

Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории России в 2019 г. (отклонения от средних за 1961-1990 гг.) с указанием локализации 95%-х экстремумов (желтые кружки).
Источник: Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – Москва: Росгидромет, - 2020. 98 стр. <http://www.meteorf.ru/product/climat/>

Изменения климата:

источники информации,

тренды и прогнозы

Алексей Олегович
Кокорин, WWF России,
akokorin@wwf.ru
+7 (495) 727-09-39



Международная и российская линейки основополагающих научных докладов

Рассмотрение всей совокупности естественных климатических вариаций и наложение на них антропогенных воздействий, наблюдаемые и ожидающиеся последствия на XXI-XXII века

Пятый
оценочный
доклад IPCC
(МГЭИК) 2013-
2014 гг. 3 тома

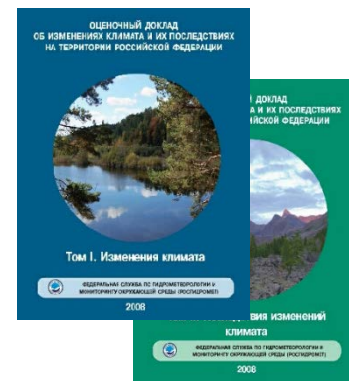


Тематические
доклады по
сценариям «1,5-2°C»
(2018), по
землепользованию,
вкл. леса (2019),
по океанам и
криосфере (2019)
www.ipcc.ch



Оценочный доклад РФ
(2008)

Второй оценочный
доклад РФ (2014)
Участники: все
профильные институты
РАН и Росгидромета
<http://www.meteorf.ru/product/climat/>



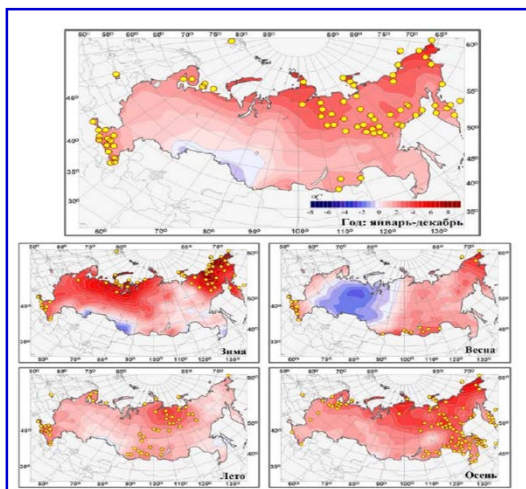
Третий доклад РФ выйдет в 2022 г.

Шестой оценочный доклад IPCC (МГЭИК): 3 тома выйдут в 2021-2022 гг.



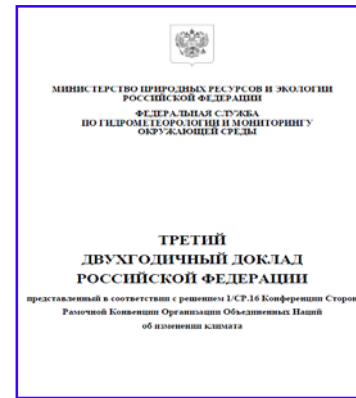
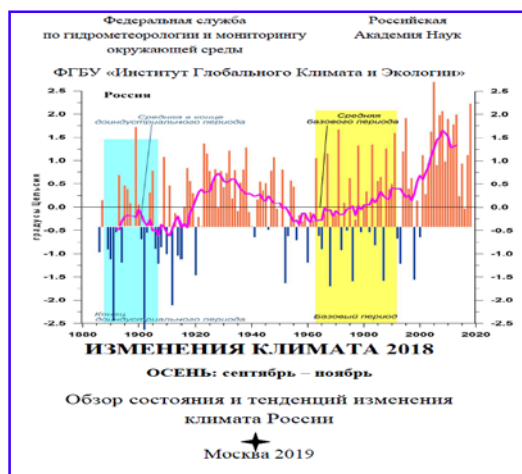
Ежегодные климатические доклады Росгидромета

Квартальные и ежегодные доклады о состоянии климата в РФ (тренды с 1976 г., особенности прошлого года, температура, осадки, опасные метеорологические явления и др.) <http://www.meteorf.ru/product/climat/>



Ежегодные доклады о выбросах и поглощении парниковых газов в РФ (Национальные кадастры антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, представляются и проверяются РКИК ООН) <http://www.meteorf.ru/product/climat/>

Каждые два года: доклады о действиях РФ по РКИК ООН (выбросы, адаптация, меры, прогнозы..): Национальные сообщения и Двухгодичные доклады <http://www.meteorf.ru/product/climat/>





Материалы специально подготавливаемые Росгидрометом для широкого круга читателей

Бюллетень «Изменение климата» (~6 раз в год) <http://www.meteorf.ru/product/climat/>

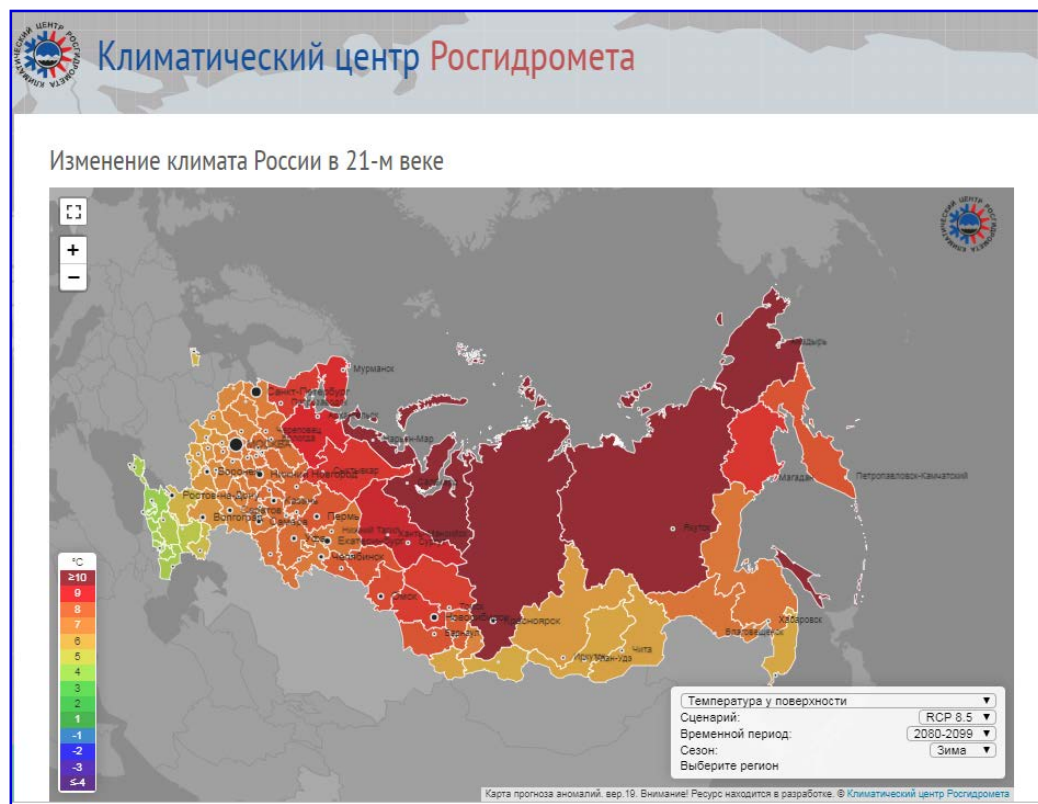


Специальный сайт Росгидромета для широкой аудитории
www.global-climate-change.ru

Сайт Всемирной метеорологической организации (в т.ч. на русском)
<https://public.wmo.int/ru>

Сайт NOAA США с данными о температурах, осадках и погодных явлениях по всему миру
<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/>

Интерактивная карта прогноза (до 2031 г., на середину и конец века): по сезонам и на год, по разным сценариям глобальных выбросов
<http://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke>





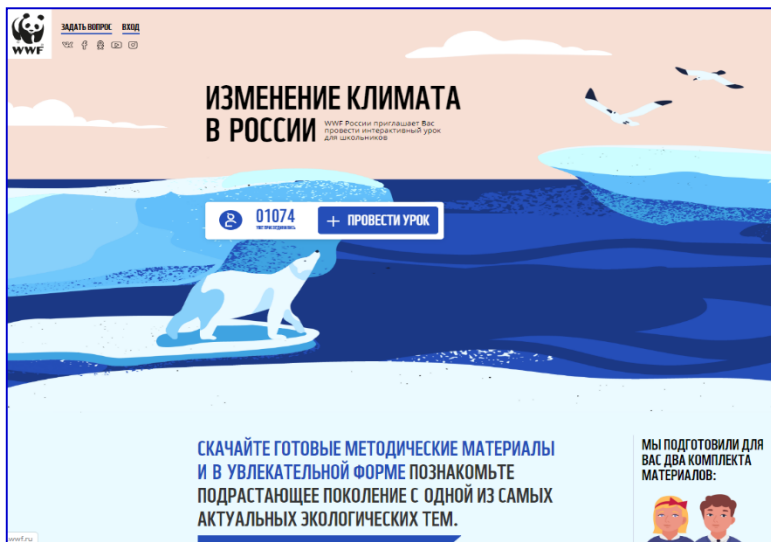
«Повышение уровня знаний молодежи по проблеме изменения климата»

Проект WWF и САФУ в Архангельской и Мурманской обл., НАО 2019-2021 гг.

