ГЕОДИНАМИКА И ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

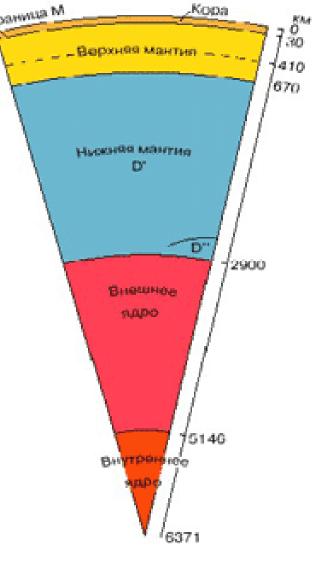


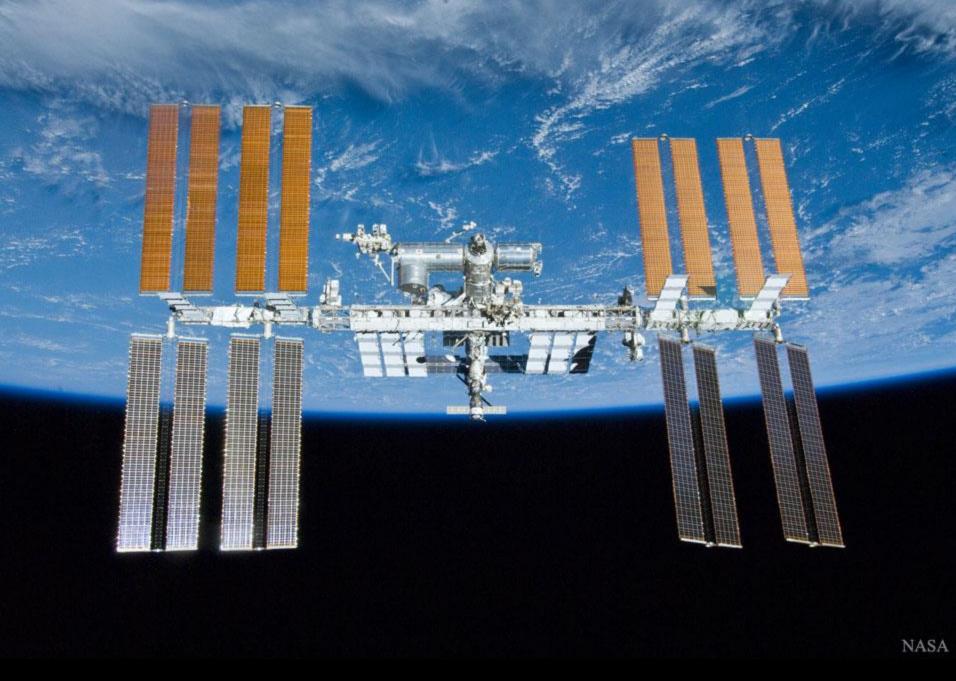
доцент МИЭМ НИУ ВШЭ, с.н.с ГАИШ МГУ, д.ф.-м.н. Леонид Зотов 23 октября 2021 г., Планетарий ЦДРА

Сейсмологическая модель Земли

5000

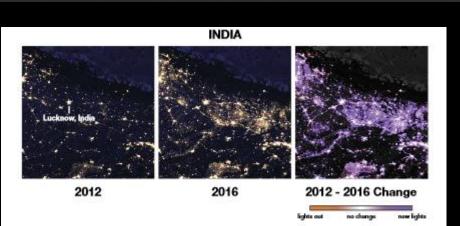
Зона	наименование слоя	глубина (км)	плотность (<i>г/см</i> ³)	
Α	кора	35	3,2	
В	силикаты	400	3,5	1
С	фазовые переходы	900	4,0	
D	нижняя мантия	2700	5,0	
D'	переходная зона	2883		
E	внешнее ядро	4980	10-11	
F	переходная зона	5120		
G	внутреннее ядро	6371	12	
	ocmb, KM/c	ONHE		



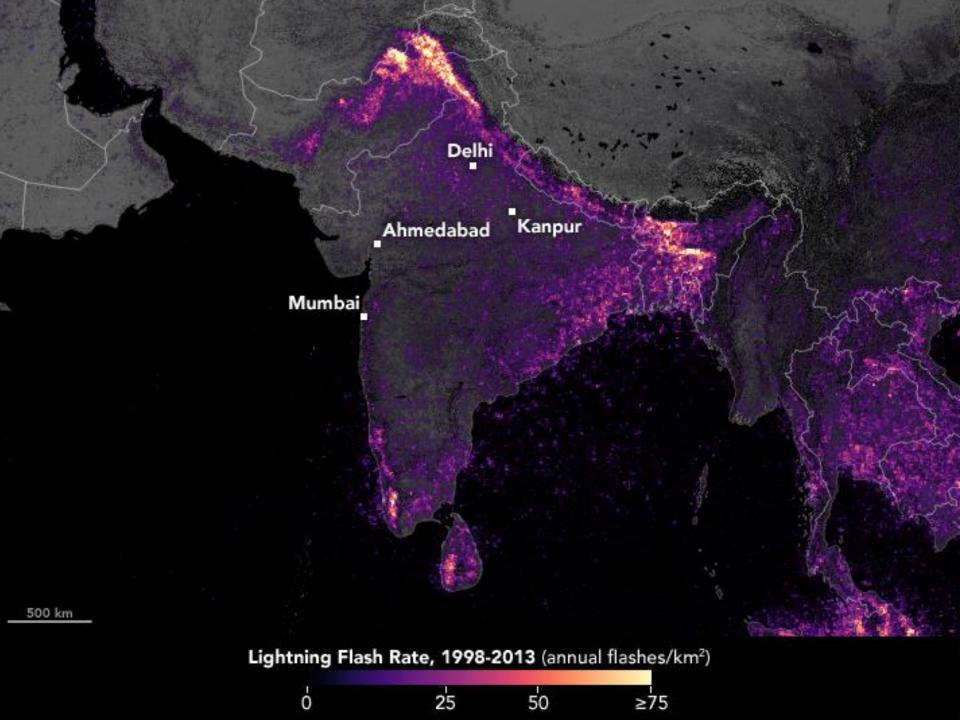


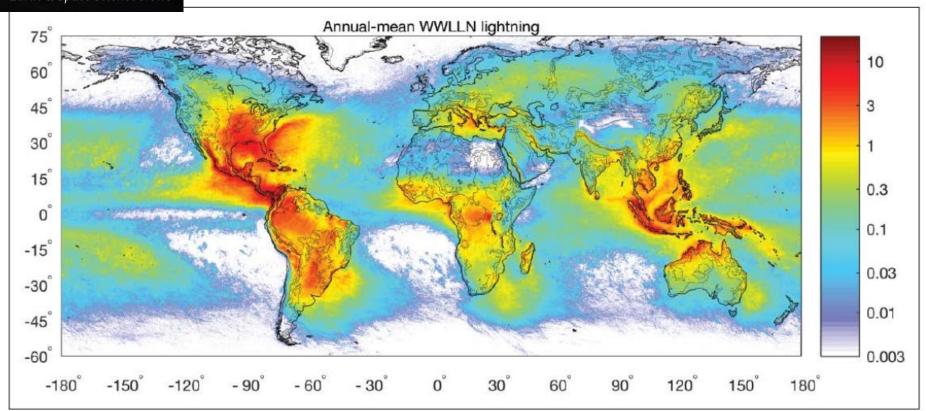
Международная космическая станция (МКС) над Землей (APOD)











Number of lightning strokes accumulated for the years 2008–2017, presented as strokes per year per square kilometer on a 0.1° × 0.1° global grid. Data are from the World Wide Lightning Location Network, and the map is an upgrade of the 0.25° × 0.25° global climatology published by Virts et al. [2013].

scientists involved with the Global Climate Observing System (GCOS)—a group that seeks to ensure that data necessary for climate studies are made available to the public—together with the Commission for Climatology (CCI) of the World Meteorological Organization (WMO), established a Task Team for Lightning Observations for Climate Applications (TTLOCA; bit.ly/TTLOCA-lightning) in October 2017.

Lightning: An Essential Climate Variable

Космическая геодезия XXI века

Системы позиционирования — РСДБ, ЛЛС, ЛЛЛ, DORIS для исследования Земной поверхности, ее вращения, ионосферы

Глобальные навигационные системы GNSS — GPS, GLONASS, GALILEO, Beidou, IRNSS, для мониторинга природных ресурсов, земной поверхности, тропосферы, ионосферы, льдов, вод, движений коры

Альтиметрия – Jason, ENVISAT, CryoSAT, IceSAT находит применениев гляциологии, гидрологии, океанографии

Интерферометрические синтетические апертурные радары – ERS, RADARSAT, ENVISAT, ALOS, TERRA, Cosmo, для создания ГИС, мониторинга природных ресурсов, процессов на земной поверхности, в атмосфере и на воде

Гравиметрия – LAGEOS, GRACE, GOCE, Ajisai, SAGM – мониторинг перераспределения масс, уровень геоида

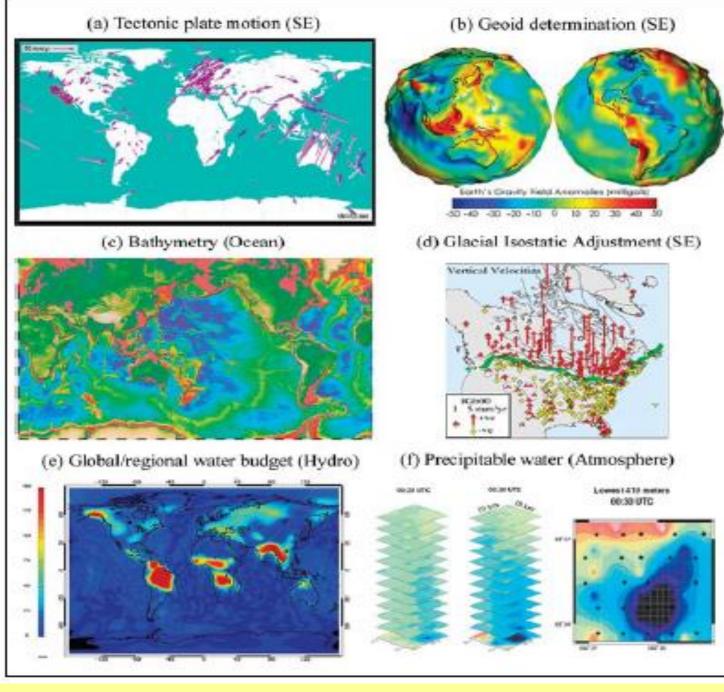


Geodesy in the

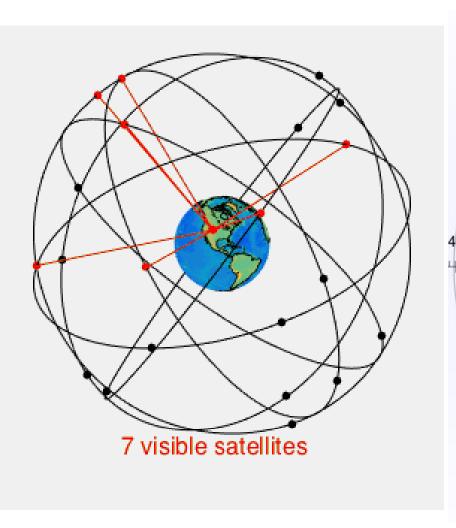
PAGES 153-155

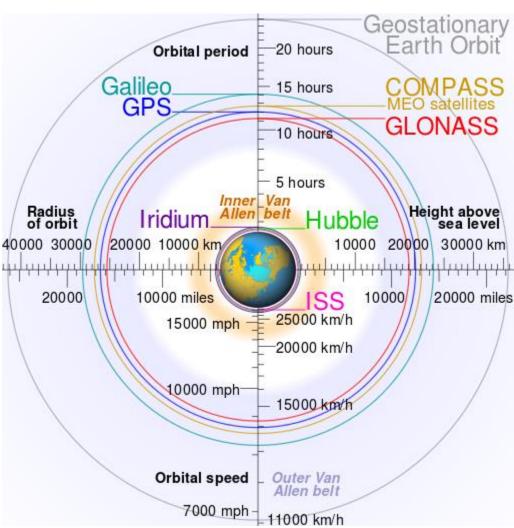
Геодинамика изучает процессы на Земле и в ее недрах

а движение плит b гравитационное поле c рельеф дна d поднятие коры e водный баланс f осадки

