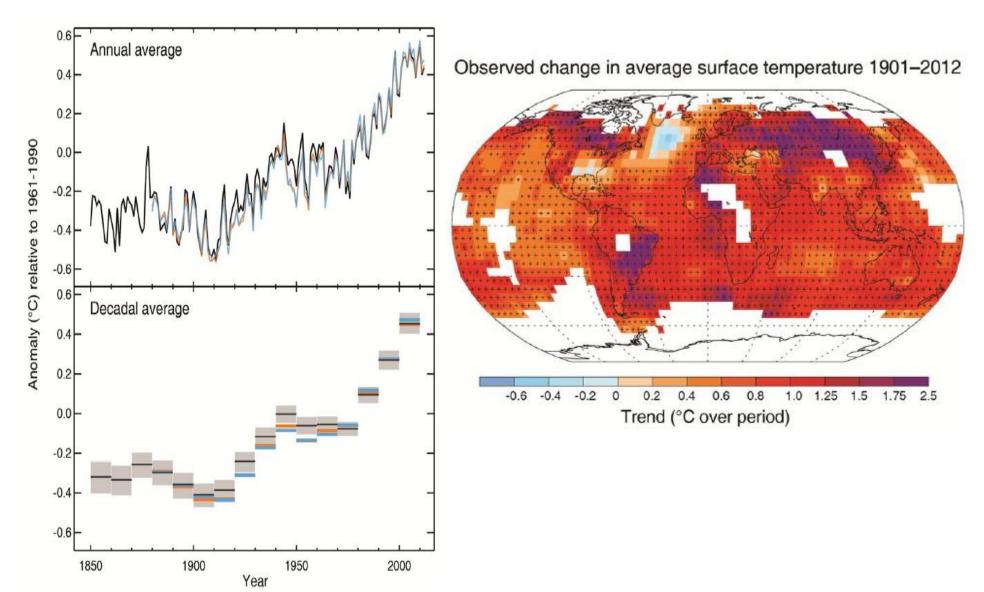
Климат, климатические ресурсы, изменение климата, климатические прогнозы

А.В.Кислов

Географический факультет МГУ, Кафедра метеорологии и климатологии



Изменения температуры



IPCC

IPCC

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is the leading international body for the assessment of climate change. It was established by the <u>United Nations Environment Programme</u> (<u>UNEP</u>) and the <u>World Meteorological Organization (WMO)</u> in 1988 to provide the world with a clear scientific view on the current state of knowledge in climate change and its potential environmental and socio-economic impacts. In the same year, the UN General Assembly <u>endorsed the action by WMO and UNEP in jointly establishing the IPCC.</u>





IPCC Plenary

IPCC Bureau

IPCC Executive Committee

IPCC Secretariat

Working Group I The Physica

The Physical Science Basis

TSU

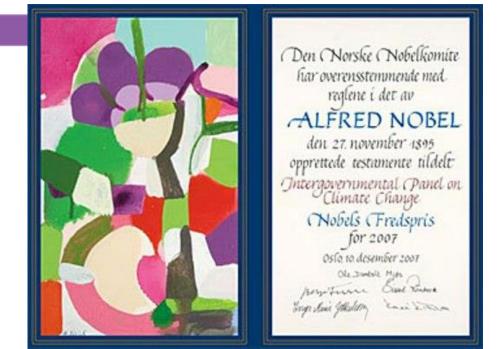
Working Group II Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability TSU Working Group III Mitigation of Climate Change

TSU

Task Force on National Greenhouse Gas Inventories



Authors, Contributors, Reviewers



ПЛАН

- 1. История
- 2. Система наблюдений, телесвязь, моделирование, технология прогноза погоды
- 3. Данные для изучения климата. Изменения климата типичное состояние климатической системы. Разномасштабность. Математическое моделирование климата. Прогноз климата. Сохранение основных черт климата (определяемых астрономическими и планетарными особенностями: солнечная радиация и ПЭ) при его изменениях. География климатов. Изменение климата и различные проявления этих изменений.
- 4. Яркие изменения климата и окружающей среды в прошлом: ледниковые межледниковые эпохи.
- 5. Изменение климата и состояния окружающей среды в XX и XXI веках (эмпирические данные). Антропогенное влияние.
- 6. Климатический прогноз
- 7. Адаптация к изменениям климата. Идеи геоинжиниринга как средства борьбы с негативными изменениями климата.

История

«Моисей сказал ему (фараону): как скоро я выйду из города, простру руки мои к Господу на небо, <u>громы перестанут, и града и дождя более не будет</u>» (*Исход*)

Крымская война. Оборона Севастополя. Балаклавская буря. Леверье. Адмирал Фиц-Рой. MMO и BMO.

Холодный фронт. Бьеркнесс и Норвежская школа (1903). Синоптическая метеорология. К.Россби. Д.Чарни. Э.Лоренц.

Приборы. Системы наблюдений. Радиозонд (1938 г., Россия).

Компьютер. Вычислительная математика. Уравнения гидродинамики. Н.Винер.

И.А.Кибель. Дж.Смагоринский, глобальная модель (1967г., Принстон, США).

Развитие системы наблюдений: спутники, локаторы, авиация, буи в океане, ...

Суперкомпьютер CRAY. Модели океана. Модель климатической системы Земли.

Распараллеливание.

Мезомодели для регионального моделирования.

Мезомодели для глобального моделирования.

