

СОВРЕМЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ

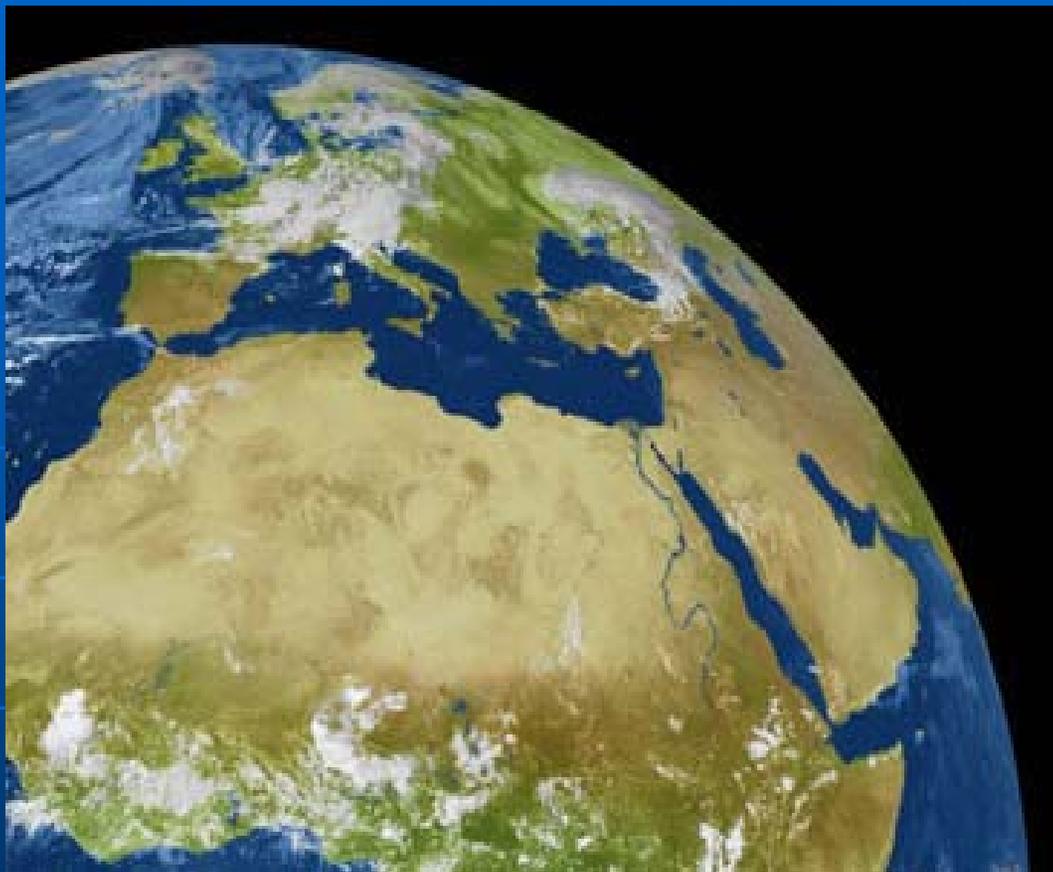
ДИСБАЛАНС ЗЕМЛИ:

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА СУЩЕСТВОВАНИЯ И ВОЗМОЖНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

В.А. Головки

ЧЕТВЕРТАЯ ОТКРЫТАЯ ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса
Москва, 13-17 ноября 2006 г.