Распространение научных знаний в современной форме. Важно показать роль человека и долгосрочную перспективу

☐ **Интерактивные уроки для школьников (старших и младших)**

Регистрация и получение материалов на [изменениеклимата.рф](https://izmenenieklimata.rf)



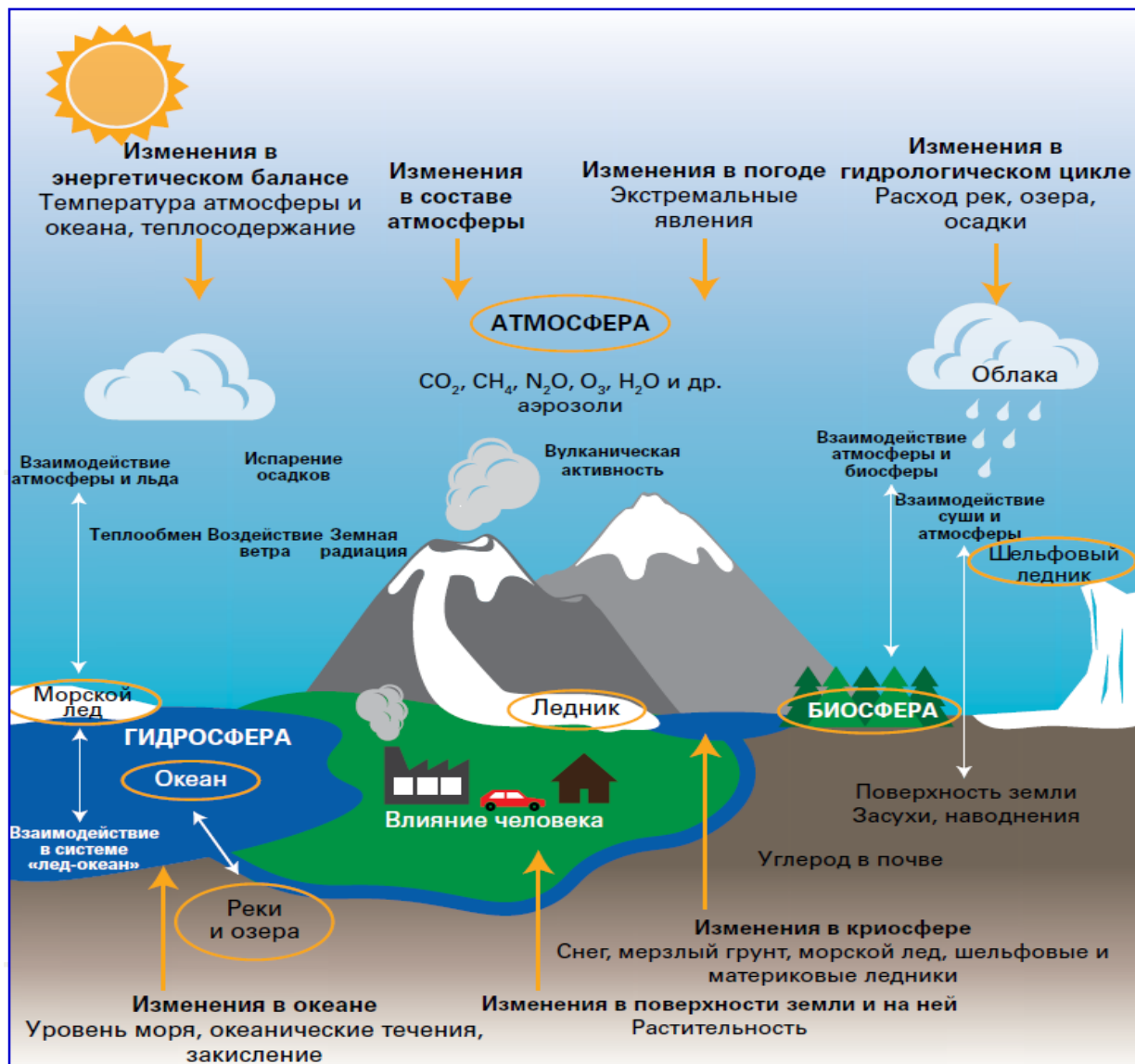
- Подробный сценарий занятия
- Анимированная презентация
- Карточки для игровых заданий
- Памятка с полезными советами
- Методический гид и видеоинструкция по проведению урока.

Специальной подготовки не требуется - его могут провести как педагоги, так и родители, и все желающие (волонтеры)

☐ **On-line интернет курсы (лекции) изменение климата: естественное и антропогенное, глобальное, в Арктике и в конкретном регионе**, на базе данных и прогнозов ГГО, адаптация, «лес и климат» будет на сайтах WWF и САФУ например: <https://wwf.ru/what-we-do/climate-and-energy/>



Антропогенное влияние на изменение климата



Основные компоненты климатической системы и их взаимодействие:

энергетический баланс, состав атмосферы, погода, гидрологический цикл, океан и криосфера

Источник: Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2018 году. Всемирная метеорологическая организация. 2019.
https://library.wmo.int/doc_num.php?expl_num_id=5797



Радиационный баланс и парниковый эффект

Важнейшую роль играет покрытие континентов, островов и шельфовых зон льдом, зависящее от их расположения на планете.

Масштаб $>10^{\circ}\text{C}$

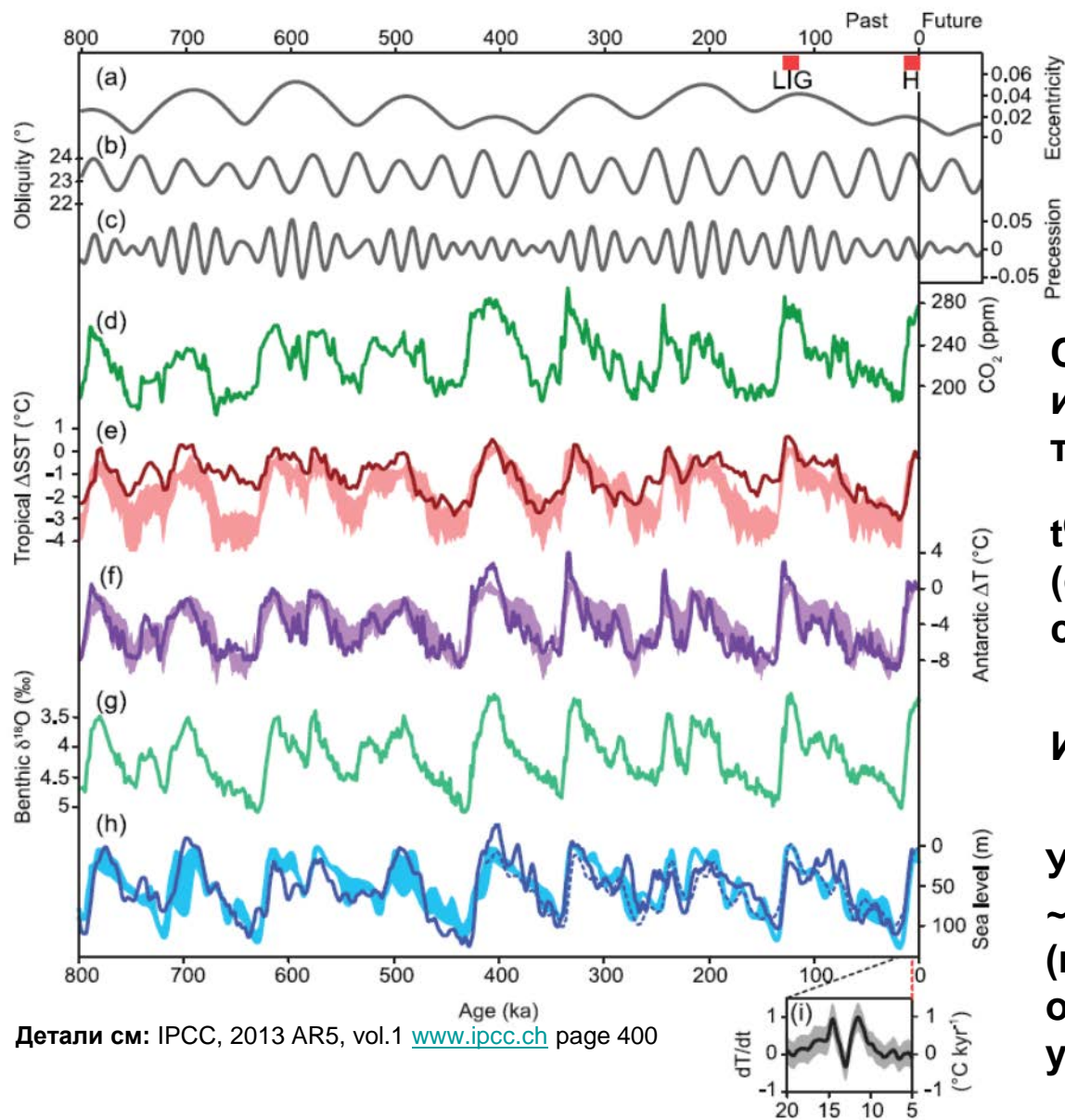
Без парникового эффекта температура приземного слоя воздуха была бы -19°C , а с ним примерно $+13,5^{\circ}\text{C}$ (1850-1900 гг.).

