

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



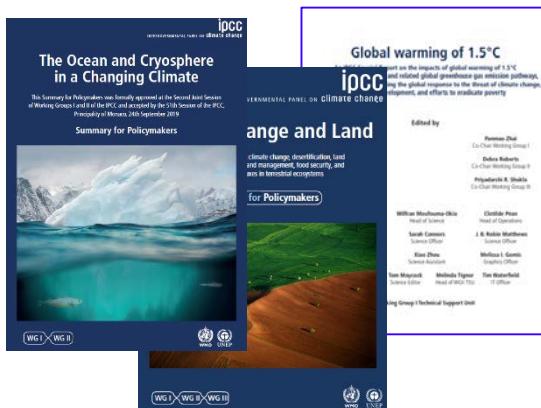
Международная и российская линейки основополагающих научных докладов

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/>

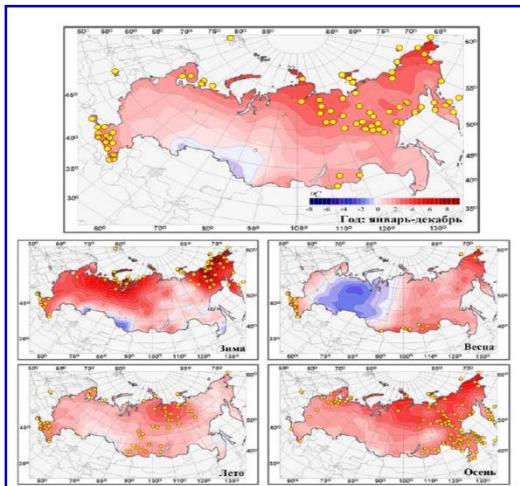


Третий доклад РФ выйдет в 2022 г.

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

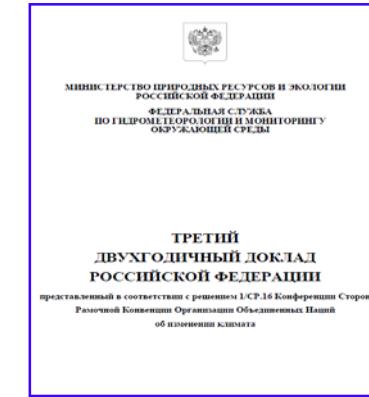
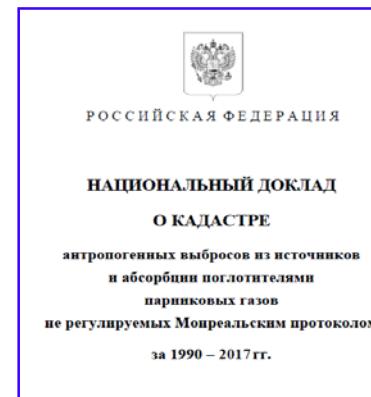
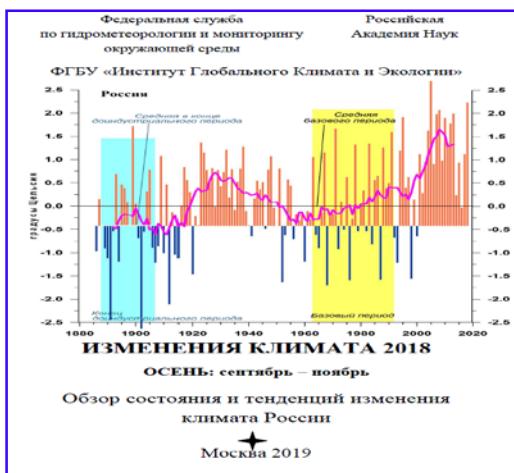
Ежегодные климатические доклады Росгидромета

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/>

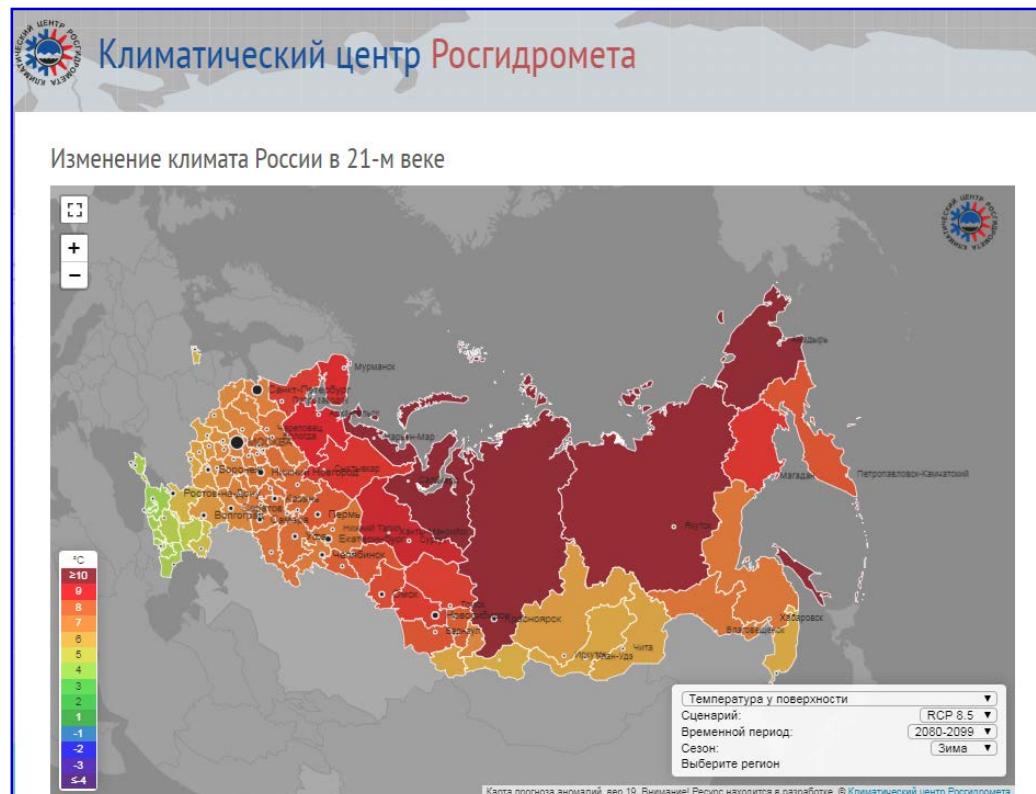


Специальный сайт Росгидромета
для широкой аудитории
www.global-climate-change.ru

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>





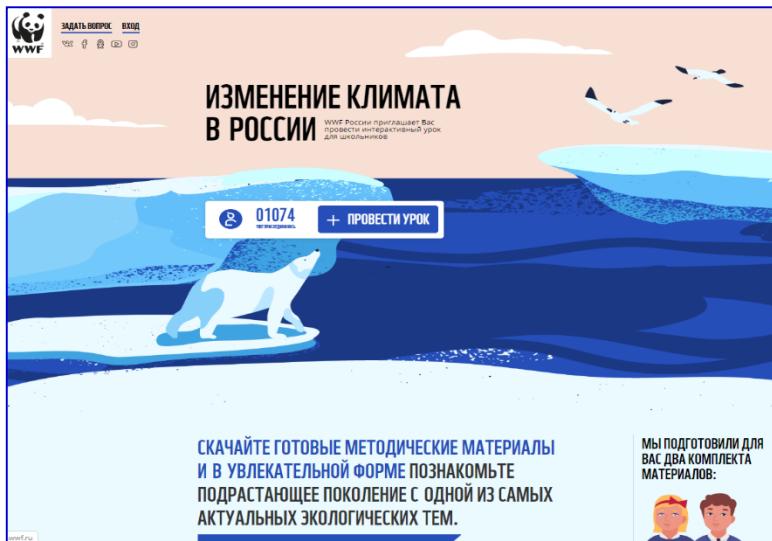
«Повышение уровня знаний молодежи по проблеме изменения климата»