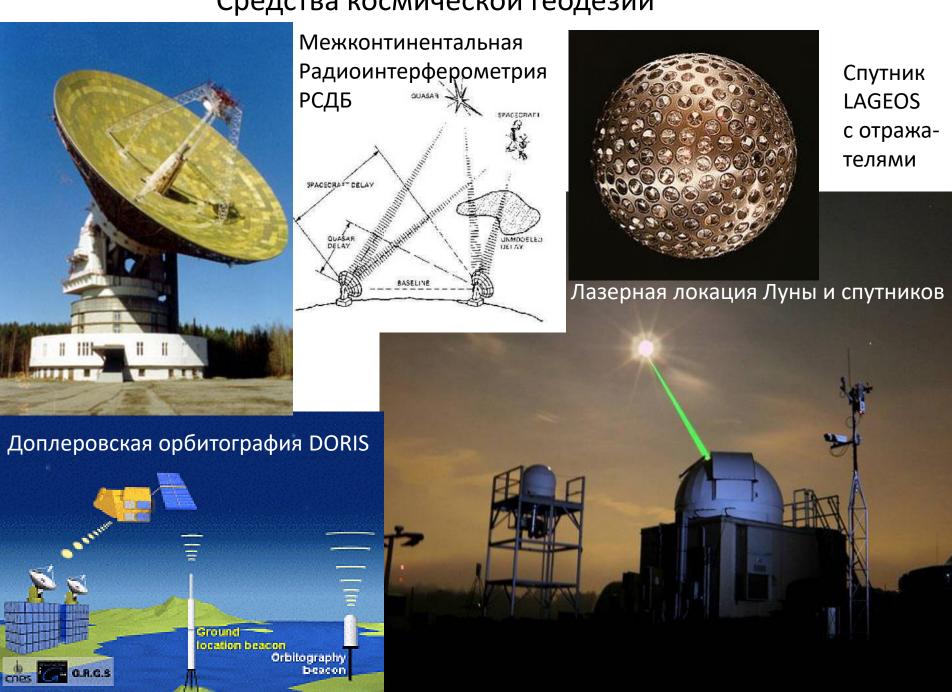


Hавигационные спутниковые системы GPS, GLONASS, BEIDOU, GALILEO

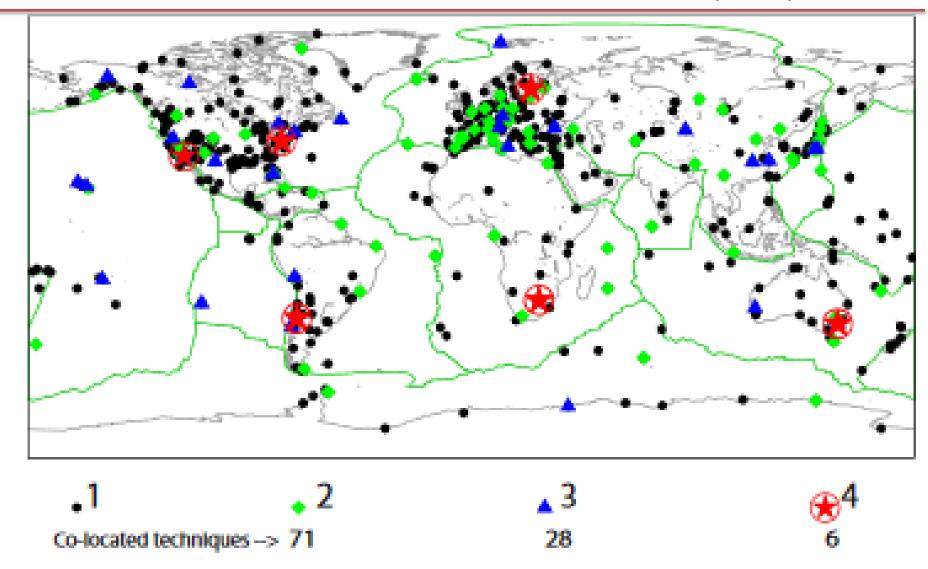




Средства космической геодезии



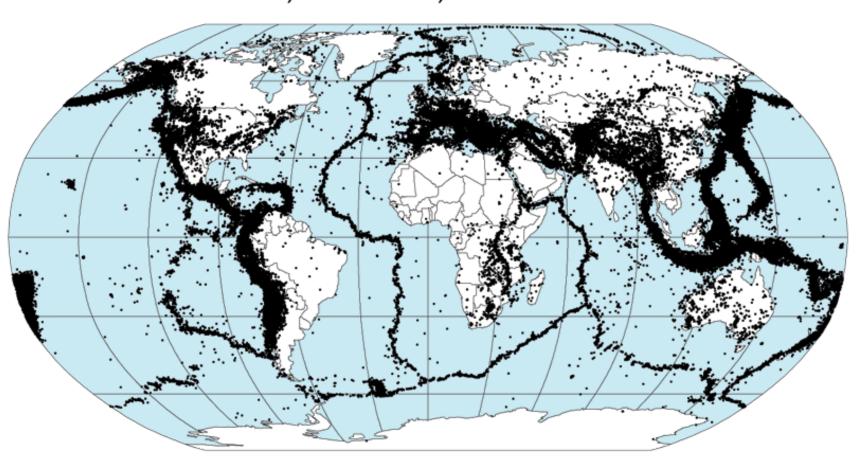
International Terrestrial Reference Frame (ITRF) 2008



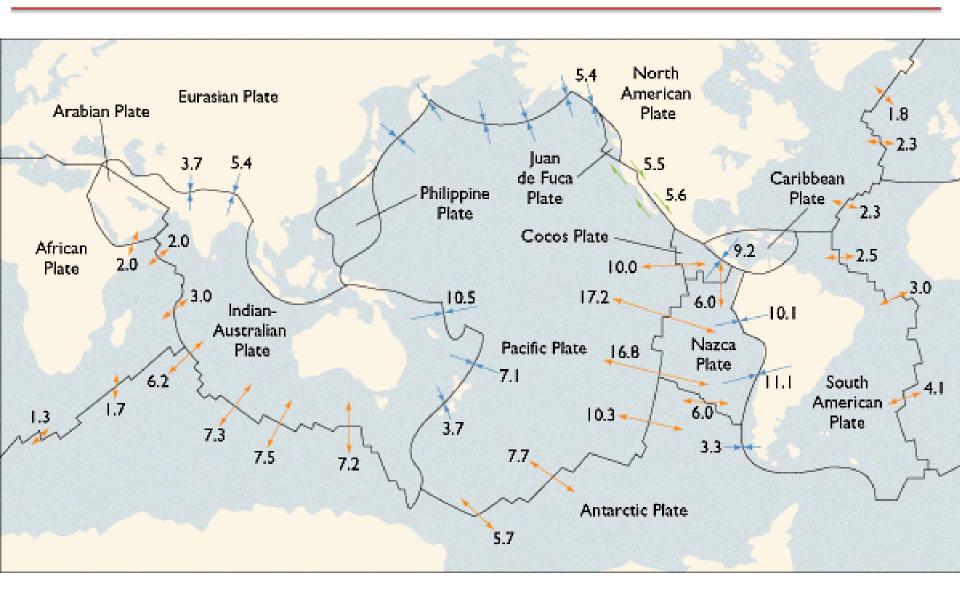
IERS Conventions (2010)

Огненные пояса Земли

Preliminary Determination of Epicenters 358,214 Events, 1963 - 1998

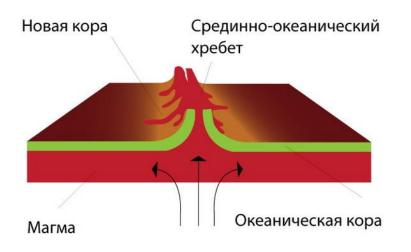


NUVEL-1A модель движения литосферных плит

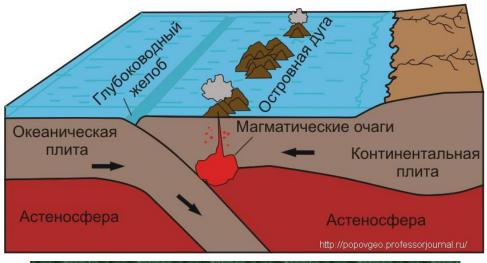


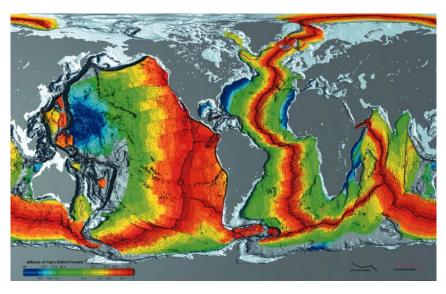
Движения литосферных плит

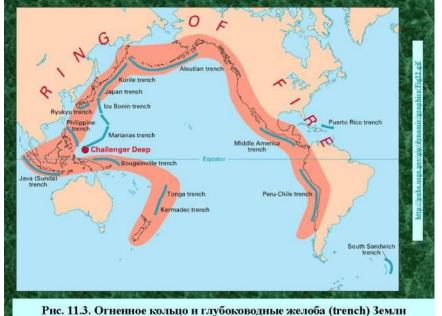
Спрединг



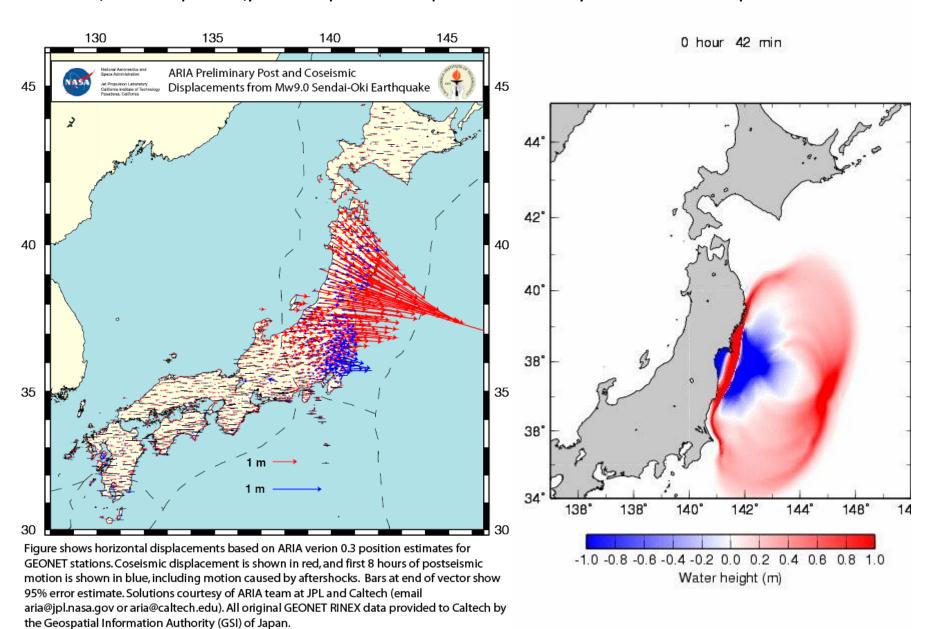
Субдукция







Смещения коры и цунами при землетрясении Тохоку в Японии в марте 2011 г. М9.1



Geophysical Journal International



Geophys. J. Int. (2012) 191, 1109-1118

doi: 10.1111/j.1365-246X.2012.05674.x

Отпечатки землетрясений в данных GRACE

Gravitational gradient changes following the 2004 December 26 Sumatra-Andaman Earthquake inferred from GRACE

Lei Wang,* C. K. Shum and Christopher Jekeli

Division of Geodetic Science, School of Earth Sciences, Ohio State University, Columbus, OH 43210, USA. E-mail: leiwang@ldeo.columbia.edu

Accepted 2012 September 6. Received 2012 September 6; in original form 2012 January 17

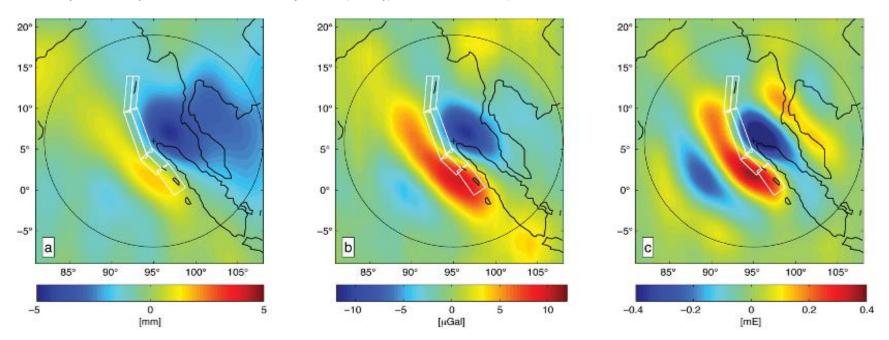
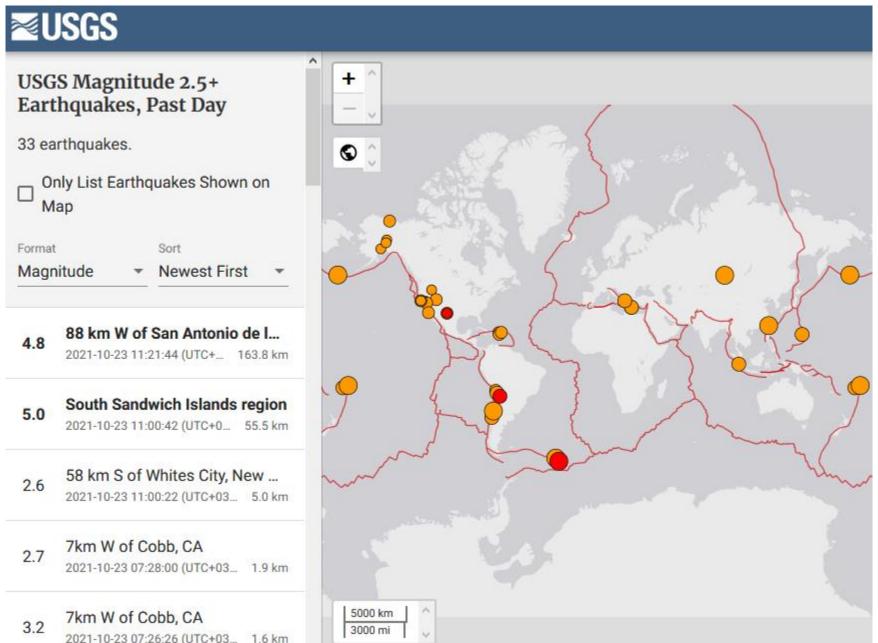


Figure 5. Comparison between GRACE-derived (a) geoid height change, (b) gravity change and (c) gravitational gradient change caused by 2004 Sumatra and 2005 Nias events. The black circle shows the spherical cap used to construct the Slepian tapers (Wieczorek & Simons 2005), which are used in the localized spectrum estimation.

Землетрясения и вулканизм сосредоточены вдоль "огненных поясов Земли"



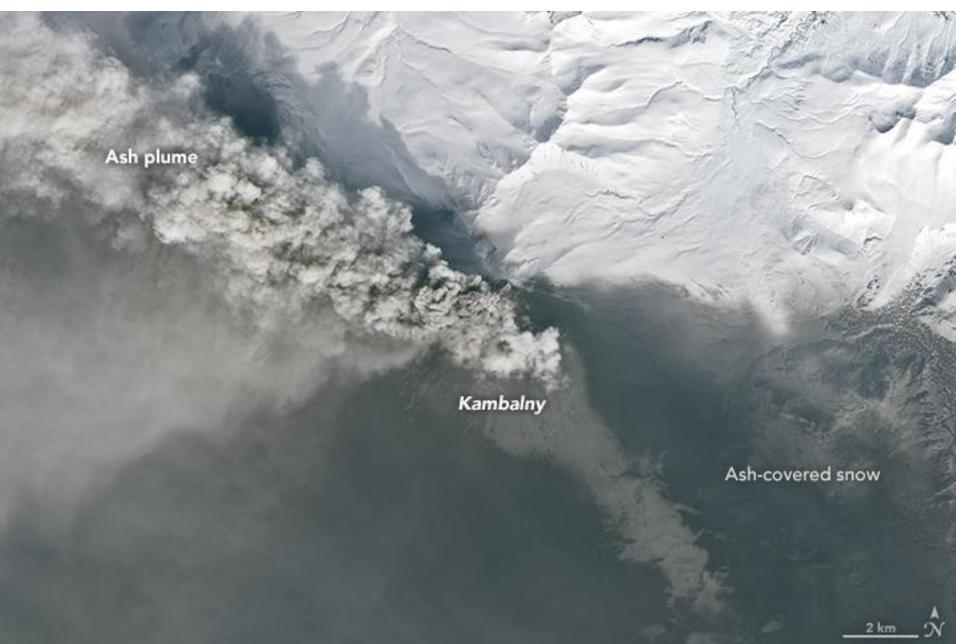
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ Вдохнул, ожил великий шар Земной! И задрожало вдруг земное дно. Затрепетало все... И вновь – покой... Прошло всего мгновение одно, А тишина – как будто яркий свет Затмил дрожанье меркнущей свечи... Нам словно детям вспугнутым, вослед Смеются Солнца добрые лучи! Я вспомнил детство. Говорила мать: "Там под Землей владенья черепах". Но разве мог ребенок понимать, Что это их деянья сеют страх?... Сейчас все это – детства слабый дым. С тех пор я видел не один обвал. Есть внуки в меня, я стал седым, Но что там, под землей, - не увидал...



Извержение вулкана Cumbre Vieja на Канарских островах Landsat 8, 27 сентября 2021 г.



Пепел и снег на вулкане Камбальный OLI, Landsat-8, 28 марта 2017 г.



Пепел и лава на вулкане Ключевской OLI, Landsat-8, 21 апреля 2020 г.