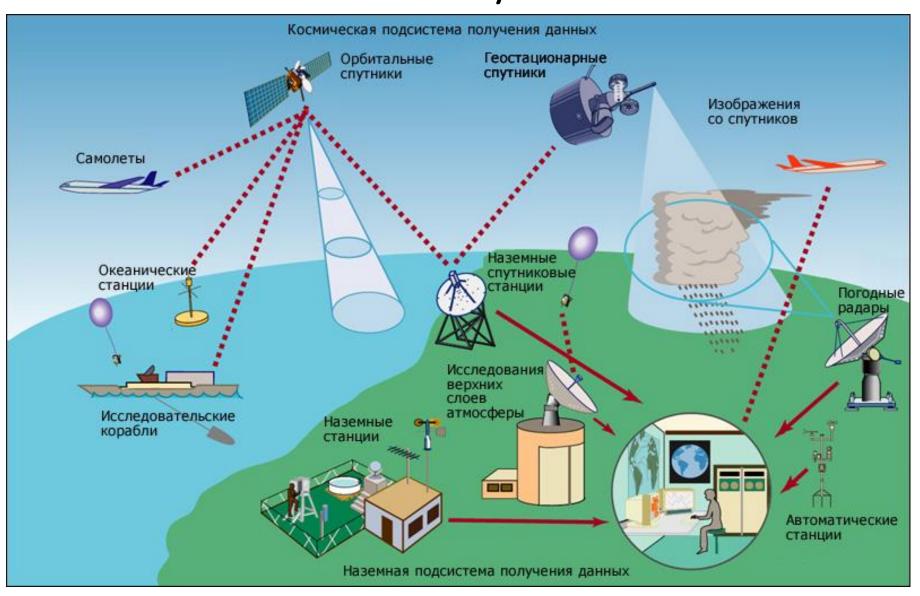
ПЛАН

1. История

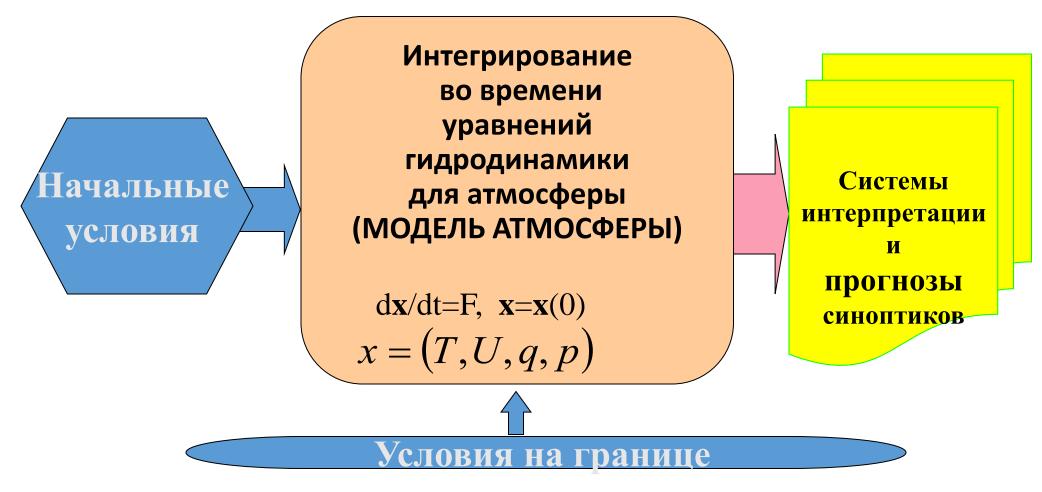
2. Система наблюдений, телесвязь, моделирование, технология прогноза погоды

- 3. Данные для изучения климата. Изменения климата типичное состояние климатической системы. Разномасштабность. Математическое моделирование климата. Прогноз климата. Сохранение основных черт климата (определяемых астрономическими и планетарными особенностями: солнечная радиация и ПЭ) при его изменениях. География климатов. Изменение климата и различные проявления этих изменений.
- 4. Яркие изменения климата и окружающей среды в прошлом: ледниковые межледниковые эпохи.
- 5. Изменение климата и состояния окружающей среды в XX и XXI веках (эмпирические данные). Антропогенное влияние.
- 6. Климатический прогноз
- Адаптация к изменениям климата. Идеи геоинжиниринга как средства борьбы с негативными изменениями климата.

Система данных наблюдений для начальных условий



Численный прогноз погоды



Жонечномерная аппроксимация уравнений, численные методы решений. Сеточные и подсеточные процессы.

Жычислительная техника

~100 человеко-лет

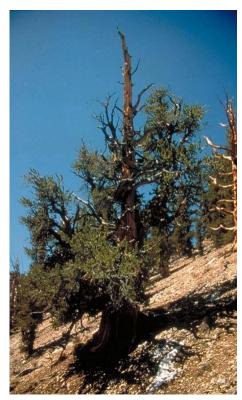
Структура модели атмосферы





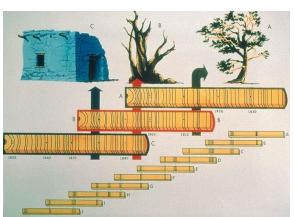
ПЛАН

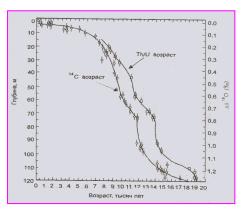
- 1. История
- 2. Система наблюдений, телесвязь, моделирование, технология прогноза погоды
- 3. Данные для изучения климата. Изменения климата типичное состояние климатической системы. Разномасштабность. Математическое моделирование климата. Прогноз климата. Сохранение основных черт климата (определяемых астрономическими и планетарными особенностями: солнечная радиация и ПЭ) при его изменениях. География климатов. Изменение климата и различные проявления этих изменений.
- 4. Яркие изменения климата и окружающей среды в прошлом: ледниковые межледниковые эпохи.
- 5. Изменение климата и состояния окружающей среды в XX и XXI веках (эмпирические данные). Антропогенное влияние.
- 6. Климатический прогноз
- Адаптация к изменениям климата. Идеи геоинжиниринга как средства борьбы с негативными изменениями климата.



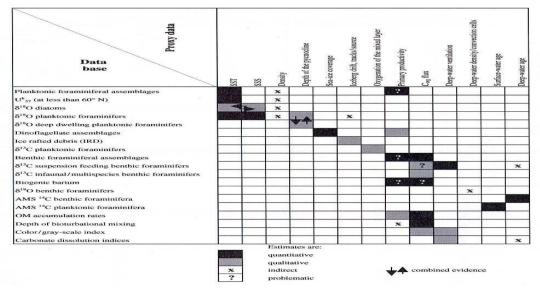
Источники информации: индикаторы и датировки

Древнейшее из ныне живущих деревьев (Bristlecone pine) ~ 5000 лет (Северная Америка)