Эпоха кардинальных климатических изменений

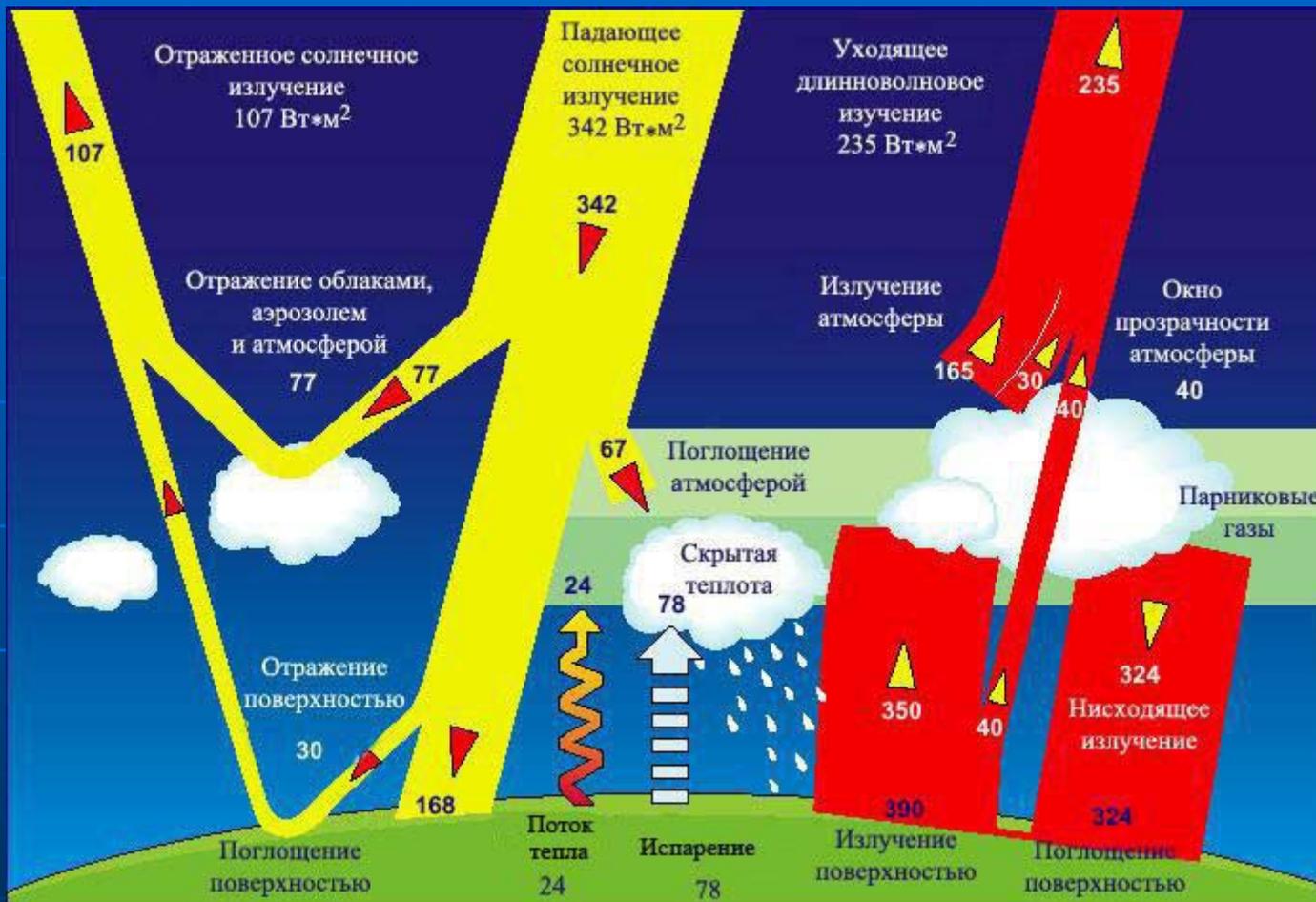


Последние два десятилетия двадцатого века можно считать началом эпохи кардинальных климатических изменений. По данным спутниковых наблюдений, полученных с помощью различных космических систем, в том числе и российских, были выявлены статистически значимые тренды изменения основных компонентов радиационного баланса: длинноволнового уходящего и коротковолнового отраженного излучений Земли.

Продолжающиеся в настоящее время дискуссии в мировом научном сообществе по данной проблеме ставят своей целью получение ответа на вопрос, служат ли выявленные изменения характеристик уходящего излучения индикатором долговременного тренда климатической системы или являются естественными флуктуациями климата, а также какова их достоверность.

В.А. Головки «Энергетический дисбаланс Земли»

Пример мгновенного баланса потоков радиации в климатической системе Земли



$$B = Q(1 - A) - L,$$

где Q – приходящая солнечная радиация, определяемая солнечной постоянной S_0 ,

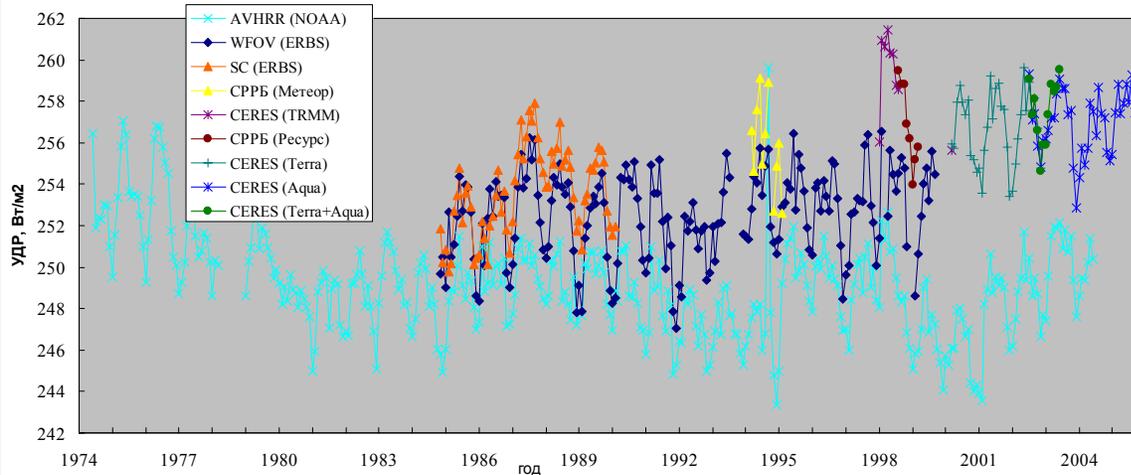
A – альbedo Земли;

L – уходящая длинноволновая радиация (УДР).

