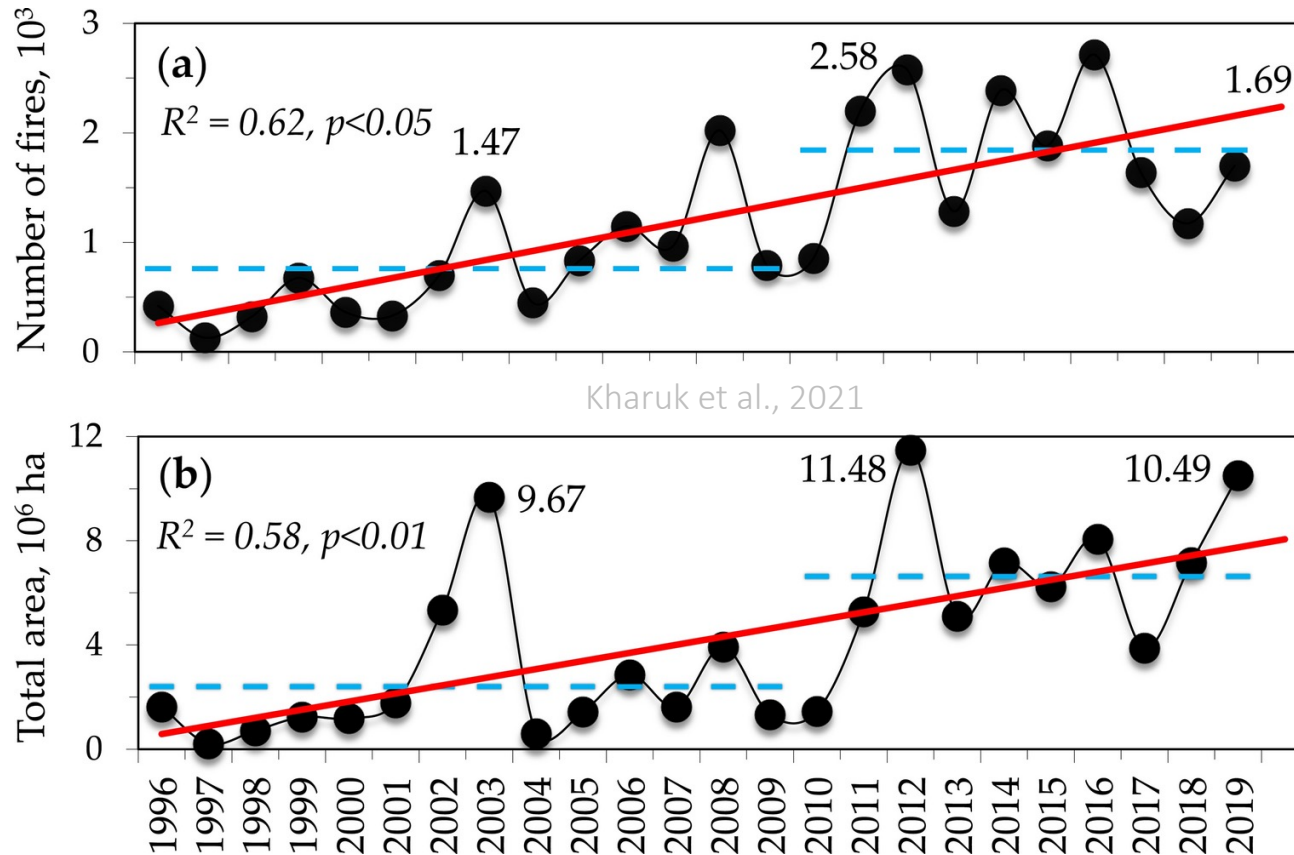
Изменение числа молниевых вспышек в Арктике и глобальная аномалия температуры воздуха



Изменения высоты конвективных облаков (индикатор молниевой активности) над Россией в июле

Изменения числа и площади пожаров в России

Число и площадь лесных пожаров



Как огонь стер с лица земли еще одну деревню на карте Омской области:



Смог от лесных пожаров накрыл Якутск

В Якутии из-за смога не проглядывается небо, чувствуется сильный запах дыма

Деградация вечной мерзлоты

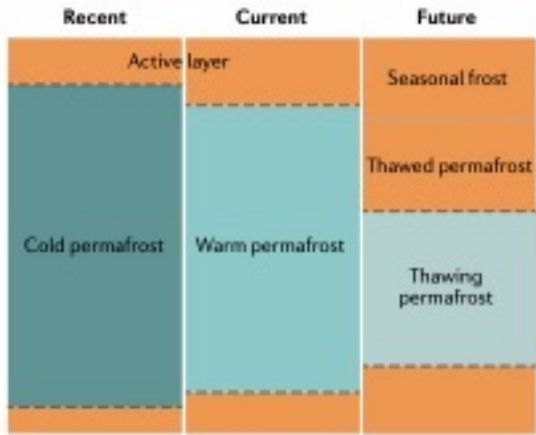


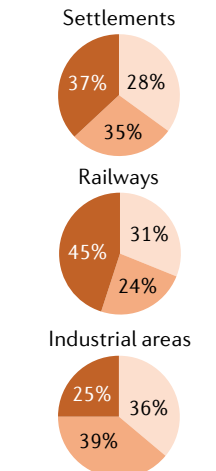
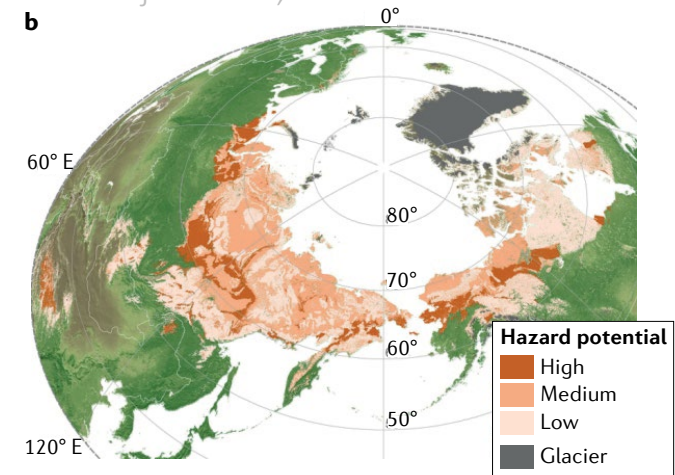
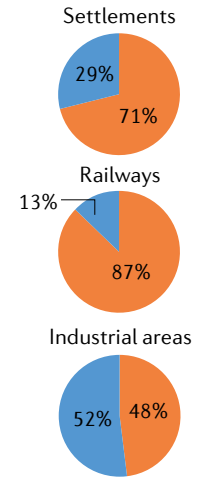
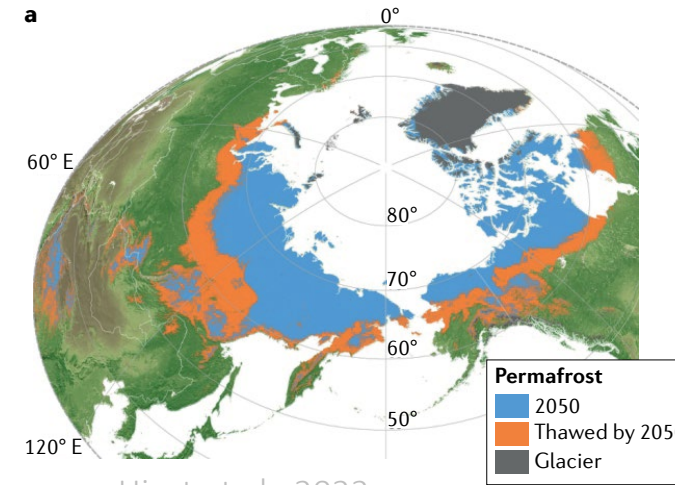
Схема изменений свойств мерзлоты



Таяние вечной мерзлоты угрожает арктической инфраструктуре



Ничто не вечно, даже мерзлота. В Магаданской области сотни зданий могут рухнуть из-за таяния грунта



Ожидаемое изменение к 2050 году площади мерзлоты и угрозы для инфраструктуры (при умеренном сценарии)

Положительные последствия:

- снижение избыточной холодной смертности населения в зимний период;
- сокращение расходов энергии в отопительный период;
- улучшение ледовой обстановки и, соответственно, условий транспортировки грузов в арктических морях, облегчение доступа к континентальному шельфу Российской Федерации в Северном Ледовитом океане;
- улучшение структуры и расширение зоны растениеводства, а также повышение эффективности животноводства;
- повышение продуктивности бореальных лесов;
- рост речного стока (в том числе зимой) и улучшение ресурсов для ГЭС.

Отрицательные последствия:

- повышение избыточной тепловой смертности населения в летний период;
- рост повторяемости, интенсивности и продолжительности засух на юге ЕТР и в Поволжье;
- интенсификация опасных конвективных явлений (шквалов и смерчей), экстремальных осадков и паводковых наводнений (средняя полоса, юг Сибири) и учащение выходов тайфунов на сушу (юг Дальнего Востока), приводящих к гибели людей и опасному для с/х переувлажнению почвы;
- рост молниевой активности и повышение пожароопасности в лесных массивах;
- рост в ряде регионов частоты переходов температуры через 0 градусов и интенсификация гололедных явлений;
- деградация вечной мерзлоты в северных регионах с ущербом для строений и коммуникаций, береговая эрозия, сокращение функционирования дорог-зимников;
- нарушение экологического равновесия, в том числе вытеснение одних биологических видов другими, распространение инфекционных и паразитарных заболеваний;
- увеличение расхода электроэнергии на кондиционирование воздуха в теплый сезон (на фоне сниженной выработки э/э).

Риск (R) — это сочетание частоты определенного события (P) и связанных с ним последствий/ущерба (D).

$$R = P * D$$

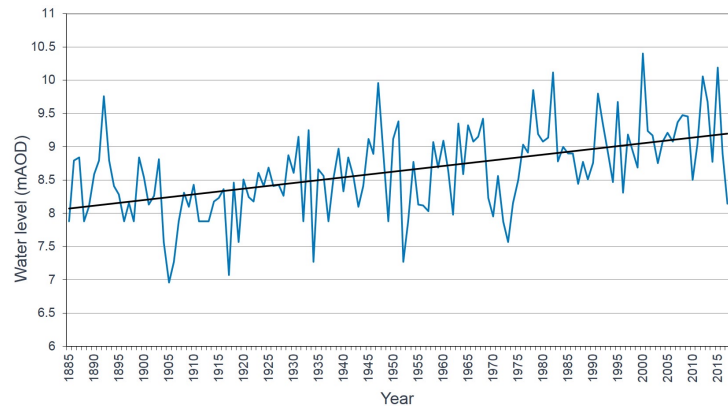
Для физических рисков частота определенного события является по сути функцией от местоположения и характера объекта (какая климатическая опасность влияет на этот объект, каким опасностям он подвержен, к каким чувствителен).

Для рисков перехода частота определенного события является по сути функцией от вида деятельности, которую ведёт компания, от регуляторной среды (по сути, страны, где находится эта компания), статуса компании (публичная/непубличная).

Важнейшая особенность климатических рисков: **нестационарность P.**

По сути, это риск новых событий, у которых может не быть аналогов.

Опасность – изменение максимальных уровней в реке, повторяемость превышения критических уровней



опасность
(климатическое воздействие: рост повторяемости опасных погодных явлений, превышение пороговых значений и т.д.)

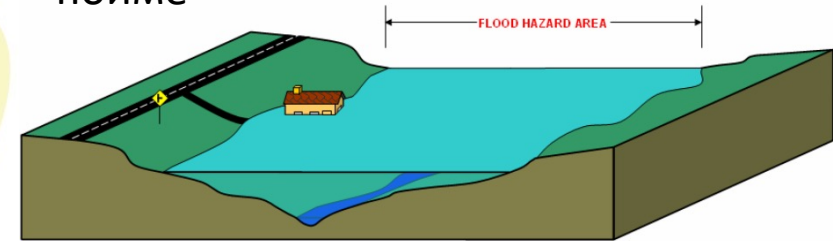
риск

**подвер-
женность**
(экспозиция к опасности: нахождение объектов и людей под климатическим воздействием)

уязвимость
(чувствительность объектов и людей к климатическому воздействию)