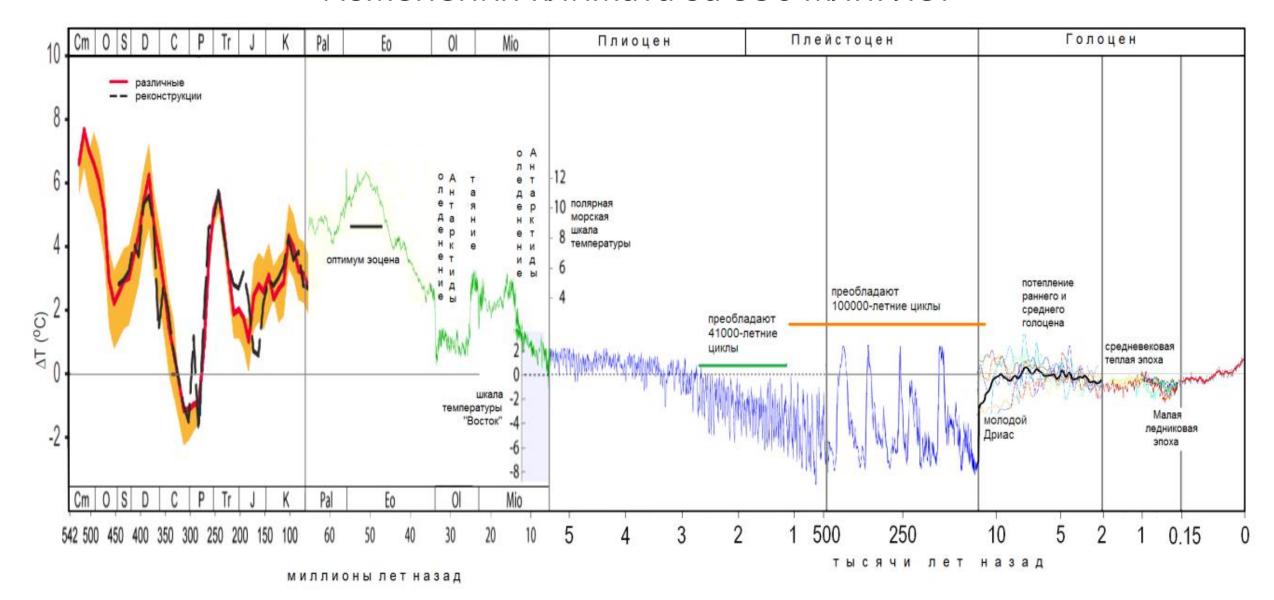




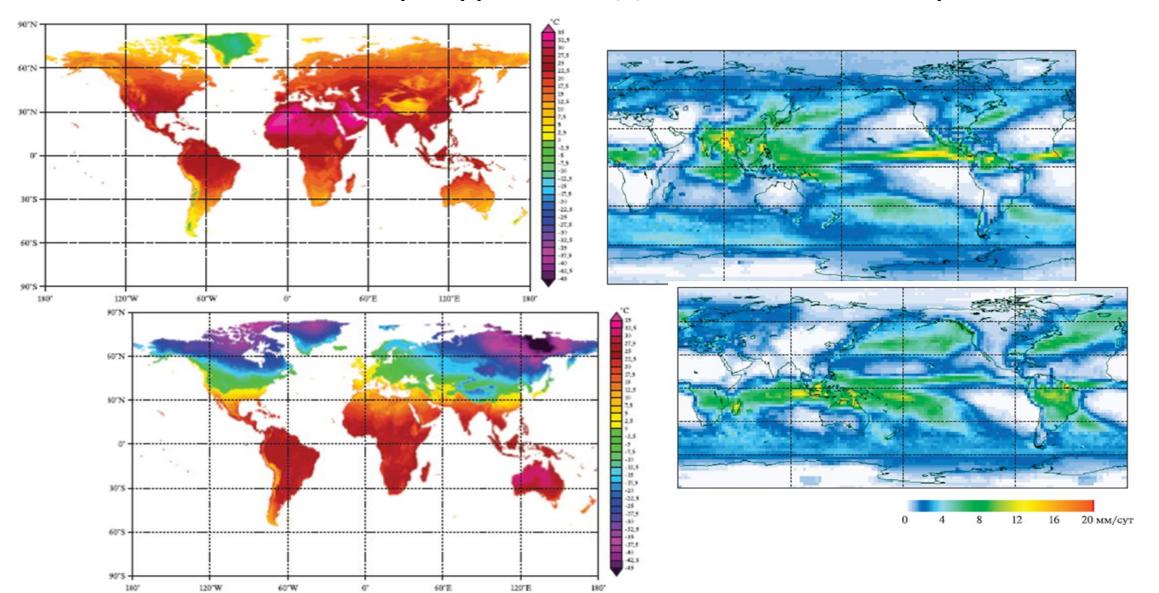
Датировка по изотопным данным Th/U и ¹⁴С



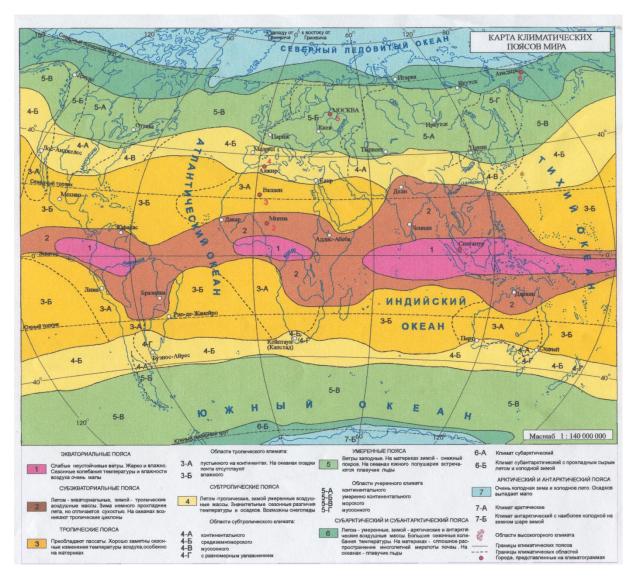
Изменения климата за 550 млн. лет



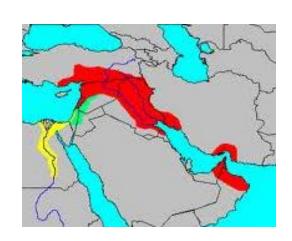
Температура и осадки в июле и январе

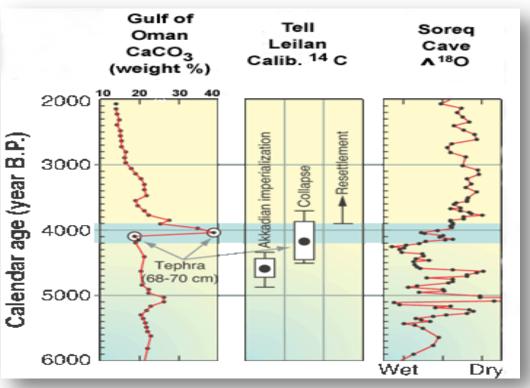


Карта климатических зон



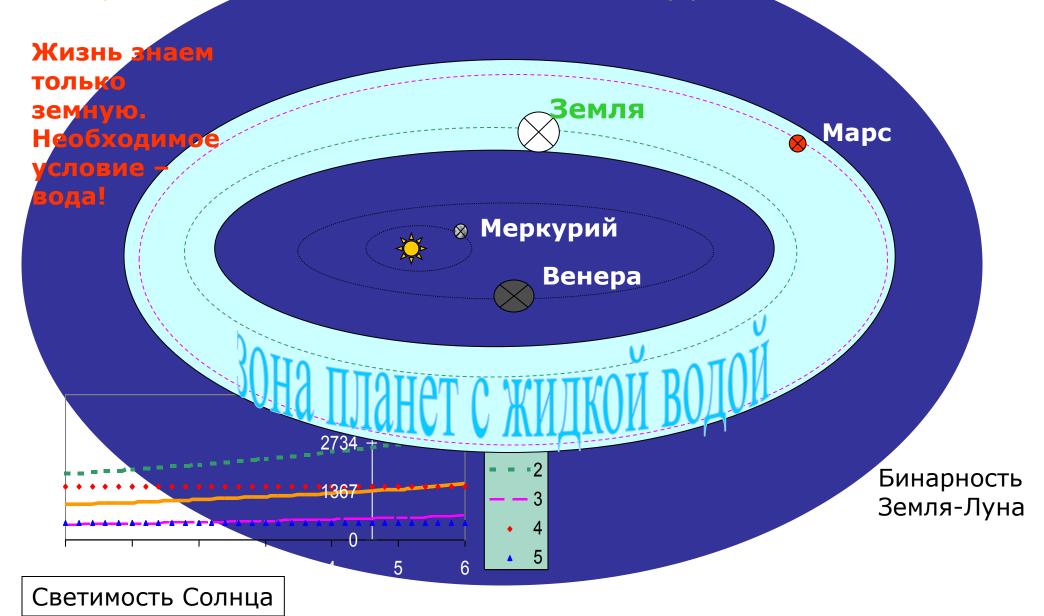
Изменения климата: коллапс древних цивилизаций /Царство Аккада/





In southern Mesopotamia, much of the Late Uruk society collapsed suddenly at about **5,200-5,000 BP**. Paleoclimatic data now indicate that a severe, multi-decadal **drought** contributed to this collapse. Many ancient civilizations throughout the Middle East and Mediterranean reached their economic peak at about **4,300 BP**. However, before **4,200 BP** a catastrophic drought and cooling event contributed to regional abandonment, collapse, and movement of societies to areas with more favorable climate. Figure shows the the correlation between sediments from the Gulf of Oman, isotopes from the Soreq cave, and archeological evidence from the region.