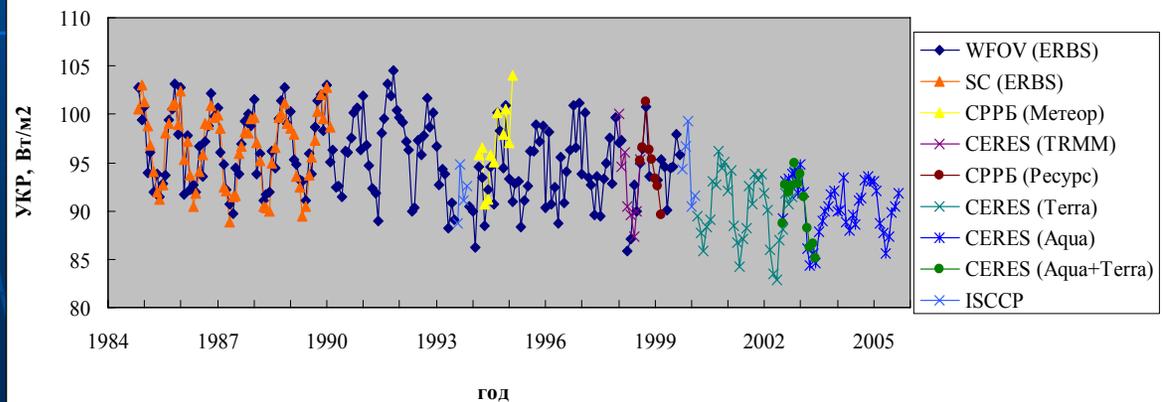
QA определяет уходящую коротковолновую радиацию (УКР).

Среднемесячные значения уходящей радиации (УДР и УКР), усредненные для тропической зоны (20° ю.ш.- 20° с.ш.), по данным экспериментов ERBE, CPPБ и CERES

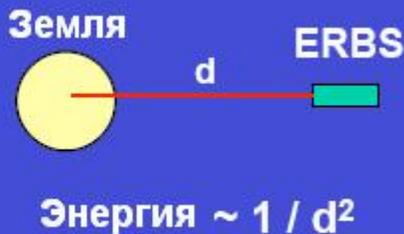
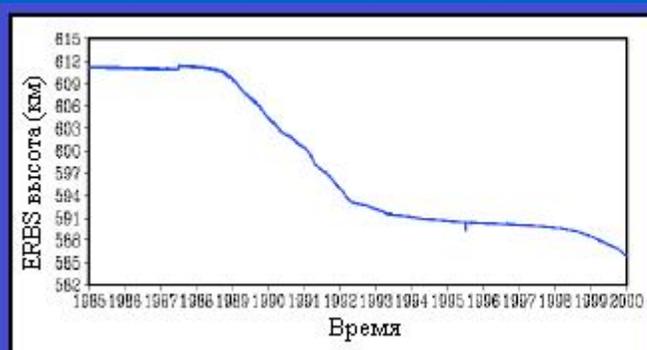
УДР тропического региона по данным различных источников



УКР тропического региона по данным различных источников



Деградация характеристик измерительной системы ERBS



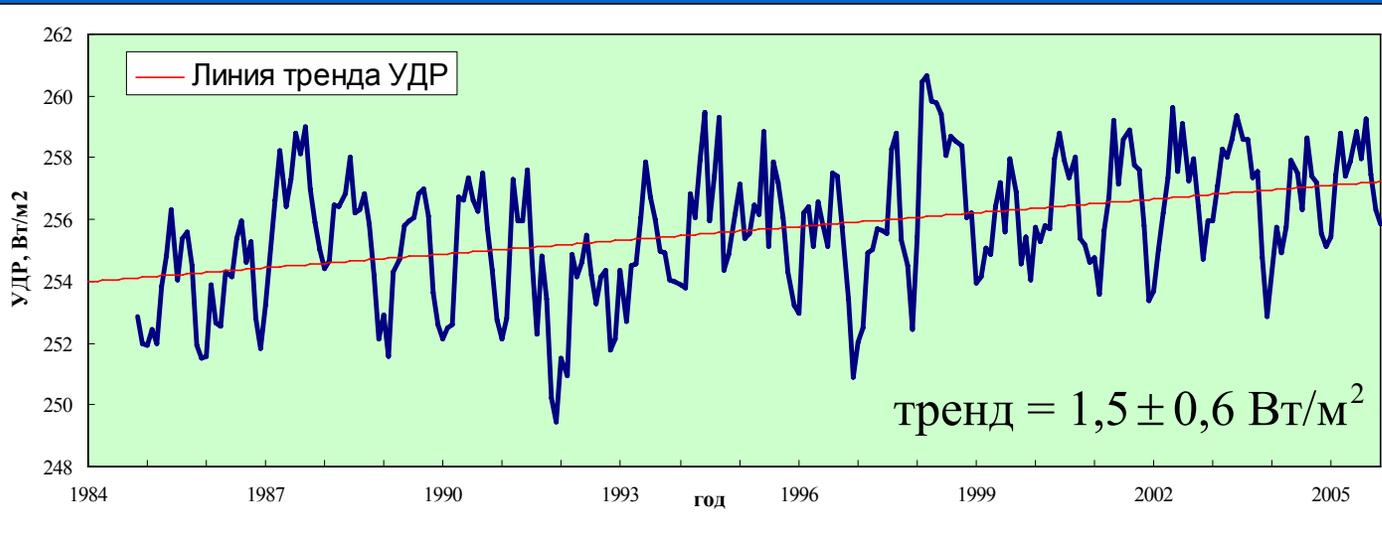
Спутник ERBS был запущен 5 октября 1984 г. и находится на орбите уже более 20 лет.