Сейчас антропогенное усиление эффекта превысило 1°C





Приход и уход ледниковых периодов



Детали см: IPCC, 2013 AR5, vol.1 www.ipcc.ch page 400

Параметры орбиты Земли

Эксцентриситет

Наклонение

Прецессия

CO₂ , следует за
изменением
температуры (t⁰C)

t⁰C тропики и Антарктика
(отклонение от
современных значений)

Индикатор минимума льдов

Уровень моря, следует за t⁰C -
~25м/°C
(при потеплении XXI-XXII веков
обратный эффект повышения
уровня в 20-50 раз слабее)



Изменения температуры Северного полушария за последние 1700 лет

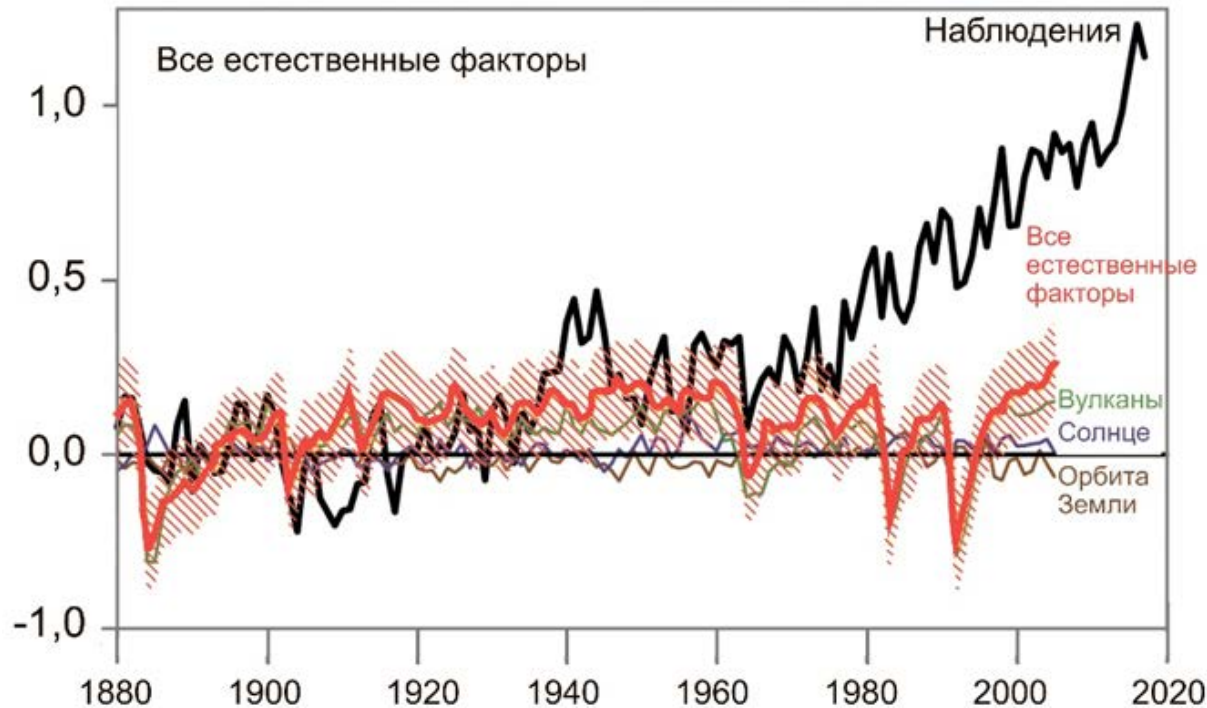


Главные факторы: извержения вулканов, изменения солнечной активности, внутренняя изменчивость океанских процессов

Реконструкция изменений температуры приземного слоя воздуха (по кольцам роста деревьев, ледниковым кернам, донным осадкам морей и озер, данным о состоянии магнитного поля и т.п.): черная кривая (отклонение от среднего за 1961-1990 гг.), желтая полоса – диапазон неопределенности. Данные измерений – красная кривая.



Влияние внешних естественных факторов изменения климата



Черная кривая — среднегодовая температура приповерхностного слоя воздуха)

Красная кривая — суммарное действие всех естественных внешних факторов, заштрихованная область — диапазон неопределенности.

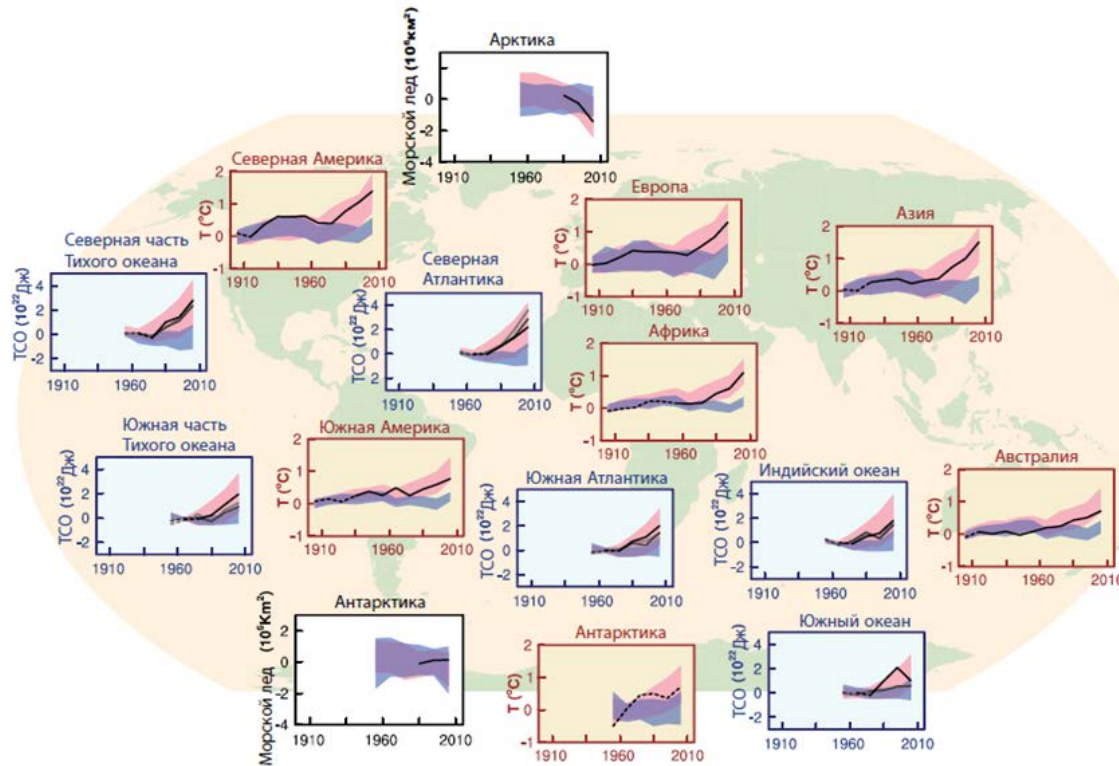
Источник: USGCRP, 2017: *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA

Вулканы самый сильный фактор, к которому добавляется Солнце, орбита Земли. Другие внешние факторы (космические лучи, внутреннее тепло Земли, магнитное поле и др.) не оказывают сколько-либо существенного воздействия.

Внутренняя изменчивость — вариации потоков тепла на границе океан-атмосфера. Наглядный пример — сильное Эль-Ниньо 2015-2016 гг. с выбросом тепла из океана в атмосферу, а затем обратное явление со снижением температуры воздуха.



Идут одновременные изменения во всех океанах и континентах



Глобальные средние величины



≡ Наблюдения

■ Модели, учитывающие только природные воздействия
■ Модели, учитывающие как природные, так и антропогенные воздействия

Одновременные изменения теплосодержания вод, температуры воздуха, и площади морского льда.