Эволюция климата планет и зона воды & жизни



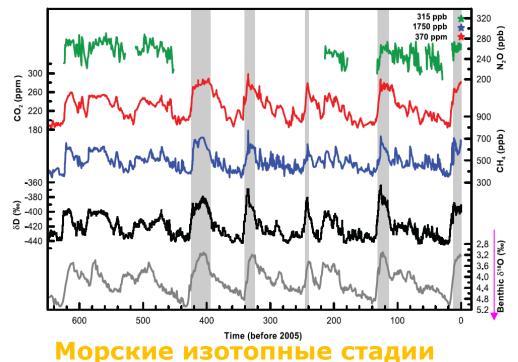
ПЛАН

- 1. История
- 2. Система наблюдений, телесвязь, моделирование, технология прогноза погоды
- 3. Данные для изучения климата. Изменения климата типичное состояние климатической системы. Разномасштабность. Математическое моделирование климата. Прогноз климата. Сохранение основных черт климата (определяемых астрономическими и планетарными особенностями: солнечная радиация и ПЭ) при его изменениях. География климатов. Изменение климата и различные проявления этих изменений.

4. Пример изменений климата и окружающей среды в прошлом: ледниковые – межледниковые эпохи.

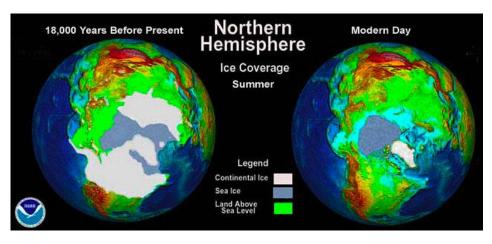
- 5. Изменение климата и состояния окружающей среды в XX и XXI веках (эмпирические данные). Антропогенное влияние.
- 6. Климатический прогноз
- 7. Адаптация к изменениям климата. Идеи геоинжиниринга как средства борьбы с негативными изменениями климата. Климата.

Вариации дейтерия (t, 0 C), CO $_{2}$, CH $_{4}$, N $_{2}$ O в Антарктическом ледниковом керне («Восток» и кривая δ^{18} O в морских отложениях

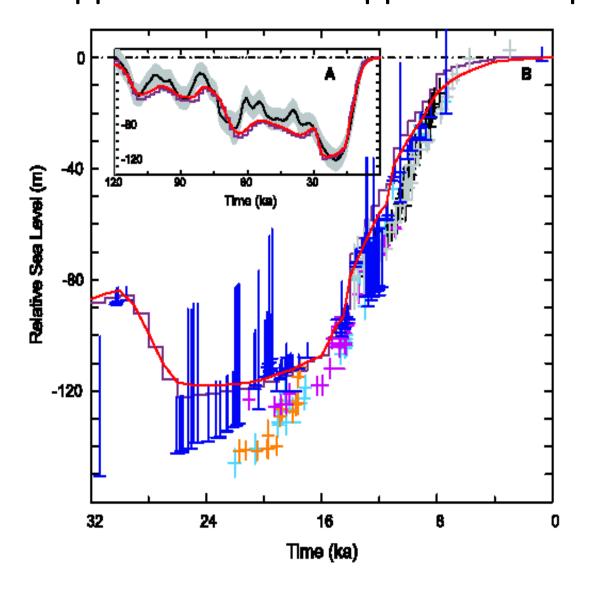


Ритмы: 100, 41, ~20 тыс. лет





Изменение уровня Мирового океана за последний ледниково- межледниковый цикл

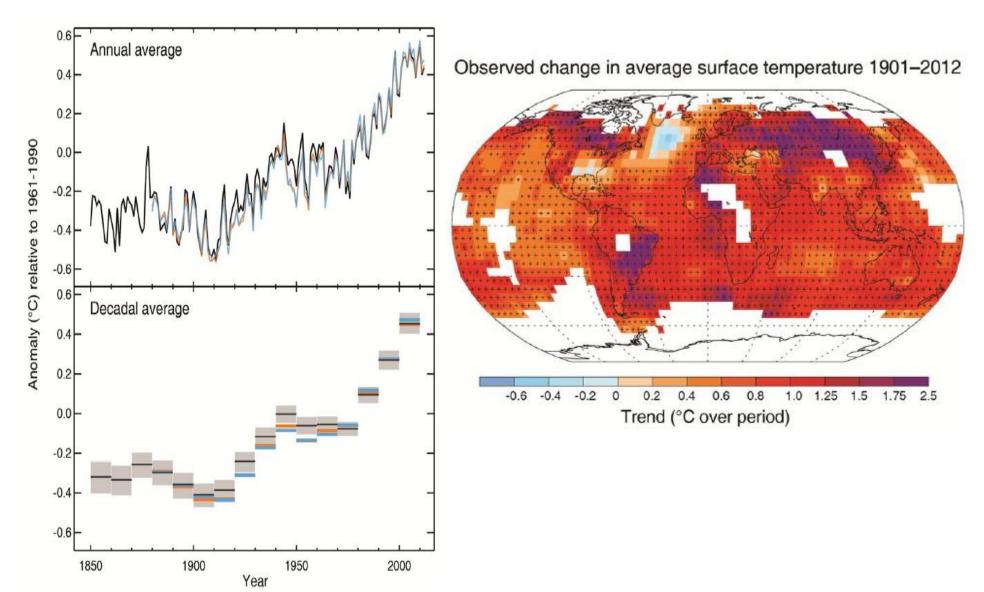


- (A) The ice-equivalent eustatic sea level history over the last glacial-interglacial cycle according to the analysis of Waelbroeck et al. (2002). The smooth **black** line defines the mid-point of their estimates for each age and the surrounding hatched region provides an estimate of error. The **red** line is the prediction of the ICE-5G(VM2) model for the Barbados location for which the RSL observations themselves provide an excellent approximation to the ice-equivalent eustatic sea level curve.
- (B) The fit of the ICE-5G(VM2) model prediction (red line) to the extended coral-based record of RSL history from the island of Barbados in the Caribbean Sea (Fairbanks, 1989; Peltier and Fairbanks, 2006) over the age range from 32 ka to present. The actual ice-equivalent eustatic sea level curve for this model is shown as the step-discontinuous brown line. The individual coral-based estimates of RSL (blue) have an attached error bar that depends upon the coral species. The data denoted by the coloured crosses are from the ice-equivalent eustatic sea level reconstruction of Lambeck and Chappell (2001) for Barbados (cyan), Tahiti (grey), Huon (black), Bonaparte Gulf (orange) and Sunda Shelf (magenta).