Снижение орбиты спутника за 15 лет составило около 27 км.

Деградация чувствительности коротковолнового канала за 15 лет составила $\sim 1\%$.

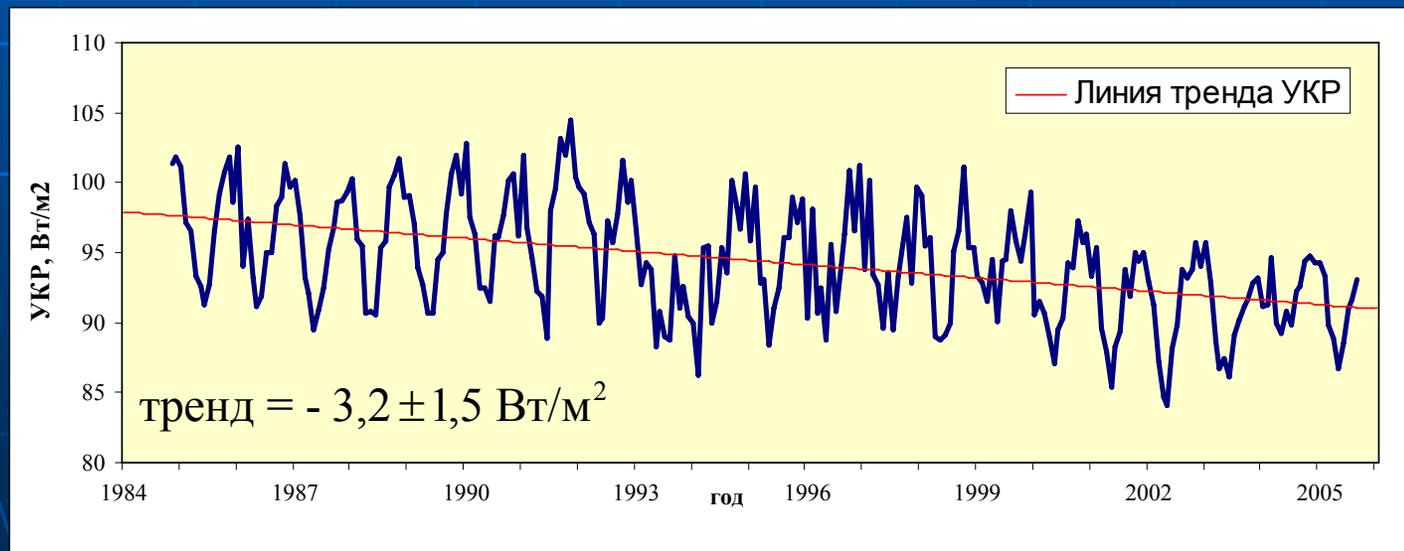


Временные тренды уходящей радиации для тропиков



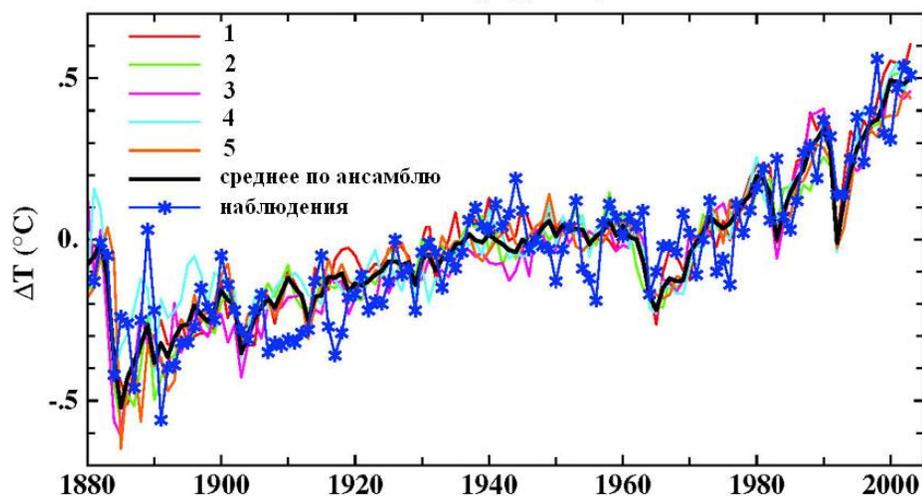
Аномалия УДР: +1,5
Аномалия УКР: -3,2
Баланс: +1,7
(нагрев)

По независимым наблюдениям за "земным освещением" - затененной части поверхности Луны было установлено, что во второй половине 90-х годов XX века уменьшение альbedo Земли составило приблизительно 2,5%



Применение современной климатической модели

Изменение температуры поверхности



Hansen et al., 2005

По современным оценкам, учитывающим историю Земли и базирующимся на результатах лучших современных климатических моделей, чувствительность климата составляет $0.75 \pm 0.25^\circ\text{C}$ на $\text{Вт}/\text{м}^2$, что определяет требуемый срок от 25 до 50 лет для того, чтобы температура земной поверхности достигла 60% уровня своего равновесного отклика.

