



**РОСГИДРОМЕТ**



*Российская Академия Наук*

**Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН**

**Институт географии РАН**

# **СОВРЕМЕННЫЕ ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА: РОССИЙСКИЙ АСПЕКТ**

***С.М. Семенов***

**Общероссийская климатическая неделя,**

**Круглый стол «Проблемы глобального климата – значимость для России»**

**24 мая 2017 г., Москва**

**В этом сообщении использованы данные и материалы из следующих источников:**

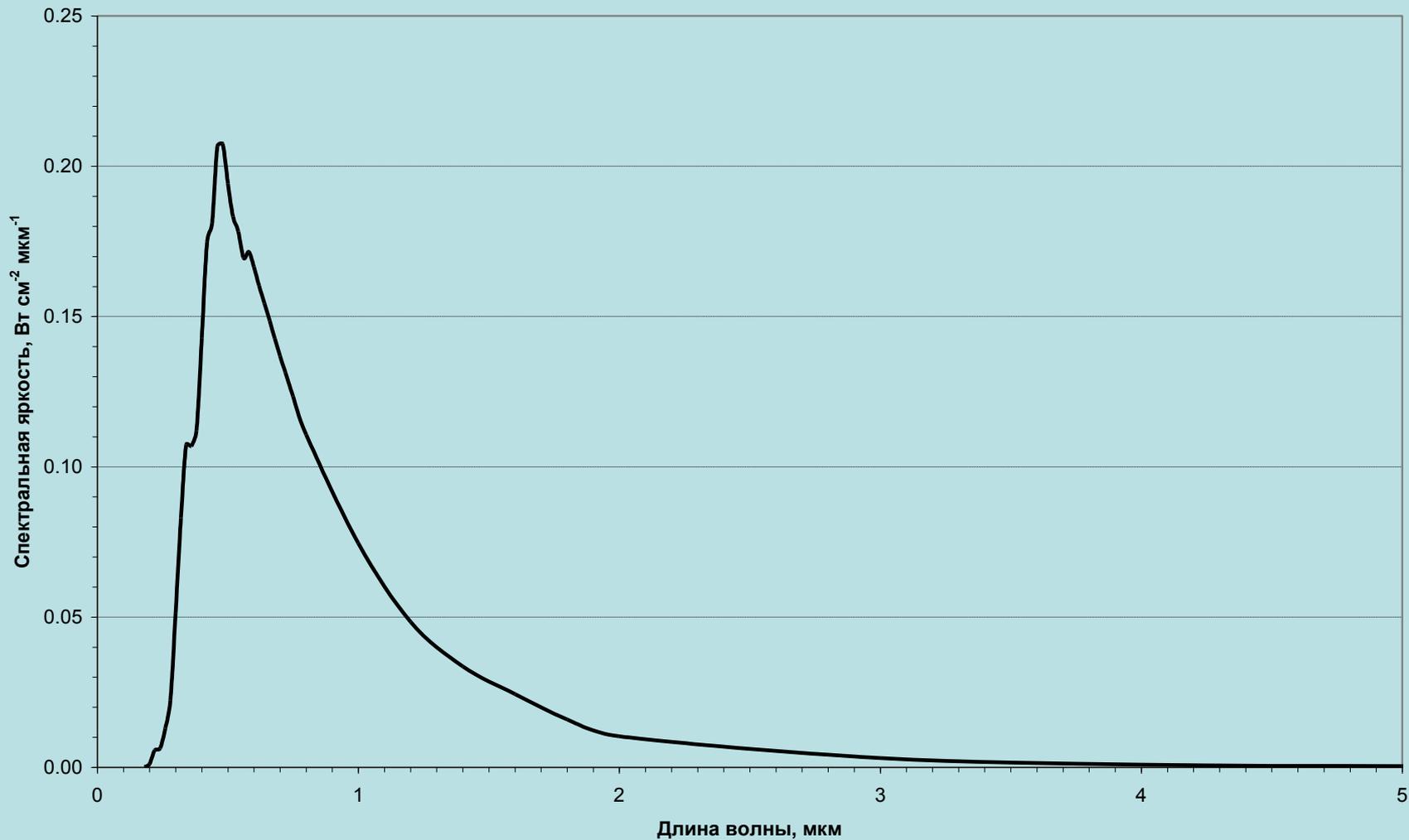
- **Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК);**
- **Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации;**
- **Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год (Росгидромет);**
- **результаты других публикаций Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН.**

**Климат – средние параметры погоды и показатели ее изменчивости за продолжительный период времени (1 - 2 - 3 десятилетия).**

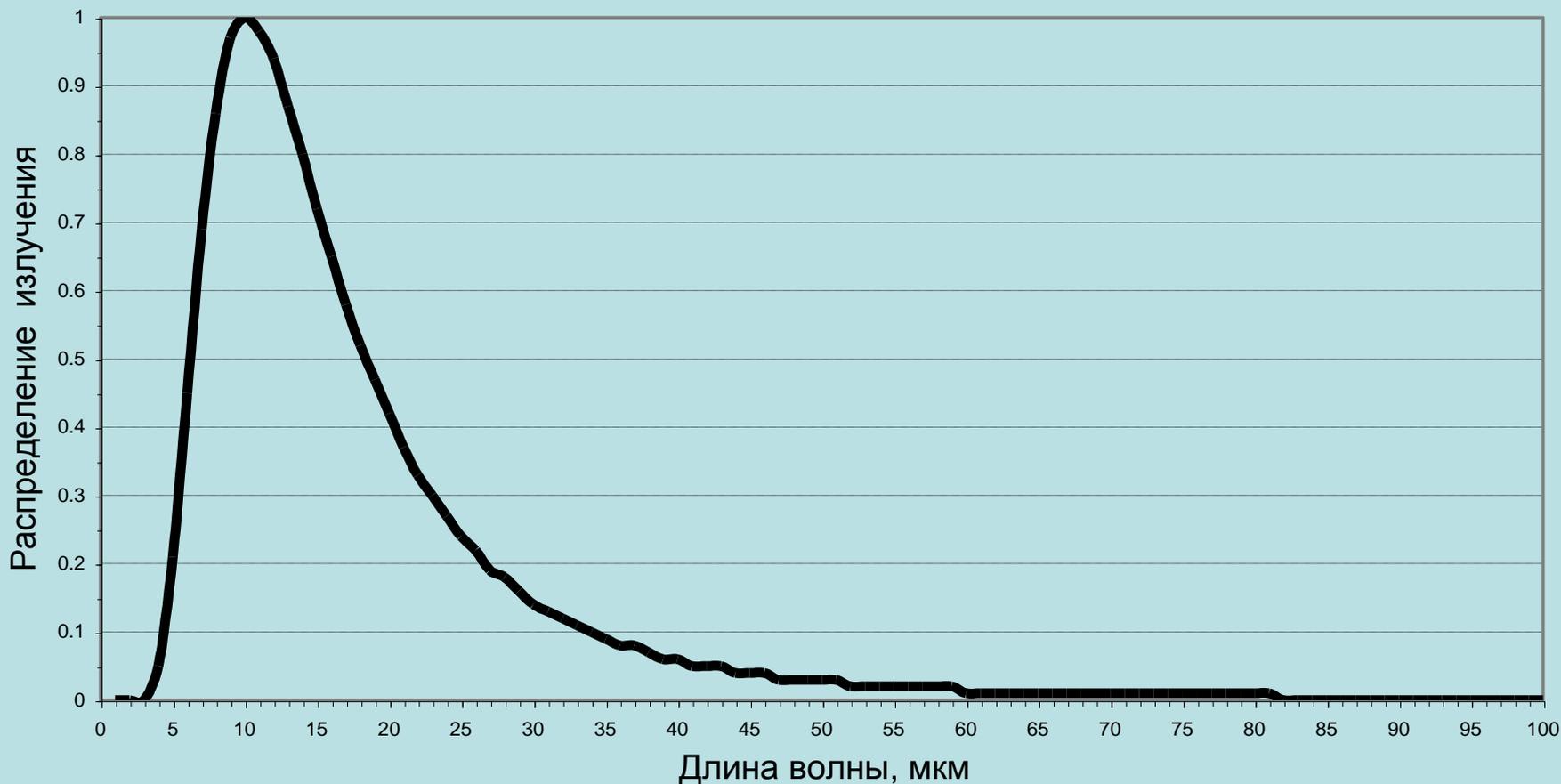
**Климат формируется в ходе взаимодействия различных элементов климатической системы Земли – «машины», порождающей климат.**

**Она состоит из атмосферы, гидросферы (включая криосферу), биосферы, педосферы (почвогрунты).**

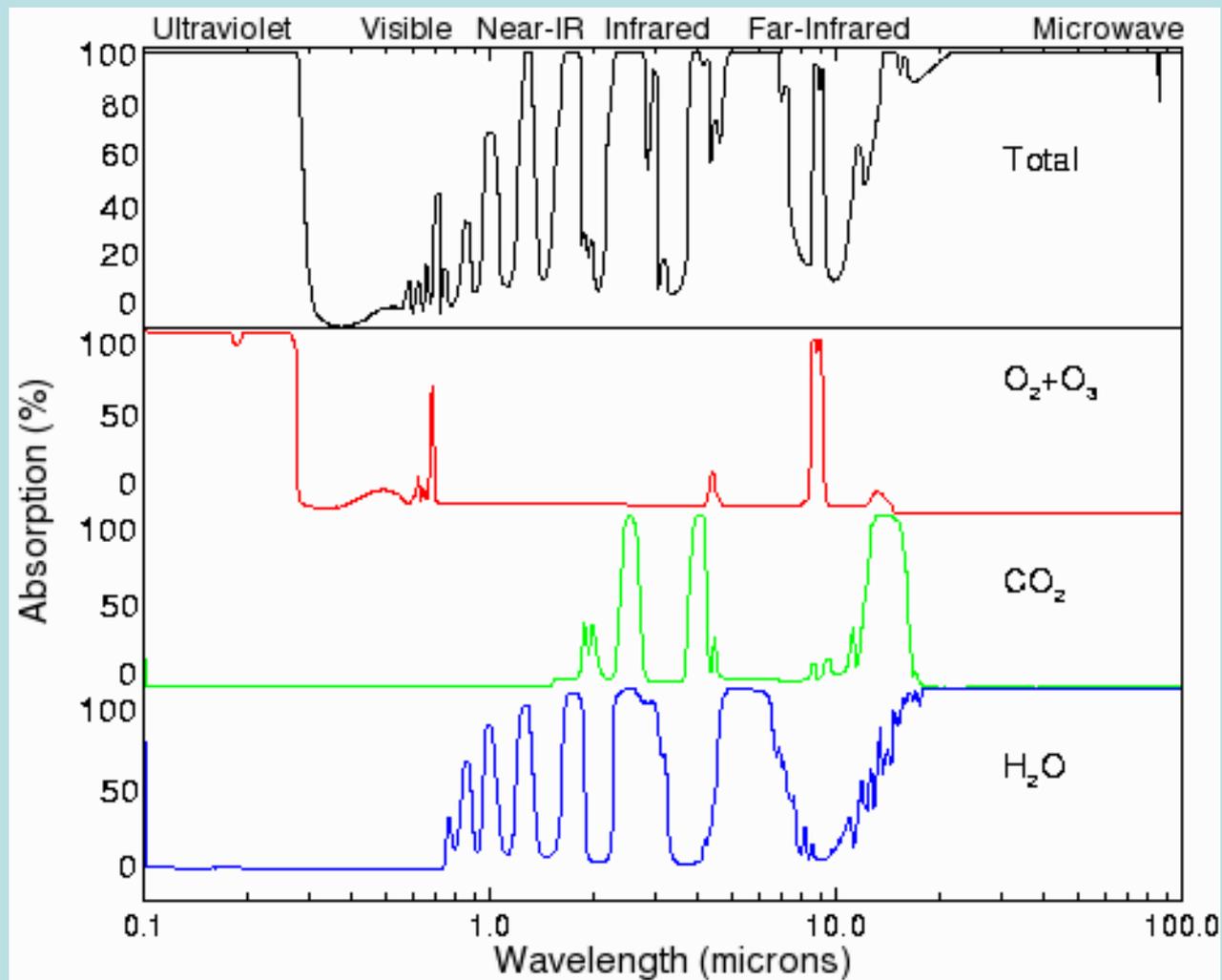
**Между ними есть потоки вещества и энергии, причем основной первичный источник энергии - Солнце.**