ПЛАН

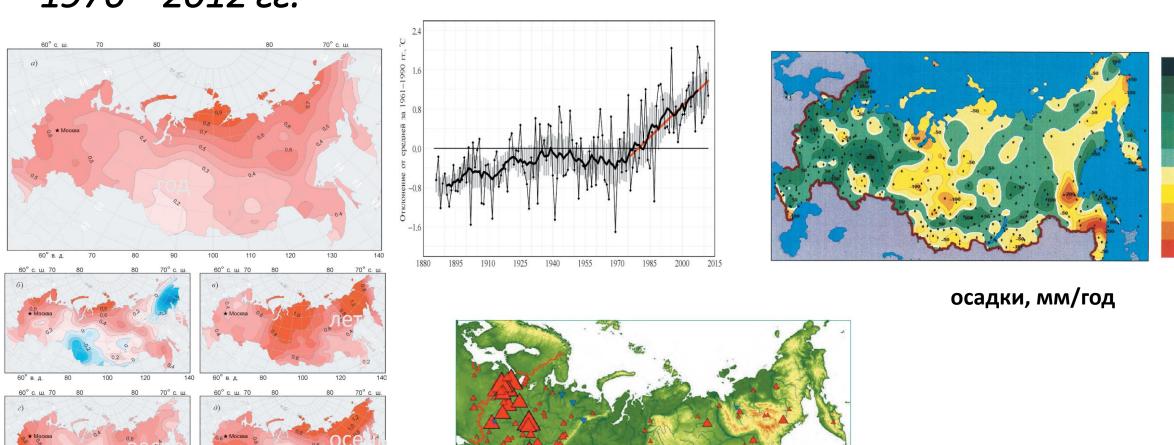
- 1. История
- 2. Система наблюдений, телесвязь, моделирование, технология прогноза погоды
- 3. Данные для изучения климата. Изменения климата типичное состояние климатической системы. Разномасштабность. Математическое моделирование климата. Прогноз климата. Сохранение основных черт климата (определяемых астрономическими и планетарными особенностями: солнечная радиация и ПЭ) при его изменениях. География климатов. Изменение климата и различные проявления этих изменений.
- 4. Яркие изменения климата и окружающей среды в прошлом: ледниковые межледниковые эпохи.
- 5. Изменение климата и состояния окружающей среды в XX и XXI веках (эмпирические данные). Антропогенное влияние.
- 6. Климатический прогноз
- 7. Адаптация к изменениям климата. Идеи геоинжиниринга как средства борьбы с негативными изменениями климата.

Изменения температуры



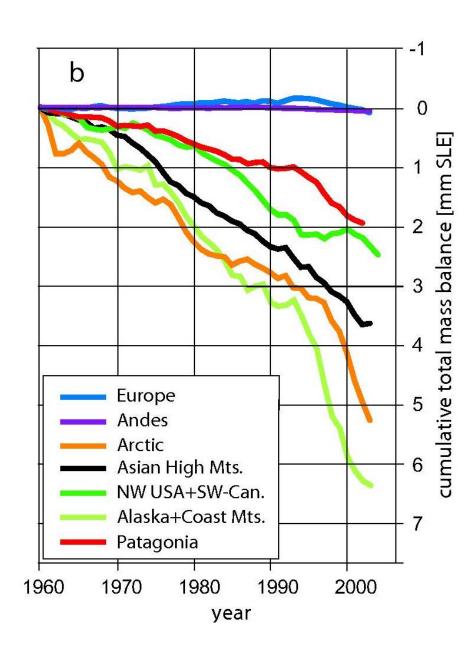
IPCC

Температура, осадки, речной сток на территории России 1976—2012 гг.