Уязвимость — чувствительность объектов на пойме к подъему воды

Подверженность — нахождение строений на пойме

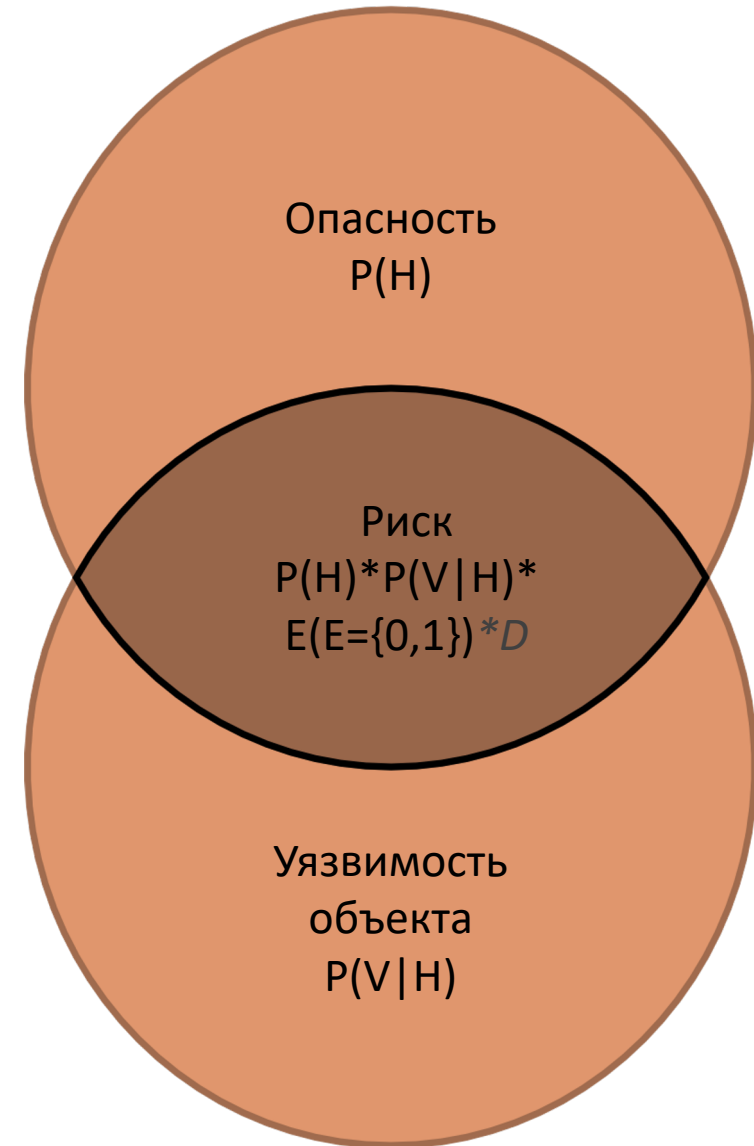


Пусть $\{A_0, A_1, \dots, A_N\}$ — проявления природного события (например, дождя разной интенсивности – от 0 до N мм, наводнения разного уровня, волны жары разной продолжительности и т.д.), которые происходят с вероятностью $\{P_0, P_1, \dots, P_N\}$ и приводят к ущербу $\{D_0, D_1, \dots, D_N\}$.

Тогда значение риска природного явления (риск природных катастроф) может быть вычислено, как:

$$R = P_0 D_0 + P_1 D_1 + \dots + P_N D_N$$

В общем виде вероятность реализации риска зависит не только от вероятности возникновения опасности $P(H)$, но и вероятности того, что реализовавшаяся опасность приведет к негативному событию (сбою в работе, чрезвычайной ситуации и т.д.) $P(V|H)$. Данная вероятность по сути является функцией от уязвимости. В свою очередь, эту функцию целесообразно оценивать только для подверженных объектов ($E=1$). Подверженность можно рассматривать, как потенциальный максимально возможный ущерб.



- Выделить все объекты/группы объектов, имеющие ощутимое значение для деятельности компании;
- Составить для каждого объекта (группы объектов) максимально широкий список потенциальных рисков и риск-факторов;
- Отобрать климатические сценарии (оптимально взять 2 сценария — с максимальным климатическим воздействием и с максимальными регуляторными мерами) и выделить горизонты для расчета климатического воздействия, лучше не игнорировать долгосрочный горизонт (стресс-сценарий);
- Оценить основные изменения климата в интересующем регионе на основе ансамбля моделей — оценить опасность;
- Качественно оценить подверженность и уязвимость объектов;
- Рассчитать максимально возможный потенциальный ущерб при реализации климатических рисков;
- На основе оценки опасности, подверженности, уязвимости и ущерба провести приоритизацию рисков.

Объекты, на которые происходит воздействие:

- Производственные объекты (завод, шахта, склад, ...)
- Оборудование (карьерная техника, с/х техника, станки, ...)
- Персонал (офисный, работающий под открытым небом, в карьере, ...)
- Выработка/передача энергии (электростанции, ЛЭП)
- Водоснабжение и водоотведение
- Логистика (ж/д и автомобильные дороги, морские порты)
- Источники сырья

- Исследовать уязвимость объектов, выявить зависимости между климатическими воздействиями и функционированием различных объектов;
- Определить пороговые значения климатических воздействий, превышение которых критично для операционной деятельности компании;
- Спрогнозировать на основе расчетов с ансамблем отобранных моделей изменений повторяемости пороговых значений климатических воздействий на интересующий горизонт планирования для выбранных сценариев;
- Оценить изменение климатического воздействия в будущем климате, выделить статистически значимые изменения;
- При отсутствии информации о функции ущерба считать полученные оценки изменений климатического воздействия как базовую количественную оценку физических рисков изменений климата;
- Усложнение: построить имитационную модель предприятия, составить функцию ущерба и оценить влияние климатических рисков на финансовые показатели компании.

Действия только по факту наступления риска; заблаговременная выработка плана действий на случай наступления риска

Периодическая переоценка рисков (и их возможная переклассификация) например, появились новые данные об ущербе/новые прогнозы и т.д.