**Распределение потока солнечного излучения (спектральная яркость), на верхней границе атмосферы, по длине волны (Матвеев, 2002, с. 133); близко к распределению излучения черного тела при температуре около 5800 К.**



**Распределение излучения земной поверхности (абсолютно черного тела по длинам волн при температуре поверхности 288.15 К) в долях максимальной спектральной плотности**

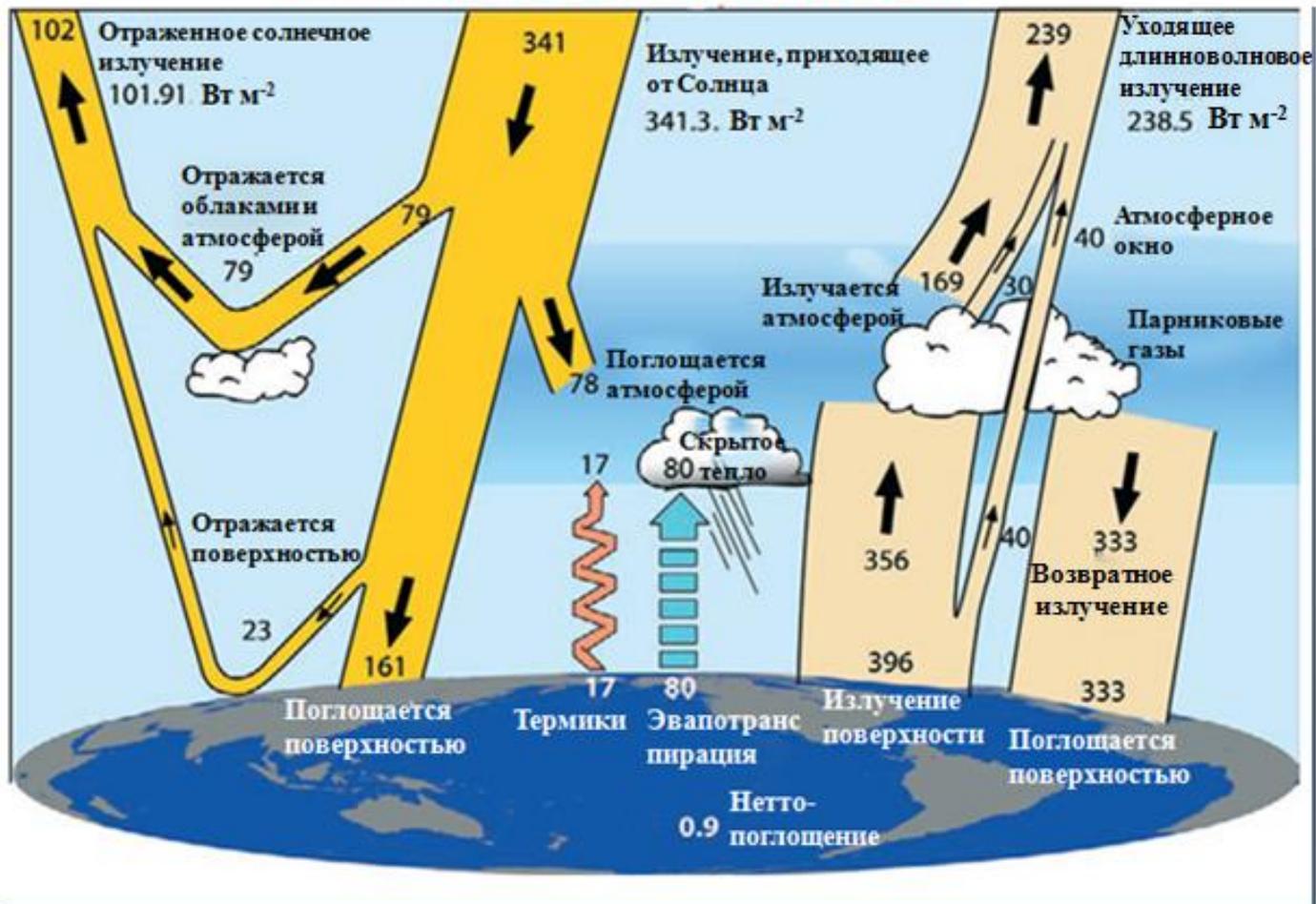


## Поглощательная способность атмосферы в целом

Science Notes. March 17, 2003

T.J.Nelson  
tjnelson@brneurosci.org

## Глобальные потоки энергии, Вт м<sup>-2</sup>



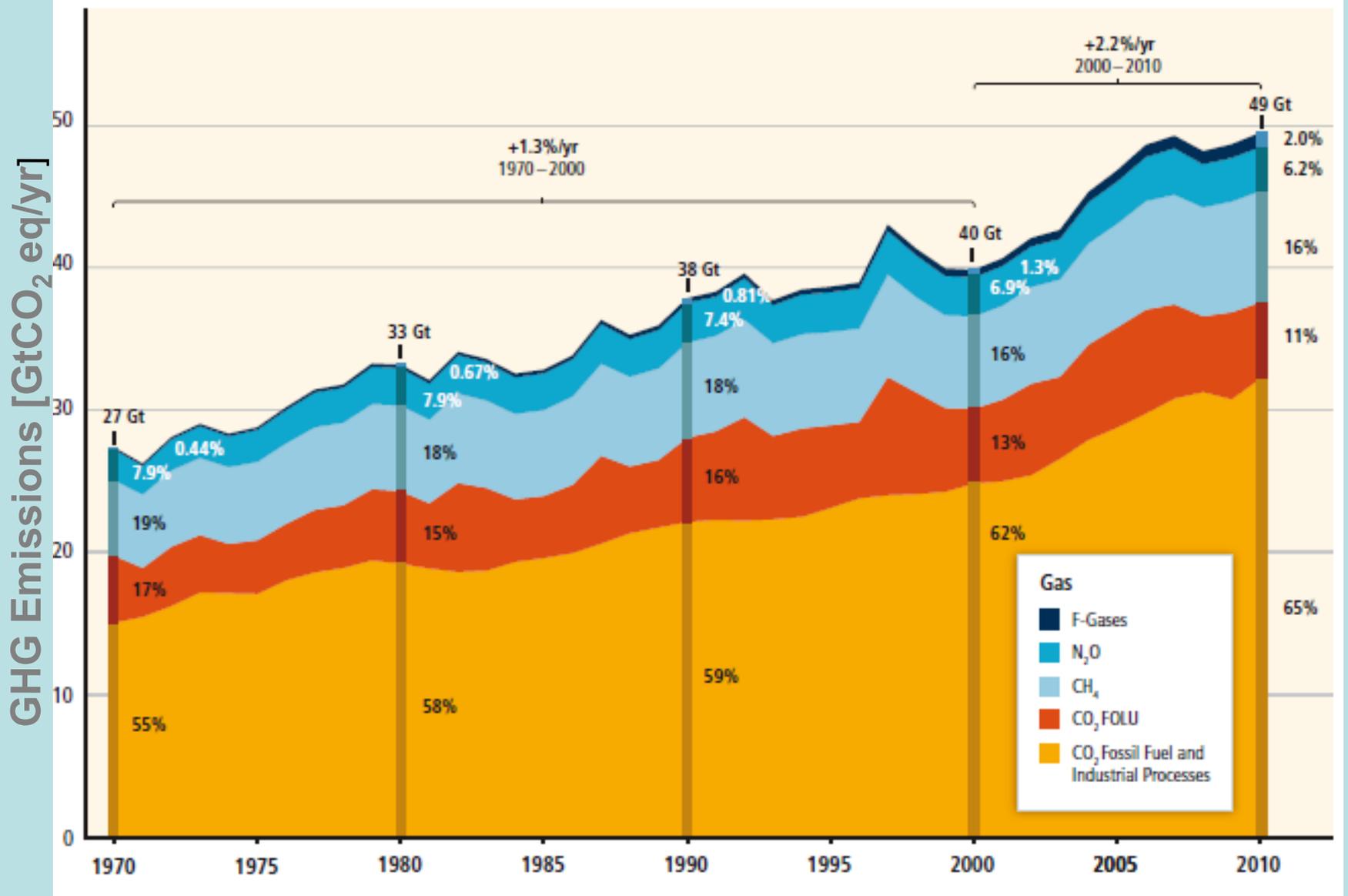
Потоки энергии ( $\text{Вт м}^{-2}$ ) в системе «атмосфера + земная поверхность».  
Trenberth K. E., Fasullo J. T., Kiehl J. 2009. Earth's global energy budget. Bulletin of American Meteorological Society, p. 311-323.

Геотермальный поток тепла ( $0.06 \text{ Вт/м}^2$ )  $\ll$  солнечного!  
Атмосфера почти непрозрачна для инфракрасного излучения из-за парниковых газов.