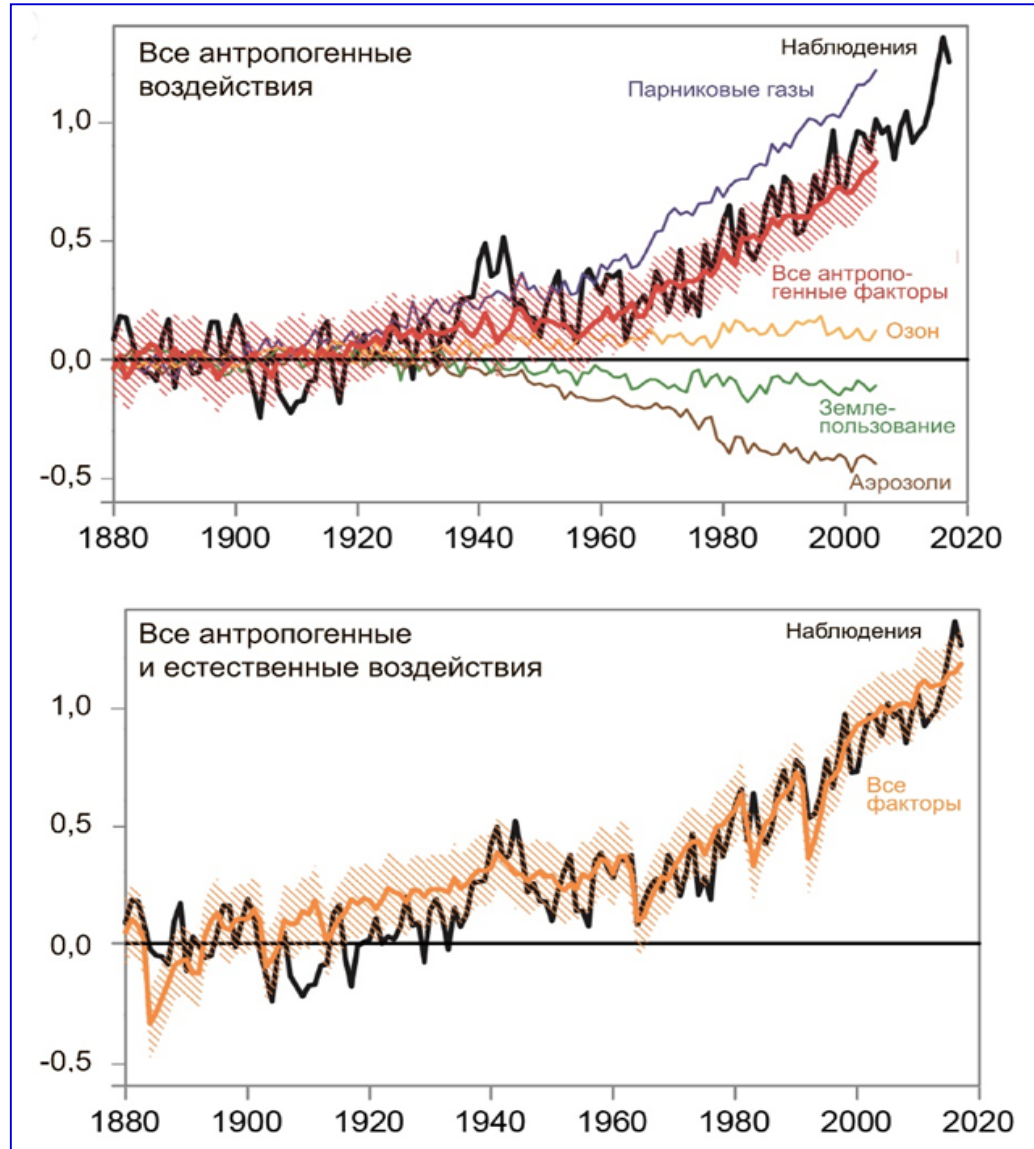
Изменения гораздо больше неопределенностей измерений и расчетов

Такая ситуация не может быть объяснена перетоками энергии внутри Мирового океана или между разными компонентами климатической системы Земли

Источник: IPCC AR5, 2013: The Physical Science Basis.



Рост температуры и модельный расчет действия различных факторов



Антропогенные выбросы парниковых газов

Сумма всех антропогенных факторов и диапазон неопределенности

Озон в загрязненном приземном слое воздуха,

Увеличение альбедо при изменениях в землепользовании

Аэрозольное затенение Земли

Среднегодовая температура приповерхностного слоя атмосферы (°C)

Действие всех внешних факторов, антропогенных и естественных, заштрихованная область – диапазон неопределенности.

Источник: USGCRP, 2017: *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA Appendix 5, page 12, figure A5.5. <https://science2017.globalchange.gov/>



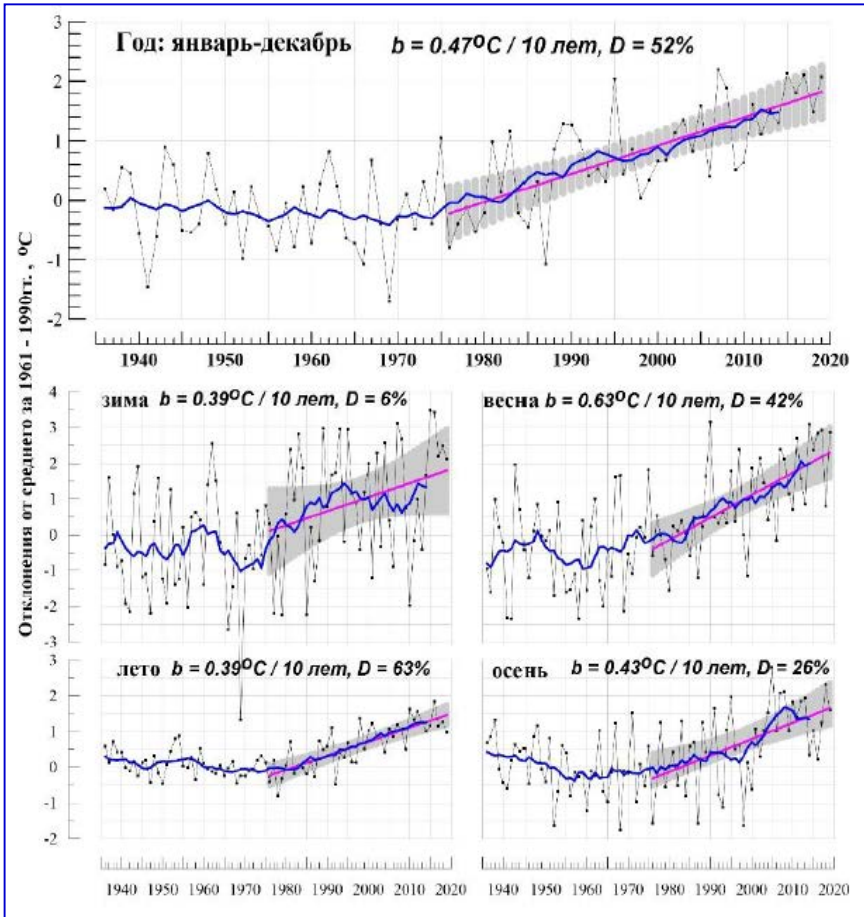
Разные временные масштабы – разные главные факторы изменений



Все естественные факторы действуют и в прошлом и в будущем. На них накладывается антропогенное воздействие, которое доминирует при осреднении эффектов за 50-100 и более лет



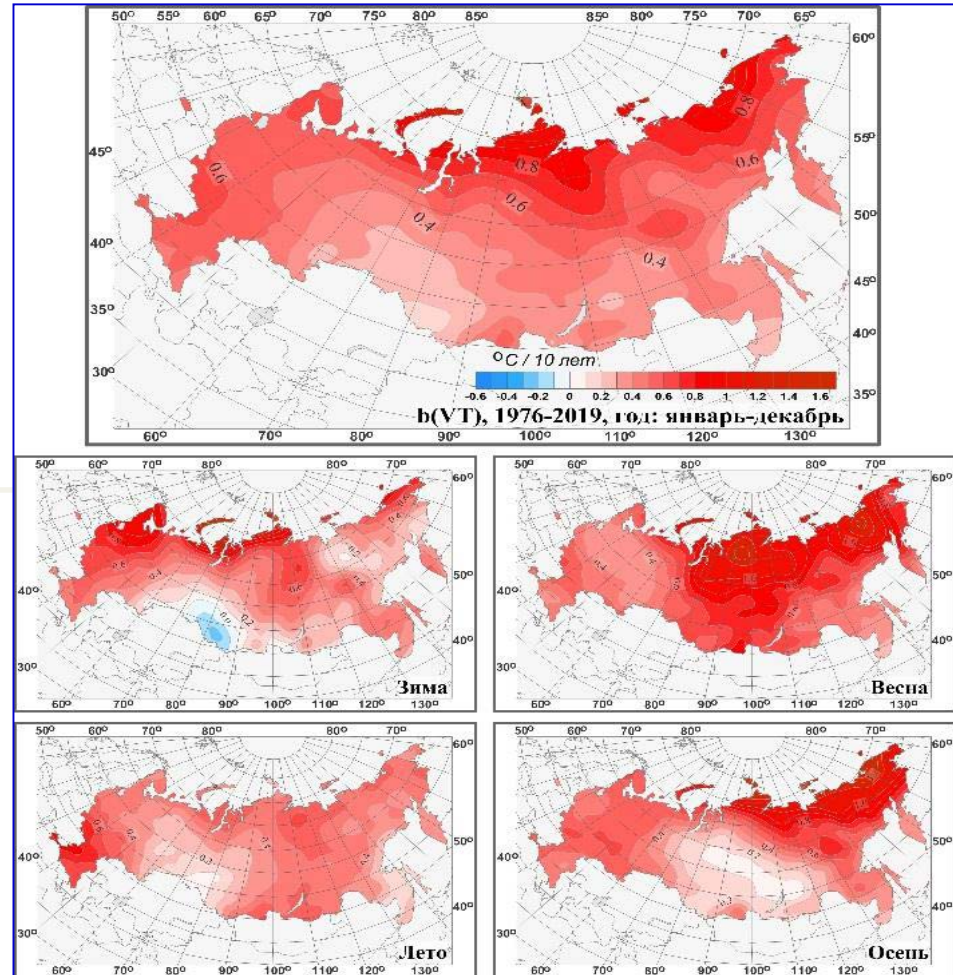
Российские климатические тренды последних десятилетий: температура



В целом в России теплеют все сезоны, за >40 лет >2 $^{\circ}\text{C}$. Эффект больше межгодовой изменчивости (кроме зимы).