Незамедлительные упреждающие действия по адаптации

адаптационные мероприятия — после оценки рисков и строго в соответствии с рисками

Систематическое наблюдение и мониторинг

организация системы мониторинга, системы фиксации ущерба

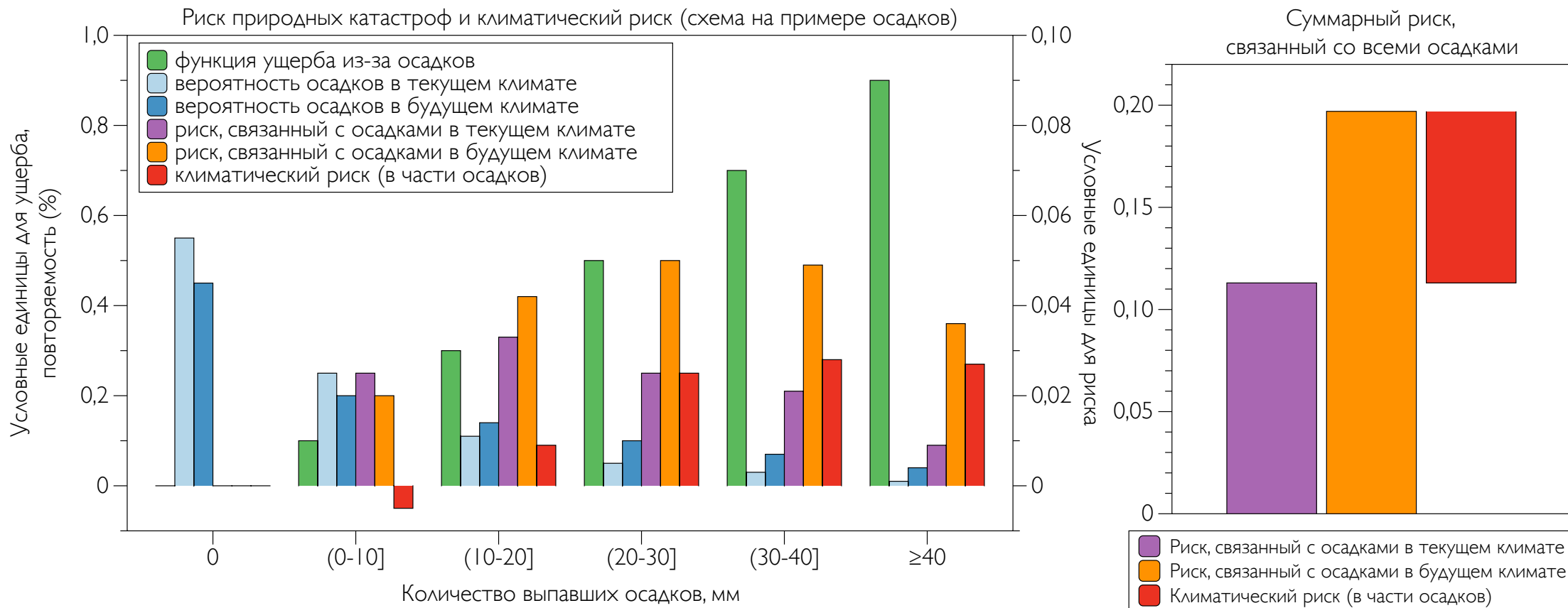
Предполагая, что с изменением климата может вырасти вероятность более интенсивных явлений, под климатическим риском (по крайней мере в части острых физических климатических рисков) можно понимать приращение риска природных катастроф, обусловленное климатическими изменениями, то есть разность риска природных катастроф между будущим («Б») и настоящим («Н») климатом:

$$R_K = R_{я_Б} - R_{я_Н}$$

По сути, непосредственно **климатический риск** может быть представлен, как:

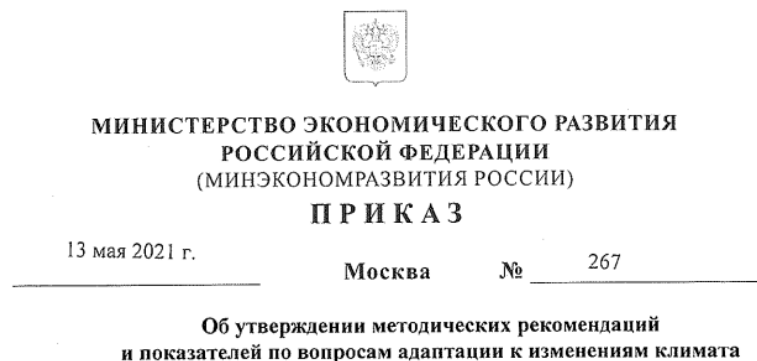
$$R_K = \Delta R_{я}$$

Такой подход предполагает, что к текущему уровню природных катастроф компании готовы/адаптированы



Чернокульский и др., 2022

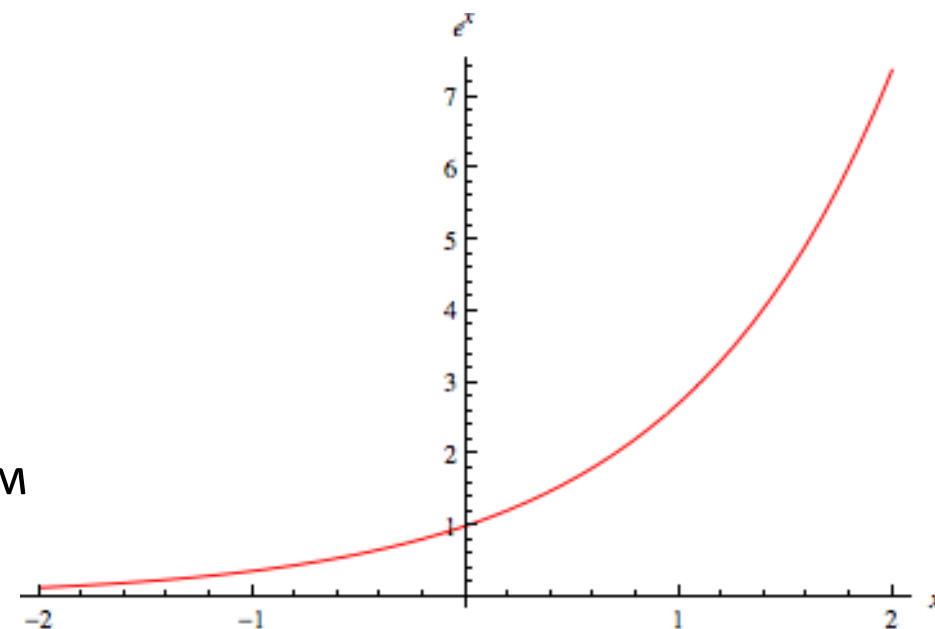
В данном примере (на примере осадков) функция ущерба неизменна и климатический риск определяется изменением вероятности природных явлений. В более общем виде логично предполагать изменение и функции ущерба. Для оценки хронических рисков логичнее говорить не об ущербе от явлений, а об изменении операционных издержек.