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

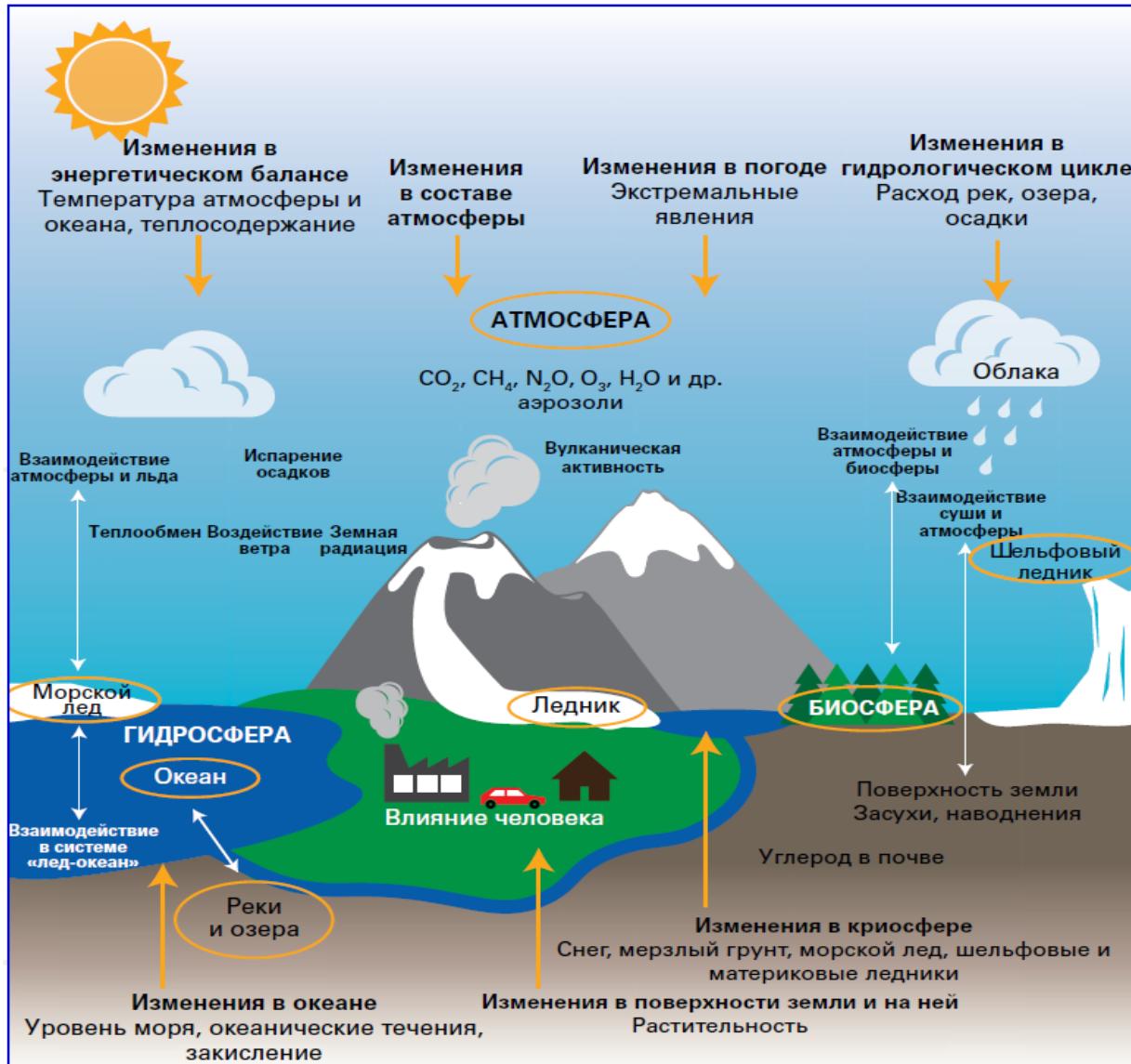


- Подробный сценарий занятия
- Анимированная презентация
- Карточки для игровых заданий
- Памятка с полезными советами
- Методический гид и видеоИнструкция по проведению урока.

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?explnum_id=5797

Радиационный баланс и парниковый эффект

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

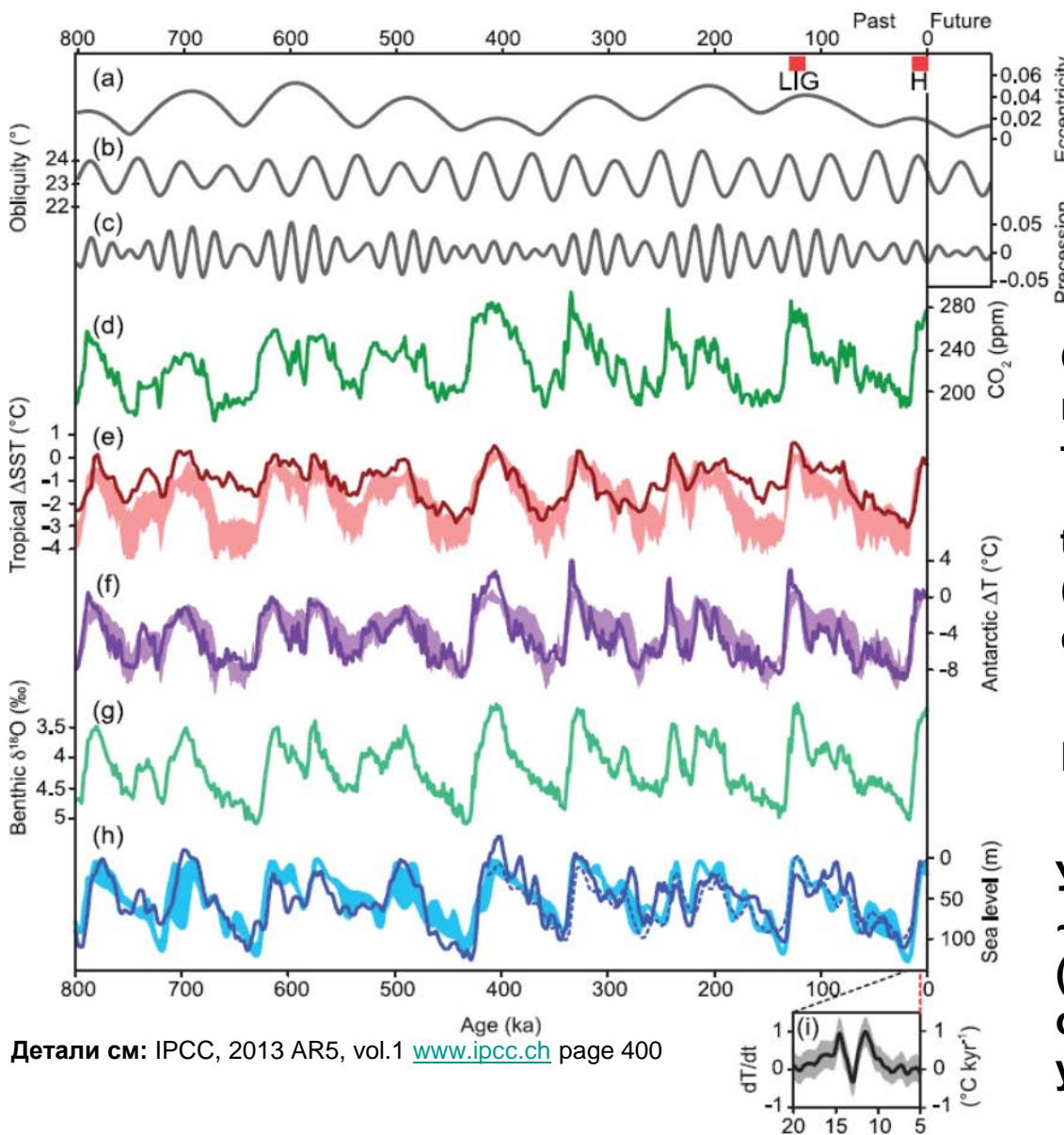
Масштаб $>10^0\text{C}$

Без парникового эффекта температура приземного слоя воздуха была бы -19^0C , а с ним примерно $+13,5^0\text{C}$ (1850-1900 гг.).