Источник: Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. – Москва: Росгидромет, - 2020, 98 стр..

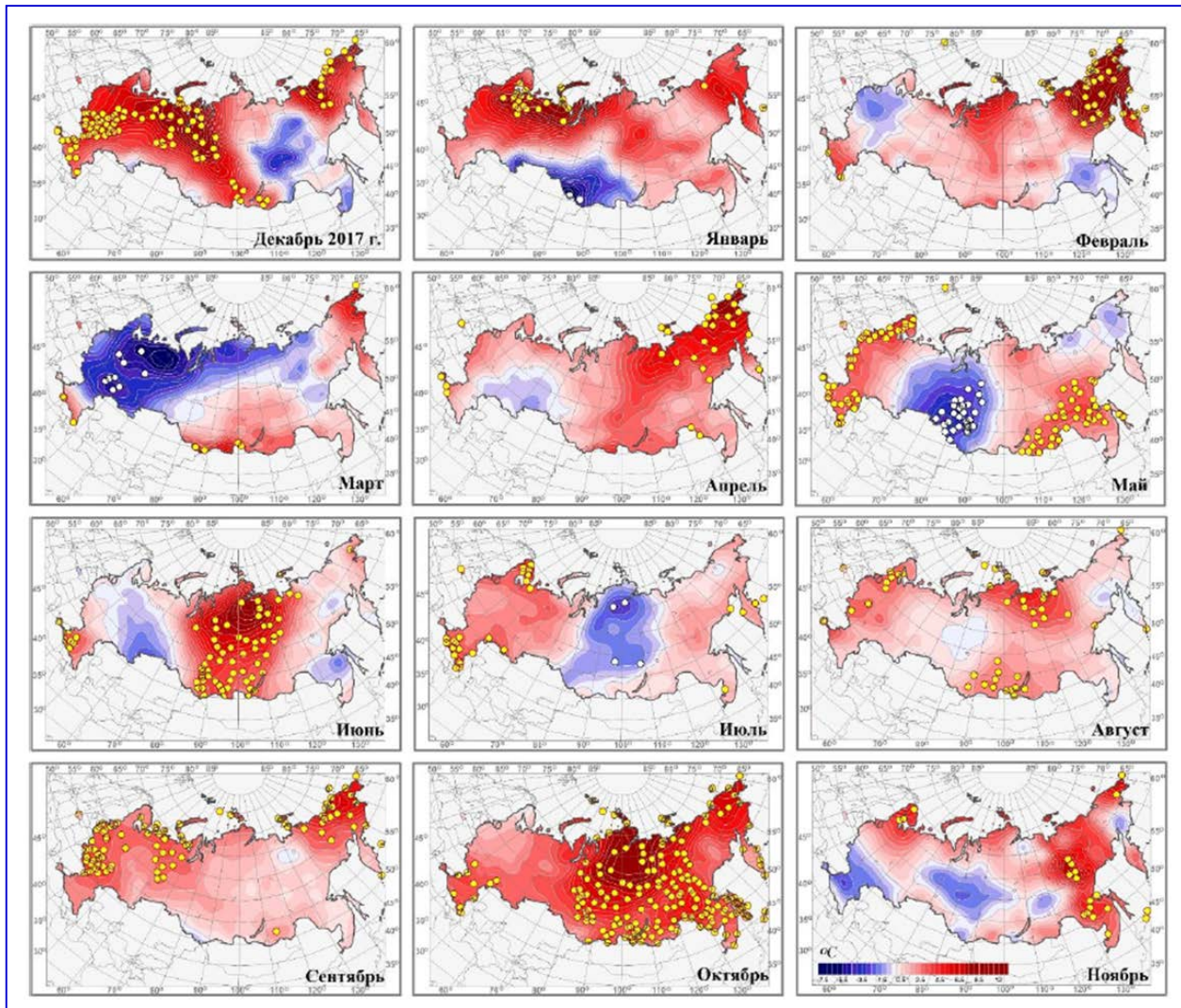
<http://www.meteorf.ru/product/climat/>



В среднем за 40 лет потепление почти повсеместное, но разное по величине



Температура в конкретный год



Аномалии месячной температуры воздуха в 2018 г. (от среднего за 1961-1990 гг.)

Белые точки – холод (ниже 5% процентиля), желтые – тепло (выше 95% процентиля) от 1961-1990 гг.

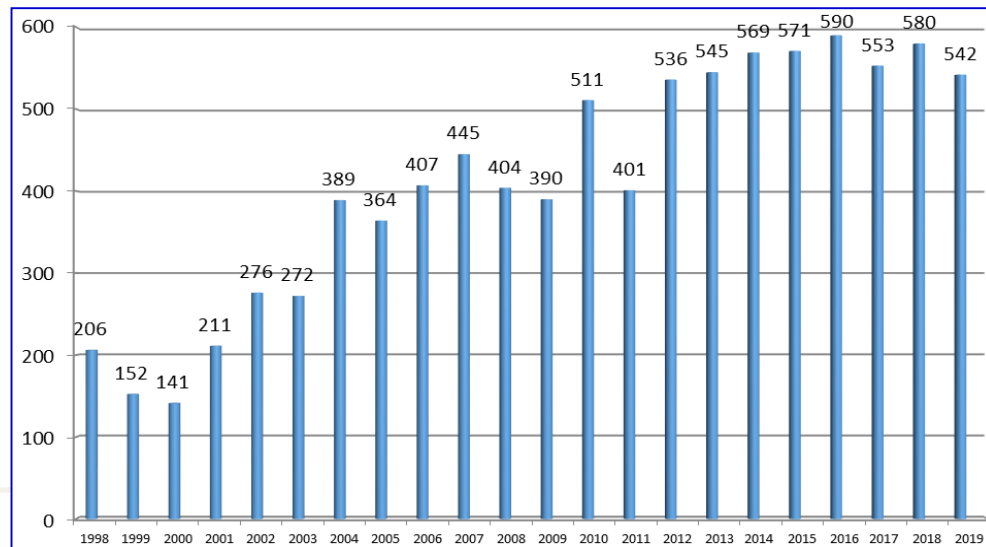
Размах колебаний достигает 20°C.

Это объясняется как естественной изменчивостью, так и ее усилением под воздействием глобального потепления

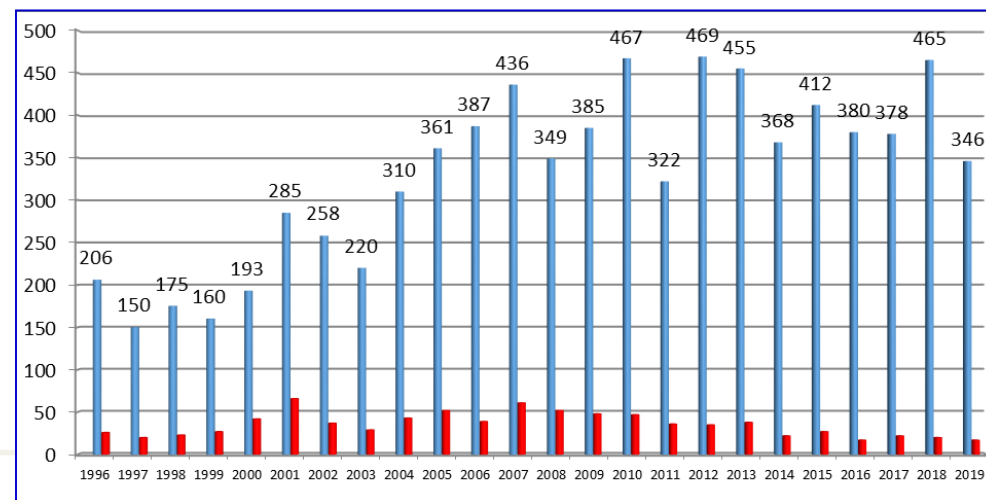


Рост числа опасных метеорологических явлений

Общее количество **опасных метеорологических явлений** в РФ



Общее количество опасных явлений в РФ, **нанесших ущерб** и из них **число непредусмотренных**