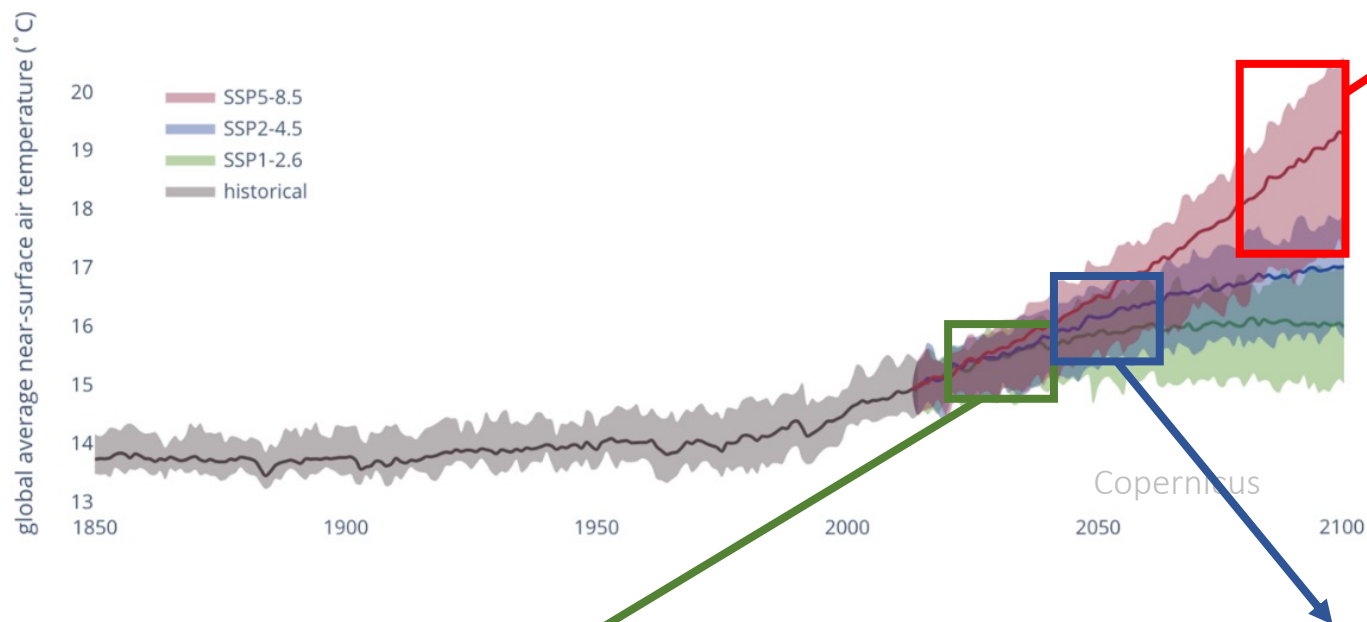
На данный момент Методические рекомендации по вопросам адаптации к изменениям климата говорят об оценке климатических рисков на основе ретроспективных данных.

При этом говорится о климатообусловленных рисках (потому что быстрая атрибуция событий к изменениям климата затруднительна), но не об их приращении.

Существенный риск маладаптации/псевдоадаптации (maladaptation):
Маладаптация (псевдоадаптация) — действия, которые ведут не к снижению, а к увеличению риска негативных последствий изменений климата, снижая устойчивость и повышая уязвимость



«У нас все построено по СНИПам,
а значит — у нас нет этих рисков!»



SSP1-2.6, 2020–2039

Краткосрочный горизонт

Горизонт понятен для планов компаний/администраций и т.д.)

Климатические изменения до 2040 года во многом predeterminedены вне зависимости от сценария развития событий в ближайшие годы.

Сценарий SSP1 — сценарий максимально жестких регуляторных мер (максимальных рисков перехода)

SSP5-8.5, 2080–2099

Сценарий стресс-теста:

развитие общества идет по пути активного использования углеводородов, риски перехода ничтожны, но при этом максимизируются физические риски.

Временной горизонт здесь не так важен (не должен восприниматься буквально): данный сценарий стоит рассматривать как сценарий с потенциально наиболее критичными проявлениями изменения климата, однако, не умогательными, а теоретически возможными (согласованными друг с другом).

SSP1-2.6, 2040–2059

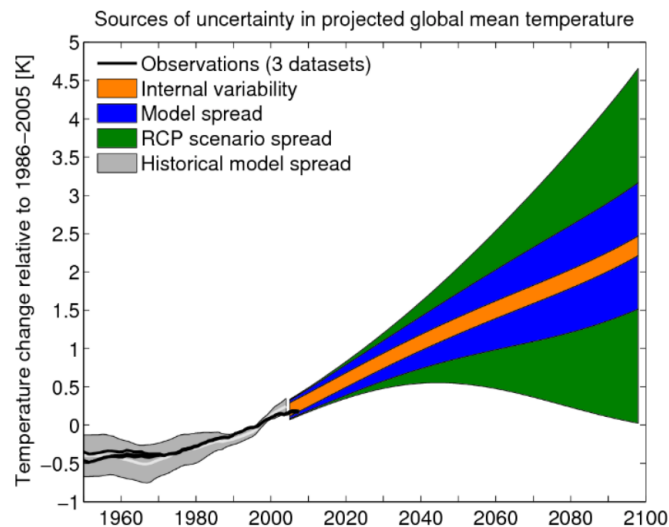
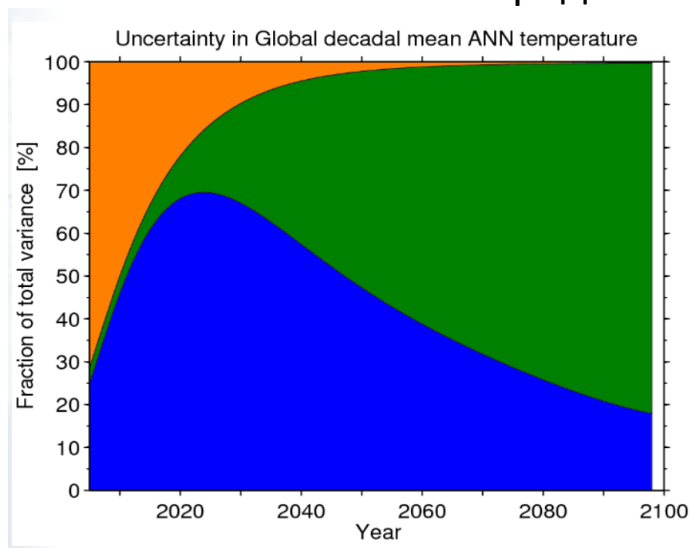
SSP3-7.0/SSP2-4.5, 2040–2059