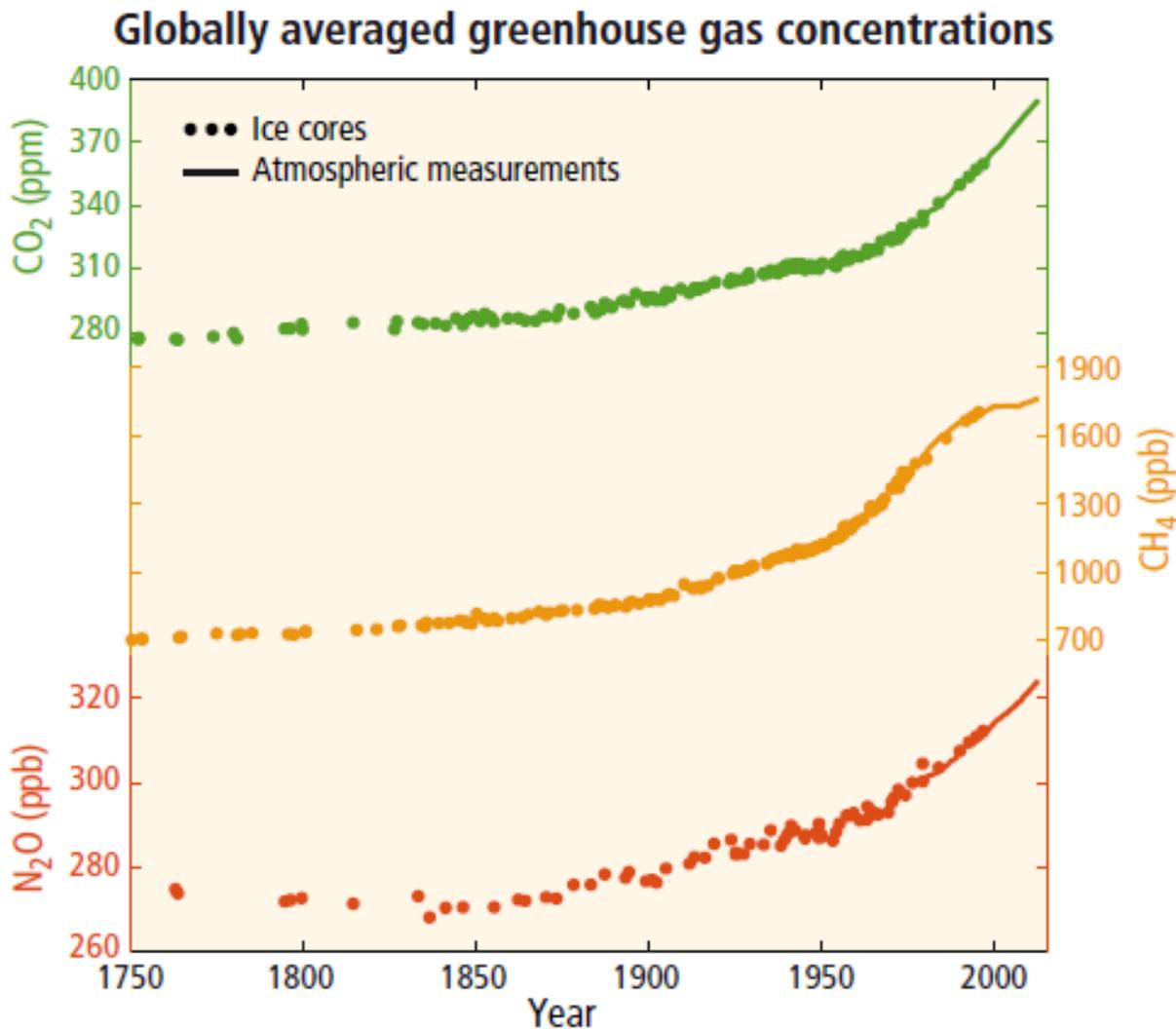
## **Академик Михаил Иванович БУДЫКО, 1920 – 2001 гг.**

В 1971 г. М. И. Будыко высказал предположение о том, что в ближайшем будущем начнется глобальное потепление вследствие антропогенного обогащения атмосферы **углекислым газом**, которое в следующем веке достигнет нескольких градусов. Эта точка зрения была изложена им в брошюре „Влияние человека на климат“ (1972).

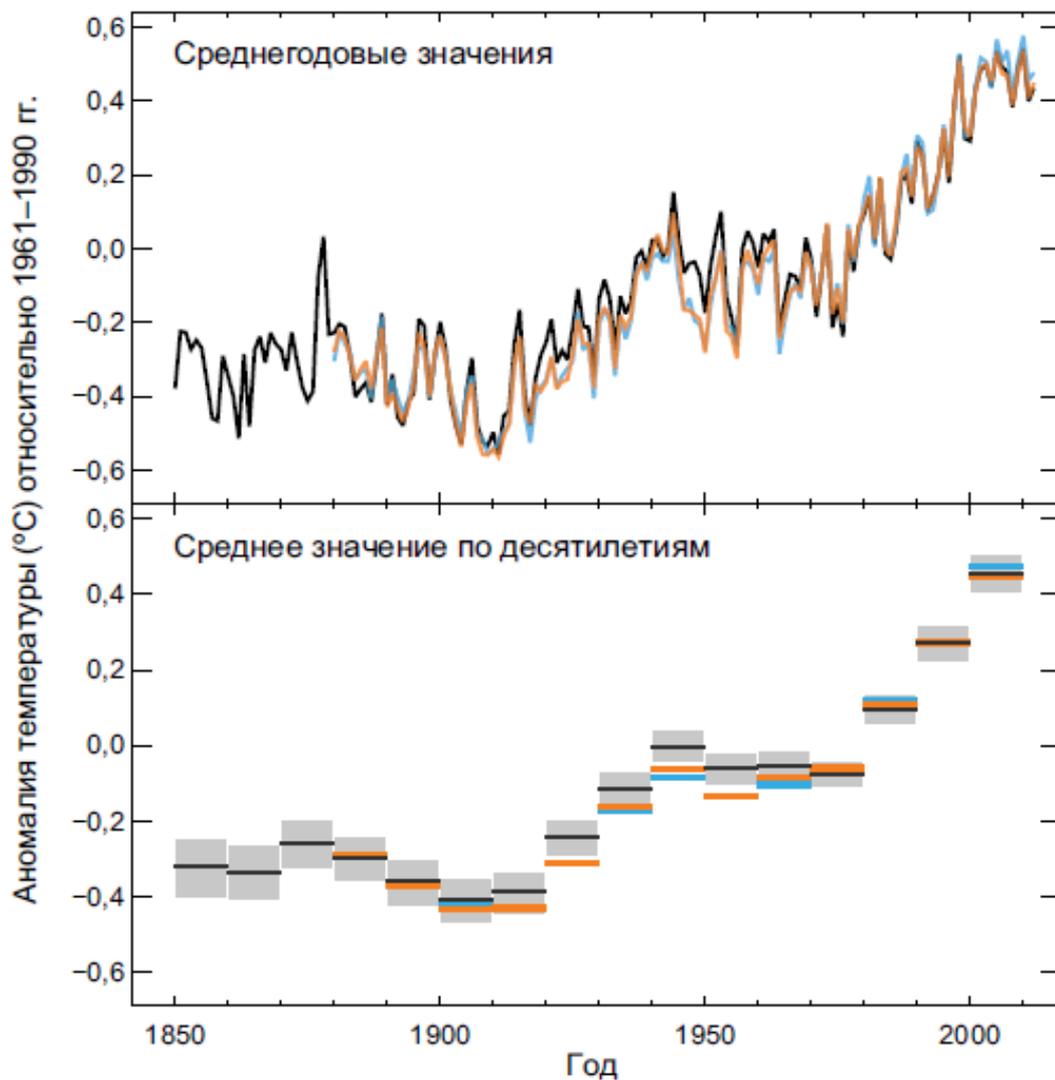


**Глобальная годовая антропогенная эмиссия парниковых газов по группам газов в 1970 – 2010 гг. (AR5 WGII SPM)**

## Средние глобальные концентрации

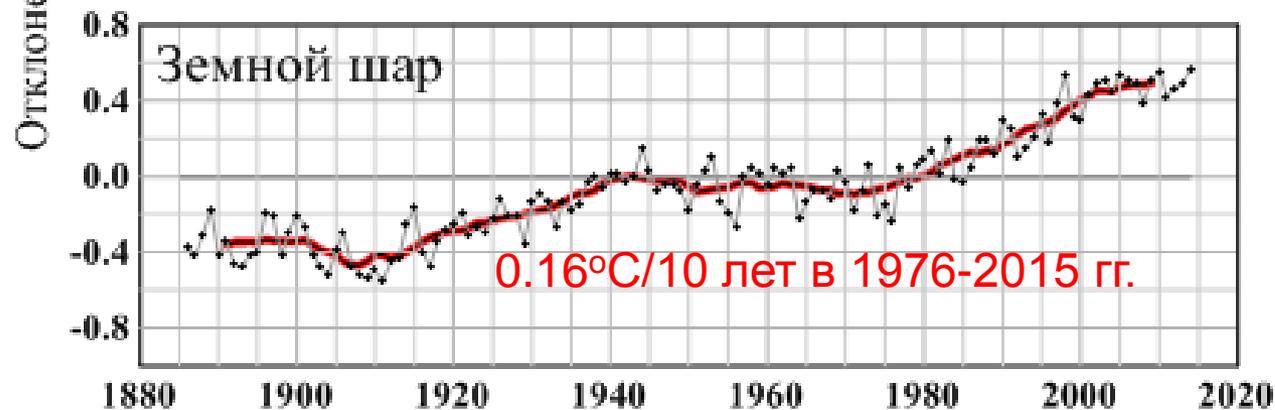
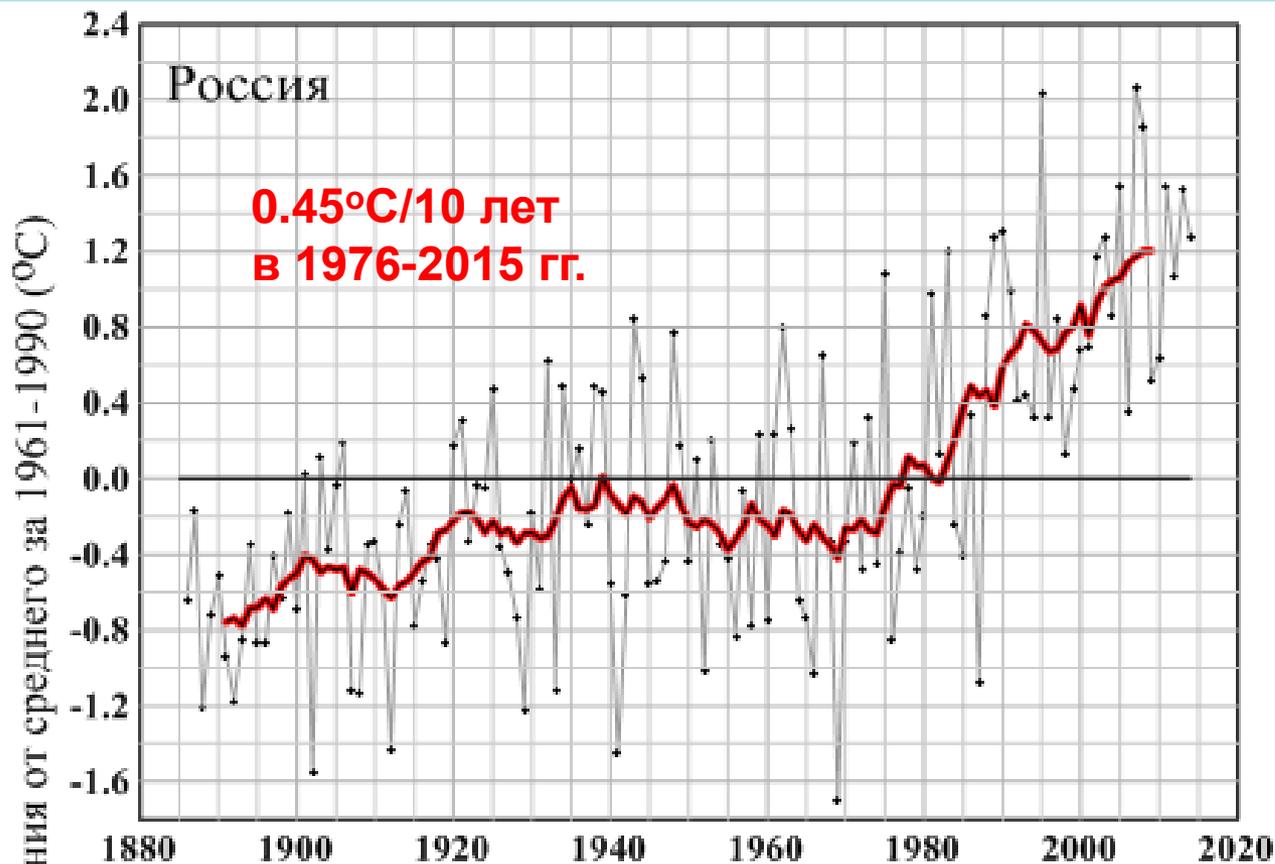


**Обогащение атмосферы парниковыми газами (AR5 WG1 SPM) в результате антропогенных эмиссий приводит к усилению парникового эффекта и потеплению в приповерхностном слое.**



Каждое из трех последних десятилетий характеризовалось более высокой температурой у поверхности Земли по сравнению с любым предыдущим десятилетием начиная с 1850 г. В Северном полушарии 1983–2012 годы были, самым теплым 30-летним периодом за последние 1 400 лет (AR5 WGI SPM, AR5 SYR).