Вулканы Камчатки MODIS, Terra, 1 июля 2013 г. Shiveluch-Bezymianny-Tolbachik-Kizimen-



Камчатским филиалом Федерального исследовательского центра «Единая геофизиче служба РАН» (КФ ФИЦ ЕГС РАН) и ОАО Камчаттеология проводились наблюдени вариациями уровня воды в скаажинах с периодичностью 5-10 минут с использова цифрового оборудования. В результате наблюдений 1997-2010 гг. были зарегистриро разнообразные гидрогеосейсмические вариации уровня воды при сильных мес землетрясениях, аключающие гидрогеодинамические предвестники, косейсмические скатакже эффекты от прохождения сейсмических волн при сильнейших удале землетрясениях. В скважине Е-1, расположенной в 10 мм от вулкана Корякский, проявля изменения уровня воды в связи с его фреато-магматическим из вержением и предшествум сейсмической активизацией.

В первой част и монографми приводится описание пидрогеосейсмических вариаций ур воды, зарегистрированных в наблюдательных схважинах КФ ФИЦ ЕГС РАН (Е-1 и ЮЗ ОАО Камчаттеология (1303, 1306, 1309, 1311), дается их типизация, рассматрива особенности их проявления в зависимости от параметров зем петрясений, локальных гео пидрогеологических условий и технического строения окважин.

Во второй части монографии рассматриваются теоретические основы формиров различных типов пидрогеосейсмических вариаций в системах «схважина — водовмеща» порода» и приводятся примеры их моделирования с использованием данных наблюдений

Книга представляет первое монографическое описание эффектов сейсмичнос изменениях уровня воды в скважинах, расположенных на территории Камчат сейсмоактивного региона, полученных гри проведении специализированных наблюд Она может представлять интерес для широкого круга специалистов, сейсмологов, геофи: и гидрогеологов, работающих в области геофизического мониторинга и прог землетрясений.



Копылова Галина Николаевна

Доктор геолого-минералогических наук, доцент по специальности «гидрогеология», главный научный сотрудния заведующая лабораторией геофизических исследований Камчатского филиала Федерального исследовательского цен «Единая геофизическая служба Российской академии наук», Петропавловск-Камчатский (Россия).



Болдина Светлана Васильевна

Кандидат геолого-минералогических наук по специальности «геофизика, геофизические методы поиска полезных ископаемых», старший научный сотрудник лаборатории геофизических исследований Камчатского филиала Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», Петропавловск-Камчатский (Россия).

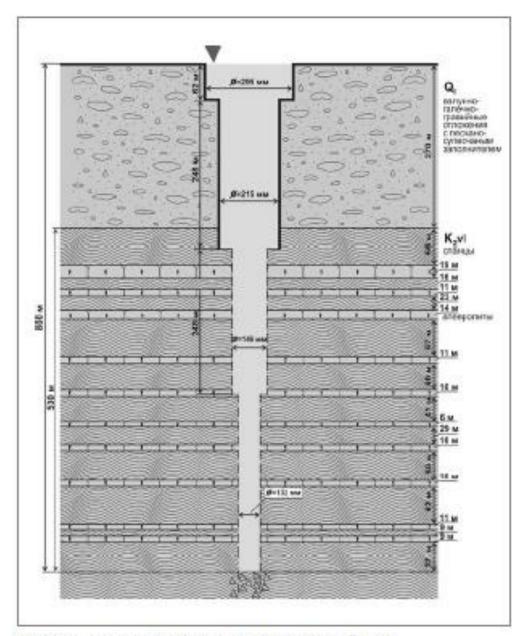
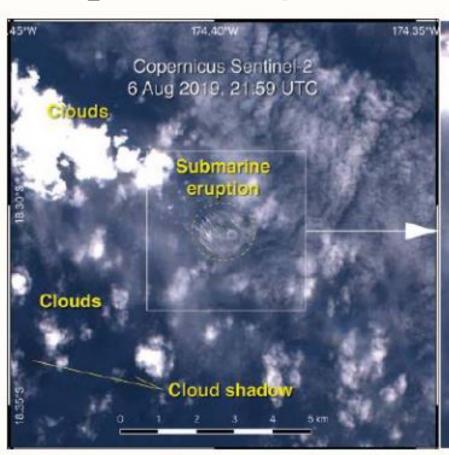


Рис. 2.2. Строение скважины ЮЗ-5 и геологический разрез



Detecting Underwater Eruptions By Philipp A. Brandl



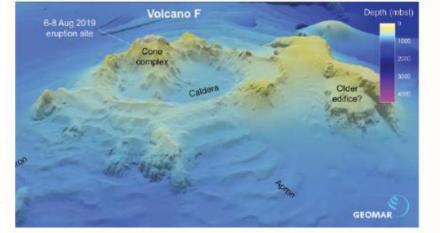
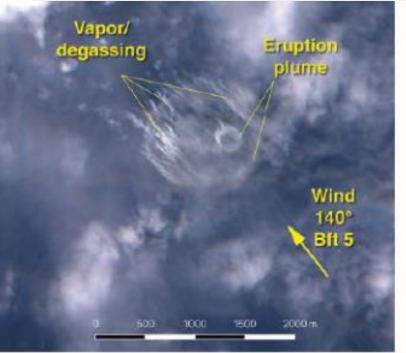
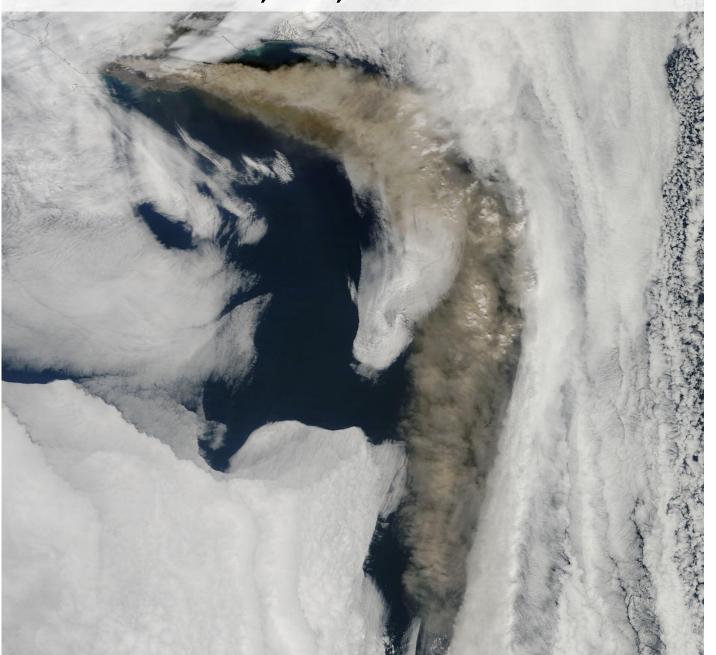


Fig. 2. Composite bathymetry of Volcano F from ship-based multibeam data collected by R/V Sonne cruise SO267 and R/V Southern Surveyor cruise SS2004/11.

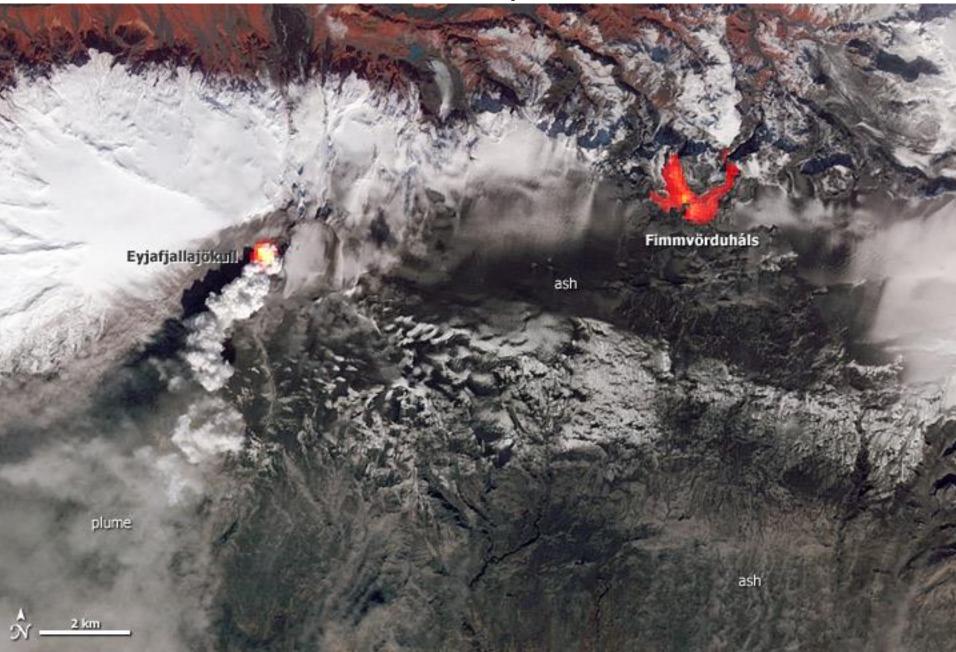


This satellite imagery shows the sea surface on 6 August 2019 following the eruption of Volcano F. Abbreviations are UTC, coordinated universal time; Bft 5, Beaufort scale category 5 winds, corresponding to 29–38 kilometers per hour. Credit: European Space Agency, Copernicus Sentinel-2, modified by Philipp Brandl 22 Eos // SEPTEMBER 2020

Извержение вулкана Эйяфьятлайокудль в Исландии MODIS, Terra, 6 мая 2010 г.



Горячие точки вулкана Эйяфьятлайокудль в Исландии ASTER, Terra, 19 апреля 2010 г.

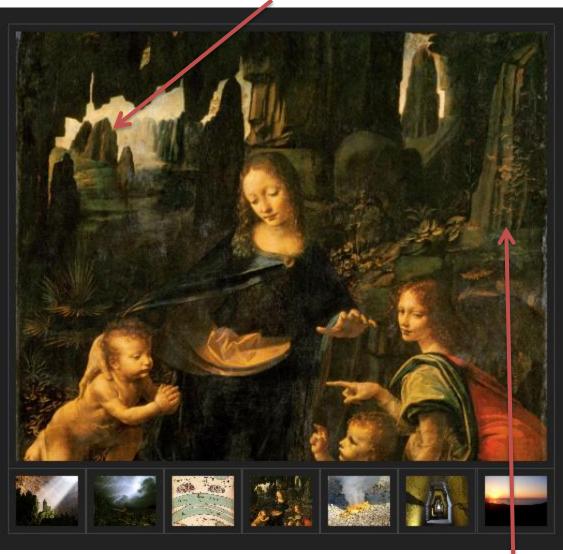




Lava erupts from a fissure in the Holuhraun lava field during the 2014 eruption of Bárðarbunga volcano in Iceland. New research reveals how tectonic forces contributed to the underground flow of magma before it erupted. Credit: GISBA/iStock

Выветренный песчаник





Книга о геологии и искусстве Анны Пицоруссо

Спутниковая группировка NASA



NASA Earth observatory



In Vegetation Growth Studies, What You Measure Matters

lant growth is an important indicator for diagnosing environmental health as well as shifts in climate. Large-scale monitoring of vegetation patterns relies on several proxy measurements derived from satellite observations. Although these proxies all correspond roughly to the amount of plant material observed, each one depends on a different aspect of plant biology.

The <u>normalized difference vegetation index (NDVI)</u> exploits the fact that chlorophyll is highly absorbent of red light (hence plants' distinctive green color) and highly reflective of near-infrared light. Thus, it acts as a measure of total photosynthesis capability. Another proxy,



Image of a forest in Puerto Rico taken in 2017 by Goddard's Lidar, Hyperspectral and Thermal Imager (G-LiHT), a portable, airborne imaging system. Combining multiple vegetation metrics that each relate to different aspects of plant biology offers a fuller picture of plant growth cycles and may better indicate vegetation responses to changes in climate. Credit NASA Goddard Space Flight Center

vegetation optical depth (VOD), gauges water stored within plant matter through the use of microwaves, offering an estimate of total vegetation mass. And solar-induced chlorophyll fluorescence (SIF) measures the light emitted during photosynthesis, making it a proxy for active photosynthesis.

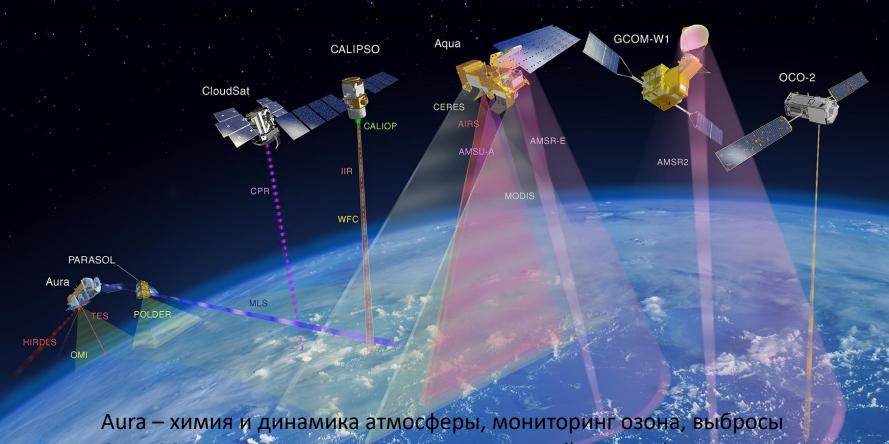
Using data collected from multiple instruments between 2007 and 2015, Wang et al. compare these metrics over the course of the growing season to evaluate how closely they track the yearly cycle. They observe that the three indices indicate similar timing for the start of vegetation growth in a given region. After that, however, the indices begin diverging, such that the timing of the peak SIF signal occurs roughly 10 days before that from NDVI, which in turn is about 10 days before the peak signal from VOD. The end of the growing season indicated by the three proxies varies by more than a month.

These differences appear to be consistent with the biological property traced by each metric. For instance, the end of the season as measured by NDVI lags that of SIF. This lag corresponds to a known reduction in photosynthesis activity that precedes the actual loss of chlorophyll indicated by changing leaf colors. The end of the season indicated by both of those proxies precedes that indicated by VOD, which is sensitive to an overall reduction in plant mass. VOD levels, which depend on the availability of water, also vary on the basis of local climate.