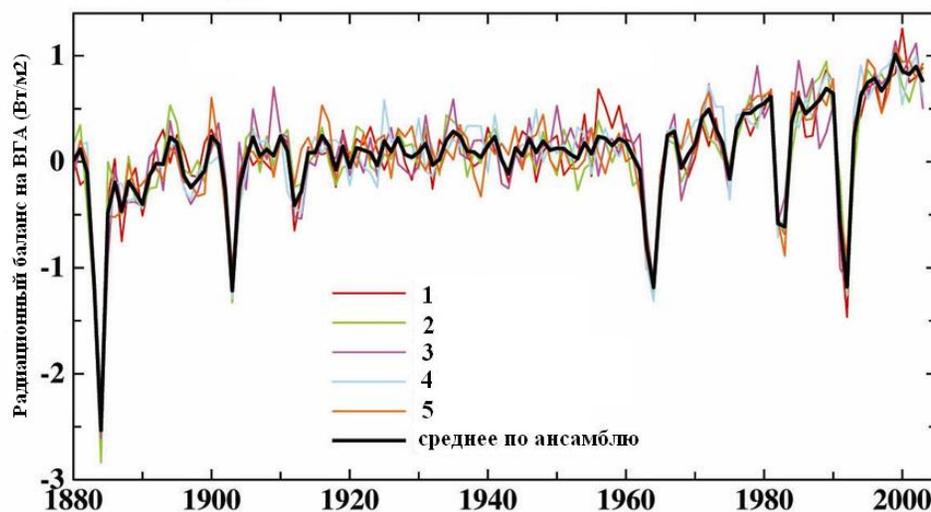
Имитационное исследование радиационного баланса Земли осуществлялось с помощью глобальной климатической модели Годдарского института космических исследований (GISS).

Полное воздействие на климатическую систему в 2003 г. по отношению к 1880 г. составило $1.85 \text{ Вт}/\text{м}^2$

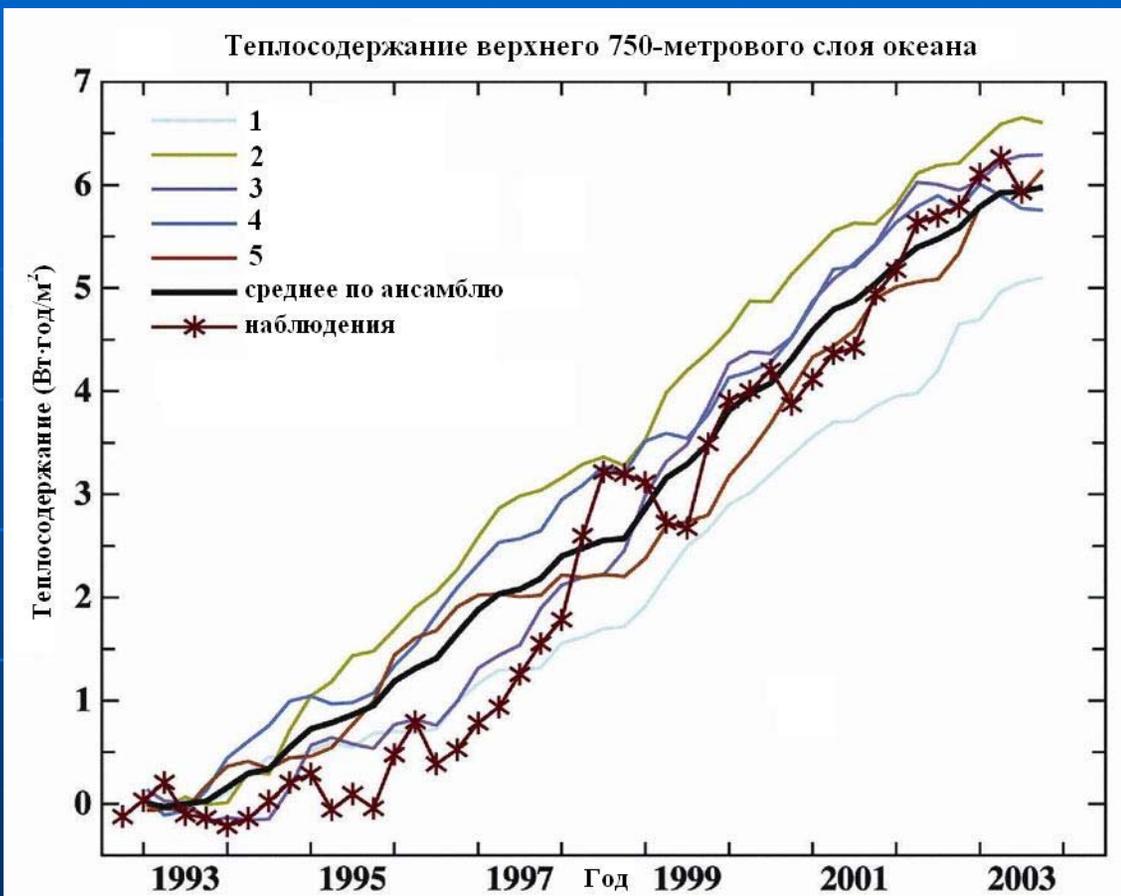
На наблюдаемое глобальное потепление величиной 0.7°C ушло около $1 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Оставшиеся $0.85 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ждут своей реализации, что должно привести к глобальному потеплению еще на 0.5°C .