Изменение средней глобальной приземной температуры воздуха (аномалии vs. 1961-1990 гг.)



*Временные ряды пространственно осредненных аномалий средней годовой температуры у поверхности Земли для территории России\* и Земного шара\*\* за 1886-2014 гг. Красным показан ход 11-летних средних*

*В среднем по территории России самым теплым был 2007 год, за ним следуют 1995 и 2008 гг.*

*Для Земного шара в целом самыми теплыми были: 2014, 2010, 2005 и 1998 гг.*

*\* Данные "ФГБУ Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН"*

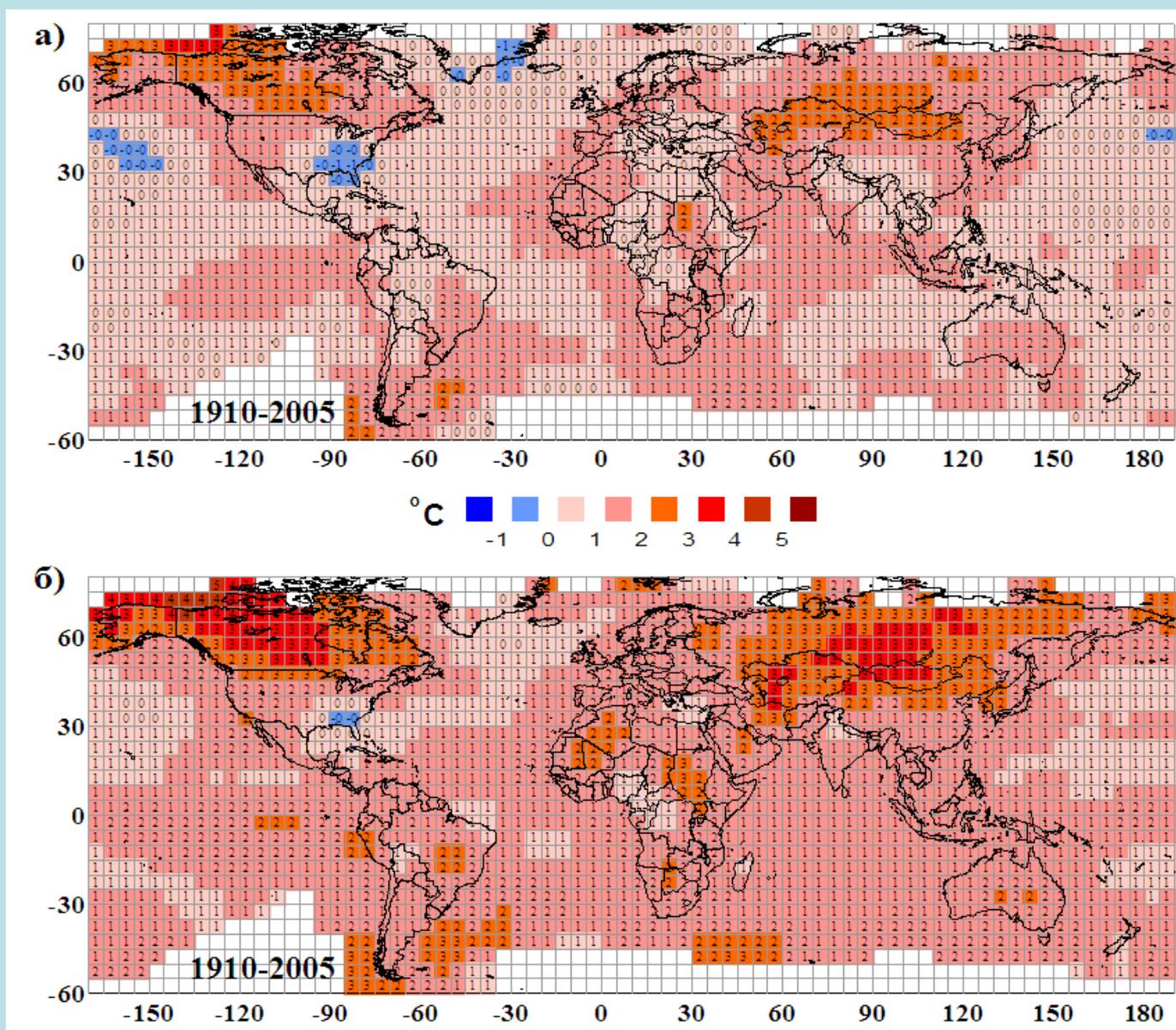
*\*\* Данные метеослужбы Великобритании HadCRUT4.3.0.0 (<http://www.cru.uea.ac.uk>)*

**Изменения (в том числе потепление) климатической системы в индустриальное время являются неоспоримым фактом.**

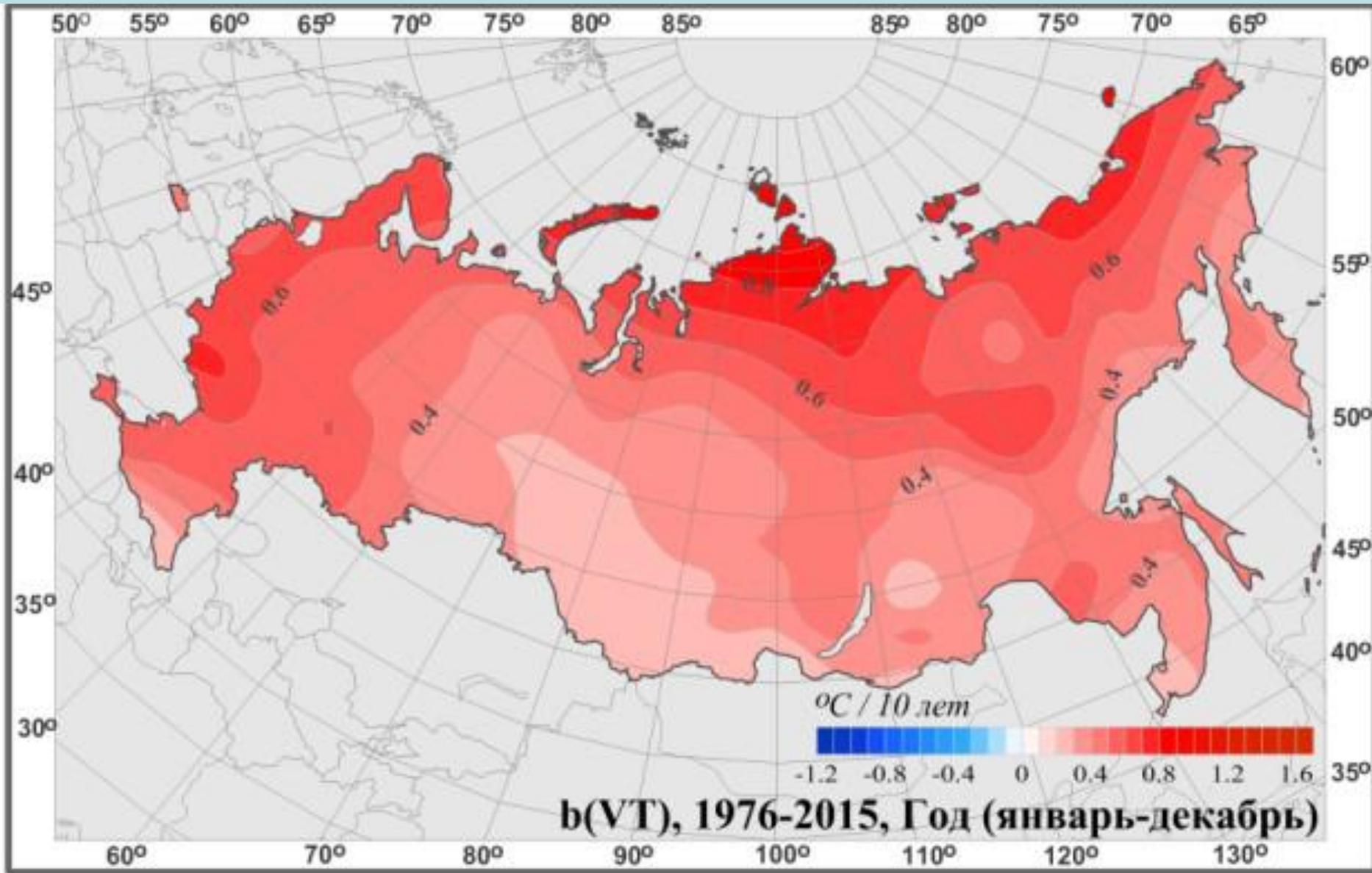
**Многие изменения климатической системы, наблюдаемые начиная с 1950х годов, являются беспрецедентными в масштабах от десятилетий до тысячелетий.**

**Установлены, в том числе:**

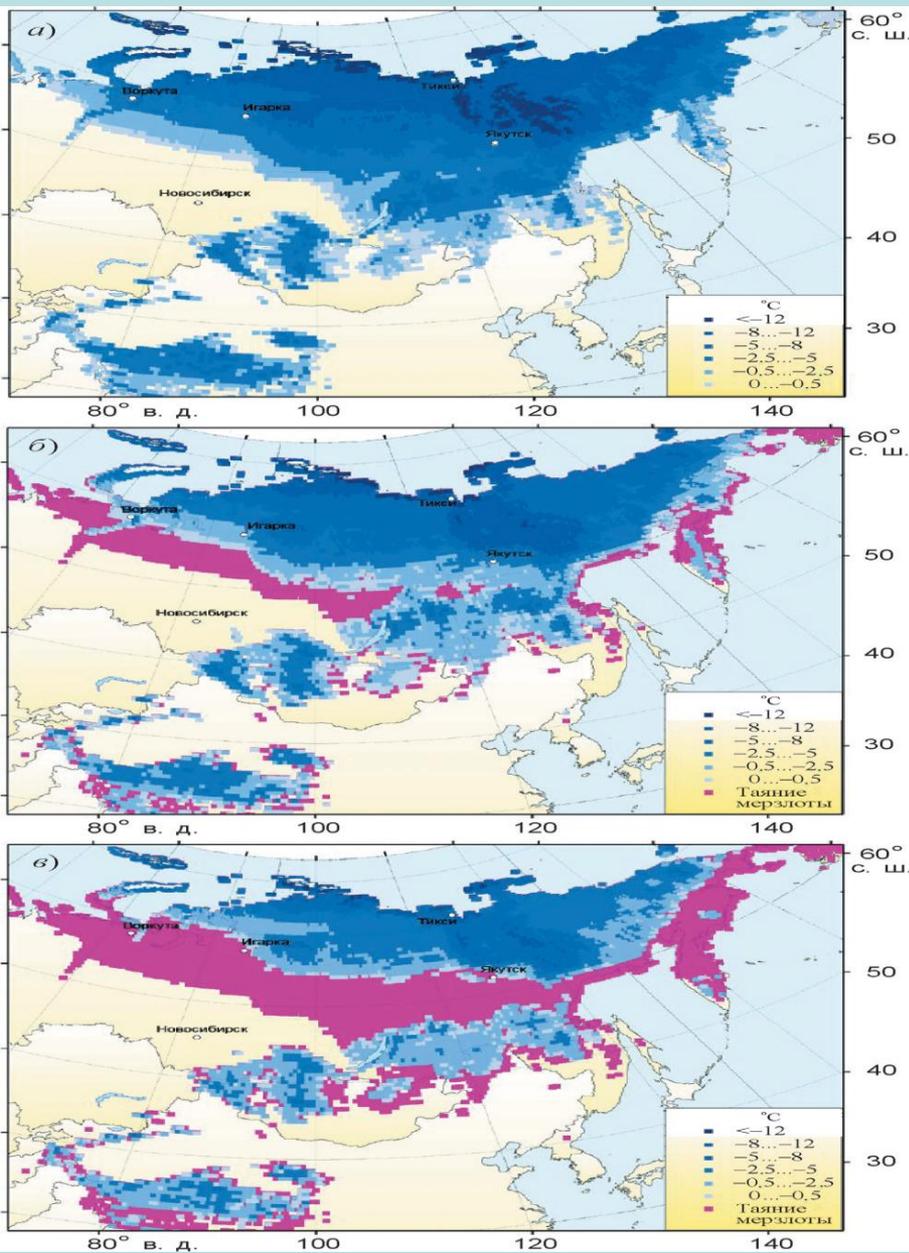
- увеличение концентраций парниковых газов;**
- потепление атмосферы и океана;**
- изменение суммы осадков;**
- сокращение запасов снега и льда;**
- повышение уровня океана;**
- увеличение частоты и/или изменение параметров некоторых экстремальных климатических явлений.**