В СЗФО в 2019 г. нанесли ущерб 17

Сильный ветер, метели – 6

Дождевые паводки – 3

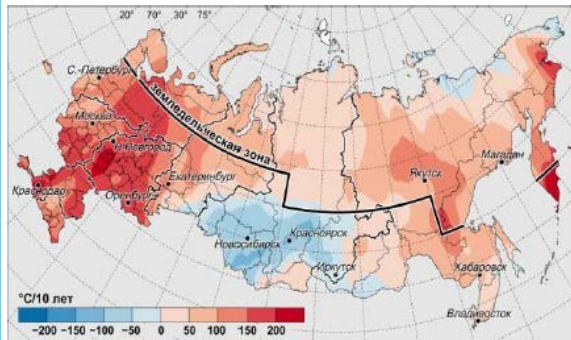
Сильные осадки - 2

Чрезвычайная пожарная

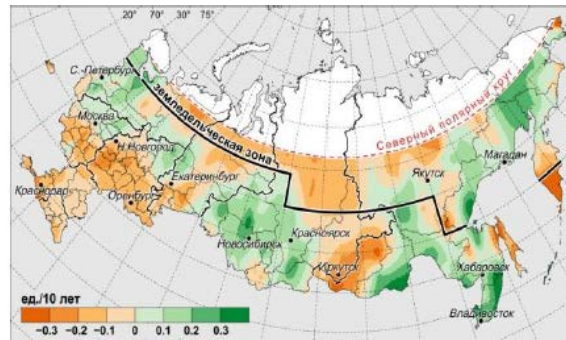
опасность – 1



РФ: здоровье, инвазивные виды и болезни, леса, сельское хозяйство, ...



Изменения суммы температур выше 10°C (°C/10 лет) в 1999–2018



Уровень влагообеспеченности (гидротермический коэффициент), май–август, ед./10 лет, 1999–2018

Источник: Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. – Москва: Росгидромет, - 2019. <http://www.meteorf.ru/product/climat/>

- ❑ Потепление благоприятно для сельского хозяйства, но на юге снижается влагообеспеченность (засухи случаются чаще)

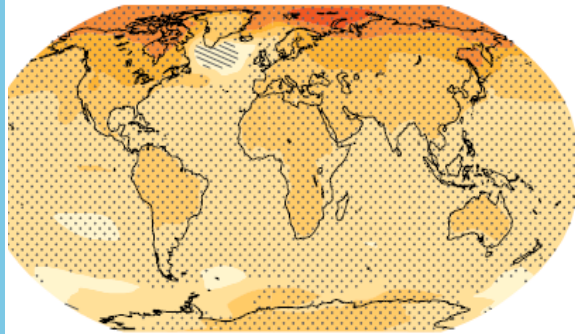
- ❑ Проникновение «южных» видов, переносчиков болезней, вредителей леса и др.
- ❑ Расширение ареала обитания клещей
- ❑ Проблемы для людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями
- ❑ Рост числа дней с высокой горимостью лесов (индекс Нестерова)
- ❑ Воздействие на виды и экосистемы (белый медведь, северный олень, ...)
- ❑

Детальное рассмотрение см. Второй оценочный доклад РФ (2014 г.), <http://www.meteorf.ru/product/climat/> следующая сводка эффектов – Третий доклад (2022 гг.)

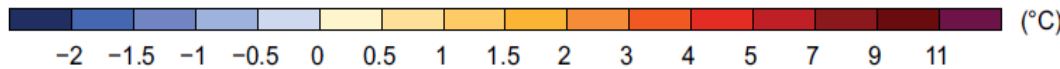
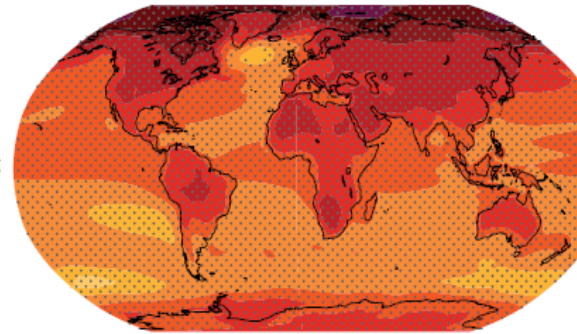
Прогноз изменения температуры и осадков на конец XXI века

PTK2.6

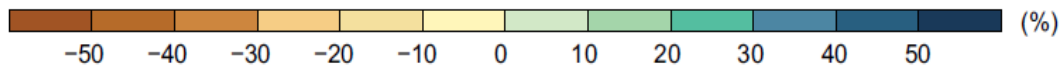
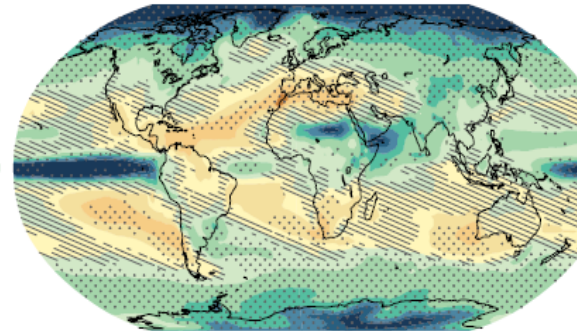
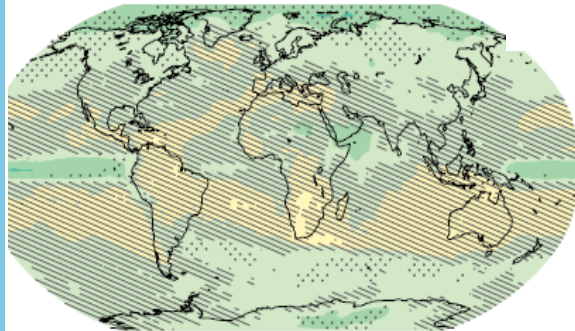
Изменение средней приземной температуры (1986–2005 гг. – 2081–2100 гг.)



PTK8.5



Изменение среднего количества осадков (1986–2005 гг. – 2081–2100 гг.)



Ориентировочный прогноз на 2081-2100 гг.: изменения среднегодовых значений от средних за 1986-2005 гг. по сценариям RCP (РТК) при мин. и макс. антропогенных выбросах парниковых газов

Сильная зависимость от сценария антропогенных выбросов парниковых газов

Уменьшение количества влаги в почве (осадки – испарение), рост засух и проблем сельского хозяйства в Азии и Африке

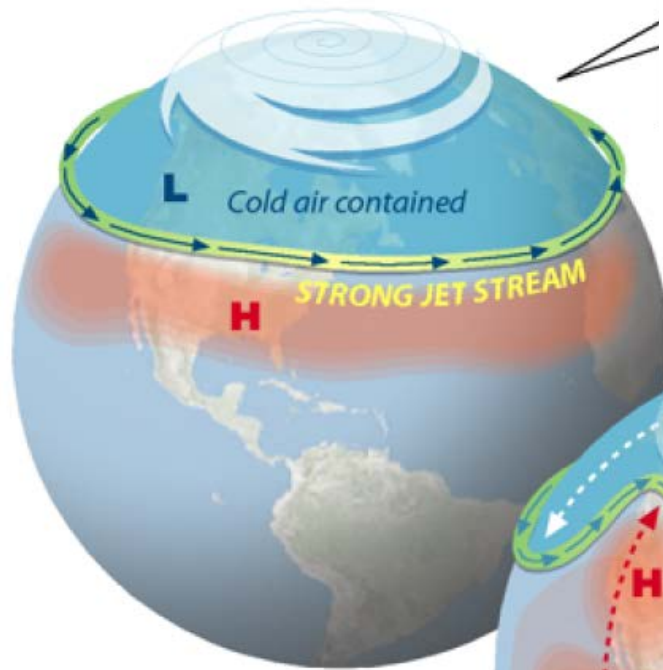
Сильно неравномерное потепление с максимумом в Арктике - влияние на умеренные широты



Более теплая Арктика обуславливает вторжения воздуха с севера и с юга

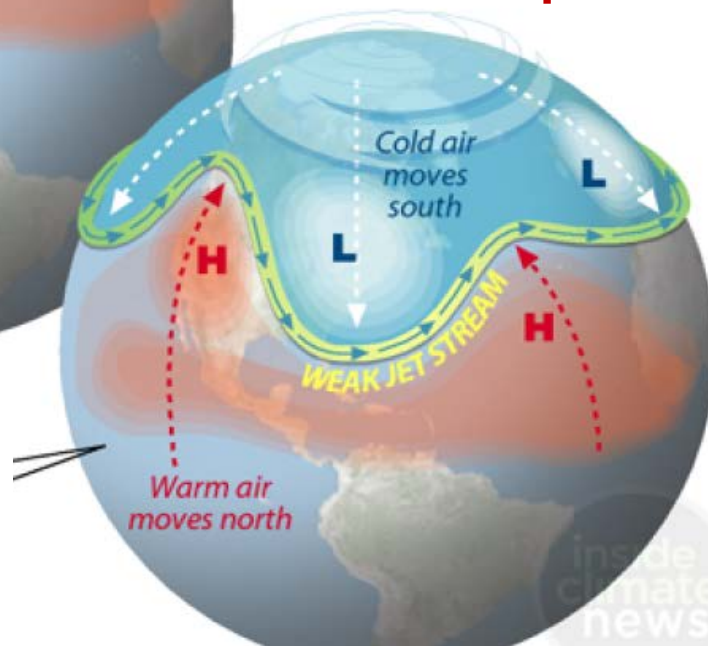
Холодная Арктика

Большая разница температур удерживает сильную круговую циркуляцию. Холодный воздух не покидает Арктику.