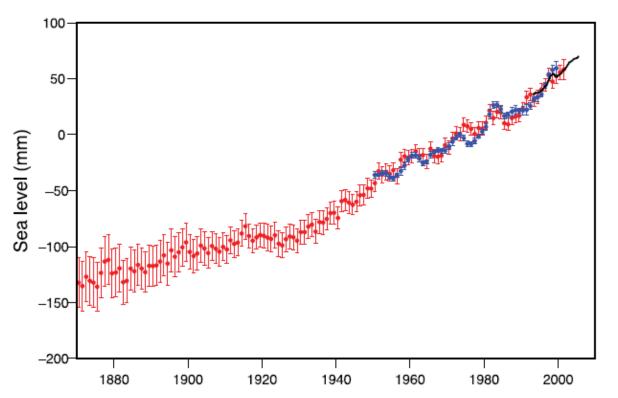


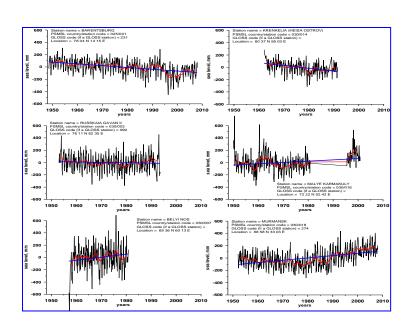
Росгидромет

Горные ледники: отрицательный баланс массы



Уровень Мирового океана

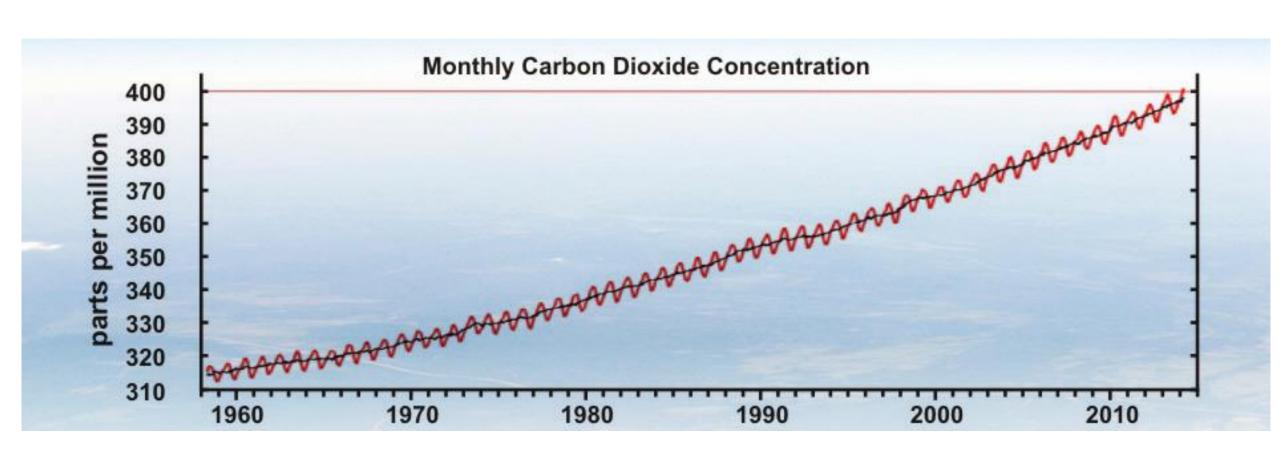




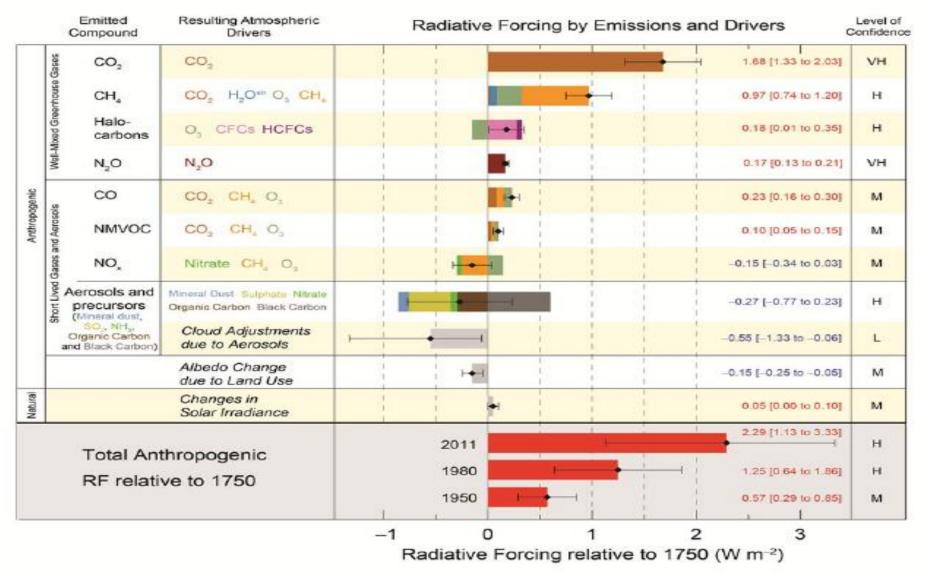
Карское и Баренцево моря

Изменения глобально осредненного уровня Мирового океана, оцененного по реконструкции Church and White (2006), основанной на данных уровнемерных постов и покрывающей период, начиная с 1870 года (красная линия), измерениях на береговых уровнемерных постах (Holgate and Woodworth, 2004) за период 1946-2006 гг. (синяя линия) и спутниковых измерениях уровня альтиметрами спутников TOPEX-POSEIDON и ADEOS за период с 1991 по 2004 гг. (Leuliette et al., 2004) (черная линия).

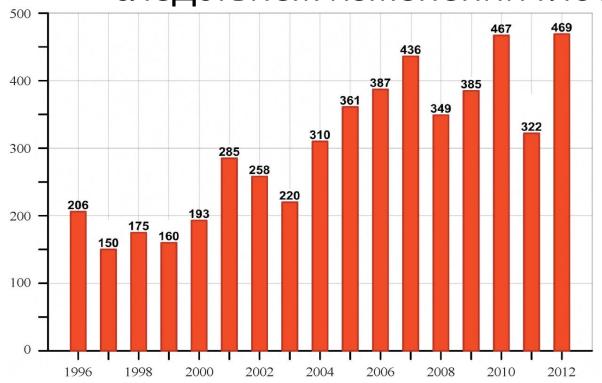
Динамика углекислого газа



Изменения радиационного баланса на внешней границе атмосферы



В чем причина роста экстремальности? Есть ли это следствием изменений глобального климата?



Суммарное за год число гидрометеорологических опасных явлений на территории России, нанесших значительный ущерб экономике и населению.



Надо различать «чисто» и «не чисто» природные аномалии. Например, функции распределения вероятностей объемов стока и затопляемых площадей не обязательно пропорциональны!

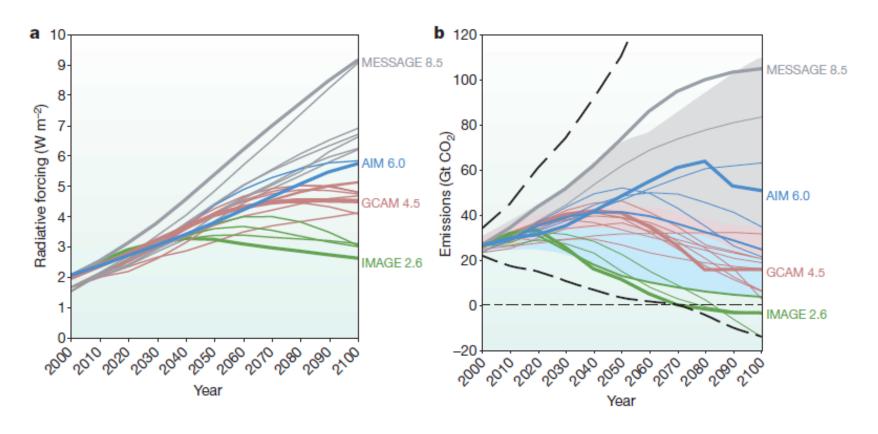
ПЛАН

- 1. История
- 2. Система наблюдений, телесвязь, моделирование, технология прогноза погоды
- 3. Данные для изучения климата. Изменения климата типичное состояние климатической системы. Разномасштабность. Математическое моделирование климата. Прогноз климата. Сохранение основных черт климата (определяемых астрономическими и планетарными особенностями: солнечная радиация и ПЭ) при его изменениях. География климатов. Изменение климата и различные проявления этих изменений.
- 4. Яркие изменения климата и окружающей среды в прошлом: ледниковые межледниковые эпохи.
- 5. Изменение климата и состояния окружающей среды в XX и XXI веках (эмпирические данные). Антропогенное влияние.

6. Климатический прогноз

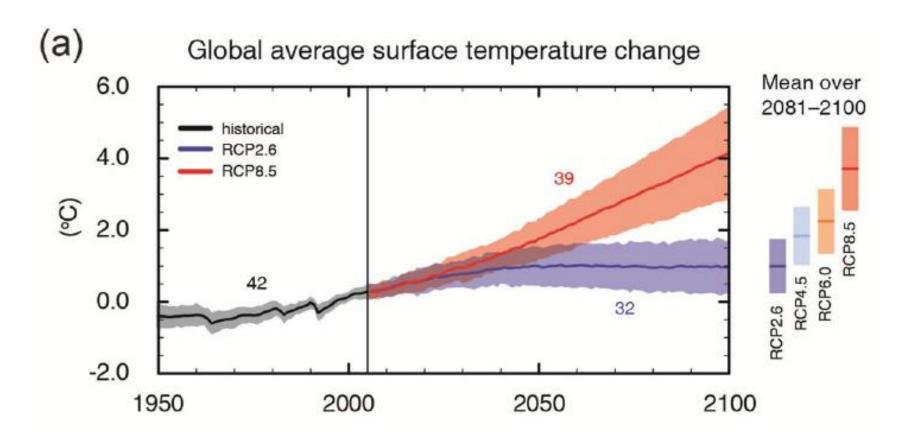
7. Адаптация к изменениям климата. Идеи геоинжиниринга как средства борьбы с негативными изменениями климата.