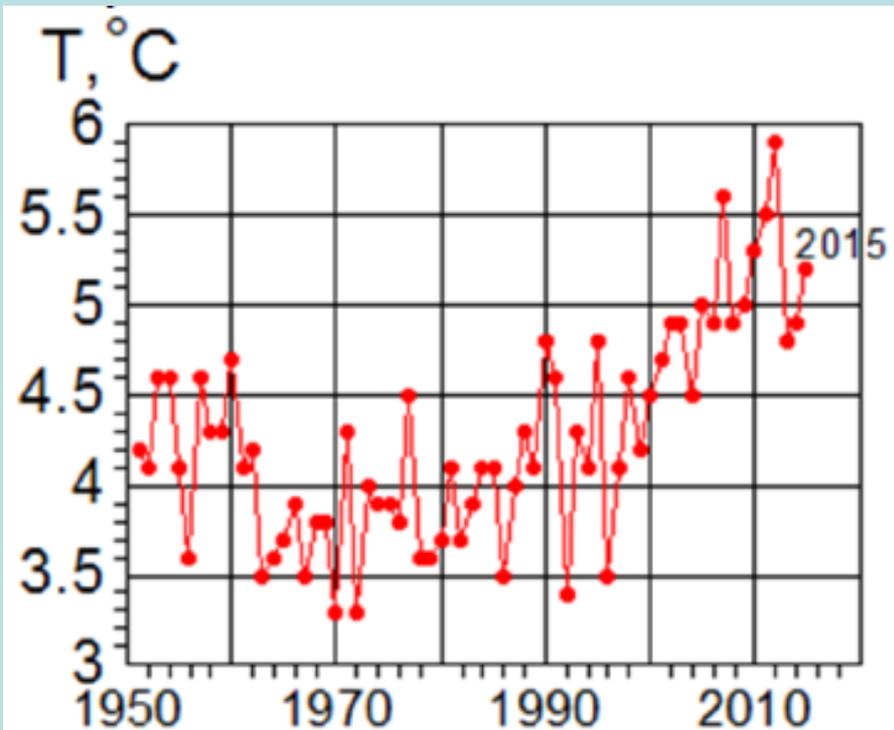
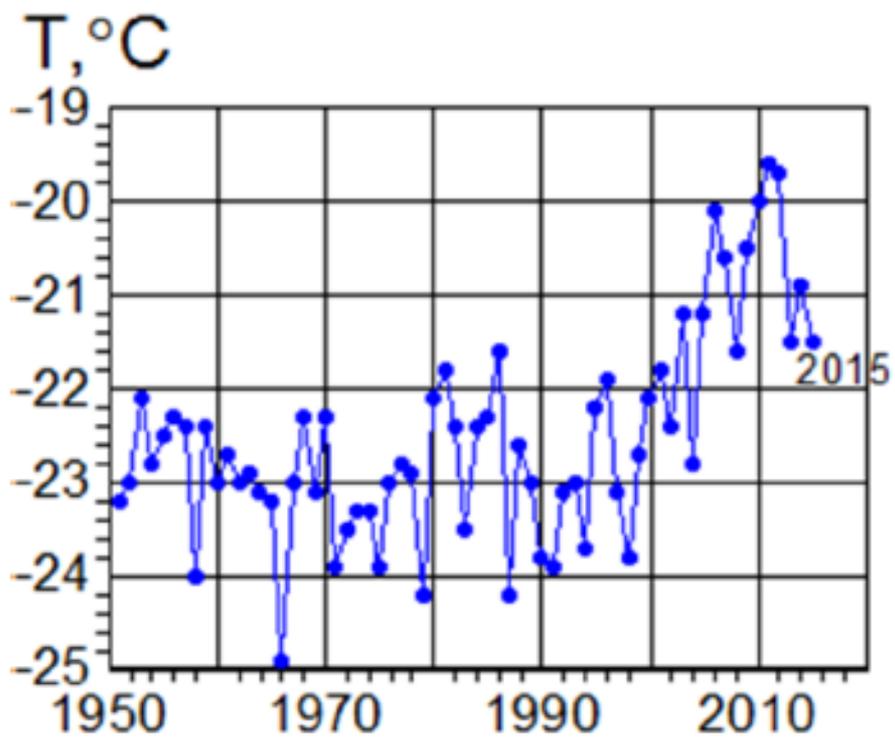
**Оценки чувствительности региональной температуры к изменению глобальной, построенные по данным 1910 – 2005 гг. (Г. В. Груза, Э.Я. Ранькова): а) оценка среднего значения чувствительности, б) верхняя граница 95%-го доверительного интервала.**



**Распределение коэффициентов линейного тренда среднегодовой температуры приземного воздуха на территории России за период 1976-2015 гг. (в  $^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$ )**

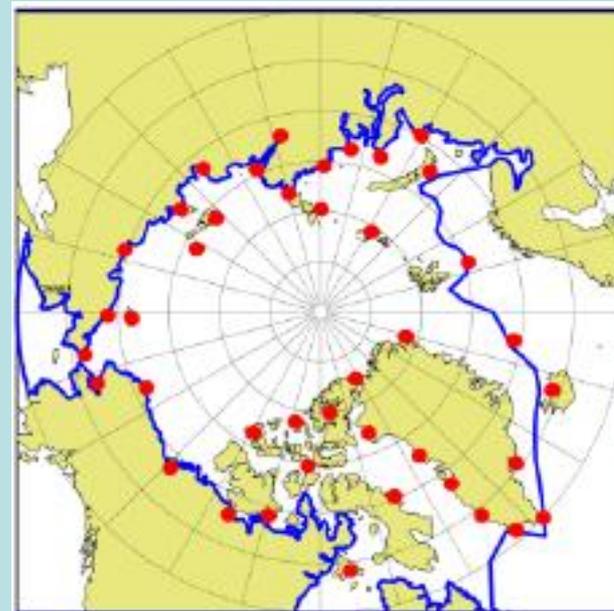


**Среднегодовая температура пород в нижней части слоя сезонного протаивания (промерзания) в Северной Евразии для трех временных интервалов: 1990-2000 гг. (а), 2040-2050 гг. (б) и 2090-2100 гг. (в). Области распространения оттаявшей с поверхности мерзлоты показаны розовым цветом.**



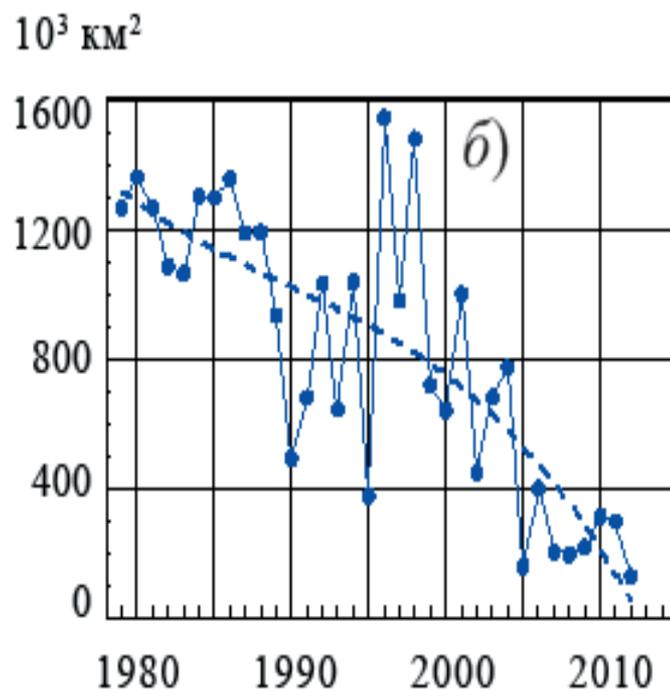
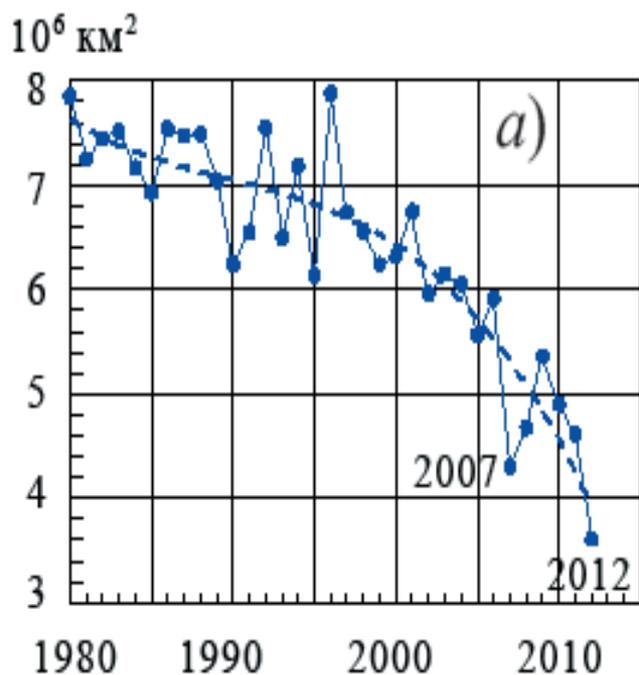
**Средняя за декабрь-февраль (слева) и за июнь-август (справа) приповерхностная температура воздуха на 41 станции в морской Арктике в 1951-2015 гг.**