The authors conclude that obtaining a full picture of large-scale plant growth cycles requires considering all three metrics together, and they suggest that the metrics' relative variation could offer key insights into how plants respond to local climate changes. (Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, https://doi.org/10.1029/2020JG005732, 2020)

-Morgan Rehnberg, Science Writer

Миссии Системы наблюдения за Землей EOS NASA/CNES

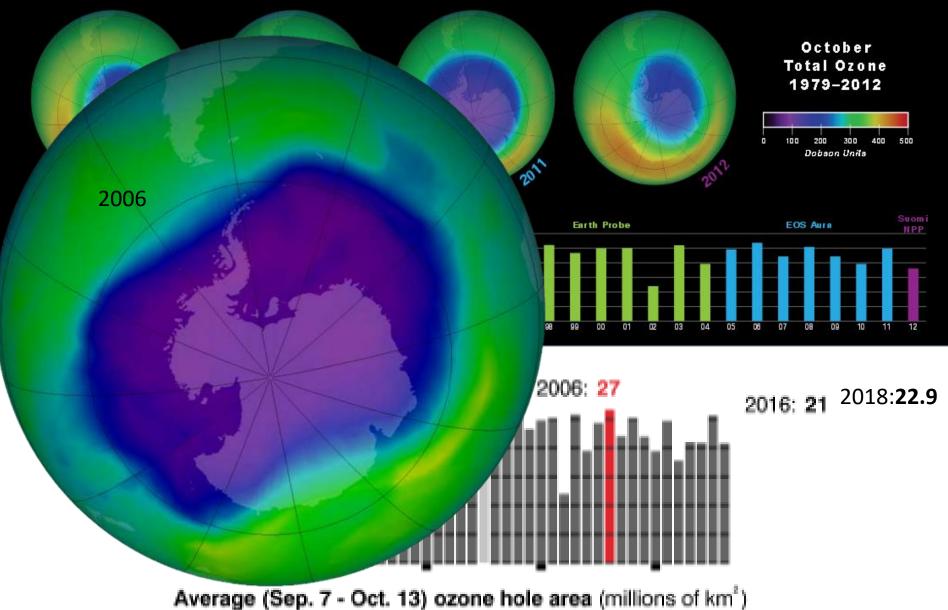


Aura — химия и динамика атмосферы, мониторинг озона, выбрось CALIPSO, PARASOL — распределение аэрозолей в атмосфере CloudSat — облачность, снимки циклонов, тайфунов

Aqua – водный и энергетический баланс

"SHIZUKU" (GCOM-W1) — водный баланс, влага в атмосфере, снег, температура Orbiting Carbon Observatory 2 (OCO-2) — углекислый газ

Озоновый слой над Антарктидой Ozone Monitoring Instrument OMI, Aura



Некоторые миссии EOS NASA/CNES/CSA/JAXA

Terra – эксперименты MODIS, MOPPIT –атмосферные выбросы, включая CO, MISR – аэрозоли, ASTER – стереоснимки Земли, CERES – энергетический баланс.

SORCE, ACRIMSAT, SDO — солнечное излучение в разных диапазонах частот, полное солнечное излучение

QuickSCAT, ISS-RapidScat – поле ветров в океане

Jason-1,2,3 OSTM – топография водной поверхности, альтиметрия

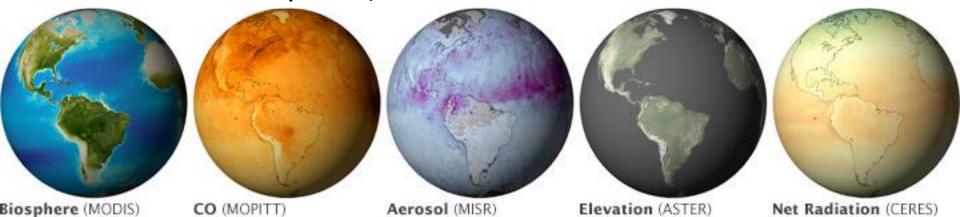
ICESat – топография ледовых покровов, облачность, растительность, ледовый и снежный баланс (закончил работу в 2010 г), ICESat-2 запущен в 2018 г

Orbview – цвет океана, биопланктон, LANDSAT – снимки земли, картография, GIS.

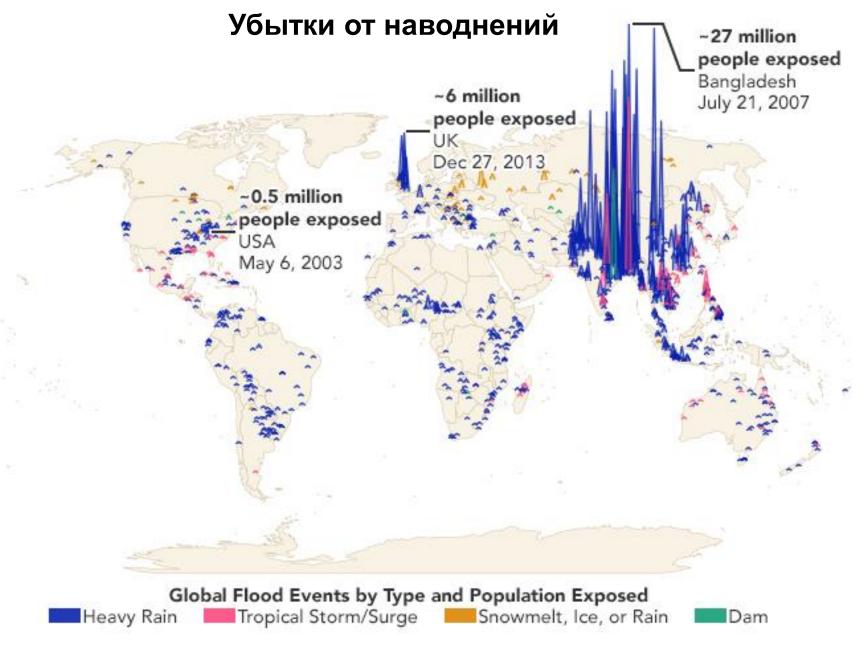
TRMM – миссия по изучению тропических ливней. Осадки в виде дождя, снега. Циклоны, грозы, тайфуны.

CATS – облачный покров, аэрозоли

GRACE- FO – глобальное гравитационное поле Земли



Global Precipitation Measurement Mission (GPM)



Benjamin Cooley, <u>Cloud to Street</u>, and provided courtesy of <u>Tellman</u>, <u>B.</u>, <u>et al.</u> (2021).

Миссии по изучению Земли Earthnet ESA/CNES

Envisat — облачность, ледовый покров, водный и энергетический баланс, аэрозоли, температура, давление, состав атмосферы, цвет, температура океана, волны, ветра, растительность, геология и топография

SMOS – гидрология почв, соленость океана, ледовые шапки, снежный покров

GOCE – глобальное гравитационное поле Земли, геоид, океанические течения

CryoSat - 2 – ледовый и снежный покровы, уровень моря

Meteosat, MSG, MTG, MetOp – метеорологические спутники

POLDER – отраженное солнечное излучение, спектр, поляризация

PROBA-V, VEGETATION – растительный покров

MEGA-TROPIQUE – водный и энергетический баланс тропиков

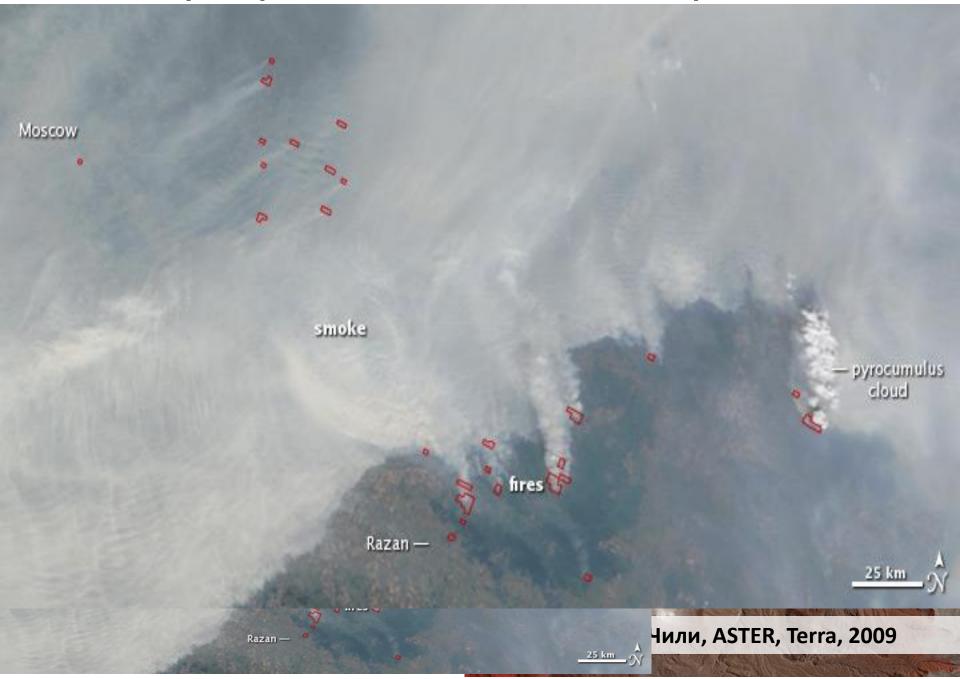
Swarm – мониторинг магнитного поля Земли

ADM-Aeolus – профиль ветров на планете

EarthCARE - облака и аэрозоли

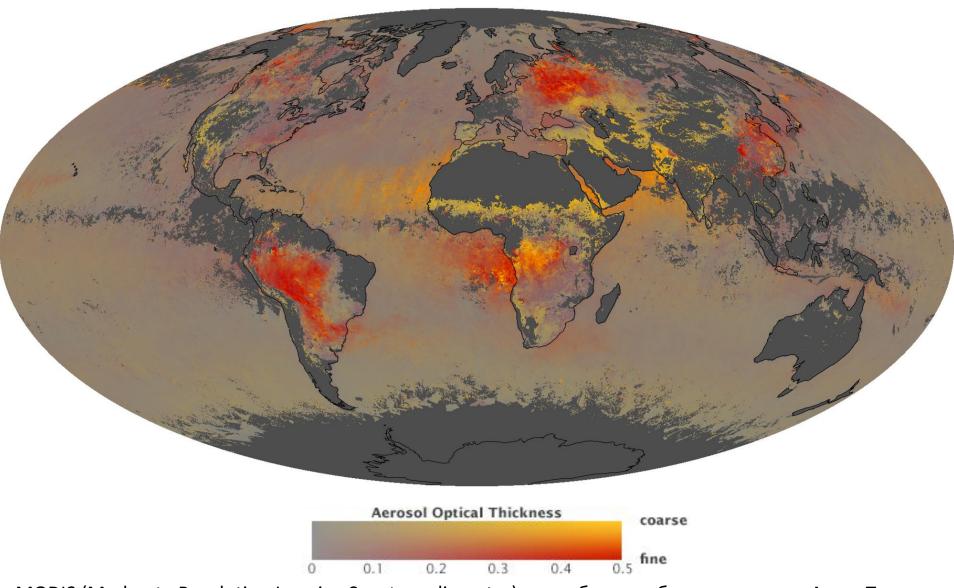
Sentinel 1,2,3 – комплексные исследования почв, растительности, океана, бергов

Примеры данных космических аппаратов





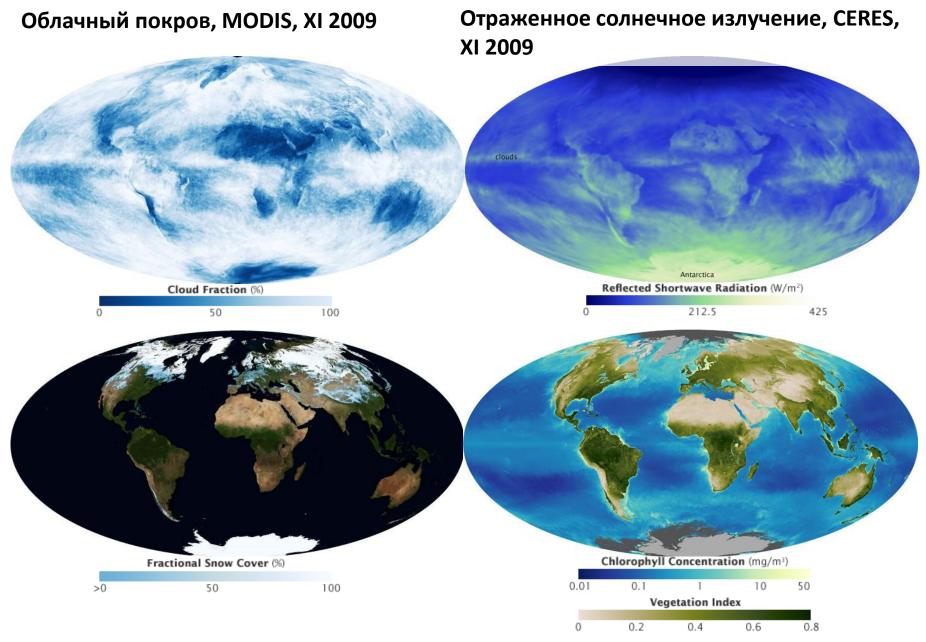
Распределение аэрозолей в августе 2010, MODIS, Terra-Aqua



MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) — приборы на борту спутников Aqua+Terra для определения температуры океанов и суши, цвета воды, облачности, профилей атмосферы, ледяного и снежного покровов, растительности, фотосинтеза, аэрозолей, альбедо



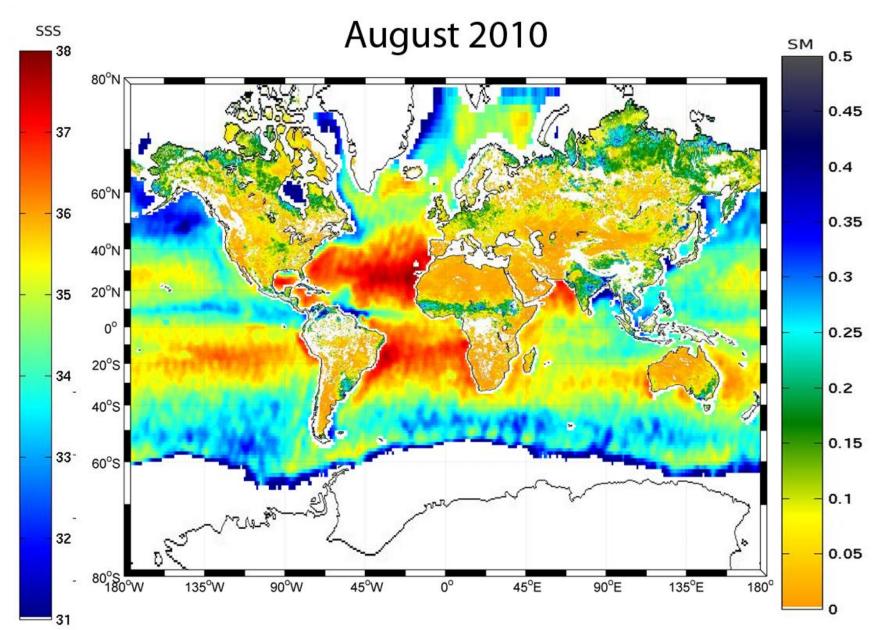
Данные космических аппаратов



Снежный покров, MODIS, XI 2009

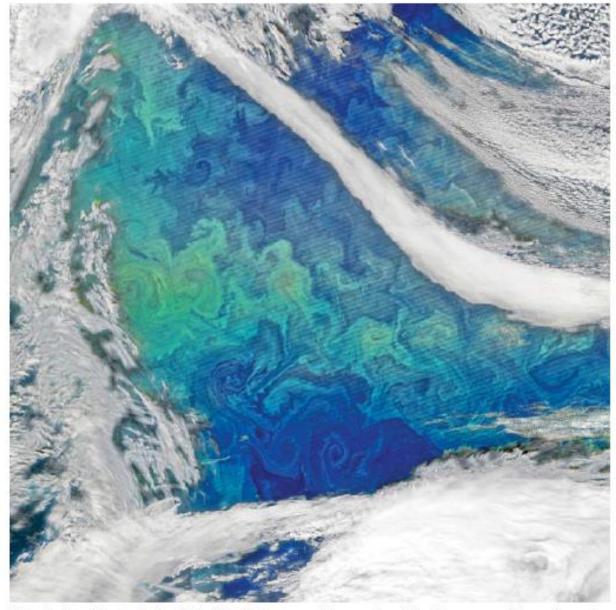
Фотосинтез, растительность, SeaWiFS, 2008