Сейчас антропогенное усиление эффекта превысило 1^0C



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 ($t^{\circ}\text{C}$)

$t^{\circ}\text{C}$ тропики и Антарктика
(отклонение от
современных значений)

Индикатор минимума льдов

Уровень моря, следует за $t^{\circ}\text{C}$ -
 $\sim 25 \text{м}/^{\circ}\text{C}$
(при потеплении XXI-XXII веков
обратный эффект повышения
уровня в 20-50 раз слабее)

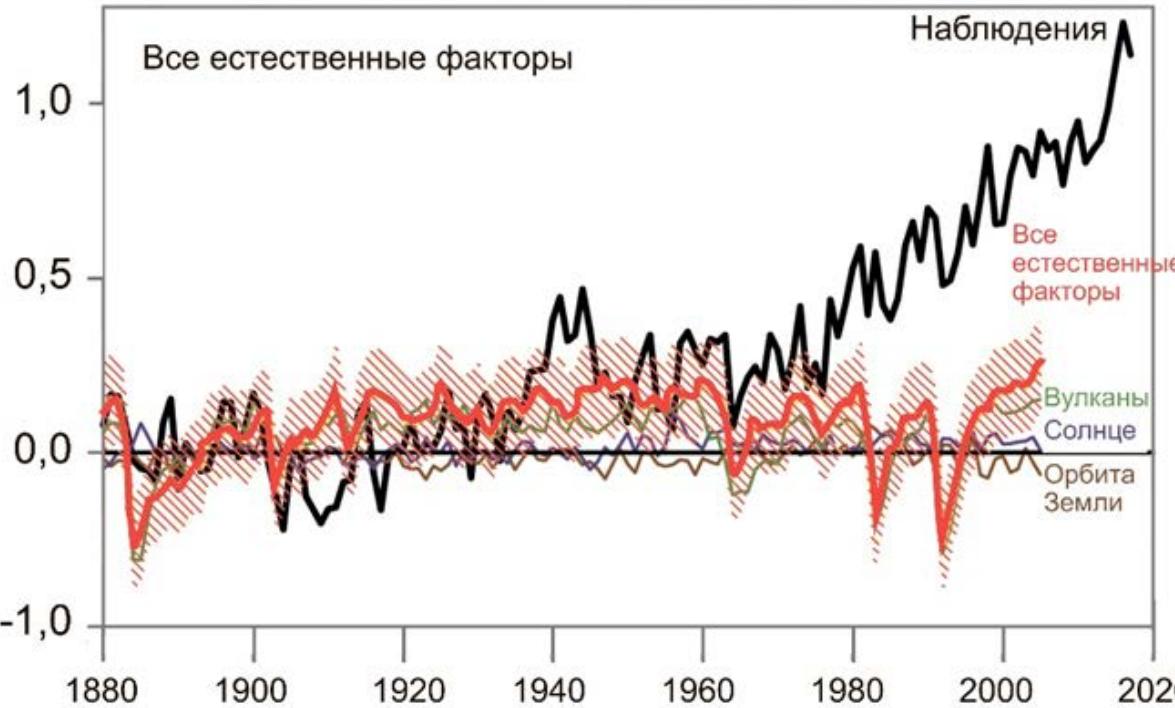
Изменения температуры Северного полушария за последние 1700 лет



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

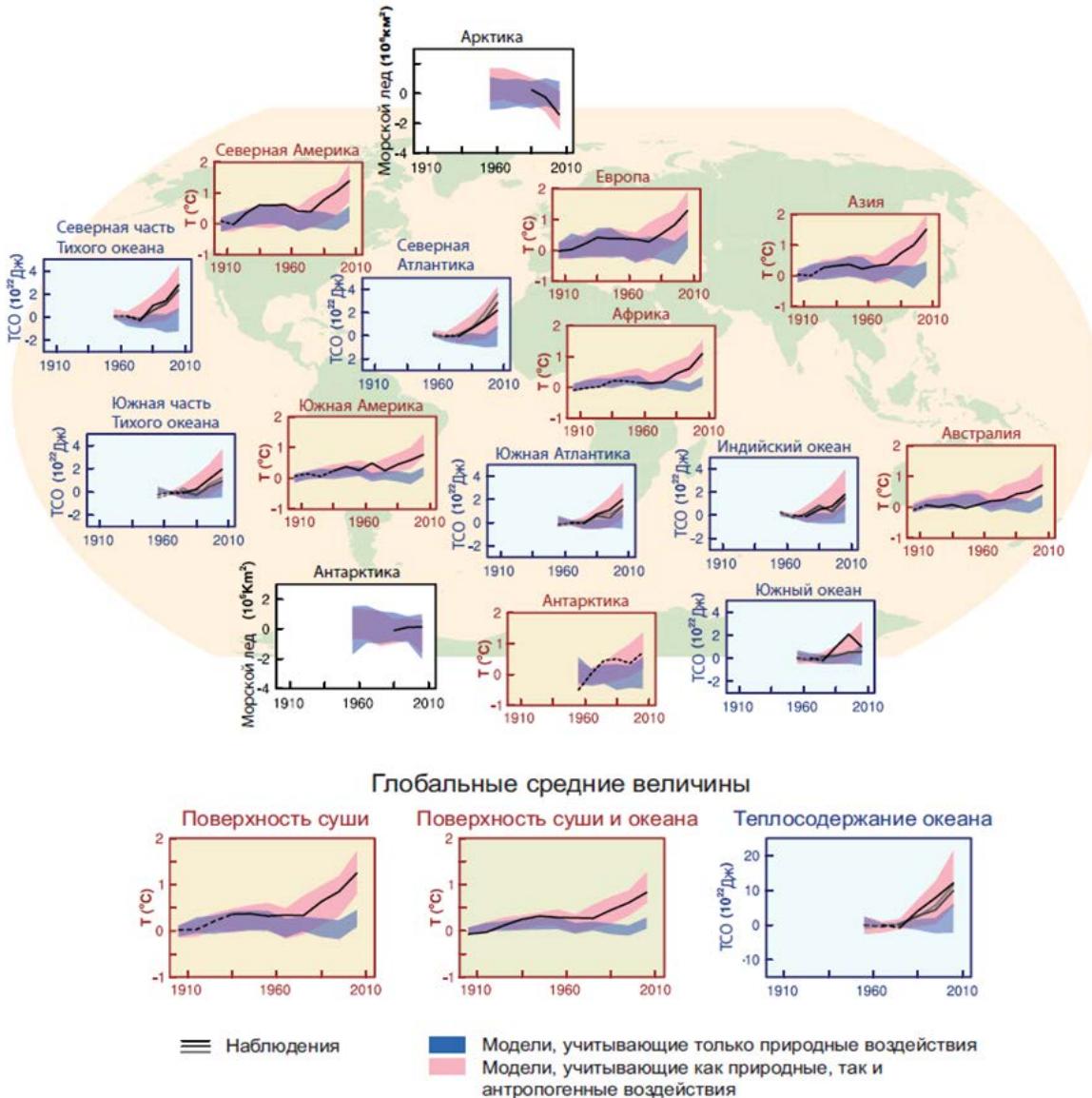
область – диапазон
неопределенности.