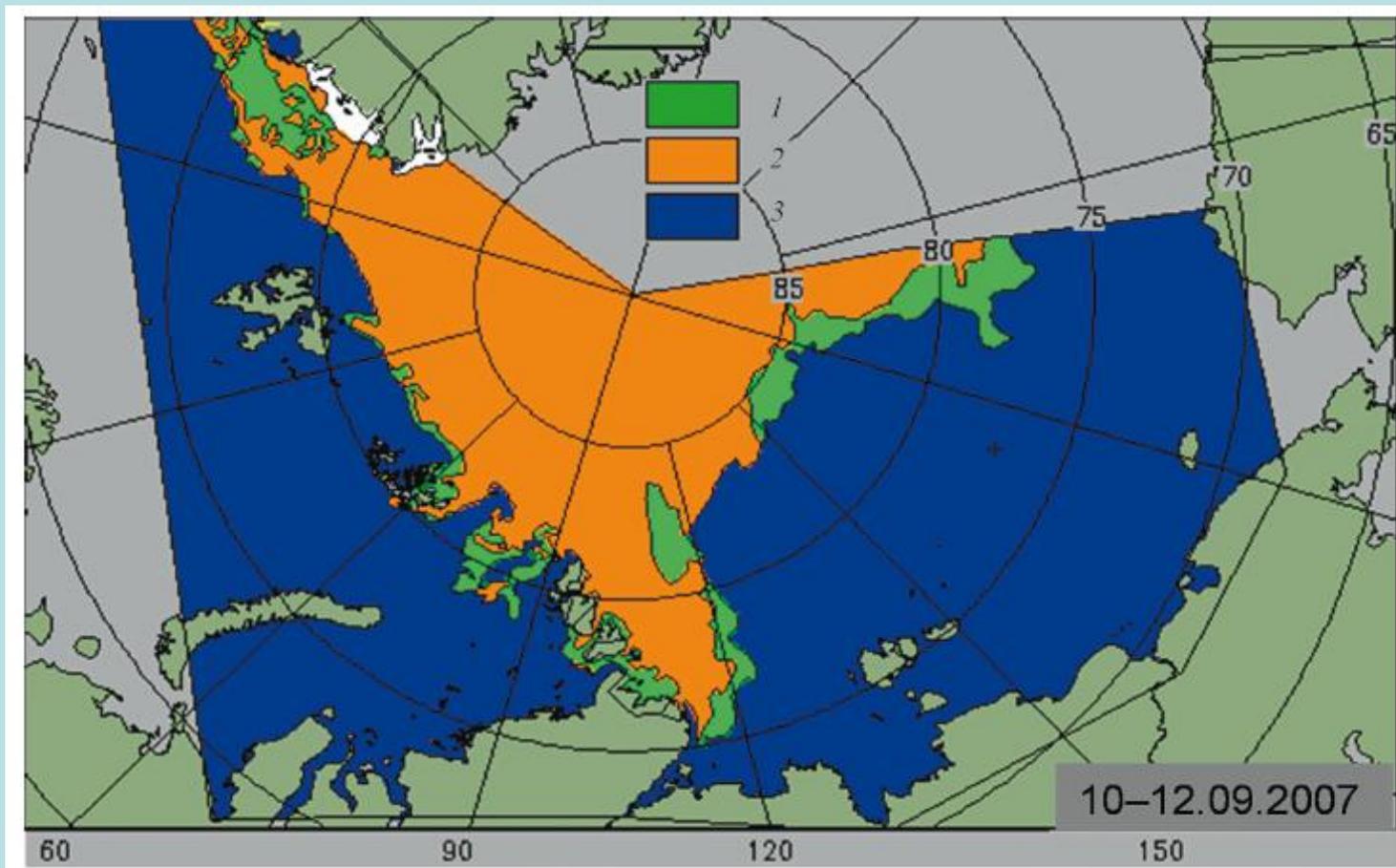
**Положение станций**



**Средняя площадь морского льда в сентябре в Арктике (а; по данным Национального центра данных о снеге и льде, США, NSIDC) и в сибирских арктических морях (б; по данным АНИИ) в 1980-2012 гг.**

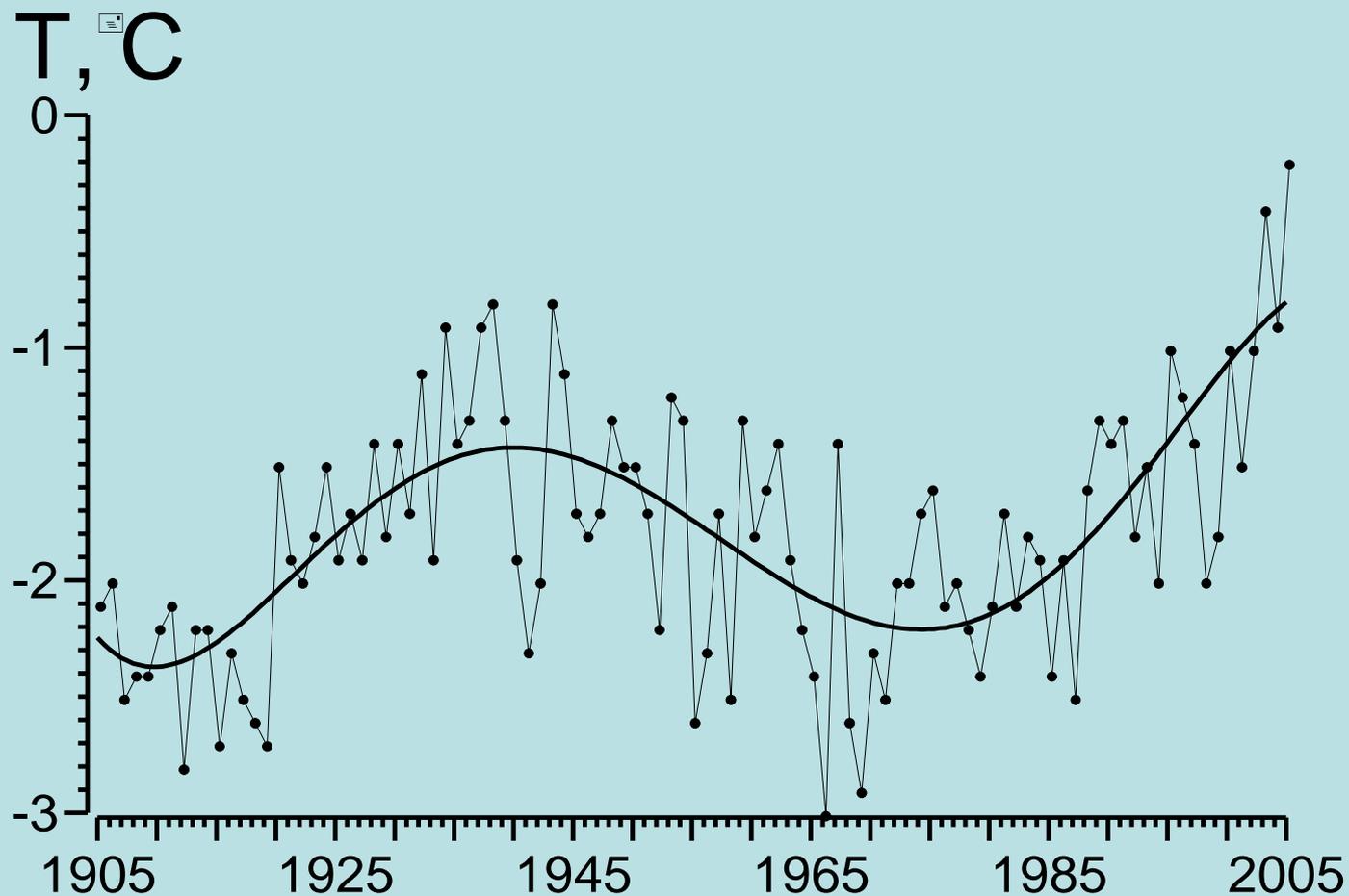
*Штриховая кривая – аппроксимация полиномом третьей степени.*



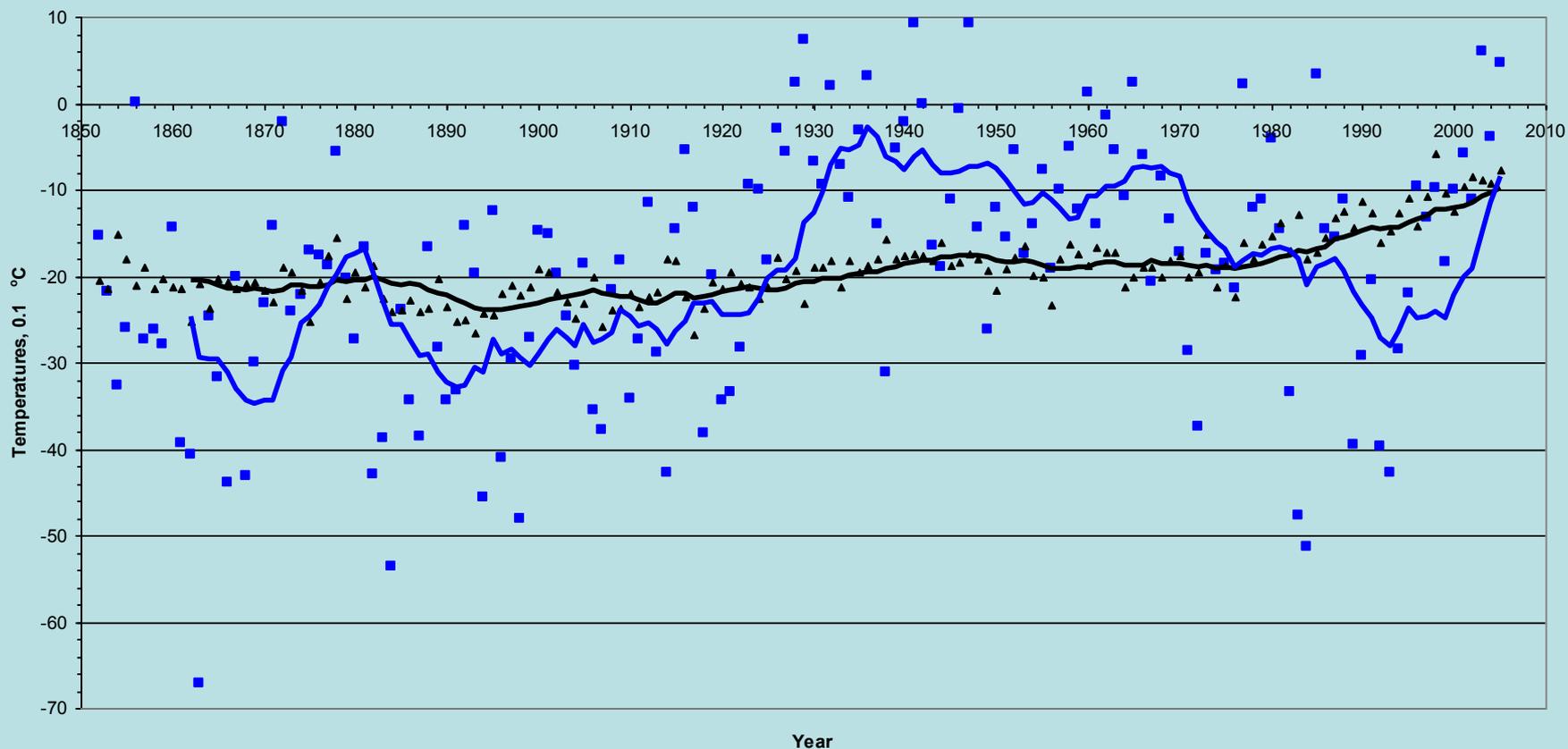


Таймырский ледяной массив (выступ льдов сплоченностью 9—10 баллов, протянувшийся из Центральной Арктики вдоль островов Северная Земля к побережью Таймыра) перекрывает Северный морской путь в районе пролива Бориса Вилькицкого даже в условиях рекордно малой площади арктических льдов в сентябре 2007 г. Ледовая карта за 10—12 сентября 2007 г. (<http://www.aari.ru/projects/ECIMO/index.php>).