Соленость океана и влажность почв SMOS





Энергию Эдди (вихрей в океане) поглощают атмосферные ветра



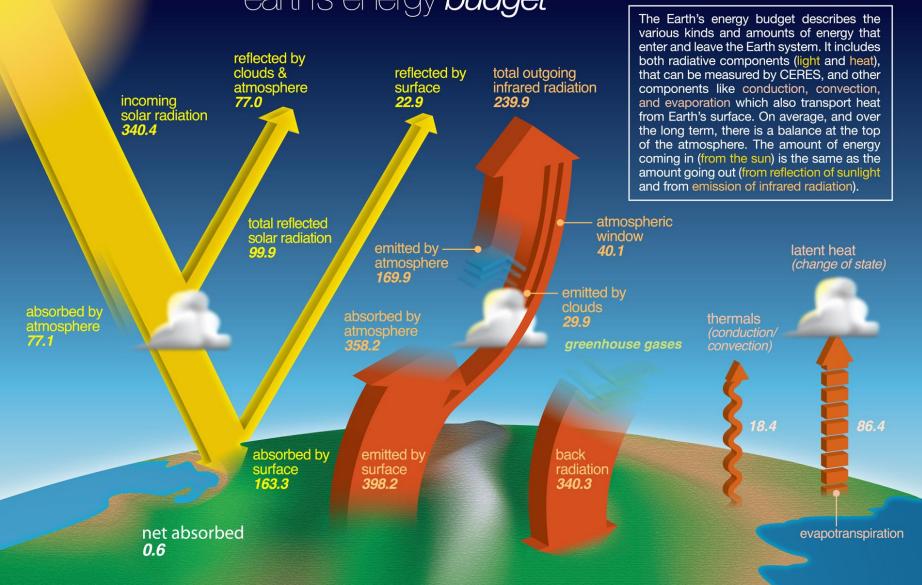
Phytoplankton blooming in the North Atlantic Ocean reveal the complex stirring from ocean eddies and currents.

Credit: Norman Kuring/VIIRS/NASA

Тепловой баланс Земли

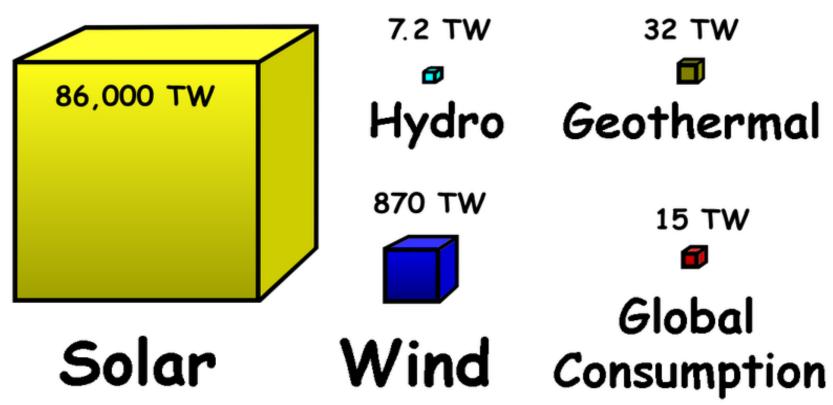






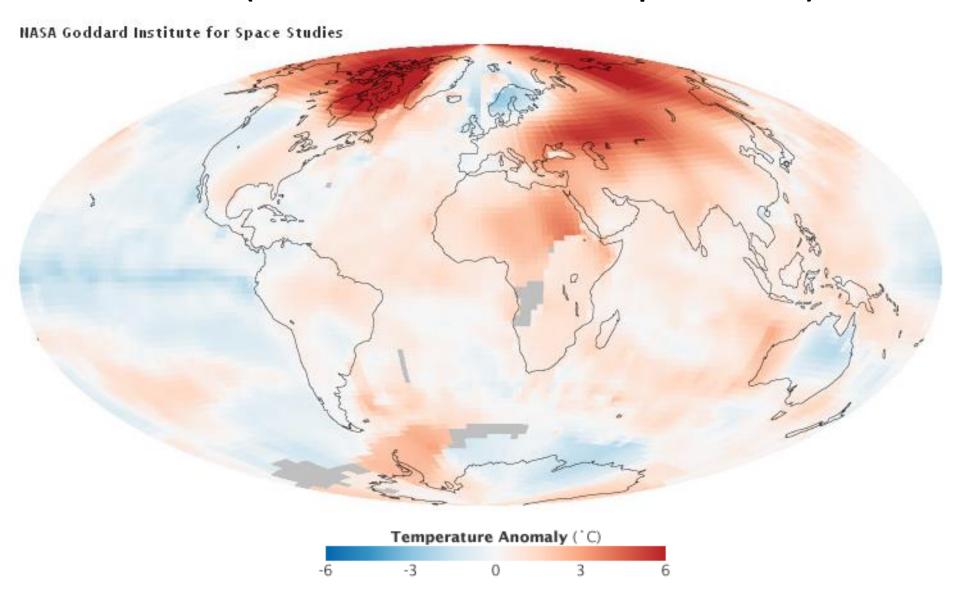
Энергетический баланс

Energy consumption per year



Лунно-Солнечная приливная энергия 3.7 ТВт Для нагрева слоя океана в 1 км на 0.1° за 50 лет требуется 10^{23} Дж = $0.28*10^{17}$ кВт'ч =28ПВт ' ч= 3.2 ТВт'г Что в ~5 раз меньше энергопотребления человечества (130 ПВт*ч=15ТВт*г)

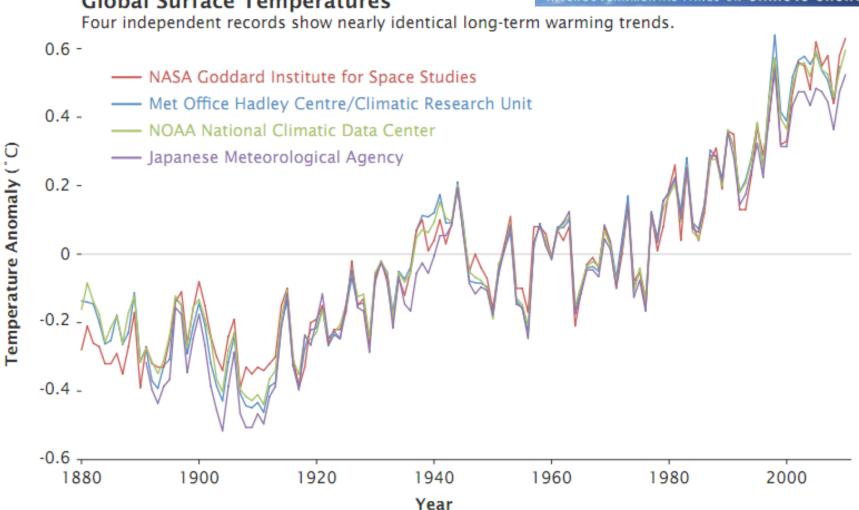
Сравнение температур 2000-2010 с температурами 1951-1980 гг. GISS (NASA Goddard Institute for Space Studies)



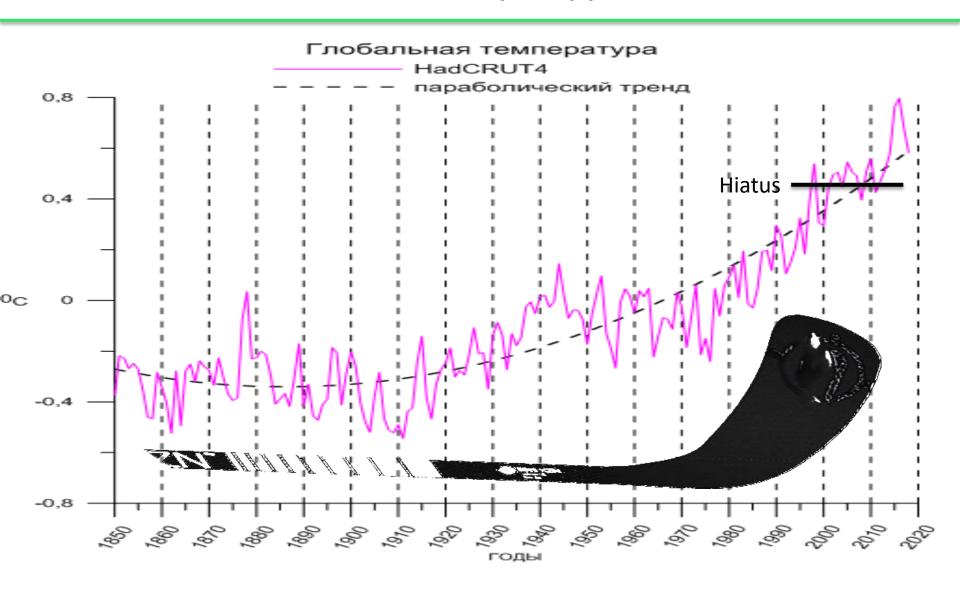
Глобальные изменения температуры на Земле за столетие



Global Surface Temperatures



Глобальная температура на земле



Прогноз изменений климата на основе циклических и Полиномиальных трендов, сделанный Любушиным и Кляшториным

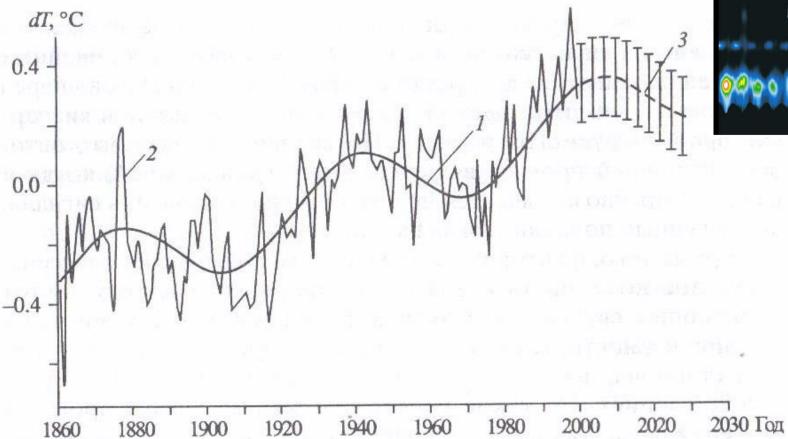
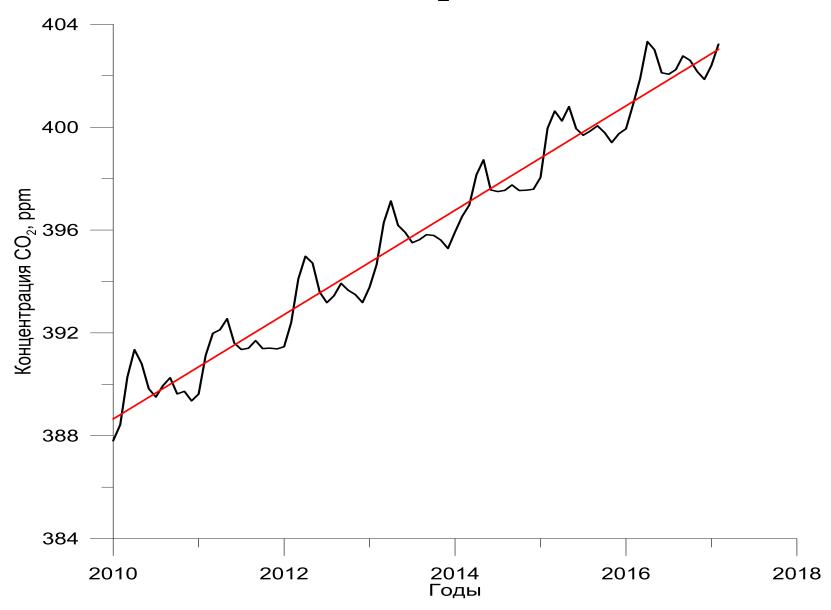


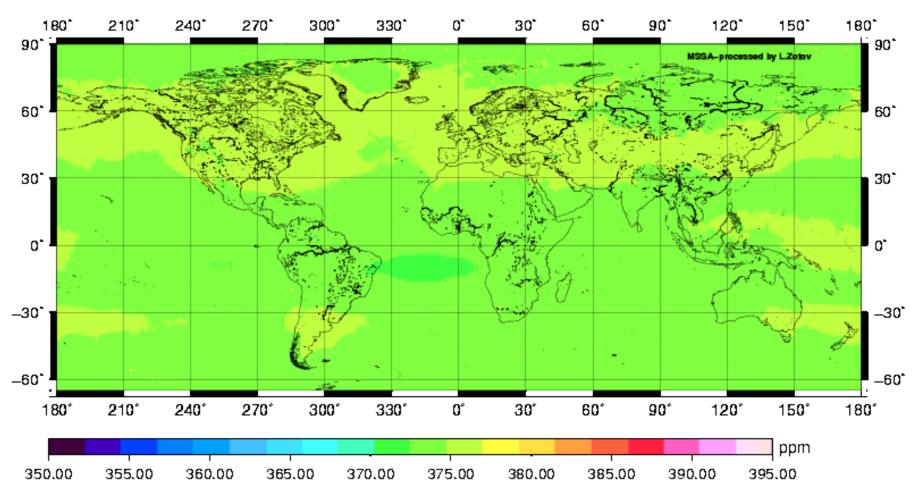
Рис. 1.1. Циклический тренд глобальной температурной аномалии (1), межгодовые вариации dT(2) и поведение тренда на 2000–2030 гг. (3)

Глобальное среднее изменение концентрации CO₂ в тропосфере



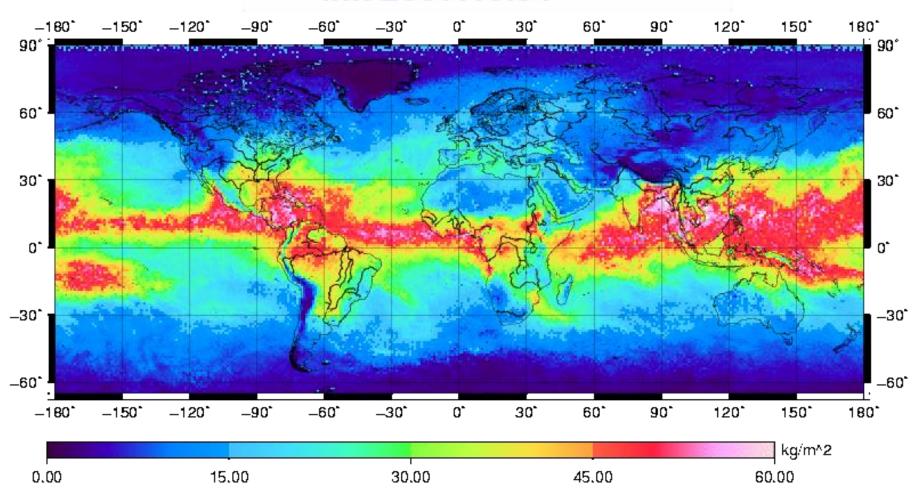
Тренд изменений CO₂ в тропосфере по данным инфракрасного атмосферного радара AIRS на борту спутника Aura