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



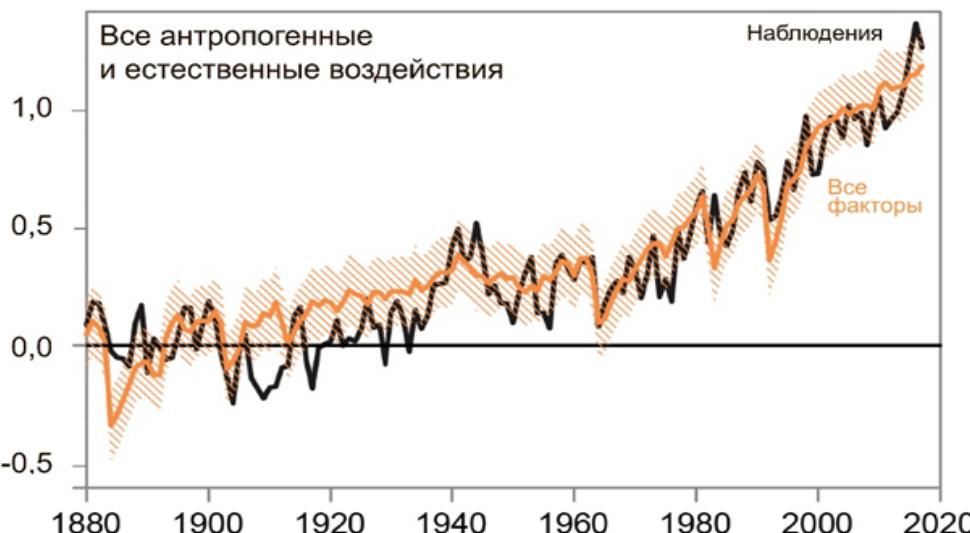
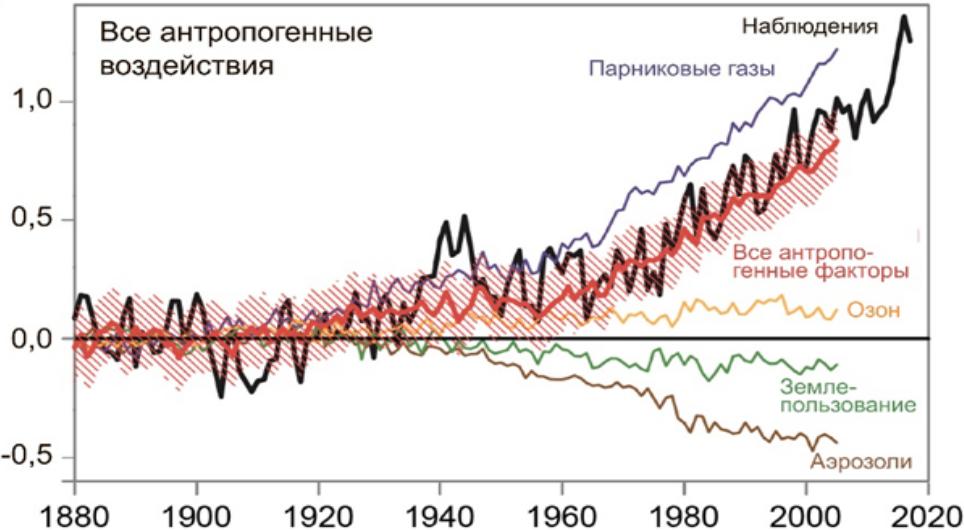
Одновременные изменения теплосодержания вод, температуры воздуха, и площади морского льда.

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 ($^{\circ}\text{C}$)

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/>



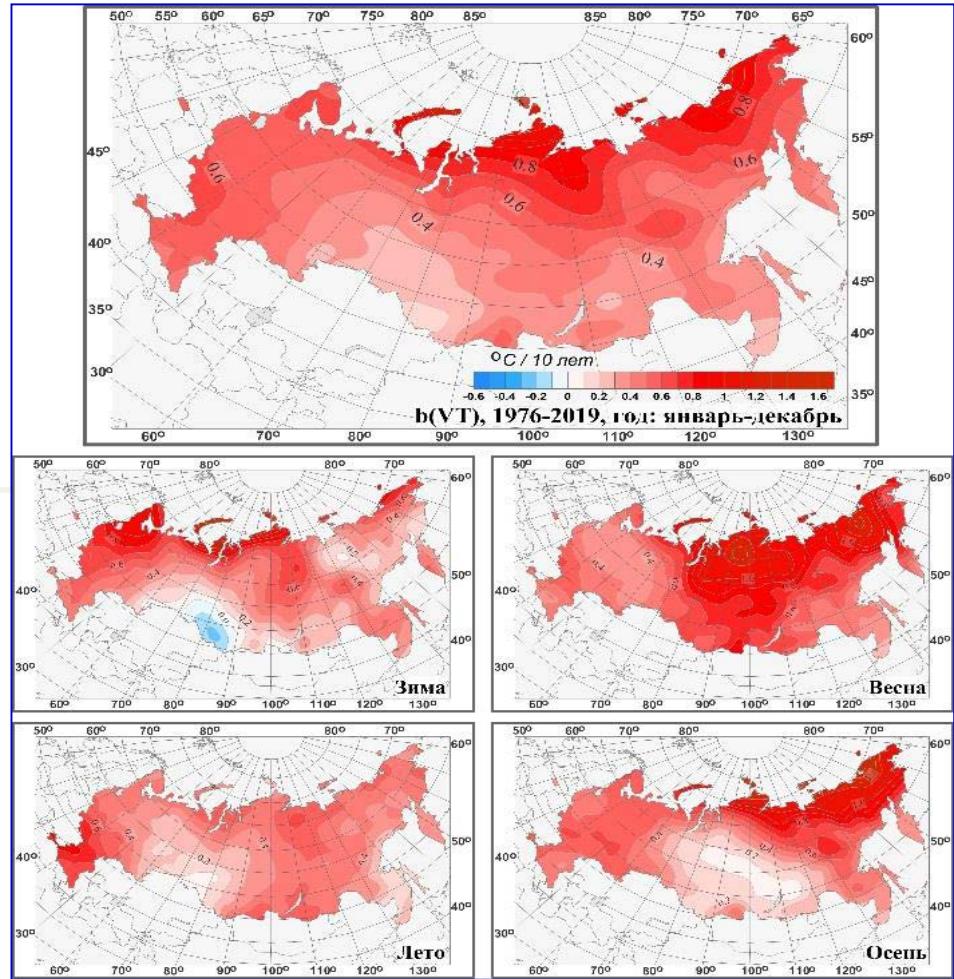
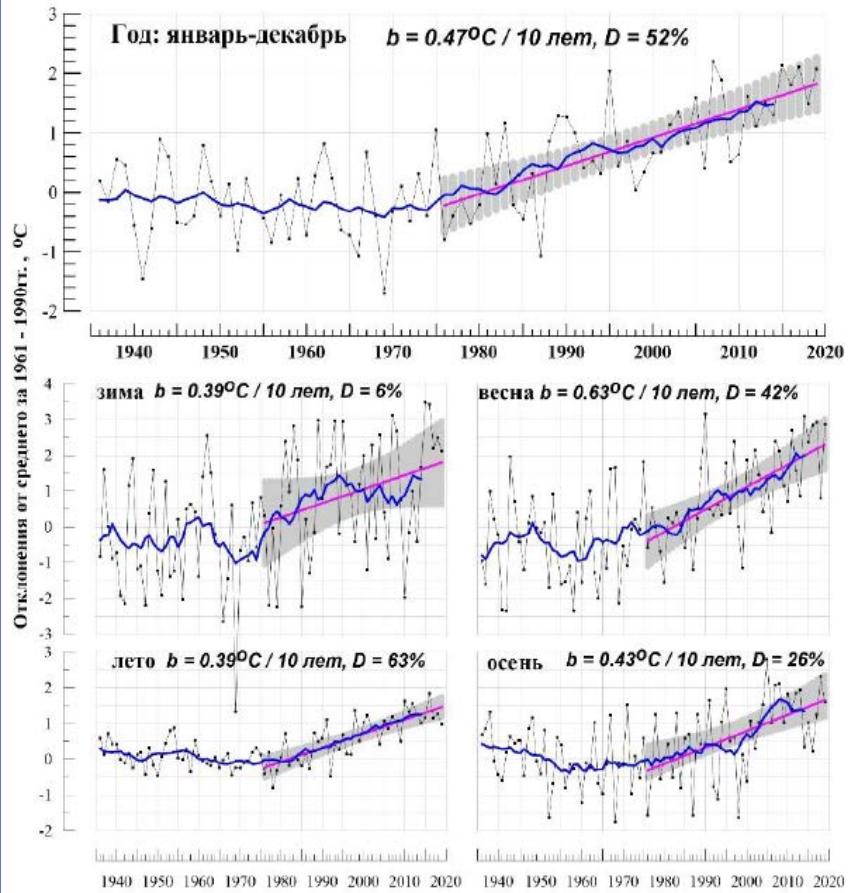
Разные временные масштабы – разные главные факторы изменений