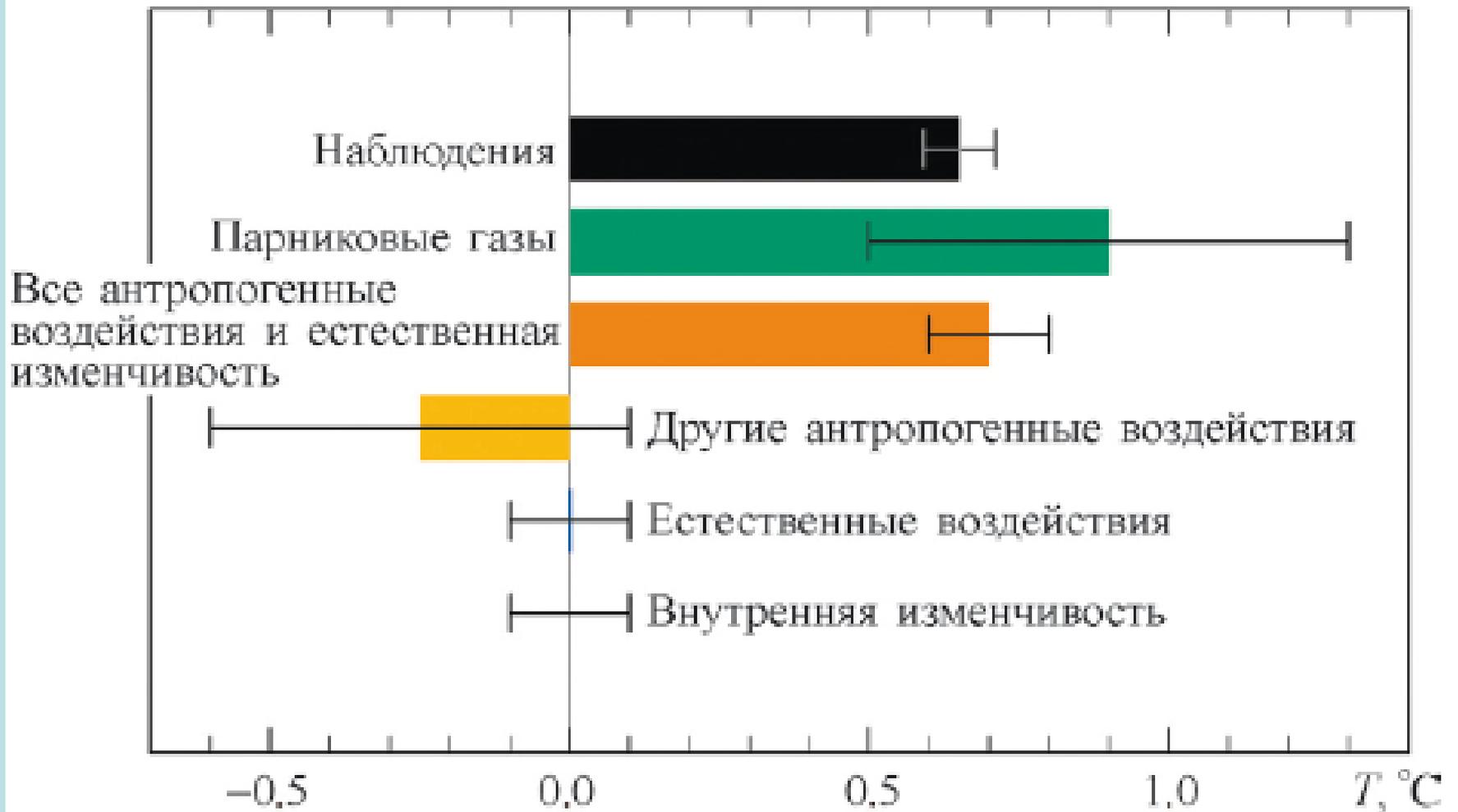
1) сплоченность льда 1—6 баллов; 2) 7—10 баллов; 3) чистая вода.



**Среднегодовая температура воздуха ( $T$ ) в приповерхностном слое атмосферы в 1900 - 2005 гг.: осредненные данные 30 станций, расположенных севернее  $60^\circ$  с.ш.. (Алексеев, Иванов, 2003; Фролов и др. 2007)**



**Среднегодовая температура воздуха в приповерхностном слое на юго-западе Гренландии (синие точки и линия) и ее наилучшее приближение линейной функцией средней глобальной среднегодовой температуры, 1850 – 2005 гг. (чувствительность локальной температуры к изменению глобальной температуры 1.4). Значения температуры – в 0.1 °C. Точки – данные (Vinther, B. M., K. K. Andersen, P. D. Jones, K. R. Briffa, and J. Cappelén. 2006), линии – 11-летнее скользящее среднее.**



**Вероятностные границы (горизонтальные интервалы) и средние значения (цветные прямоугольники) оценок установленного вклада разных факторов в линейный тренд наблюдавшегося глобального потепления в 1951—2010 гг. (AR5 SYR).** Значение тренда по данным архива HadCRUT4 показана черным цветом вместе с 5—95%-ным доверительным интервалом, учитывающим неопределенности в этом архиве.

# ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Современное глобальное потепление в приповерхностном слое в вековом масштабе времени является неоспоримым фактом. Его большая часть обусловлена обогащением атмосферы парниковыми газами в ходе хозяйственной деятельности.

В России сигнал векового глобального потепления выражен в арктической зоне сильнее (а также в высокогорье), чем в низких широтах. Естественные колебания климата временного масштаба десятилетий (декадные колебания) также более ярко выражены в Арктике.

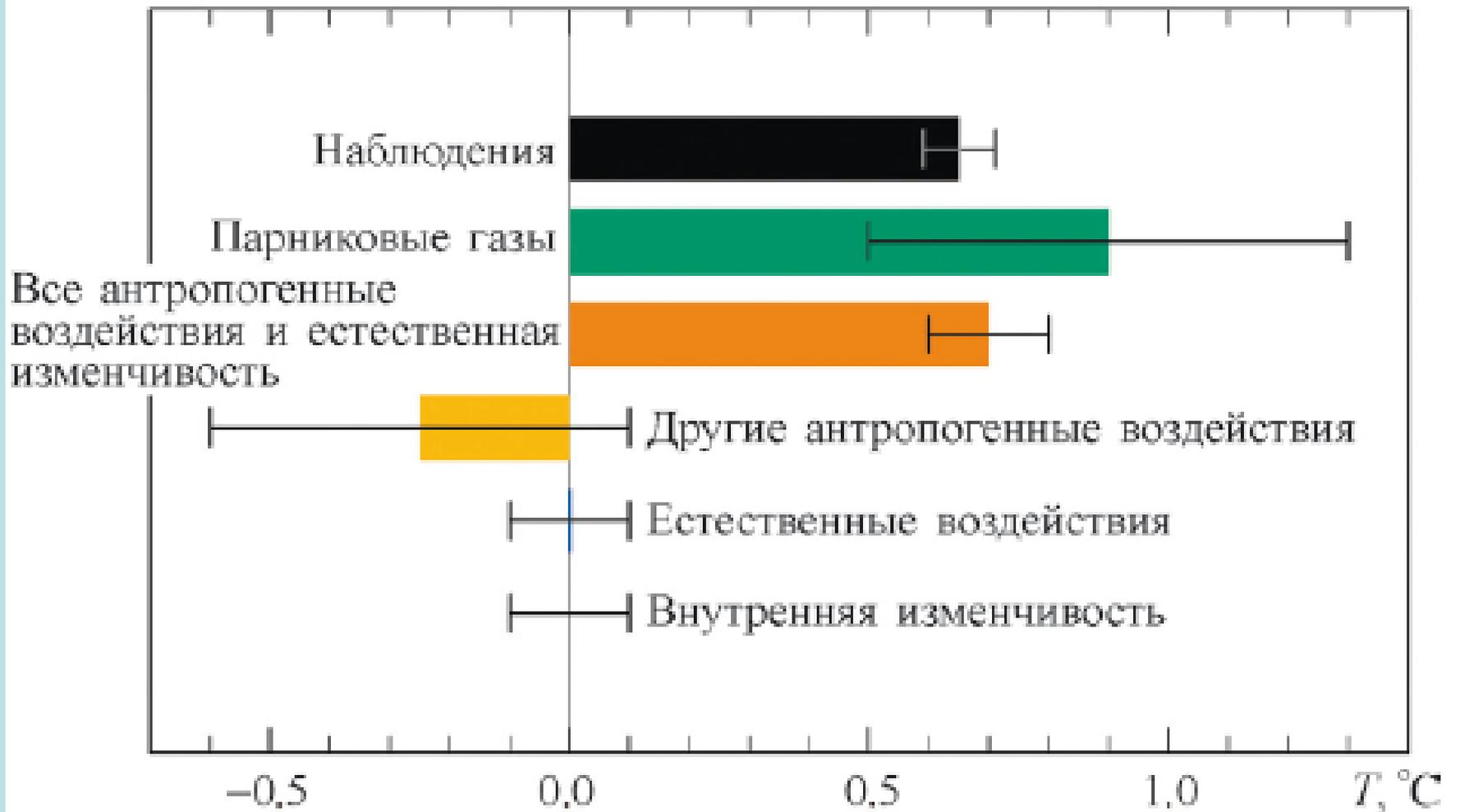
Современные изменения климата приводят в России к

- Уменьшению площади морского льда;
  - Деградациии ледников арктических островов и горных ледников;
  - Усилению абразии морских берегов;
  - Увеличению стока речных вод в Северный Ледовитый Океан;
  - Увеличению роли Северного морского пути для экономики РФ;
  - Изменениям экосистем;
  - Проблемам для традиционного уклада жизни коренных народов;
  - Усилению рисков для здоровья населения,
- И многом другим последствия.