PC 1 2002.09.01



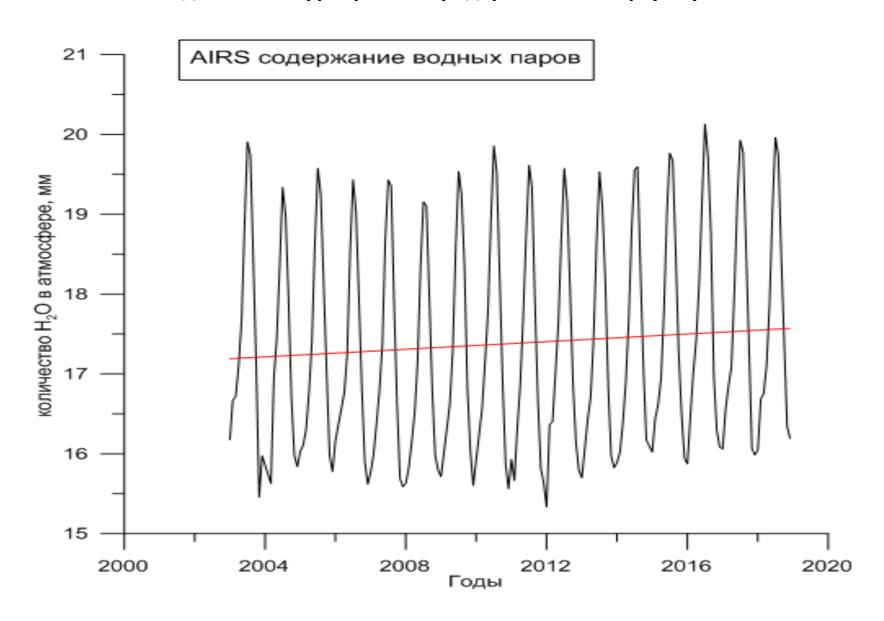
Влажность атмосферы по дынным AIRS на борту спутника Aura шаг 8 дней

init 2007.10.01



AIRS Water Vapor 8-day Gridded data MSSA L=45

Рост концентрации водных паров в атмосфере Земли по данным инфракрасного радара AIRS на борту спутника Aura



Synthesis Report



WORKING GROUP REPORT

> **AR6 Climate** Change 2022: Impacts, Adaptation

WORKING GROUP REPORT

> AR6 Climate Change 2022-Mitigation of Climate

WORKING GROUP REPORT

> **AR6 Climate** Change 2021: The **Physical** Science

Reports

Special Report



WORKING GROUP REPORT

> Methodology Report on Short-lived

WORKING GROUP REPORT

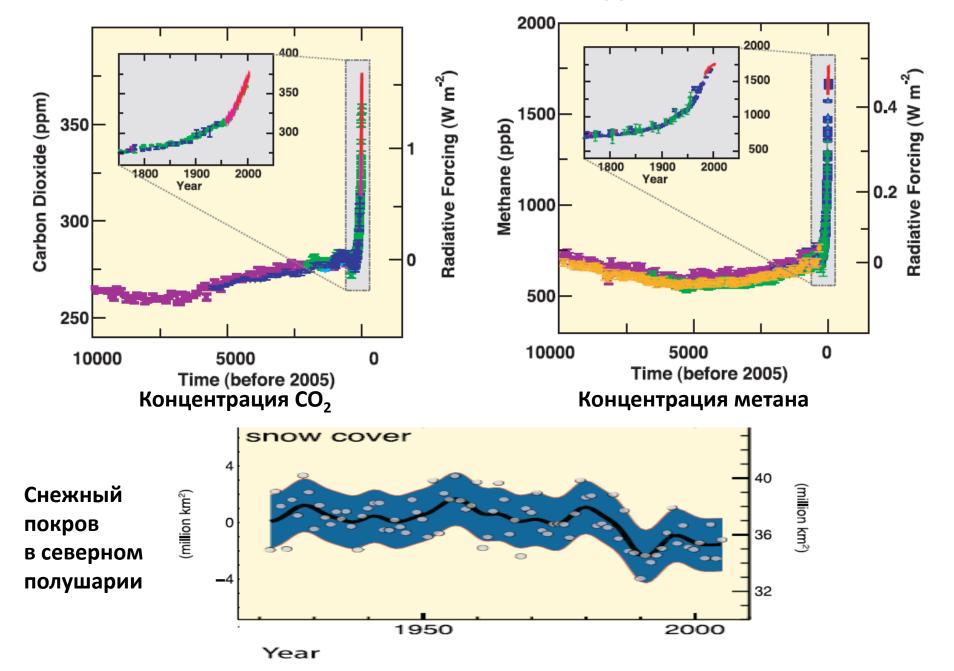
Global Warming of 1.5°C

WORKING GROUP REPORT

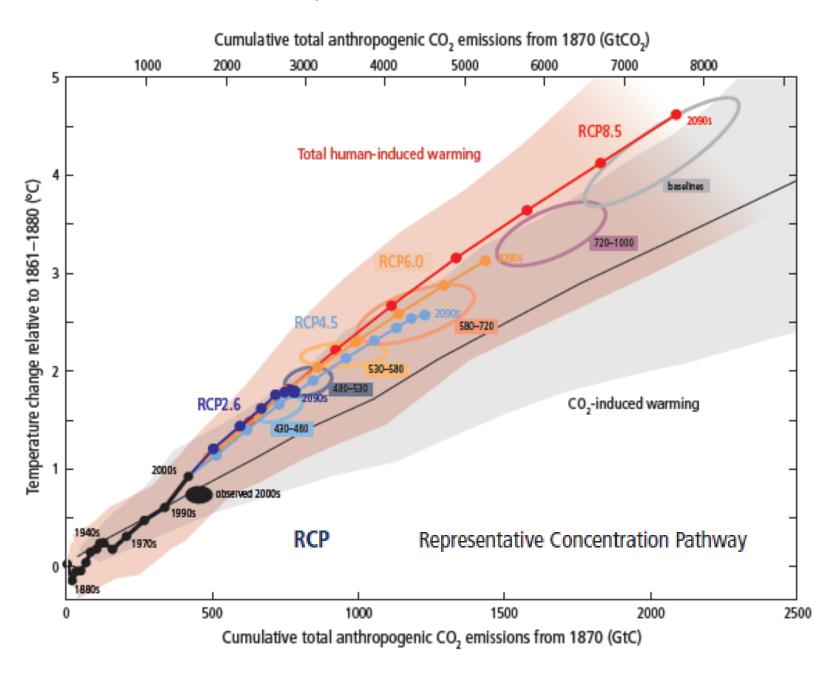
> Climate Change and Land

https://www.ipcc.ch/

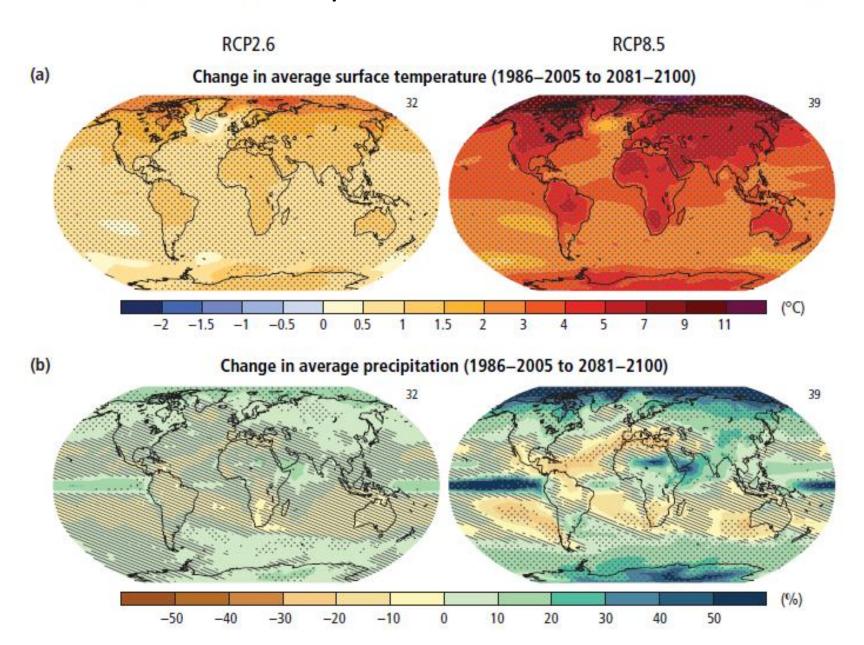
Климатические изменения по данным ІРСС



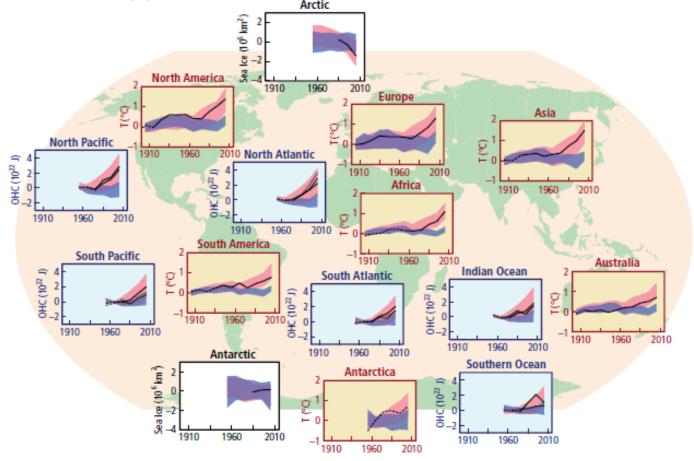
Сценарии потепления ІРСС



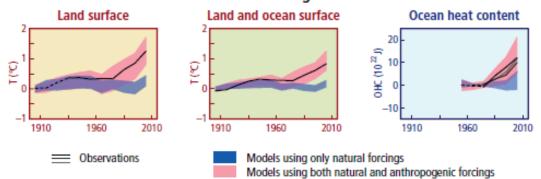
Прогнозы ІРСС



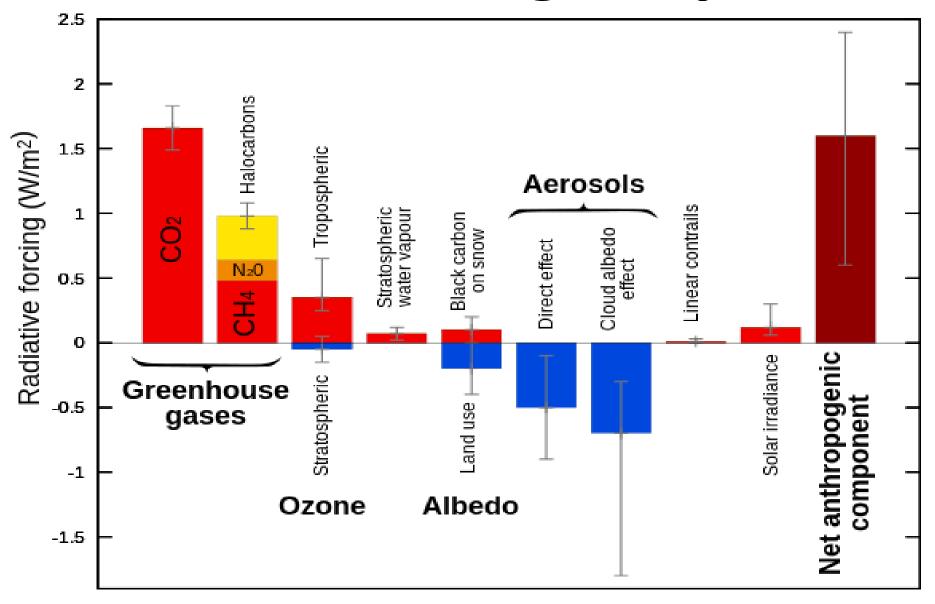
Модели глобального потепления ІРСС



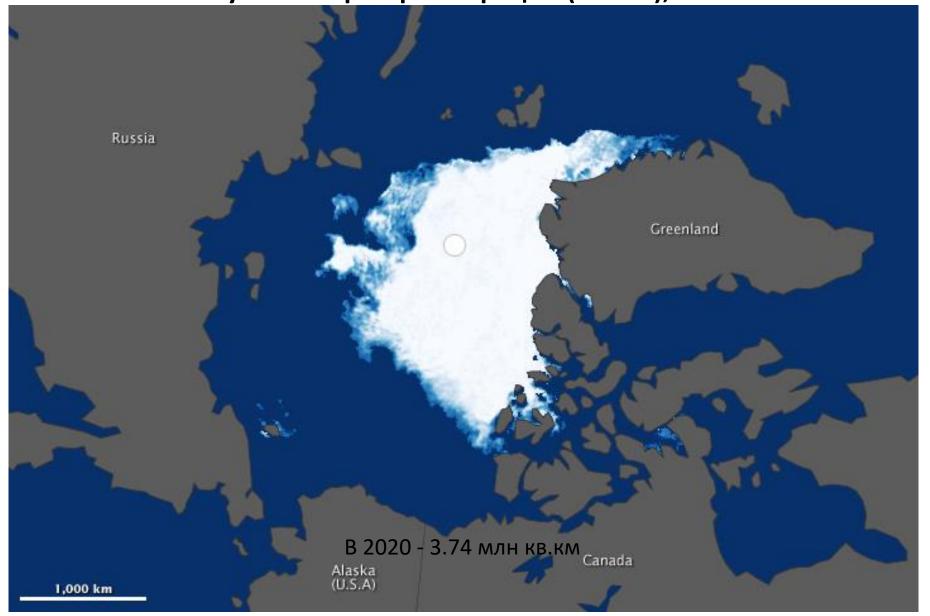
Модели изменения температур с учетом и без учета антропогенного фактора Global averages



Radiative forcing components



Ледовый покров в Арктике в сентябре 2012 - минимум в истории регистрации (с 1979), GCOM-W1

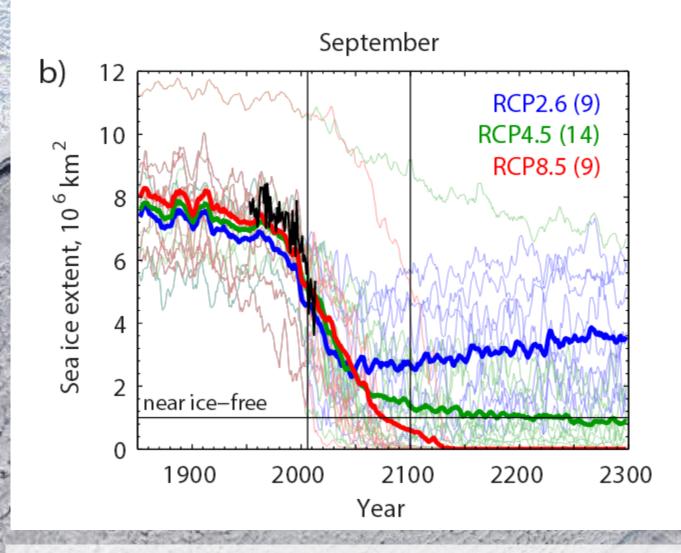


Sea Ice Concentration (percent)