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

Источник: USGCRP, 2017: Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment

Российские климатические тренды последних десятилетий: температура

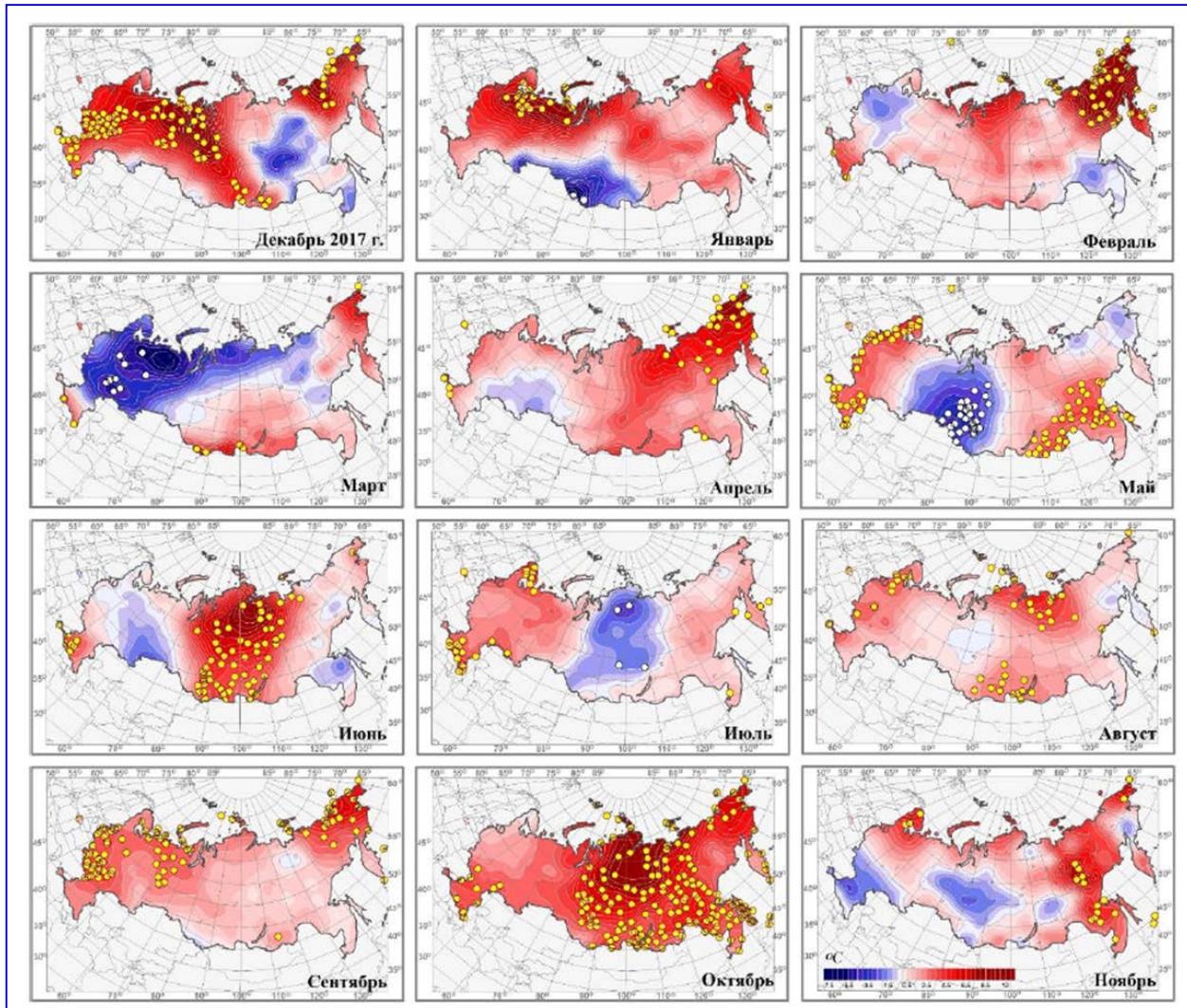


В целом в России теплеют все сезоны, за >40 лет $>2^{\circ}\text{C}$. Эффект больше межгодовой изменчивости (кроме зимы).

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.)

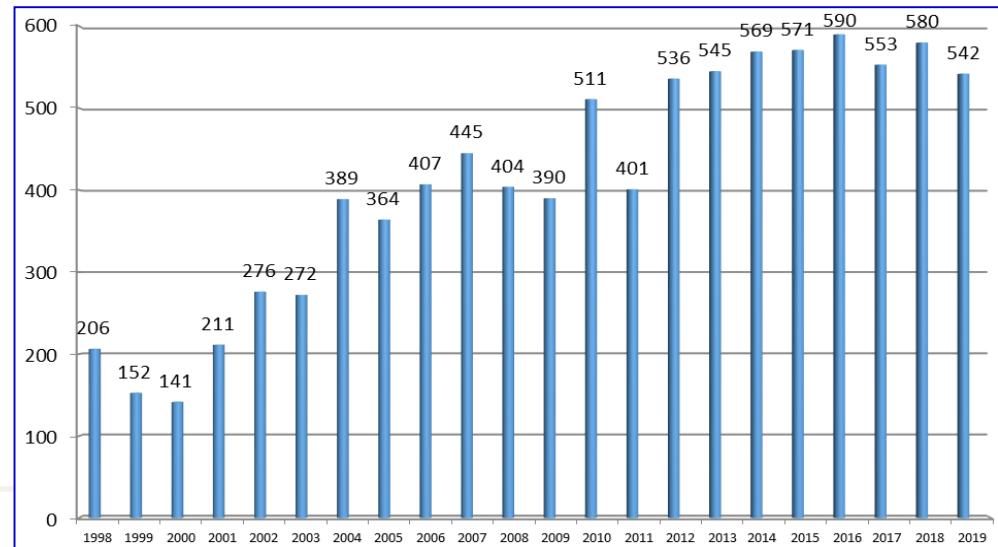
Белые точки – холод (ниже 5% процентиля), желтые – тепло (выше 95% процентиля) от 1961-1990 гг.