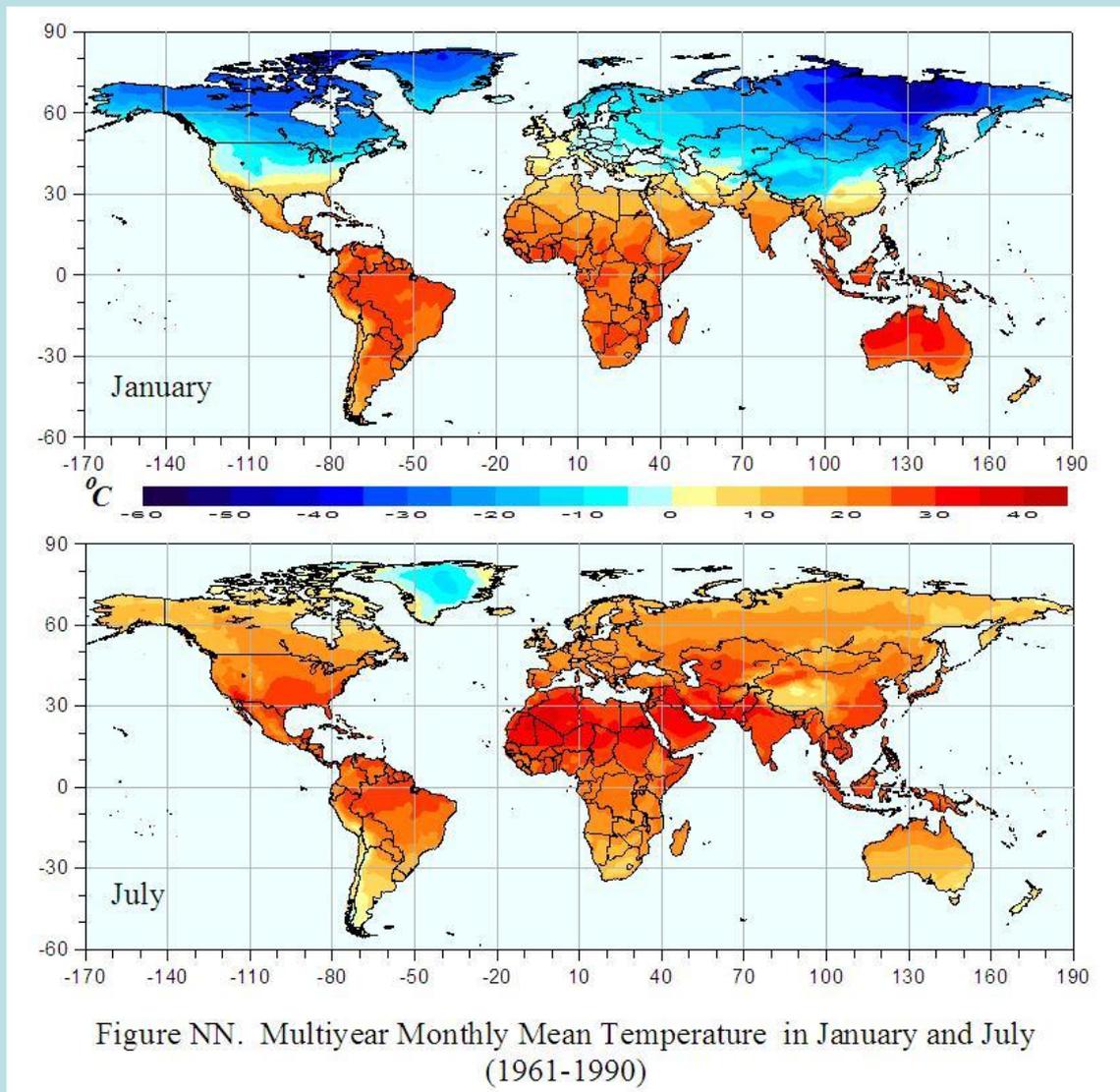
Региональные особенности ледового покрова в российской морской Арктике требуют поддержания ледокольного флота в должном состоянии.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

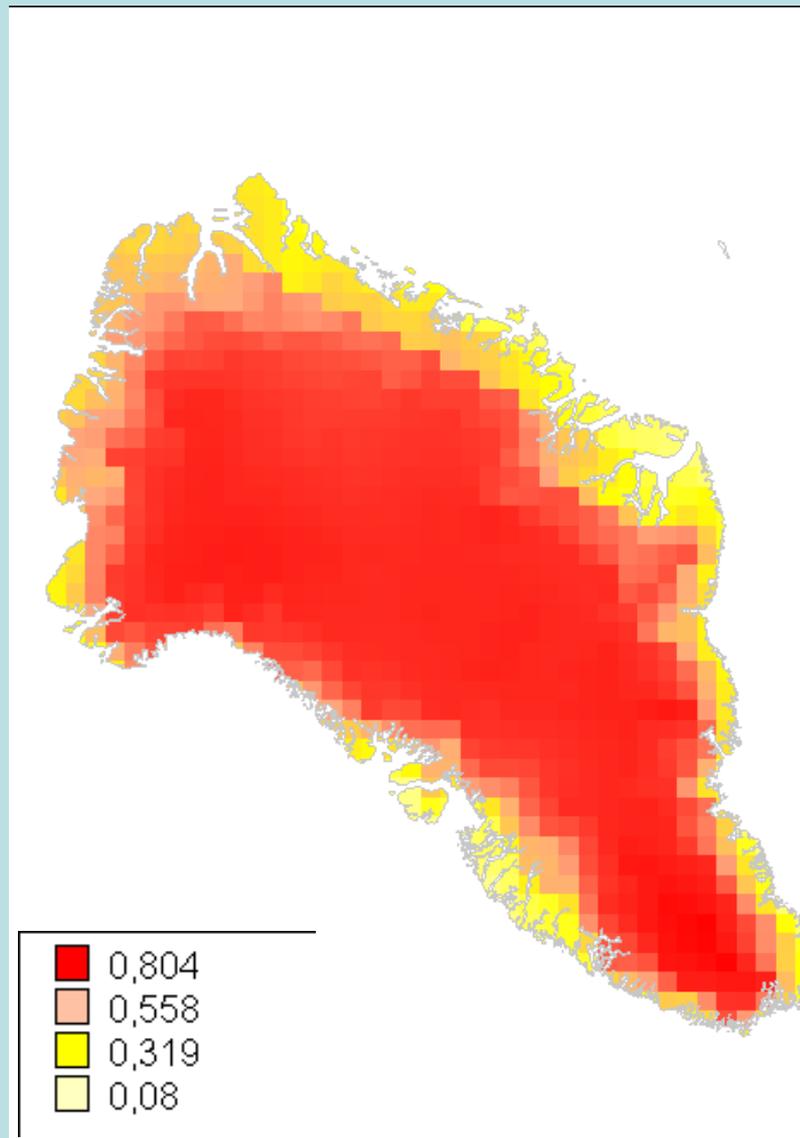




**Вероятностные границы (горизонтальные интервалы) и средние значения (цветные прямоугольники) оценок установленного вклада разных факторов в линейный тренд наблюдавшегося глобального потепления в 1951—2010 гг. (AR5 SYR).** Значение тренда по данным архива HadCRUT4 показана черным цветом вместе с 5—95%-ным доверительным интервалом, учитывающим неопределенности в этом архиве.

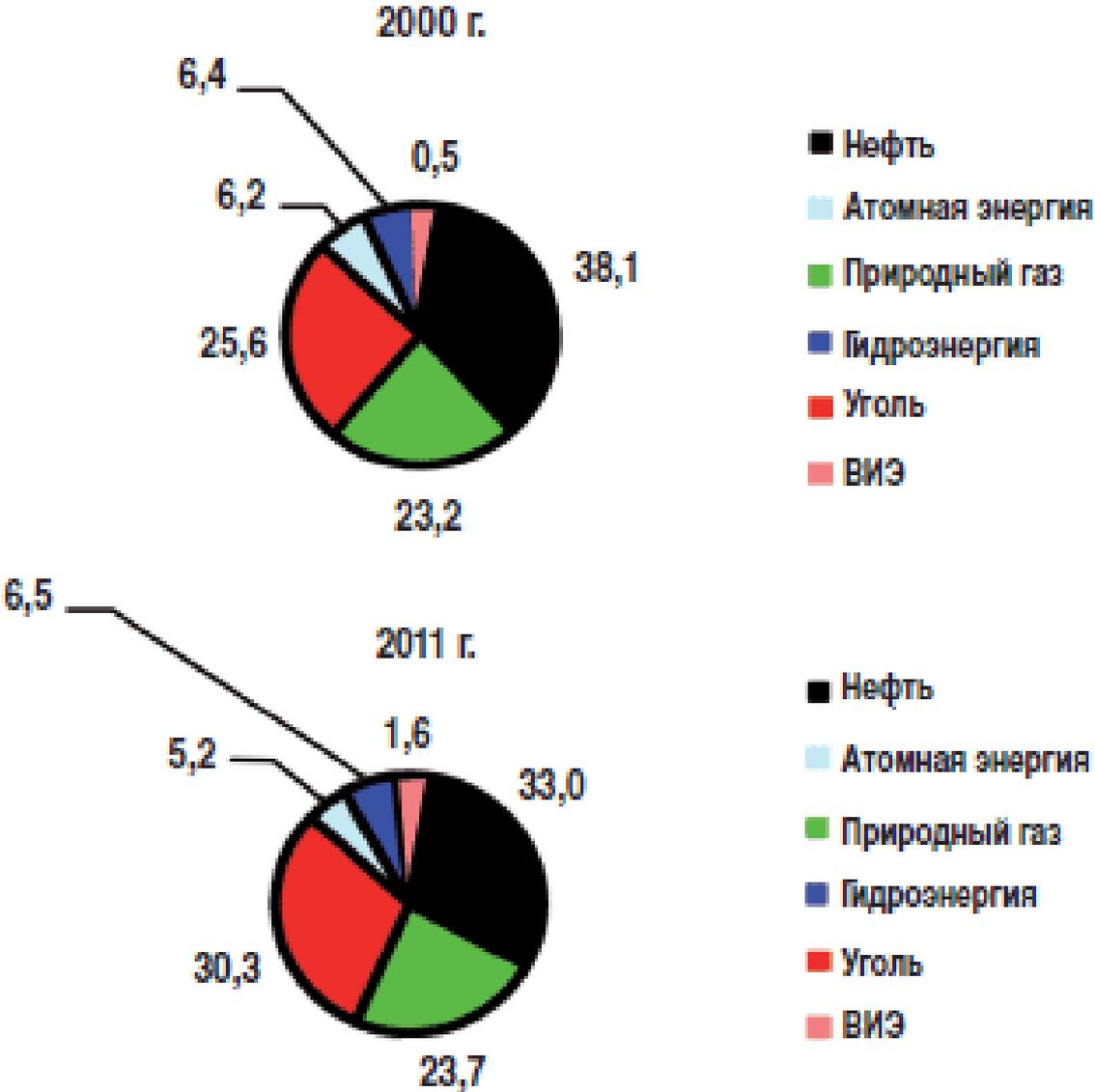


**Среднемноголетние значения температуры января (верхний рисунок) и июля (нижний рисунок), Четвертый оценочный доклад МГЭИК, Вклад Рабочей группы I, 2007**



**Альbedo, июль, среднее значение,  
SRB, Гренландия, 1984 – 2004 гг.**

Последнее сделать совсем не просто!



Структура мирового энергопотребления по традиционным видам топлива в 2000 г. и 2011 г.

Источник: BP Statistical Review of World Energy, June 2012.

<http://burneft.ru/archive/issues/2013-01/1>

# НЕКОТОРЫЕ ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ «ВТОРОГО ОЦЕНОЧНОГО ДОКЛАДА РОСГИДРОМЕТА ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ» (2014 г.)

ВТОРОЙ ОЦЕНОЧНЫЙ ДОКЛАД РОСГИДРОМЕТА  
ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА  
И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ  
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Общее резюме



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ  
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)

2014

ВТОРОЙ ОЦЕНОЧНЫЙ ДОКЛАД РОСГИДРОМЕТА  
ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА  
И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ  
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Техническое резюме



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ  
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)

2014

ВТОРОЙ ОЦЕНОЧНЫЙ ДОКЛАД РОСГИДРОМЕТА  
ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ КЛИМАТА  
И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ  
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ  
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РОСГИДРОМЕТ)

2014

Общее резюме

Техническое резюме

Основной том