6.7 МЛН КВ.КМ

3.41 МЛН КВ.КМ

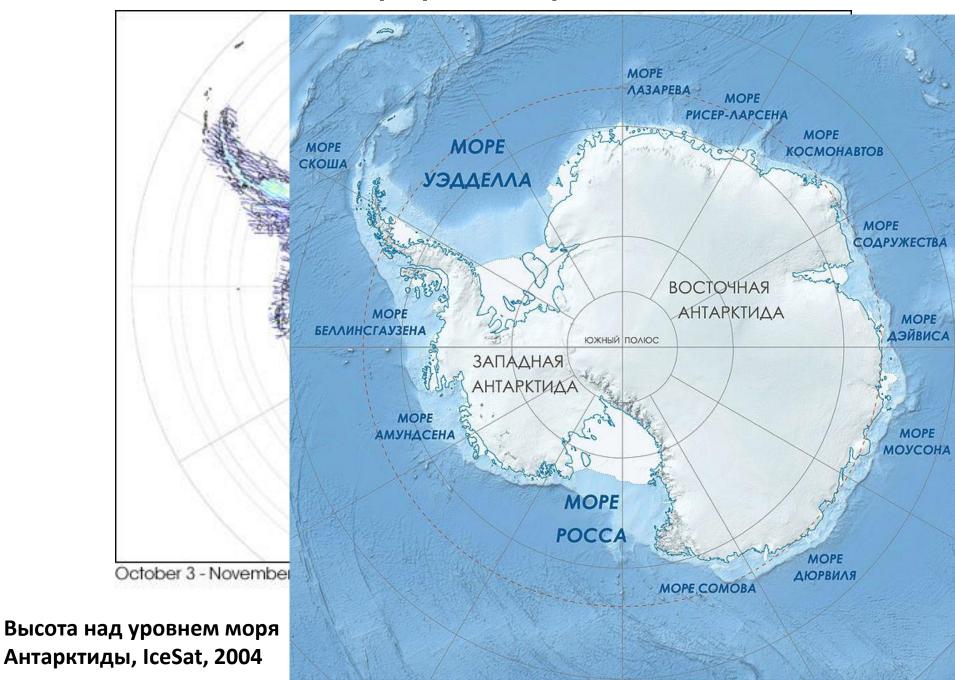
P. J. Hezel et al.: Arctic sea ice in CMIP5 extended RCPs



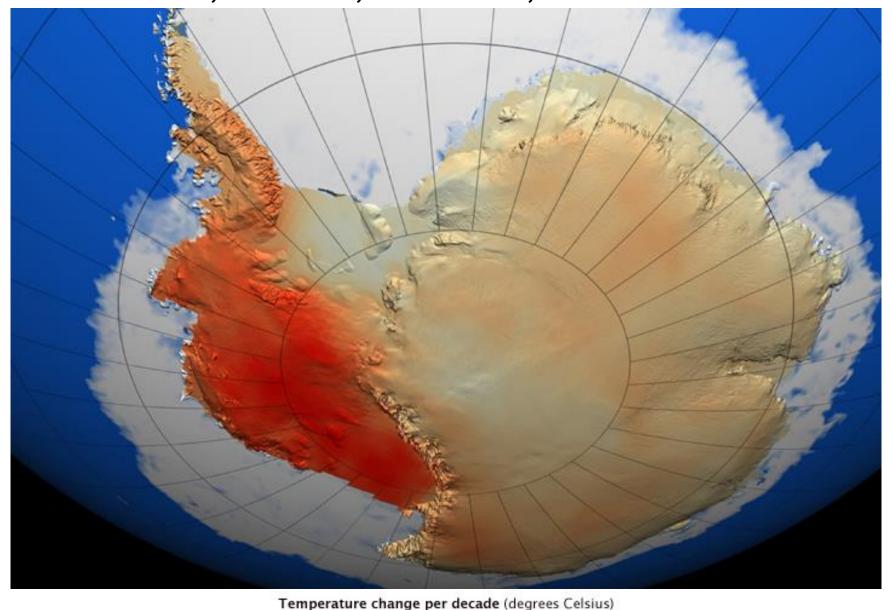
Прогнозы исчезновения льда в Арктке по результатам модельных расчетов СМІР5



География Антарктиды



Изменение средней температуры в Антарктиде 1957-2006 г. LIMA, RadarSat, EOS AMSR, POES AVHRR



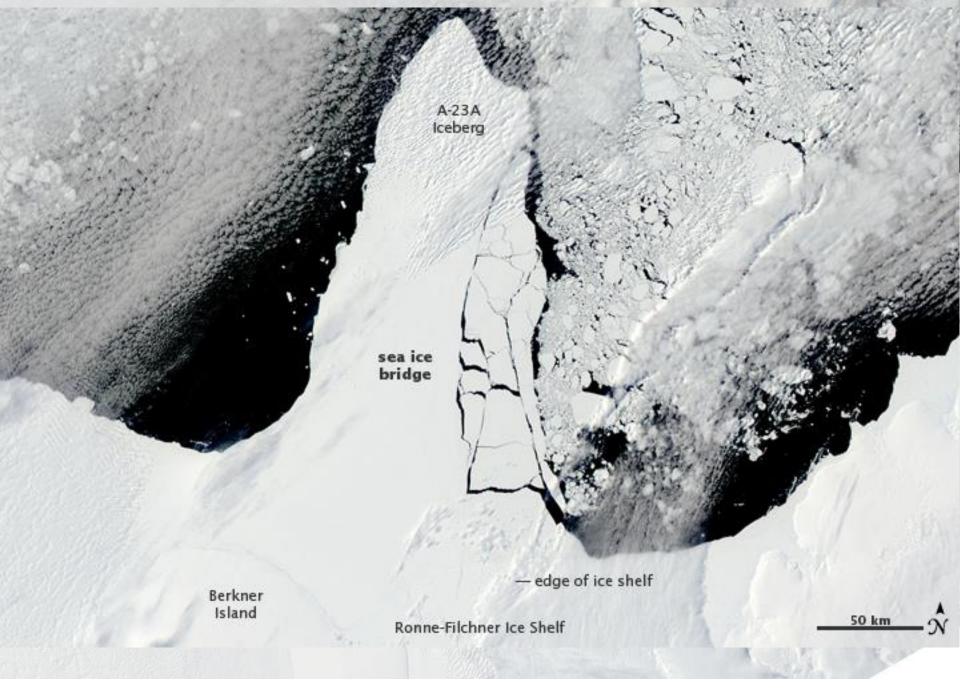
0.10

0.05

0.15

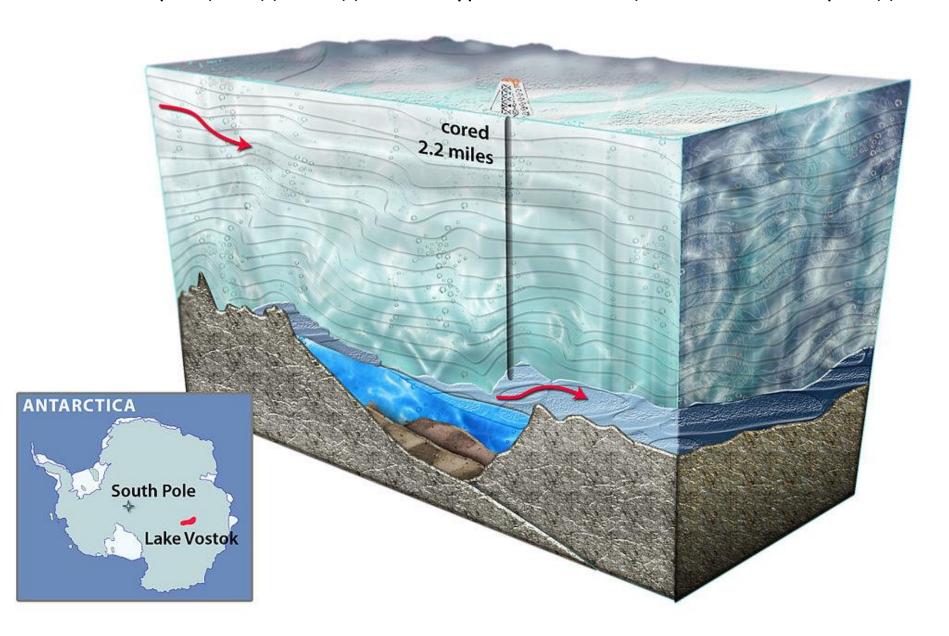
0.20

0.25

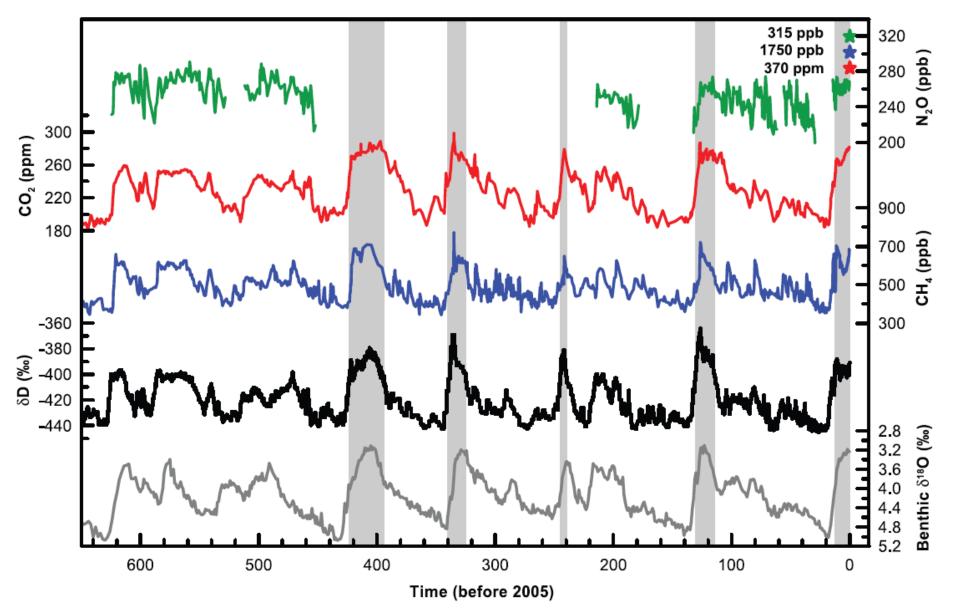


Айсберги на шельфе Ронни-Филчнера в Антарктиде, MODIS, 12-13/01/2010

Образцы льдов по данным бурения на станции Восток в Антарктиде

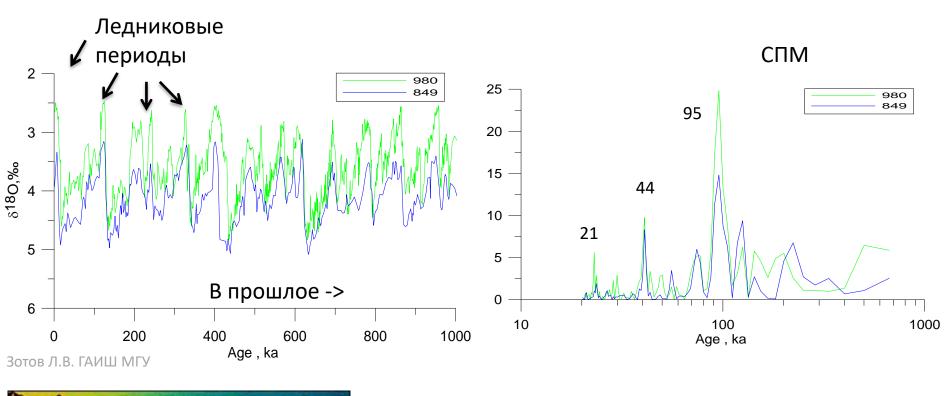


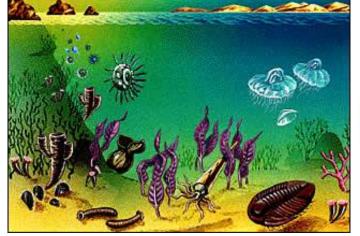
Газы и изотопы по данным ІРСС



Палеоданные за 650 тыс. лет

Палеоклимат – шкала порядка 1 млн лет

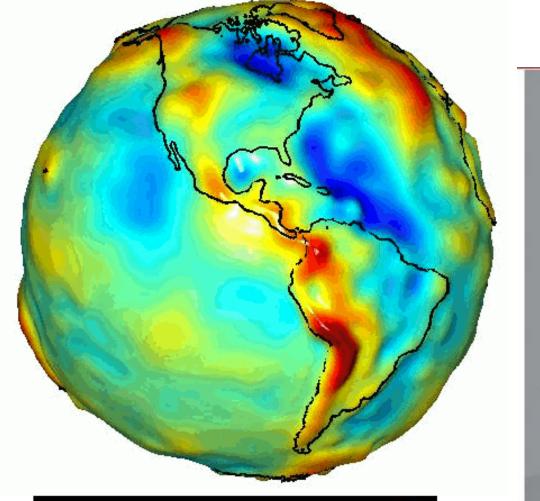






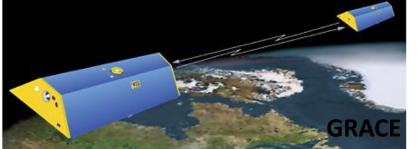


Гравиметр ГАБЛ



Геоид

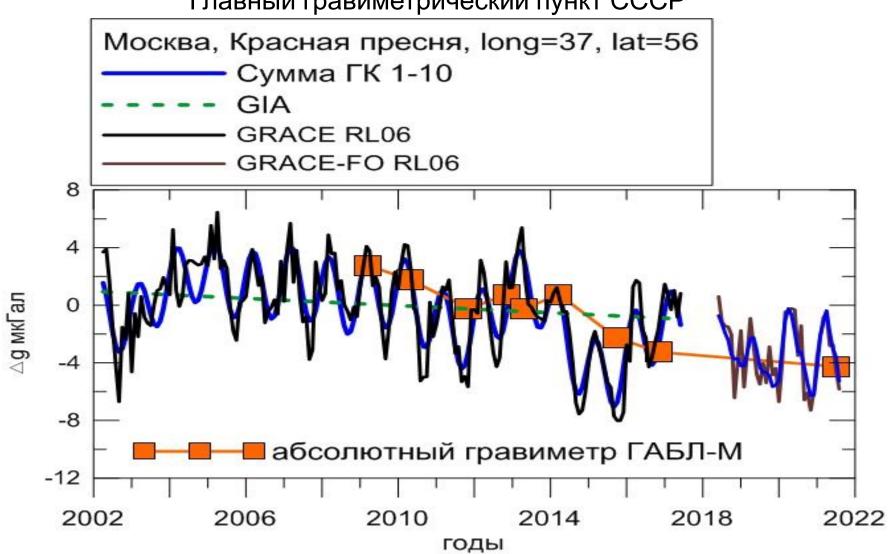




 $g\approx9,8066$ м/с²≈ 980 Гал

Сравнение данных GRACE с данными абсолютной гравиметрии

Данные абсолютных гравиметров предоставил Виктор Юшкин Главный гравиметрический пункт СССР





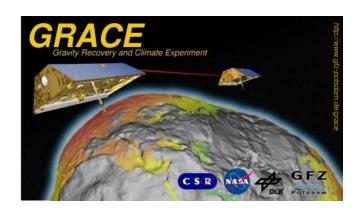
Миссии по исследованию гравитационного поля

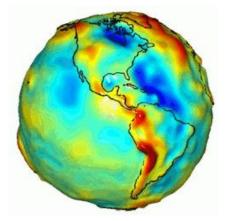
CHAMP - запущен GFZ в июле 2000 г. на орбиту высотой около 450 км. С целью изучения гравитационного и магнитного полей. Данные поступали 8 лет.