RCP

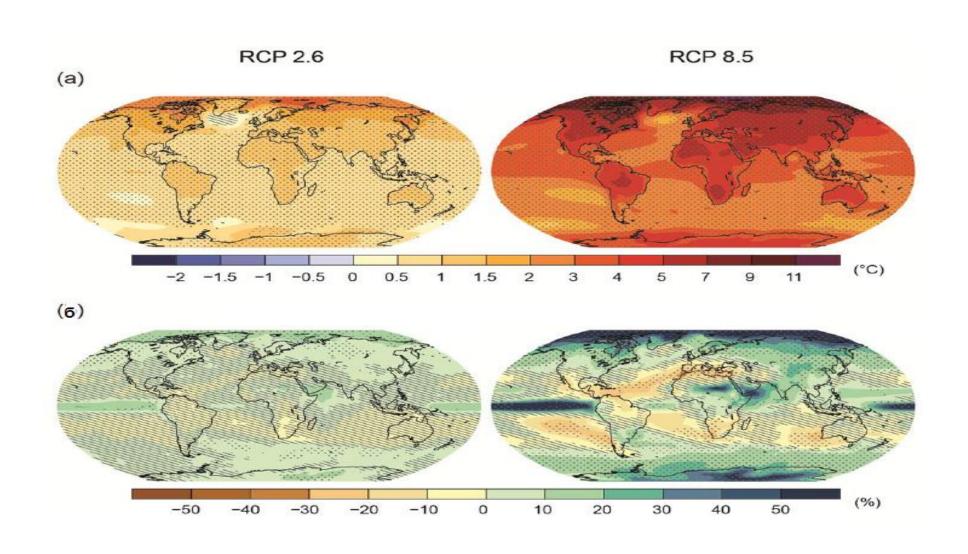


<u>Representative concentration pathways.</u> a, Changes in radiative forcing relative to preindustrial conditions. Bold coloured lines show the **four** RCPs; thin lines show individual scenarios from approximately 30 candidate RCP scenarios that provide information on all key factors affecting radiative forcing. b, Energy and industry CO2 emissions for the RCP candidates.

Температура

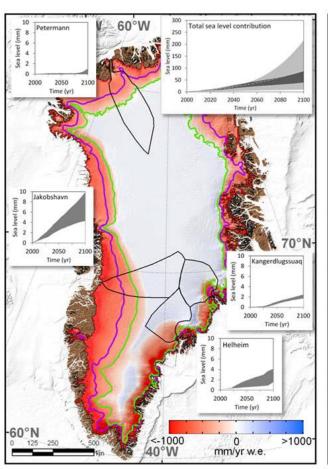


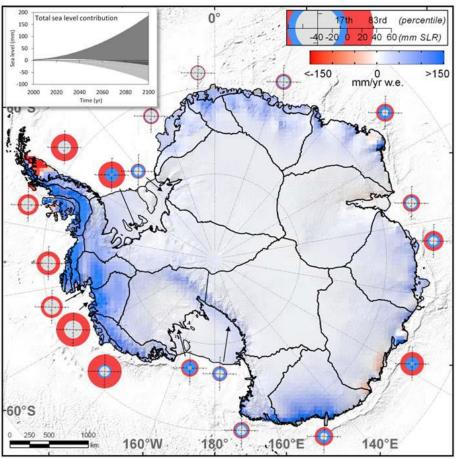
Прогноз температуры и осадков на конец 21 века

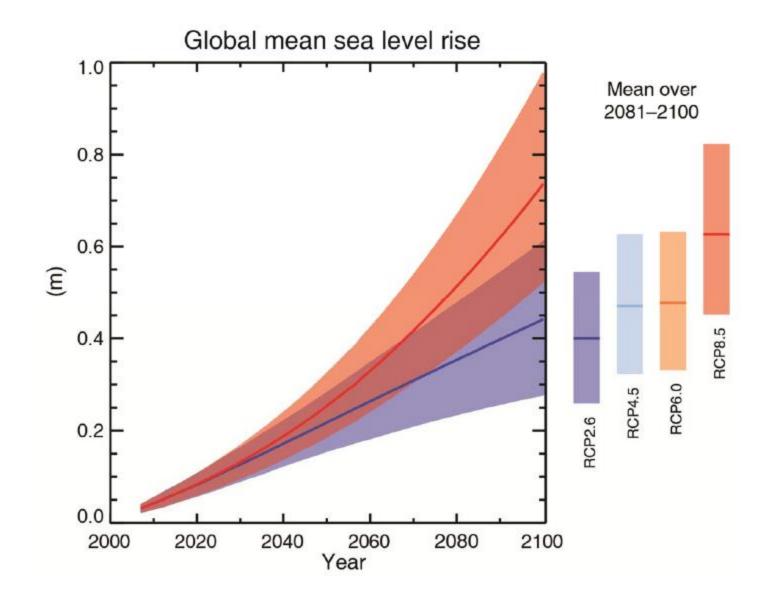


Таяние горных ледников, Гренландии и Антарктиды

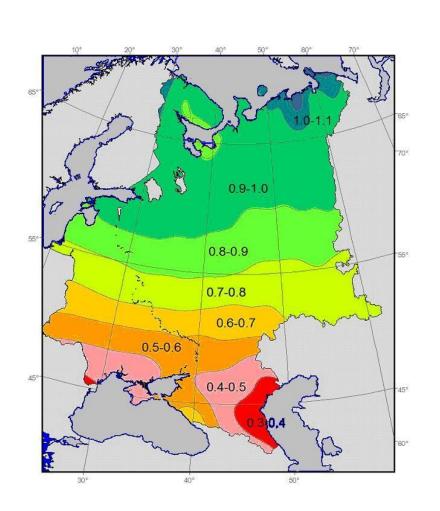
Горные ледники в 21 веке активно тают!