Ослабление и «шатание» круговой циркуляции. Движения воздуха в меридиональном направлении

Теплая Арктика



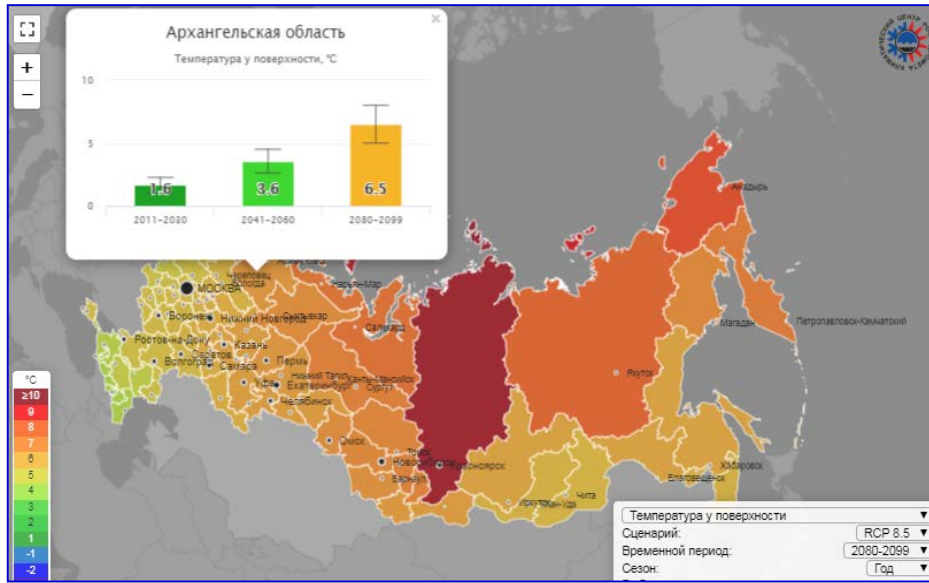
Пример прямой связи глобального потепления и большего числа аномальных температур.

Вторжения холодного воздуха с севера, а жаркого с юга

Эти эффекты будут оказывать влияние на жизнь сотен миллионов, а затем миллиардов людей; будут усиливать рост числа и силы опасных метеорологических явлений



Прогноз изменения температуры

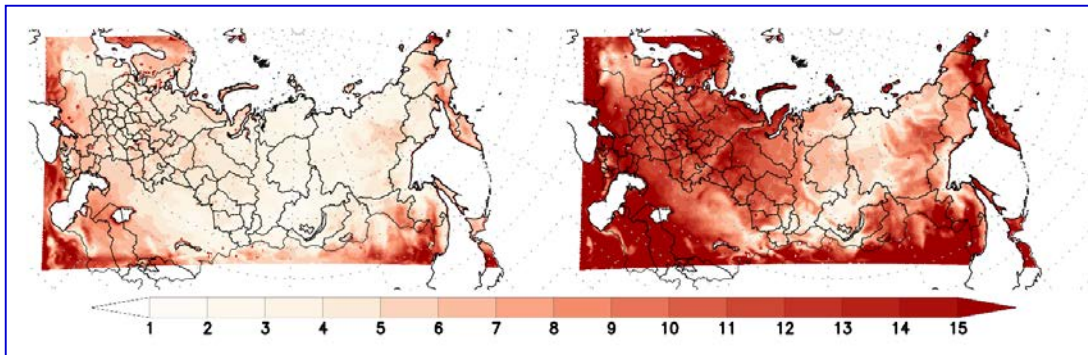


Климатический центр Росгидромета дает прогноз **изменения средних температур на год и по сезонам**; на три 20 летних периода: 2011-2031, 2041-2060 и 2080-2099 гг. от уровней 1981-2000 гг.; по сценариям RCP2.6, RCP4.5 и RCP8.5 (к 2100 г. глоб. потепление: ~1,5, ~2,5 и ~4,5°C).

Для каждого региона РФ и с указанием диапазона прогнозных значений.

Сильнее всего теплеет зима в Арктике (>10°C), меньше всего весна на юге ЕЧР

<http://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke>



Изменение длительности летних волн тепла в 2050-е и 2090-е годы от значений 1990-х, RCP8.5

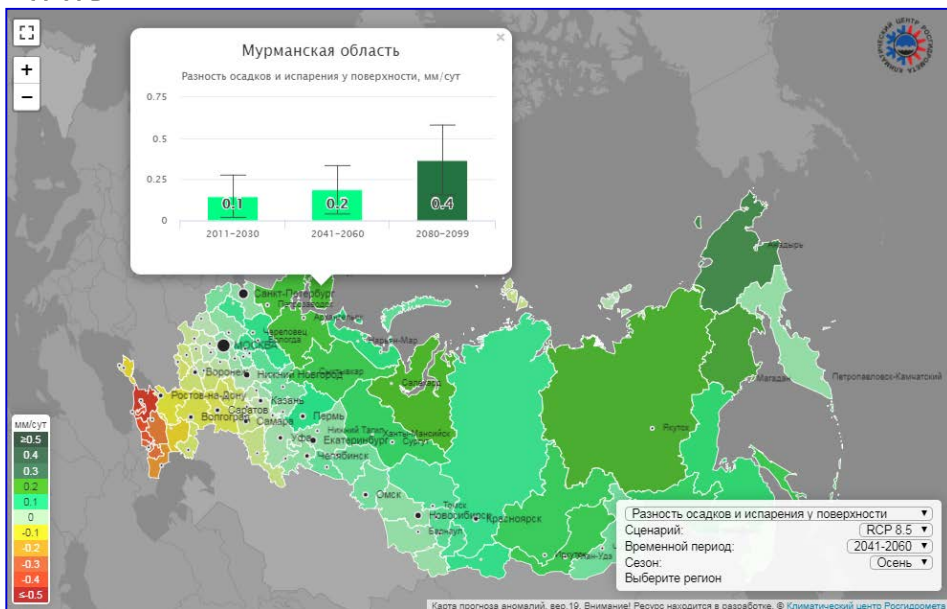
Во второй половине века волны жары кардинально усиливаются

Потепление и сокращение волн холода содействуют распространению болезней (в т.ч. их переносчиков, например, энцефалитных клещей)

Волны жары (>6 суток) - очень неблагоприятный фактор для здоровья людей



Прогноз изменения осадков



Климатический центр Росгидромета дает **прогноз изменения средних осадков (жидких, твердых, конвективных), испарения, их разницы**; на год и по сезонам; на три 20 летних периода: 2011-2031, 2041-2060 и 2080-2099 гг. от уровней 1981-2000 гг., по сценариям RCP2.6, RCP4.5 и RCP8.5 (к 2100 г. глоб. потепление: ~1,5, ~2,5 и ~4,5⁰C)

Для каждого региона РФ и с указанием диапазона прогнозных значений

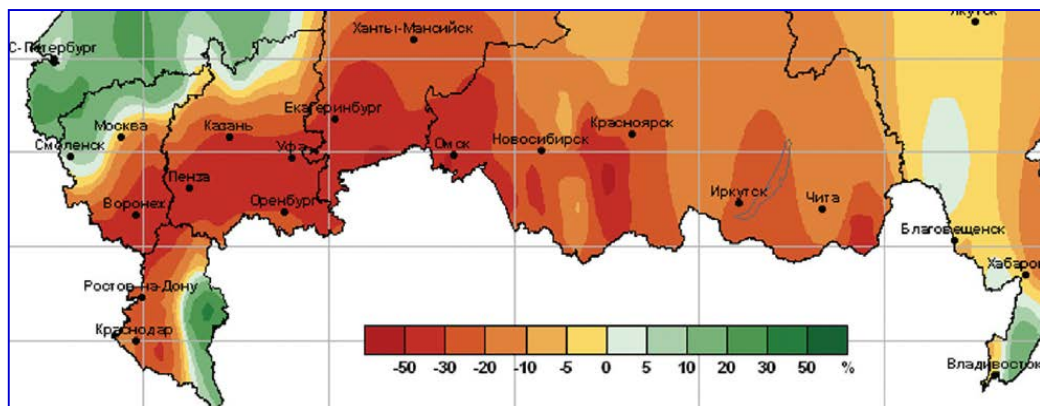
<http://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke>