Среднесрочный горизонт

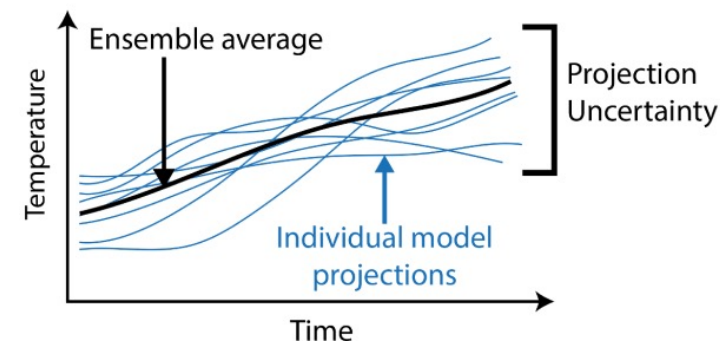
SSP1 — сценарий максимально жестких регуляторных мер, при этом климат к середине века уже стабилизируется на определенных значениях (по сути — это сценарий стабильного климата при устойчивом развитии и сильных рисках перехода).

SSP3 — сценарий business-as-usual, достаточно вероятный сценарий, слабые риски перехода, но климат продолжает меняться, нарастают физические риски (может быть заменен на SSP2-4.5)

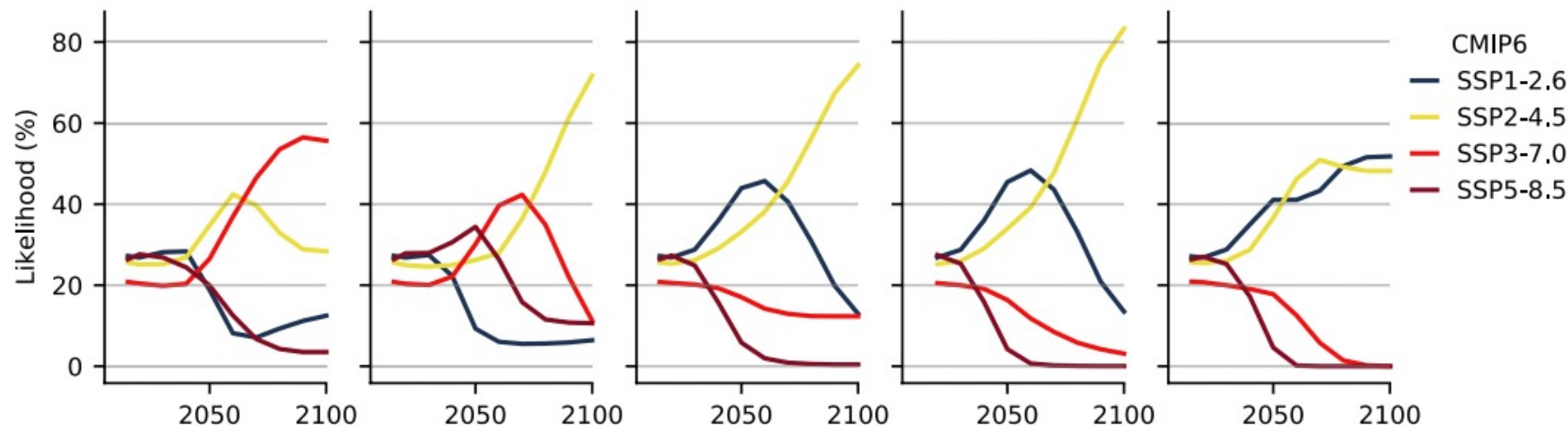
Источники неопределенности климатических проекций