Планетарный энергетический дисбаланс

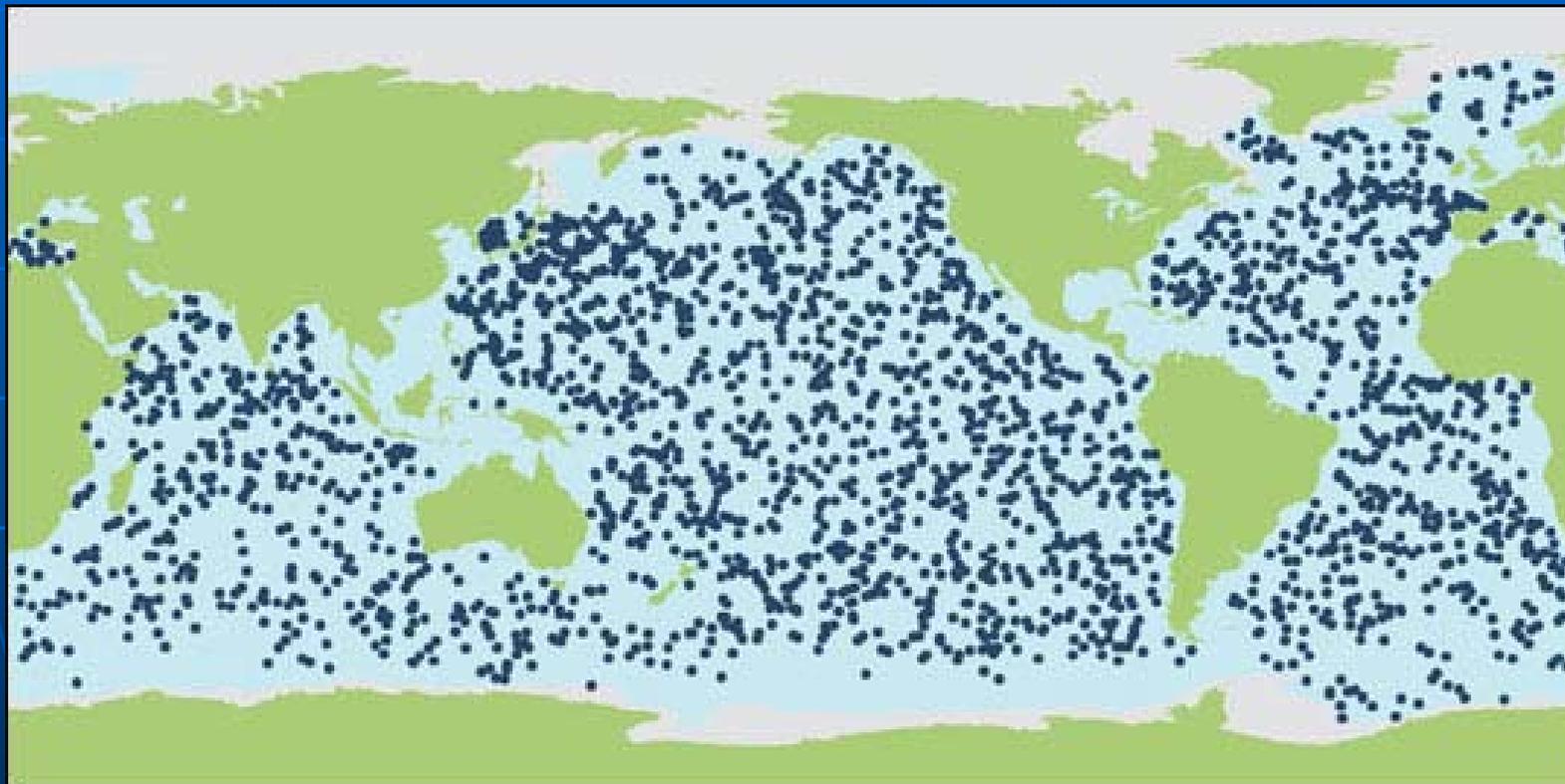


Планетарный энергетический дисбаланс и теплосодержание океана



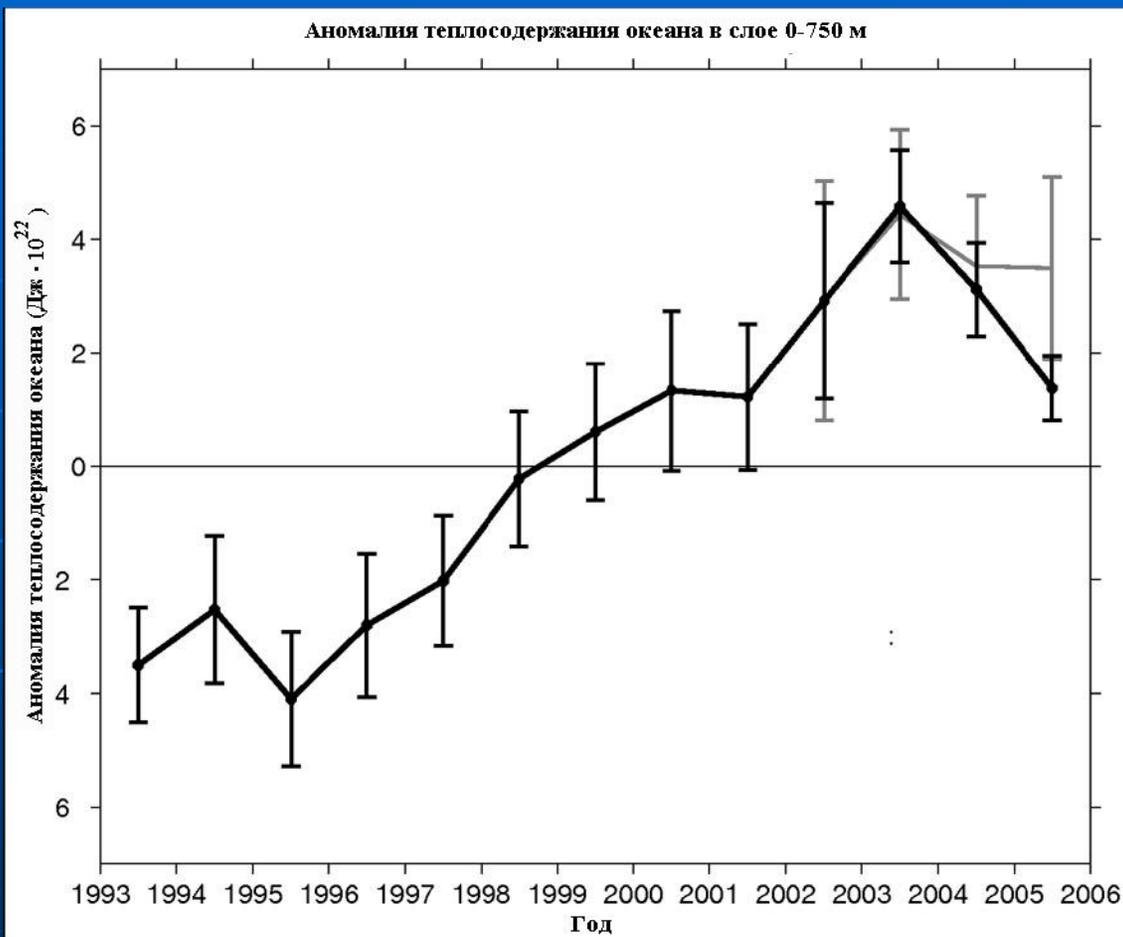
На основе объединения и анализа всех имеющихся данных (спутниковых и буевых) установлено, что теплосодержание верхнего (750м) слоя океана в период 1993 - 2003 гг. в среднем увеличивалось со скоростью 0.86 ± 0.12 Вт/м² в год для 