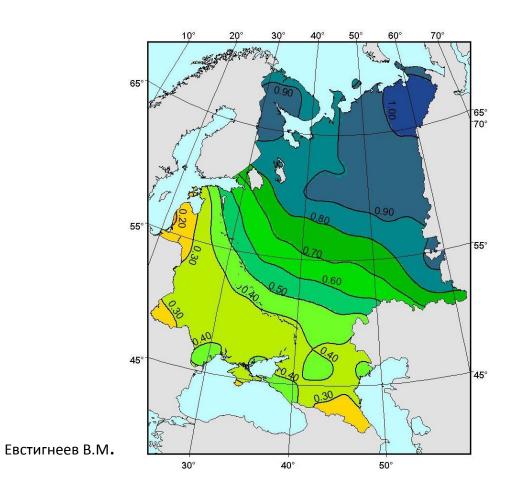




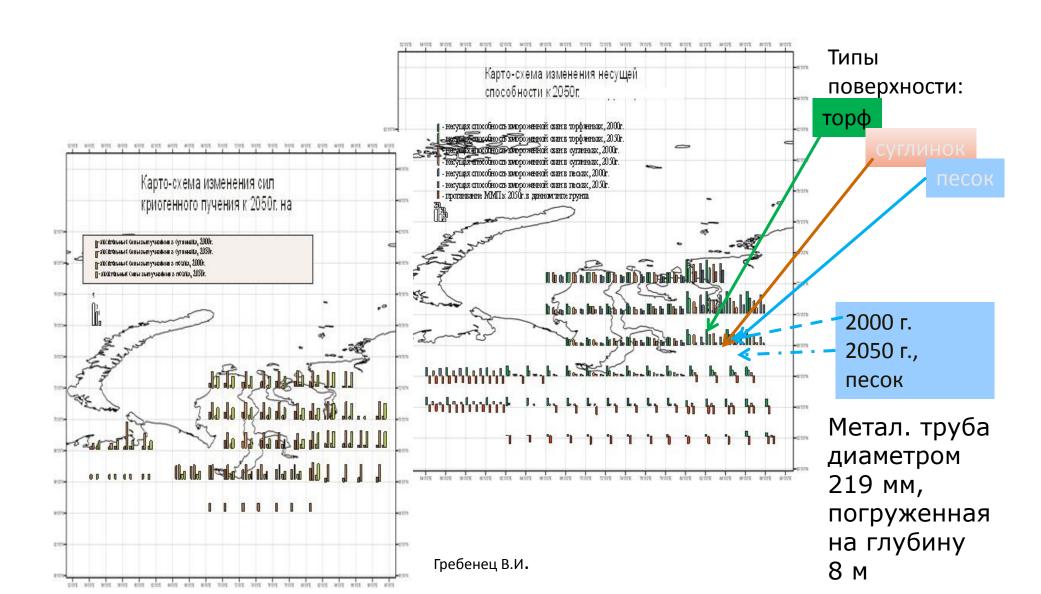


Изменения годового речного стока и объема половодья в середине 21 века

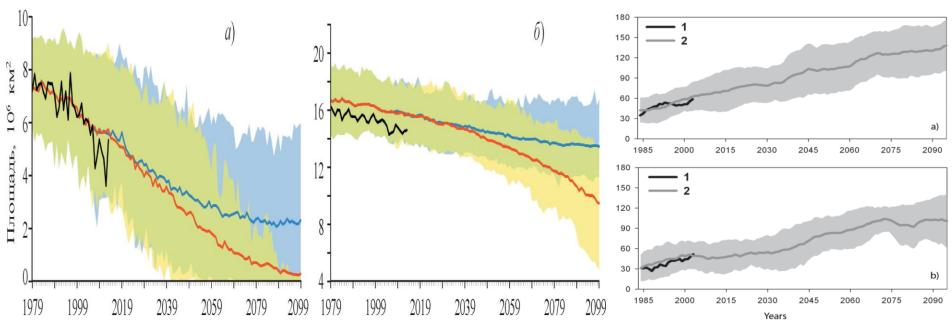




Крио-инженерные проблемы



Площадь морского льда и продолжительность навигации



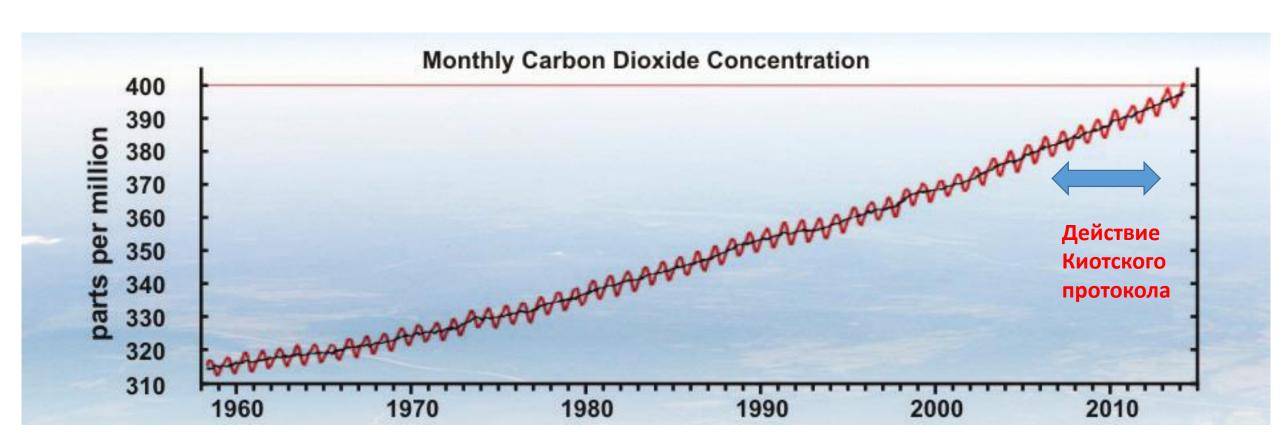
Сентябрь (а) и февраль (б) по данным 30 моделей СМІР5, для RCP4.5 и RCP8.5 (голубая и красная сплошные линии соответственно), а также межмодельный разброс в пределах 10-й и 90-й процентилей (голубая и желтая штриховка соответственно).

Прогнозируемая продолжительность навигации (сутки) Северо-Западного прохода и Северного Морского пути (мохов, хон, 2008)

ПЛАН

- 1. История
- 2. Система наблюдений, телесвязь, моделирование, технология прогноза погоды
- 3. Данные для изучения климата. Изменения климата типичное состояние климатической системы. Разномасштабность. Математическое моделирование климата. Прогноз климата. Сохранение основных черт климата (определяемых астрономическими и планетарными особенностями: солнечная радиация и ПЭ) при его изменениях. География климатов. Изменение климата и различные проявления этих изменений.
- 4. Яркие изменения климата и окружающей среды в прошлом: ледниковые межледниковые эпохи.
- 5. Изменение климата и состояния окружающей среды в XX и XXI веках (эмпирические данные). Антропогенное влияние.
- 6. Климатический прогноз
- 7. Адаптация к изменениям климата. Идеи геоинжиниринга как средства борьбы с негативными изменениями климата.

Динамика углекислого газа и Киотский протокол

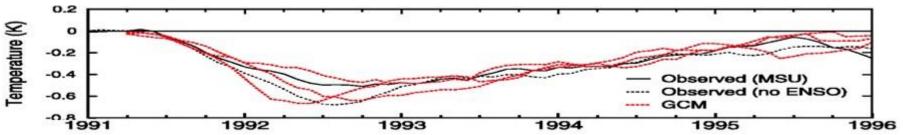


Геоинжиниоинг: по принципу взрывных извержений вулканов



Извержение Пинатубо (1991 г.) и отклик температуры.

Управление климатом посредством засевания стратосферы серой (М.И.Будыко)



Спасибо за внимание!