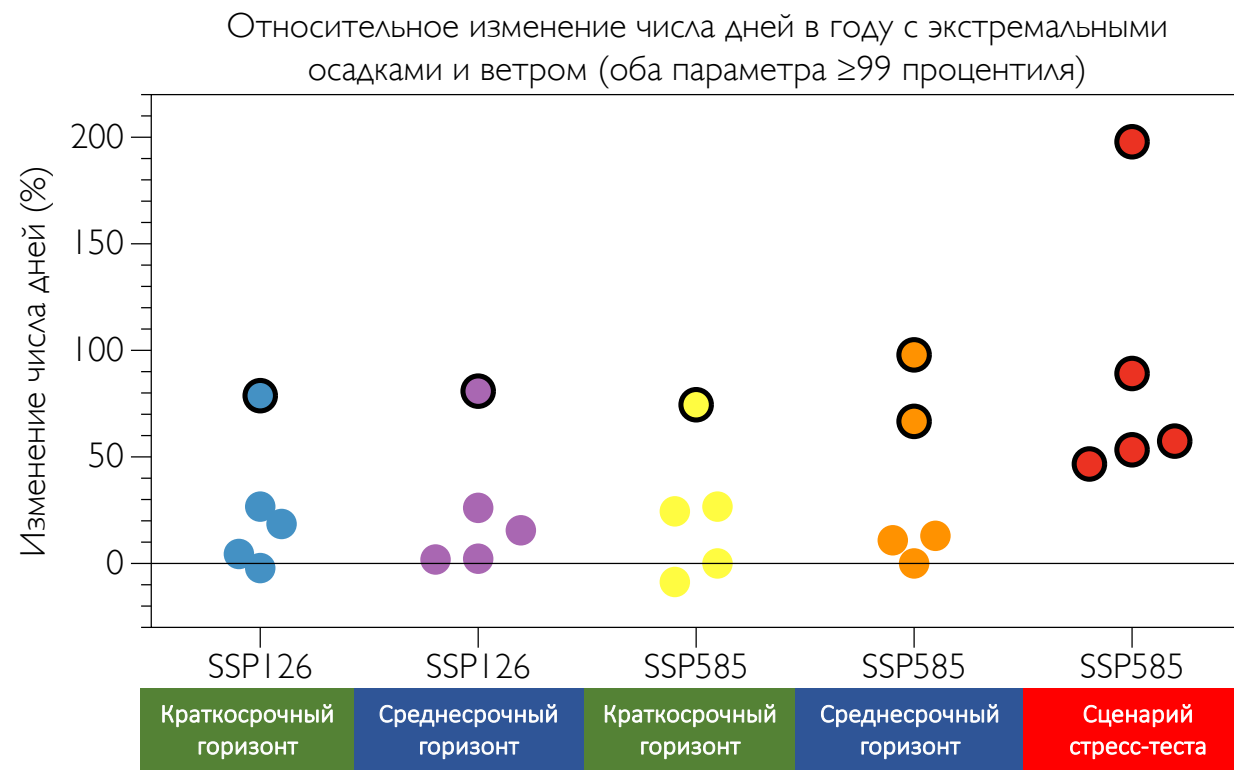
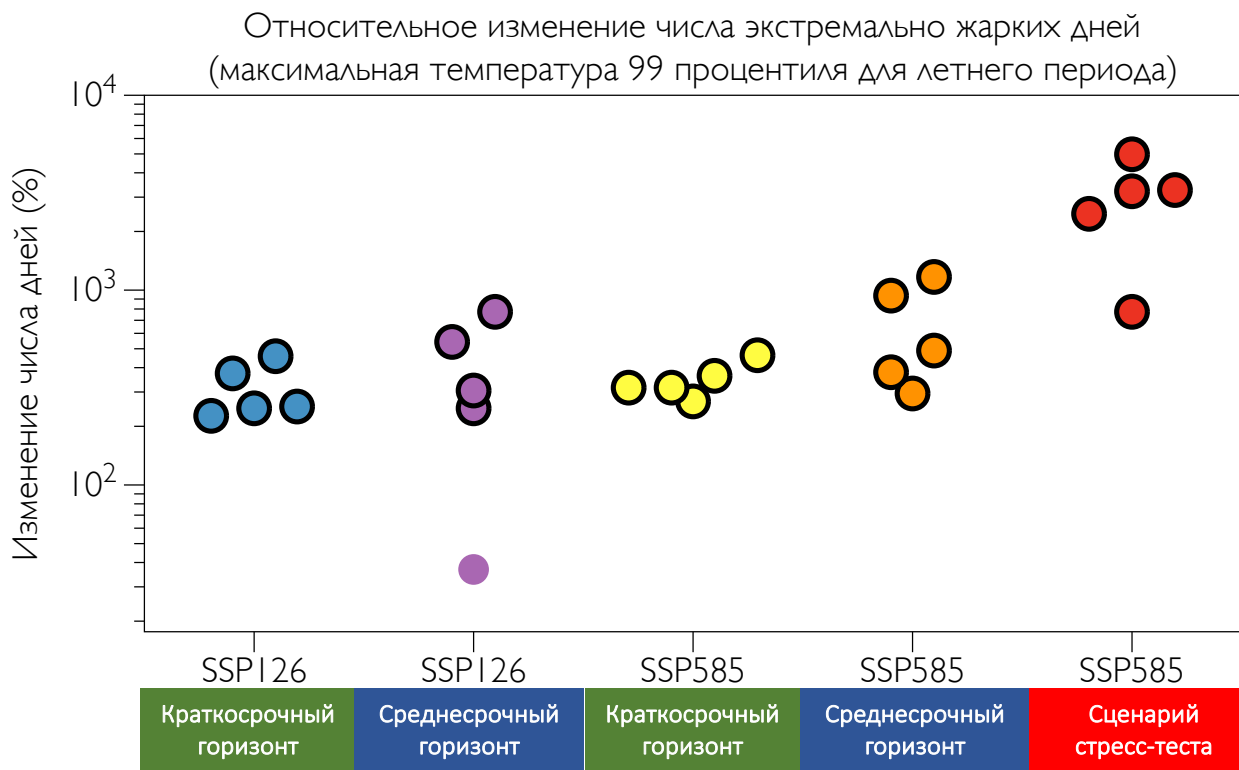
Ансамблевый подход



Вероятность реализации одного из 4 сценариев SSP в 5 разных интегрированных оценочных моделях



Huard et al., 2022



Относительные изменения (в %, относительно периода 2001–2020) факторов риска: слева: аномальной жары в летний период, (максимальная температура ≥ 99 перцентиля), справа: числа дней в году с экстремальными осадками и экстремальным ветром (оба параметра ≥ 99 перцентиля) согласно данным 5 моделей, наилучшим образом воспроизводящих климат региона. Цветом показаны разные периоды и сценарии, кружки с черной обводкой соответствуют статистически значимым изменениям (на 95% уровне значимости).

И.А. Макаров
НИУ ВШЭ, Москва

А.В. Чернокульский
Институт физики атмосферы имени А.М. Обухова РАН; НИУ ВШЭ, Москва

Влияние изменения климата на экономику России: рейтинг регионов по необходимости адаптации¹

Составлен рейтинг регионов по 4 рискам:

- влияние аномально высокой температуры на здоровье населения,
- влияние засух на сельское хозяйство,
- учащение лесных пожаров,
- таяние вечной мерзлоты.