93.4% поверхности Мирового океана, на которой проводились исследования. Полученные экспериментальные данные хорошо согласуются с результатами моделирования, которые дают оценку за десятилетие, усредненную для всей поверхности Земли, 6.0 ± 0.6 Вт/м² (доля поверхности океана составляет 0.7).

Покрытие сетью 3000 буев 93% Мирового океана



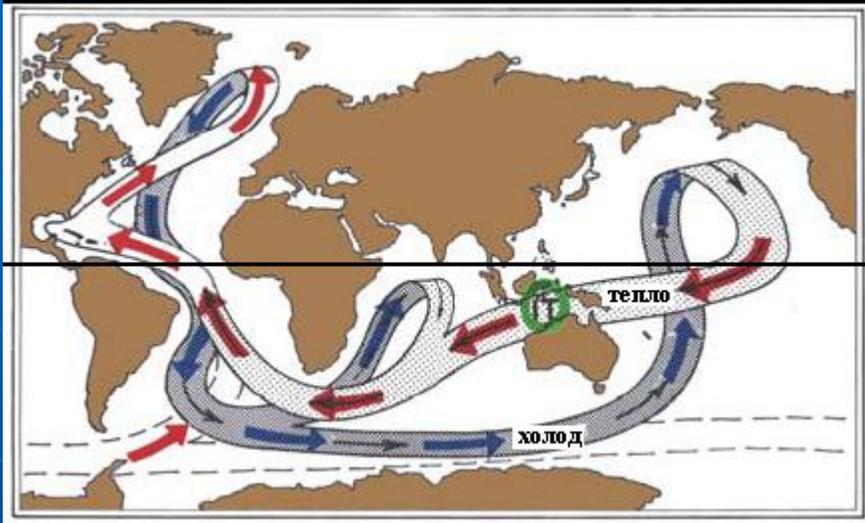
В.А. Головки «Энергетический дисбаланс Земли»