В XXI в. осадки на территории России, в целом, будут возрастать, наиболее значительный рост - зимой. В начале XXI в. рост количества осадков мал, к середине века он усиливается, особенно в восточных и северных регионах. **С середины XXI века на юге ЕЧР все сильнее проявляется тенденция к снижению летних и осенних осадков, особенно разности осадков и испарения**

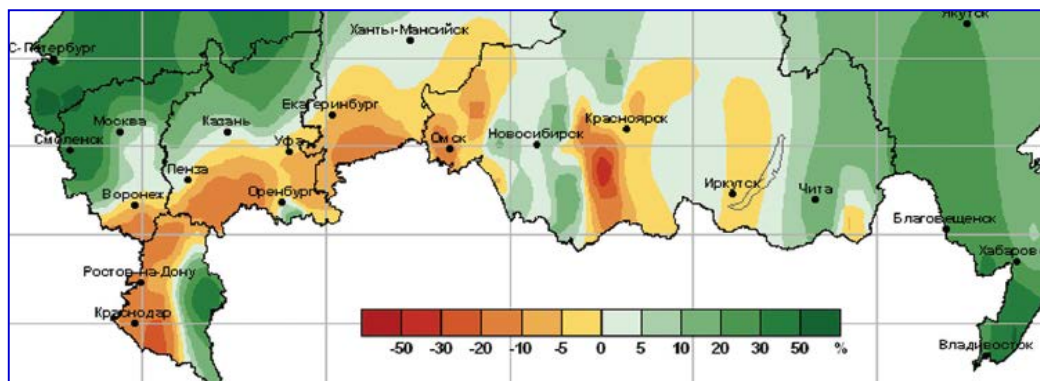
На протяжении XXI в. на территории России вероятно нарастание «резкости» выпадения осадков в виде отдельных ливней или снегопадов, рост количества сильных паводков и наводнений, штормовых ветров, колебаний погоды в виде череды холодных и теплых периодов

Изменение климатически обусловленной урожайности

Изменение продуктивности яровых зерновых культур (%) 2080-2099 гг. от 1981-2000 гг.



RCP8.5 (макс. глобальные выбросы): в основных сельскохозяйственных районах юга России снижение климатически обусловленной продуктивности на 30-60%



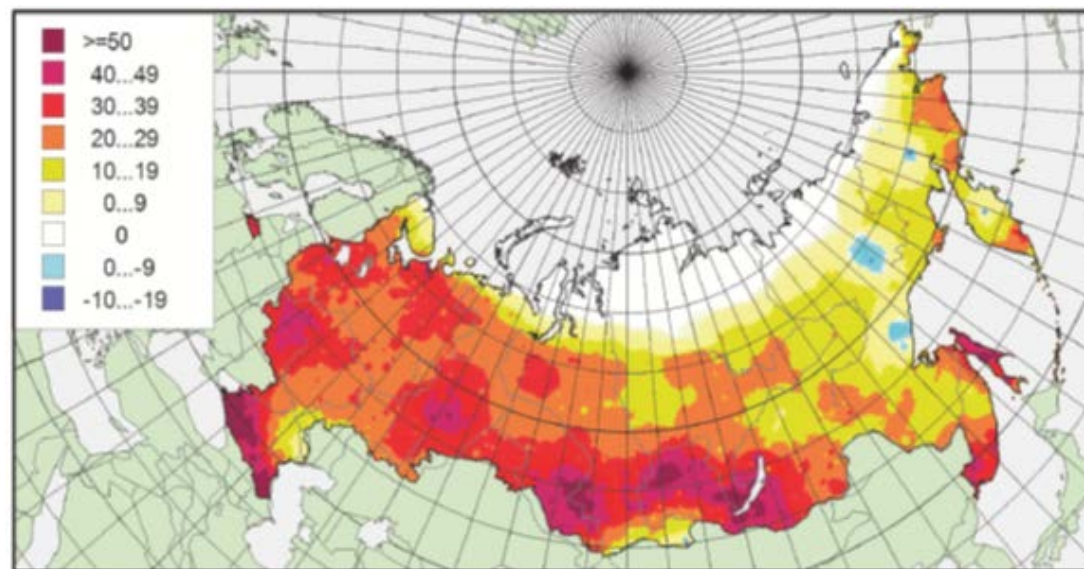
RCP4.5 (умеренные глобальные выбросы): гораздо меньшее снижение на юге России с ее ростом на Дальнем Востоке, в средней полосе и на Севере

Расчеты для средних климатических условий, без учета аномалий и более частых засух. Учтено позитивное влияние роста концентрации CO_2 , но не учтено влияние изменений климата на распространение вредителей и возбудителей болезней. Не учтена возможная смена культур и сортов

Источник: Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, Росгидромет, 2014

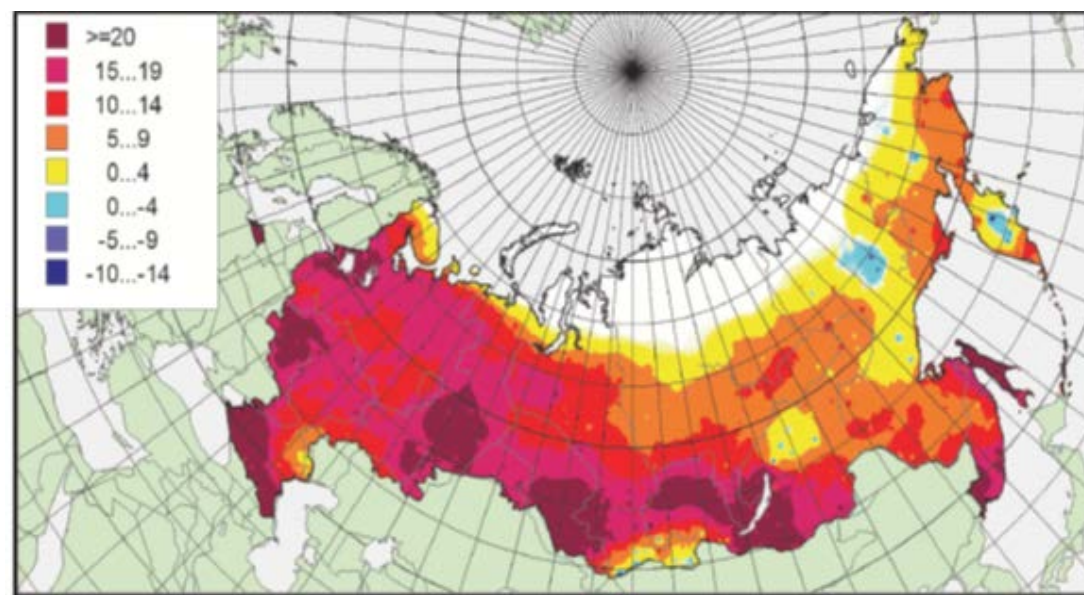
<http://www.meteorf.ru/product/climat/>

Изменение числа пожароопасных дней



Число пожароопасных дней (индекс Нестерова $G > 1000$) в мае–сентябре в 2080-2099 гг. по сравнению с 1981-2000 гг.

RCP8.5 (макс. глобальные выбросы): на больших лесных территориях рост среднегодового числа пожароопасных дней составит 20-30 и даже 30-40 дней.



RCP4.5 (умеренные глобальные выбросы): 10-15 и 15-20 дней, соответственно.

Источник: Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, Росгидромет, 2014

<http://www.meteorf.ru/product/climat/>



Широкий спектр глобальных проблем

Проблемы сильно обостряются при росте глобальной температуры более 1,5 – 2°C

- **Здоровье: волны жары, наводнения, «южные» болезни, дефицит чистой воды, ...**
- **Продовольствие: дефицит воды и плодородных земель, деградация пастбищ, вредители и болезни, ...**
- **Природа: изменения экосистем, инвазивные виды, ...**
- **Огромная разницу в ущербе от изменений климата для крупнейших стран (развитых и развивающихся) и для слабых и наиболее уязвимых малых стран.**
- **Кризис дефицита воды и продовольствия в XXI веке грозит беднейшей трети населения Земли**

Детали см.:

IPCC, 2019. Special Report on Ocean and Cryosphere

IPCC, 2019. Special Report on Climate Change and Land

IPCC, 2018. Special Report on Global Warming on 1.5°C

IPCC, 2013-2014. Fifth Assessment Report (AR5)

Новое подведение «итогов» и уточнение прогнозов

IPCC, 2021-2022. AR6 Assessment Report

Третий оценочный доклад РФ, 2022



Спасибо за внимание!

Презентации и материалы WWF России по проблеме изменения климата и Парижскому соглашению ООН

Интерактивные уроки для школьников

- ☐ **«Лес и климат»,**
- ☐ **«Изменение климата в России»**

<http://new.wwf.ru/what-we-do/climate-and-energy/>

Там же будут доступны к концу 2020 г.:

- ☐ **«пакеты» лекций для учебных заведений,**
- ☐ **on-line интернет курсы по проблеме изменения климата**