Размах колебаний достигает 20°С.

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

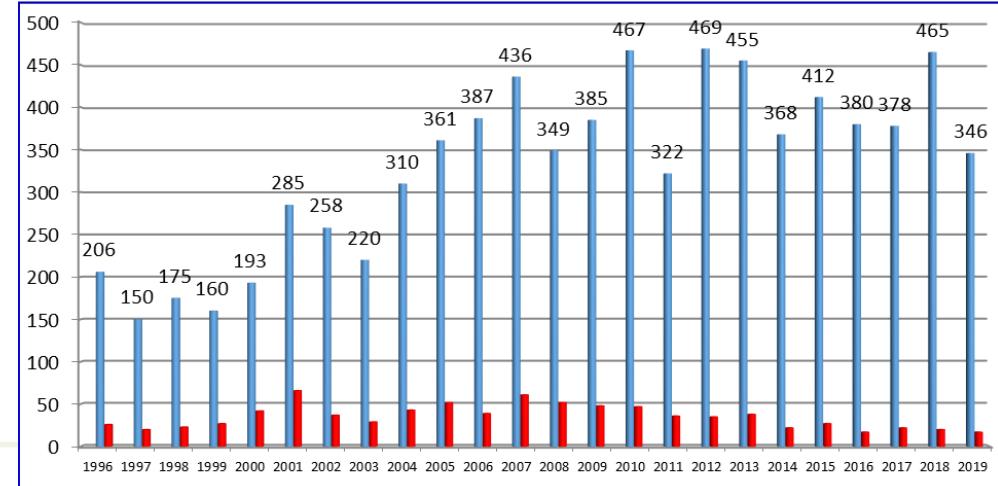
В СЗФО в 2019 г. нанесли ущерб 17

Сильный ветер, метели – 6

Дождевые паводки – 3

Сильные осадки - 2

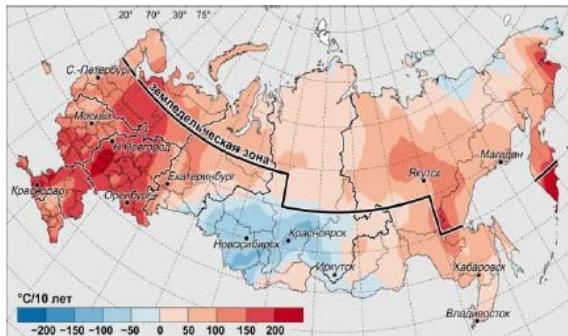
Чрезвычайная пожарная опасность – 1



Источник: Доклады об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 г. – Москва: Росгидромет, - 2020.

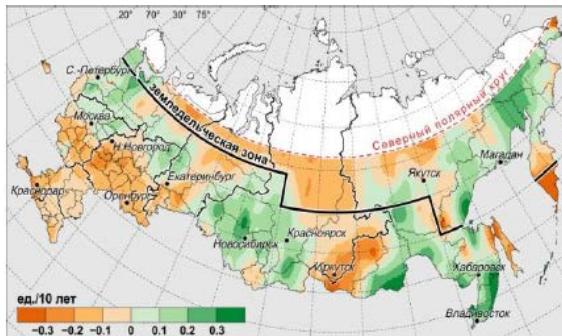
<http://www.meteorf.ru/product/climat/>

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



Изменения суммы температур выше 10⁰С (°С/10 лет) в 1999–2018

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



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

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

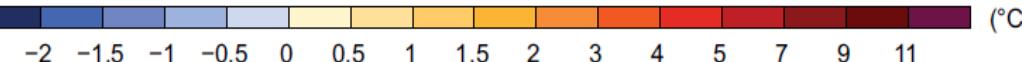
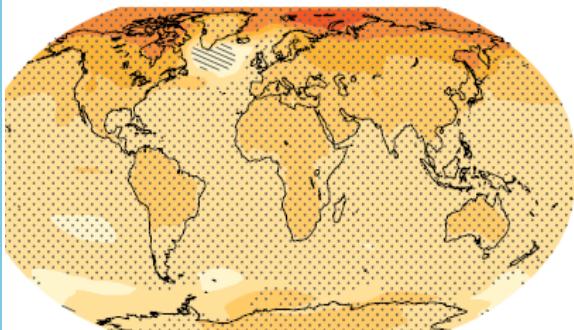
- Проникновение «южных» видов, переносчиков болезней, вредителей леса и др.
- Расширение ареала обитания клещей
- Проблемы для людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями
- Рост числа дней с высокой горимостью лесов (индекс Нестерова)
- Воздействие на виды и экосистемы (белый медведь, северный олень,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

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

Прогноз изменения температуры и осадков на конец XXI века

РТК2.6

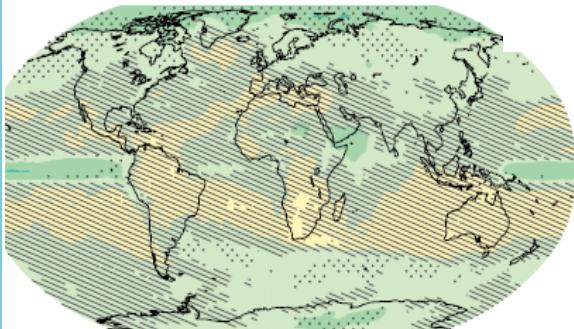
Изменение средней приземной температуры (1986–2005 гг. – 2081–2100 гг.)



РТК8.5

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

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



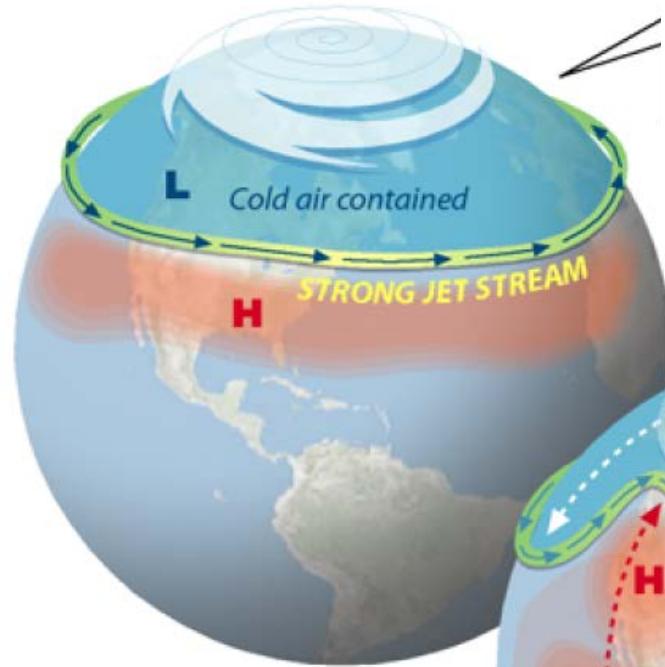
Сильная зависимость от сценария антропогенных выбросов парниковых газов