Временное охлаждение верхнего слоя океана



В 2004-2005 гг. наблюдалось некоторое уменьшение теплосодержания, которое ранее отмечалось в 1995 г.

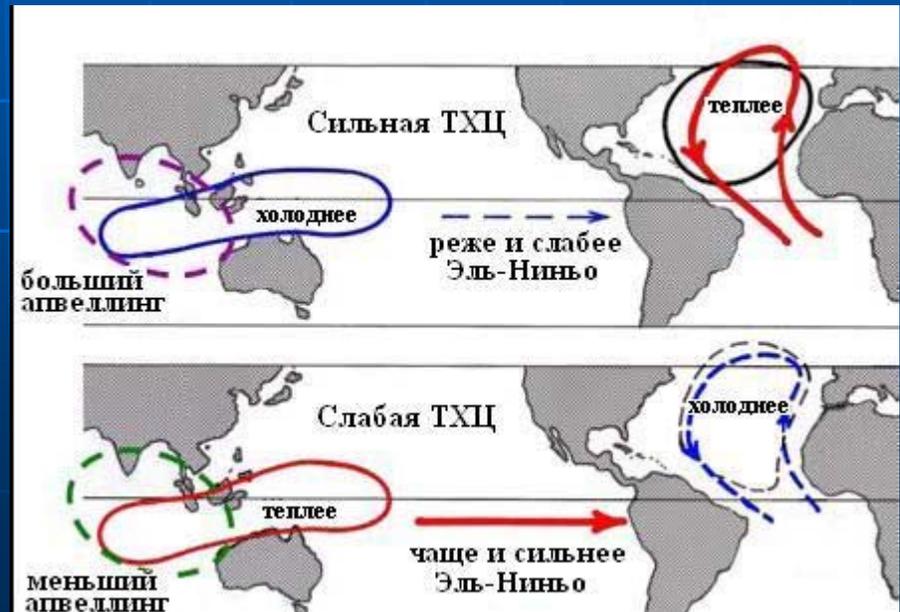
Глобальное потепление и термохалинная циркуляция



Когда ТХЦ сильнее средней, климатическая система имеет тенденцию к охлаждению (с запаздыванием 10-15 лет) и наоборот, когда ТХЦ слабее, система с тем же запаздыванием нагревается. В среднем ТХЦ охлаждает океаны на 3 Вт/м^2 . Когда ТХЦ сильнее, охлаждающий эффект оценивается в 4 Вт/м^2 , когда слабее – вдвое меньше – около 2 Вт/м^2 .

Океан полностью вентилирует себя каждые 1-2 тысячи лет через полярные области (Атлантику и Антарктику) путем опускания холодно-соленой воды и компенсирующего подъема (апвеллинга) теплой и менее соленой воды в тропиках. Это глубоководная циркуляция постоянно охлаждает океан.

Палео и метеорологические наблюдения показывают, что временные масштабы изменений силы этой термохалинной циркуляции (ТХЦ) менялись от декадных до многовековых.



Заключение

- Климат Земли обладает существенной тепловой инерцией. В настоящее время этот важнейший факт не всегда адекватно учитывается не только политиками, но и некоторыми учеными. Эффект инерции замедляет реакцию Земли на климатические возмущения, т.е. препятствует изменениям планетарного энергетического баланса выразиться в изменении глобальной температуры. Основопологающий симптом тепловой инерции Земли (при наличии возрастающих климатических возмущений) заключается в дисбалансе энергии, поглощаемой и излучаемой планетой.
- Получение уточненных увеличенных по абсолютной величине значений отрицательного тренда коротковолнового отраженного солнечного излучения следует рассматривать как важнейший климатический сигнал уменьшения альбедо Земли, что может привести к существенной интенсификации глобального потепления.
- Данные ансамблевого моделирования GISS оценивают текущий положительный планетарный энергетический дисбаланс величиной ~ 0.85 Вт/м². Это дополнительно подтверждает очень тревожный сигнал: Земля не находится в тепловом равновесии с окружающим пространством. Когда будет исчерпана аккумулирующая способность Мирового океана, может начаться действительно экстремальное глобальное потепление, что непременно скажется на проявлении аномальных природных явлений и, в первую очередь, на быстром повышении уровня Мирового океана, а также усиливающейся активности тропических ураганов.