Выбор и расчет показателей для оценки составляющих риска

Нормировка показателей и их осреднение

Оценка риска

Рейтинг регионов



Воздействие	Изменение числа очень жарких дней ($T_{max} > 35$ °C) (в порядке убывания)
	Изменение числа тропических ночей ($T_{min} > 20$ °C) (в порядке убывания)
Подверженность	Общая численность городского населения / Доля городского населения в общей численности населения (в порядке убывания)
Уязвимость	Доля постоянного городского населения старше 65 лет (в порядке убывания)
	Доля населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума (в порядке убывания)
	Уровень общей заболеваемости болезнями органов дыхания, системы кровообращения, крови, кровеносных органов и отдельными нарушениями, вовлекающими иммунный механизм (в порядке убывания)

$$X_{norm} = (X - \min(X)) / (\max(X) - \min(X))$$

$$\text{Hazard} = (X1_{norm} + X2_{norm} + \dots + Xn_{norm}) / n$$

$$\text{Exposure} = \dots$$

$$\text{Vulnerability} = \dots$$

$$R = \sqrt[3]{H \times E \times V}$$

2 рейтинга:

- для федерального уровня (абсолютные значения подверженности)
- для регионального уровня (относительные значения подверженности)



Показатели для оценки компонент риска: пример



Риск	Опасность	Подверженность	Уязвимость
Влияние волн жары на здоровье населения	Изменение числа очень жарких дней ($T_{\max} > 35^{\circ}\text{C}$); Изменение числа тропических ночей ($T_{\max} > 20^{\circ}\text{C}$). (2040-2059 гг. по сравнению с 1995-2014 гг. при разных сценариях SSP)	Общая численность городского населения / доля городского населения в общей численности населения	Доля постоянного городского населения старше 65 лет; Доля населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума; Уровень общей заболеваемости органов дыхания и кровоснабжения на тысячу человек.
Влияние засух на сельское хозяйство	Изменение уровня летних осадков; Изменение максимального количества последовательных сухих дней за год.	Общая площадь земель сельскохозяйственного назначения / доля земель сельскохозяйственного назначения в общей площади; Общая численность сельского населения / доля сельского населения в общей численности населения; Добавленная стоимость в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, охоте, рыболовстве и рыбоводстве / доля добавленной стоимости в сельском хозяйстве, лесном хозяйстве, охоте, рыболовстве и рыбоводстве в ВРП.	Отношение водозабора к среднему объему возобновляемых водных ресурсов.
Угроза учащения лесных пожаров	Изменение числа жарких дней ($T_{\max} > 25^{\circ}\text{C}$) в марте-ноябре ; Изменение максимального количества последовательных сухих дней в марте-ноябре.	Общая площадь лесов / доля площади лесов в общей площади.	Средняя за год доля общей площади лесов региона, охваченная лесным пожарам в 2000-2019 гг.

Макаров и Чернокульский, 2023

Рейтинг российских регионов по степени риска

Риски

- Лесные пожары
- Волны тепла
- Водный стресс
- Таяние вечной мерзлоты



Макаров и Чернокульский, 2023

Регионы России с наибольшим уровнем физических рисков изменения климата по разным типам климатических рисков

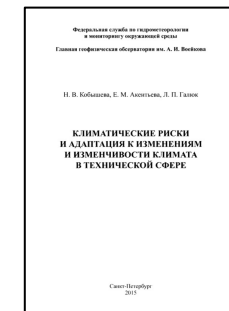
Регионы России с наибольшим риском влияния волн жары на здоровье населения

Регион	Итоговый ранг на национальном уровне анализа (подверженность в абсолютных значениях)			
	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Ростовская обл.	1	1	1	1
Краснодарский край	2	3	2	3
Волгоградская обл.	3	4	4	5
Москва	4	2	3	2
Самарская обл.	5	5	5	4
Саратовская обл.	6	6	6	6
Республика Крым	7	8	8	9
Ставропольский край	8	7	7	8
Новосибирская обл.	9	10	9	10
Московская обл.	10	9	10	7

Природные/климатические риски: литература



- Специальный доклад МГЭИК: управление рисками экстремальных явлений и бедствий для содействия адаптации к изменению климата, 2012 г.;
- Рекомендации Рабочей группы по раскрытию финансовой информации, связанной с изменением климата (TCFD), 2017 г.;
- Рабочая группа по раскрытию финансовой информации, связанной с изменением климата (TCFD). Рекомендации по интегрированию оценки риска и раскрытию финансовой информации, 2020 г.;
- Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. – Санкт-Петербург. 2017. – 106 с.
- Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области компетенции Росгидромета) / под ред. В.М. Катцова. – Санкт-Петербург; Саратов: Амирит, 2020. – 120 с.
- Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / под ред. В.М. Катцова; Росгидромет. – Санкт-Петербург: Научно-технологический институт, 2022. – 676 с.
- Природные опасности России. В 6-ти томах. Под ред. В.И. Осипова, С.К. Шойгу. Москва. 2003
- Карлин Л.Н., Абрамов В.М. Управление энвиронметальными и экологическими рисками. Учебное пособие. — Санкт-Петербург: РГГМУ, 2006 – 332 с.
- Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Галюк Л.П. Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере — Санкт-Петербург: «Издательство Кириллица», 2015. — 214 с.
- Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Пигольцина Г.Б. и др. Методическое руководство по оценке и управлению погодно-климатическими рисками и разработке адаптационных мер с экономическим обоснованием их применения в хозяйственной и социальной сферах. Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2020. – № 598. – С. 5-136.
- Чернокульский А.В., Лагошин А.В., Воронина Д.С. Оценка физических рисков изменения климата для компаний, — М: ГЕОС, 2022. — 36 с.



В качестве заключения:

- Происходящие на планете достаточно быстрые глобальные изменения климата являются неопровержимым научным фактом, при этом причиной изменений является антропогенная деятельность (в первую очередь — эмиссии парниковых газов);
- Последствия изменений климата и меры по переходу к углеродной нейтральности формируют климатические риски: физические риски и риски перехода;
- Корректная оценка физических рисков изменений климата, включая острые (экстремальные) и хронические (систематические) — важная составляющая компонента при выработке и внедрению мер по адаптации, при этом необходим учет сценариев стресс-тестирования для избежания внедрения маладаптации;
- Коммерческие компании в целом заинтересованы в оценках климатических рисков;
- При ограниченности ресурсов и нехватке информации об ущербе целесообразно проводить рейтинг регионов/объектов для приоритизации рисков и адаптационных мероприятий.

Открытые научные и научно-методические вопросы при оценке рисков:

- Оценка ущерба из-за климатических опасностей и формализация функций ущерба для разных отраслей экономики и разных факторов риска;
- Разработка сценариев стресс-тестирования для разных отраслей экономики;
- Корректный учет модельных данных (составление ансамбля, учет особенностей воспроизведения мелкомасштабных процессов — даунскейлинг, учет систематической ошибки и т.д.);
- Выработка понятных и измеряемых метрик для оценки эффективности адаптации;
- Выработка рекомендаций по корректной количественной оценке хронических рисков.



Благодарю за внимание!

Александр Чернокульский

a.chernokulsky@ifaran.ru