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

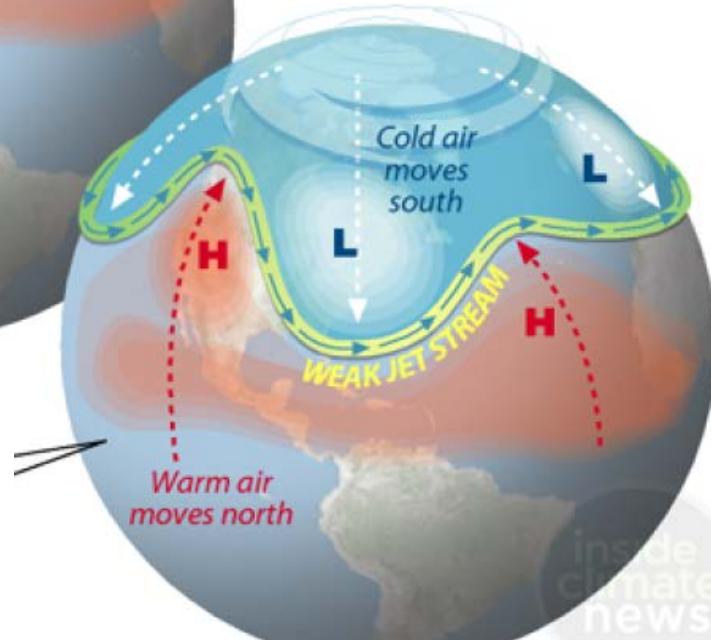
Более теплая Арктика обуславливает вторжения воздуха с севера и с юга

Холодная Арктика



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

Теплая Арктика



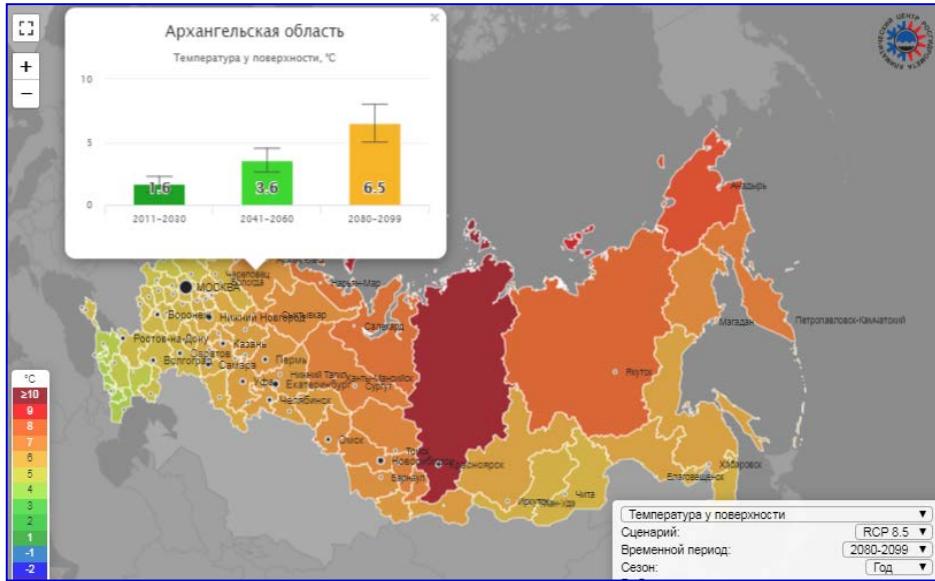
Ослабление и «шатание» круговой циркуляции.
Движения воздуха в меридиональном направлении

Пример прямой связи глобального потепления и большего числа аномальных температур.

Вторжения холодного воздуха с севера, а жаркого с юга

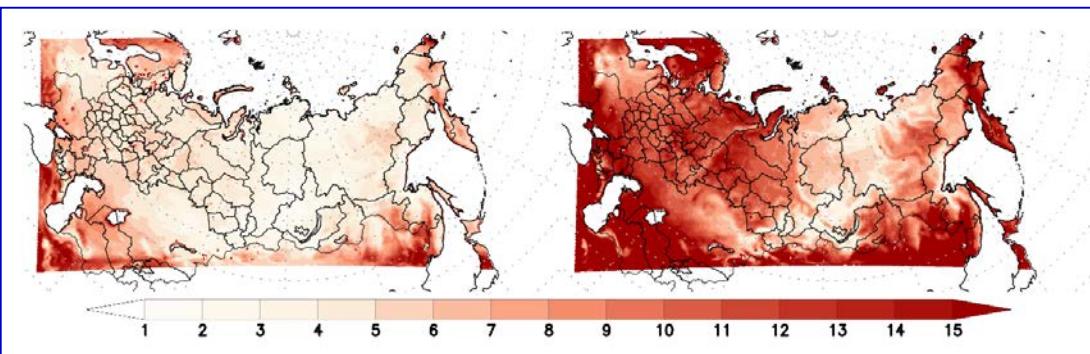
Эти эффекты будут оказывать влияние на жизнь сотен миллионов, а затем миллиардов людей; будут усиливать рост числа и силы опасных метеорологических явлений

Прогноз изменения температуры



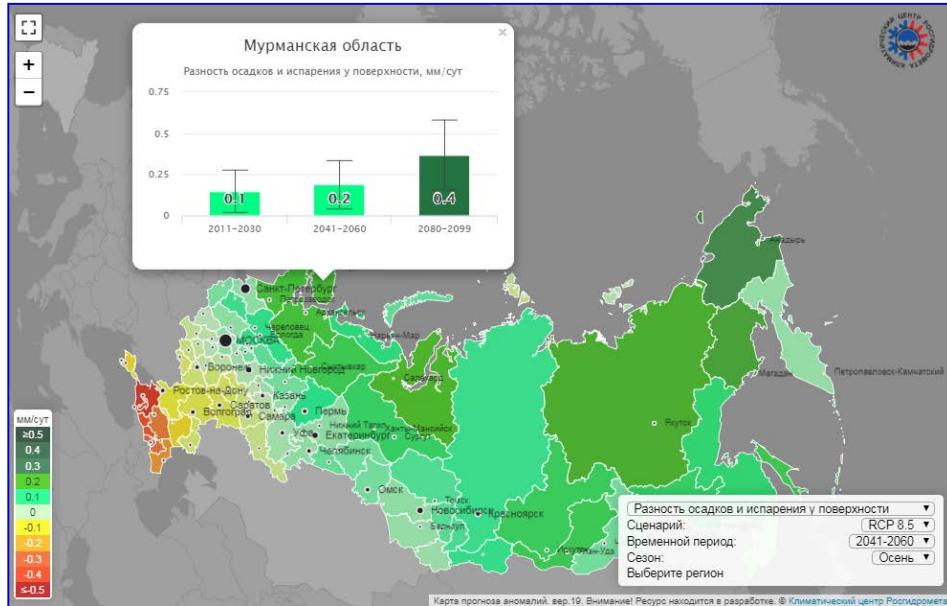
Климатический центр Росгидромета дает прогноз **изменения средних температур на год и по сезонам**; на три 20 летних периода: 2011-2031, 2041-2060 и 2080-2099 гг. от уровня 1981-2000 гг.; по сценариям RCP2.6, RCP4.5 и RCP8.5 (к 2100 г. глоб. потепление: ~1,5, ~2,5 и ~4,5°C). Для каждого региона РФ и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



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 ~4,5°C)

Для каждого региона РФ и с указанием диапазона прогнозных значений

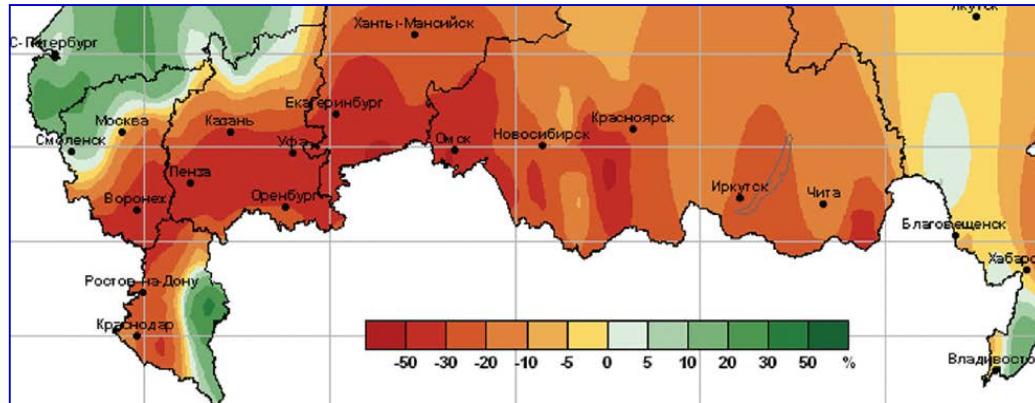
<http://cc.voeikovmgo.ru/ru/klimat/izmenenie-klimata-rossii-v-21-veke>

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

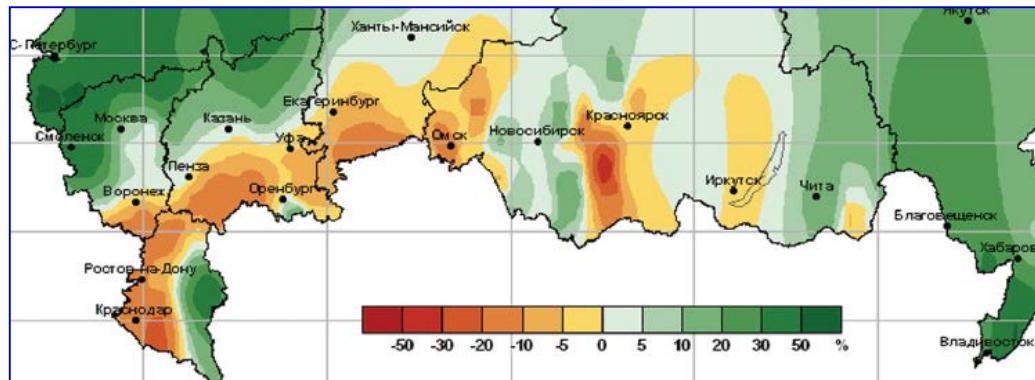
На протяжении XXI в. на территории России вероятно нарастание «резкости» выпадения осадков в виде отдельных ливней или снегопадов, рост количества сильных паводков и наводнений, штормовых ветров, колебаний погоды в виде череды холодных и теплых периодов

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%

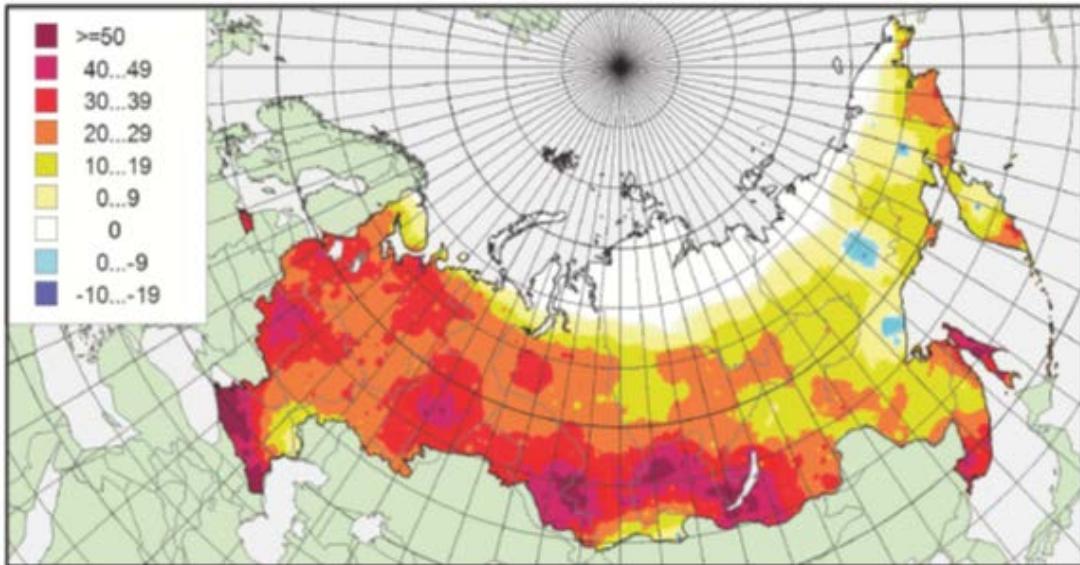


RCP4.5 (умеренные глобальные выбросы): гораздо меньшее снижение на юге России с ее ростом на Дальнем Востоке, в средней полосе и на Севере

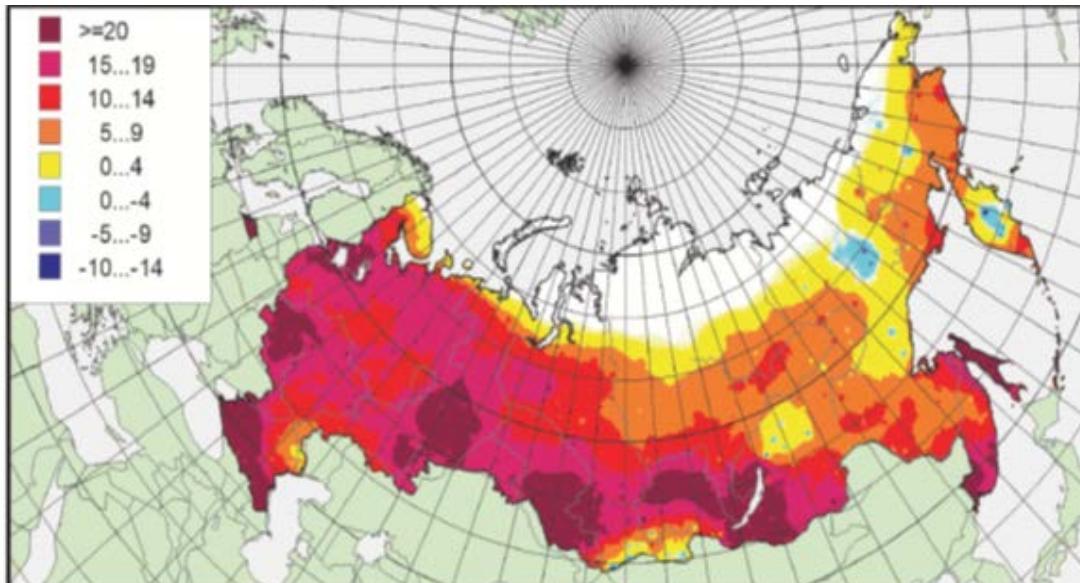
Расчеты для средних климатических условий, без учета аномалий и более частых засух. Учтено позитивное влияние роста концентрации CO₂, но не учтено влияние изменений климата на распространение вредителей и возбудителей болезней. Не учтена возможная смена культур и сортов

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 – 2⁰C

- 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 1.5⁰C

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