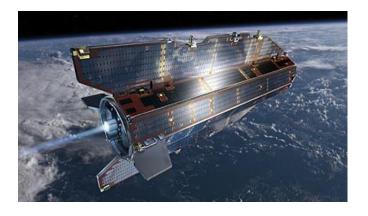
GRACE - эксперимент по исследованию гравитационного поля и климата, два спутника — близнеца, разработанные NASA/DLR, запущены с космодрома Плесецк 17 марта 2002 г. Миссия закончила работу в 2017 г.

GRACE-FO – пришли на смену 22.05.2018 г. Спутники следуют один за другим на расстоянии ~220 км по околополярной орбите на высоте ~500 км, покрывая Землю за ~30 суток. Основными измеряемыми величинами являются расстояние между спутниками и его изменения под влиянием ускорений, обусловленных пролетами над притягивающими массами.

GOCE - запущен в марте 2009 г. на орбиту высотой 260 км. С помощью высокоточного градиентометра получена модель Грав. поля. погрешность высот геоида 1 см при разрешении 100 км, менее 1 мм для больших пространственных частот. Отработав, спутник упал 11.11.2013 г. в океан.

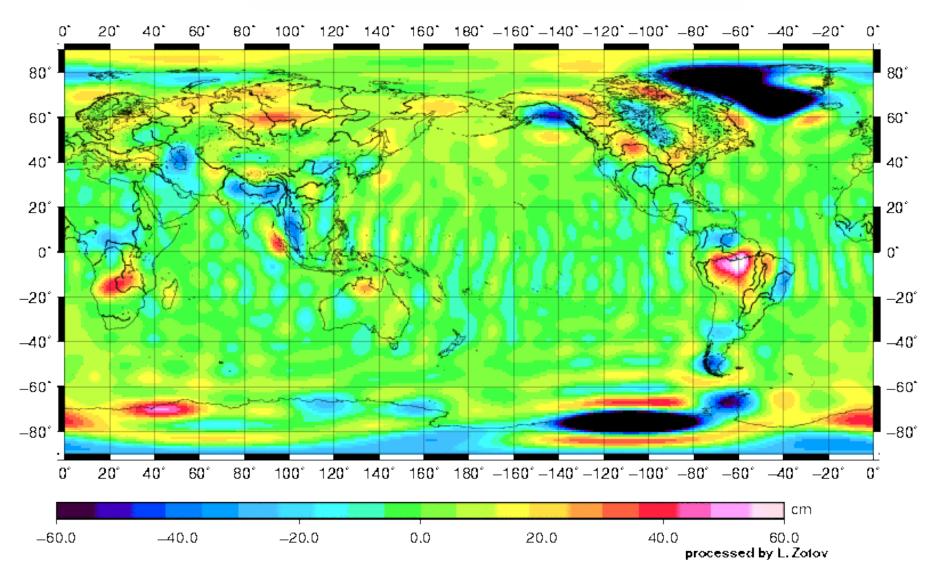






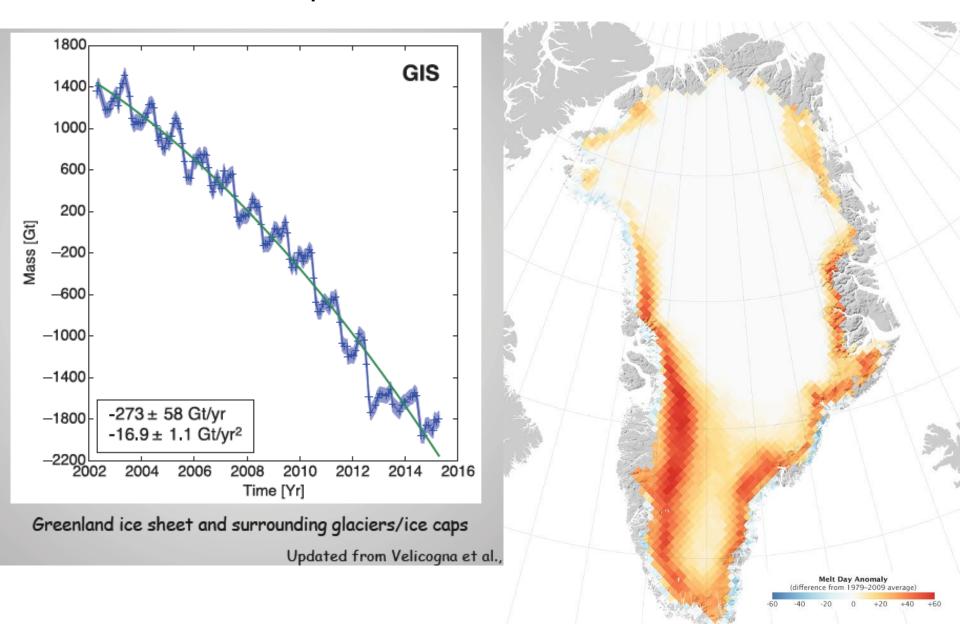
Климатические тренды в данных миссии GRACE

2015-2003



Изменения масс вследствие климатических и др. факторов

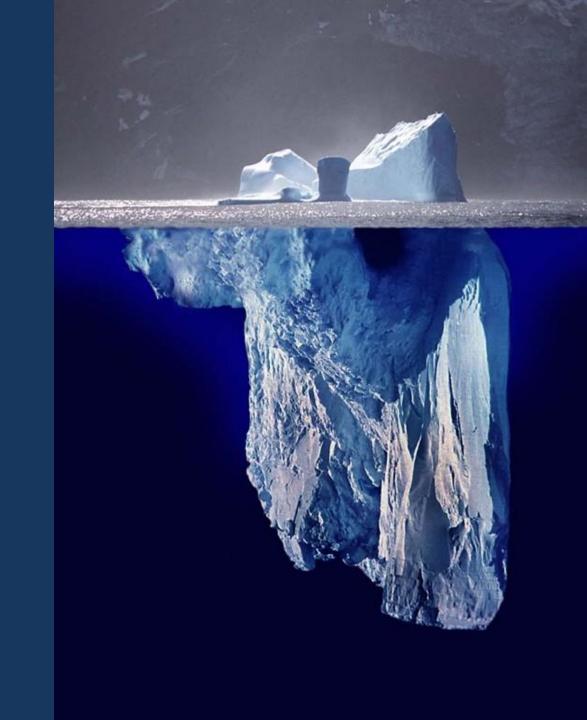
Гренландия 1979-2017



Масса солидного айсберга 250 000 т (50*50*100 м)

Айсберг размером 10x20 км высотой 50 м

весит 10 млрд тонн



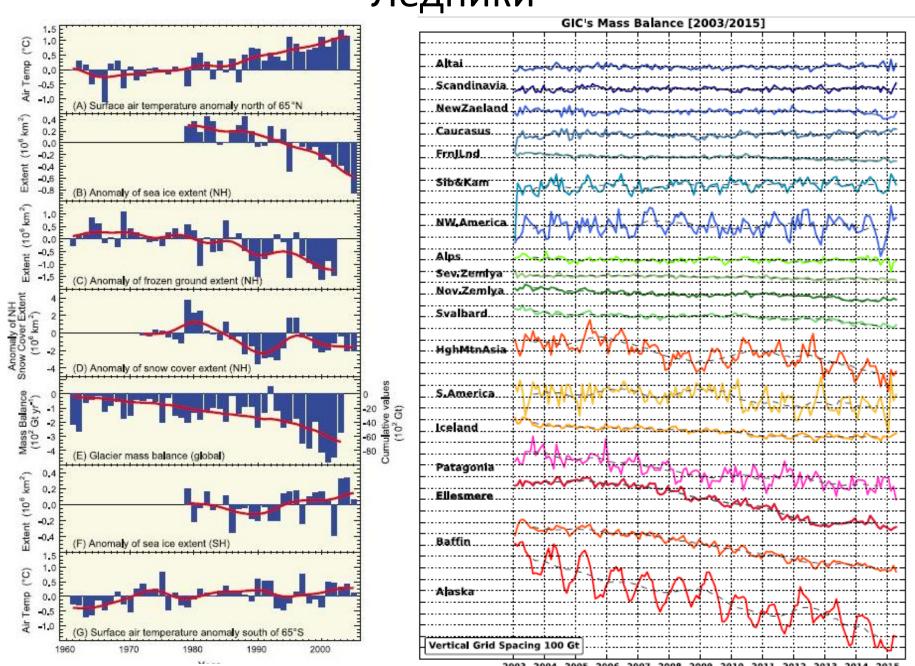
The agreement focuses on facilitating access to research areas, research infrastructure and facilities, and data.



An iceberg floats past Bylot Island in the Canadian Arctic Archipelago in July 2017. Credit: AP Photo/David Goldman

By Randy Showstack 24 May 2018

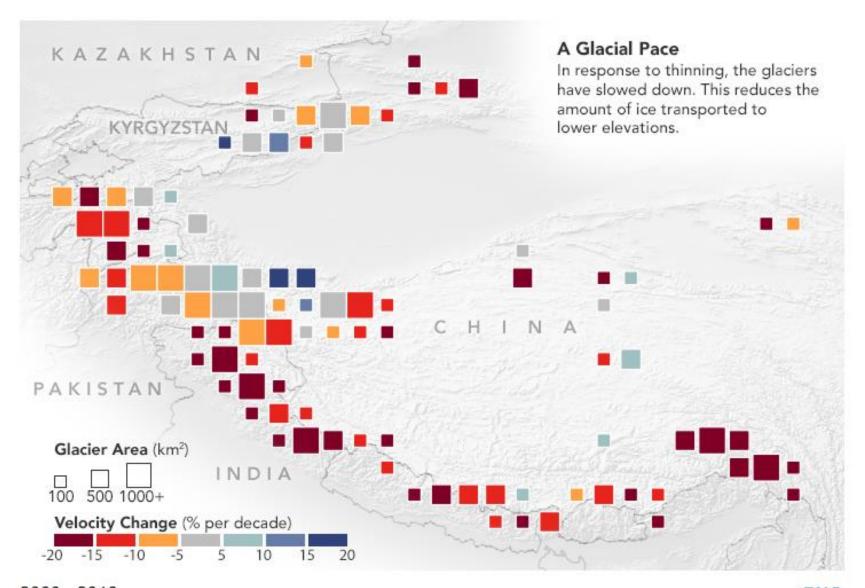
Ледники





Снимки ледника Baltoro со спутников Landsat 5 and 7 с 1991 по 2002 гг.

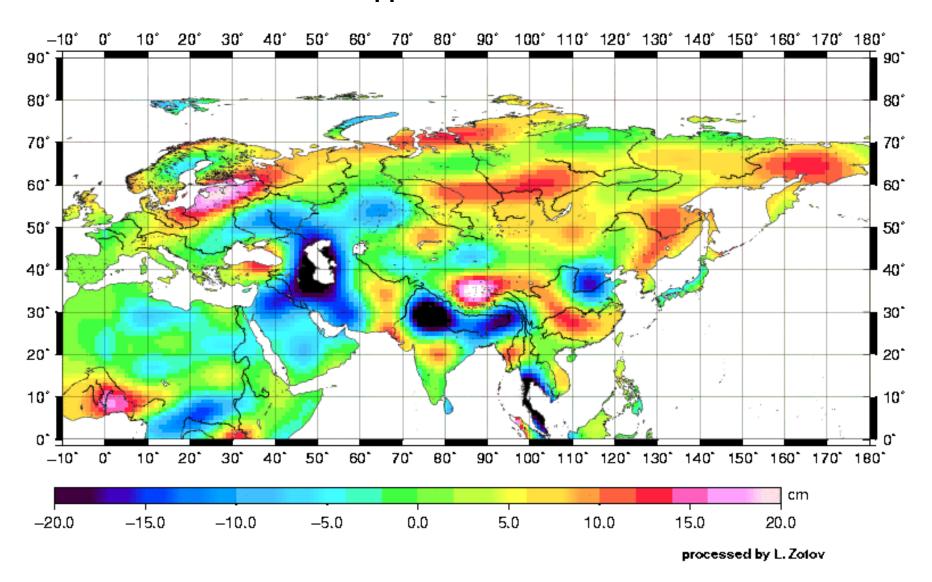




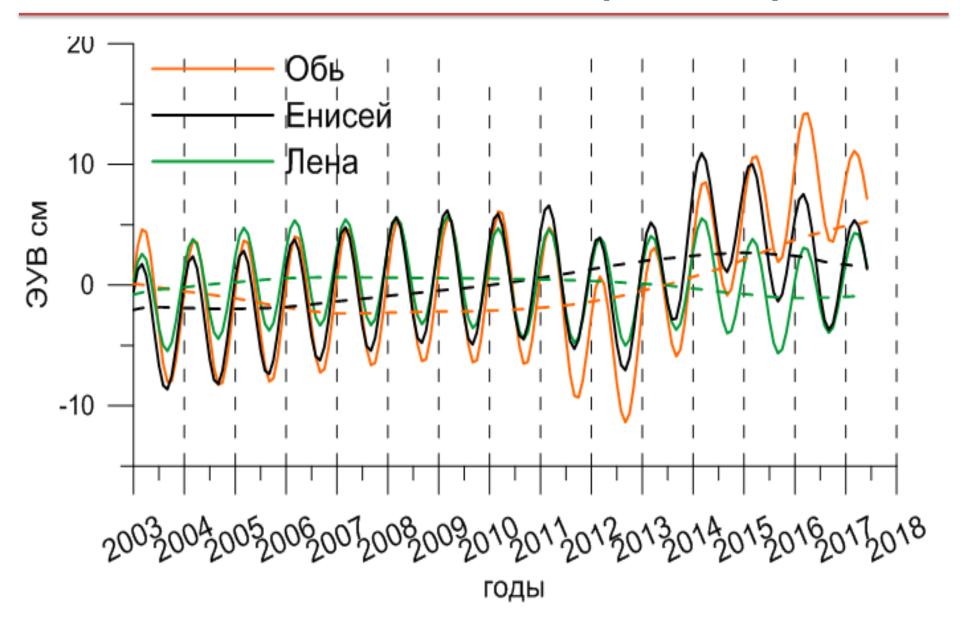
2000 - 2016

PNG

Тренды в изменении масс с 2003 по 2016 г. над Россией по данным GRACE

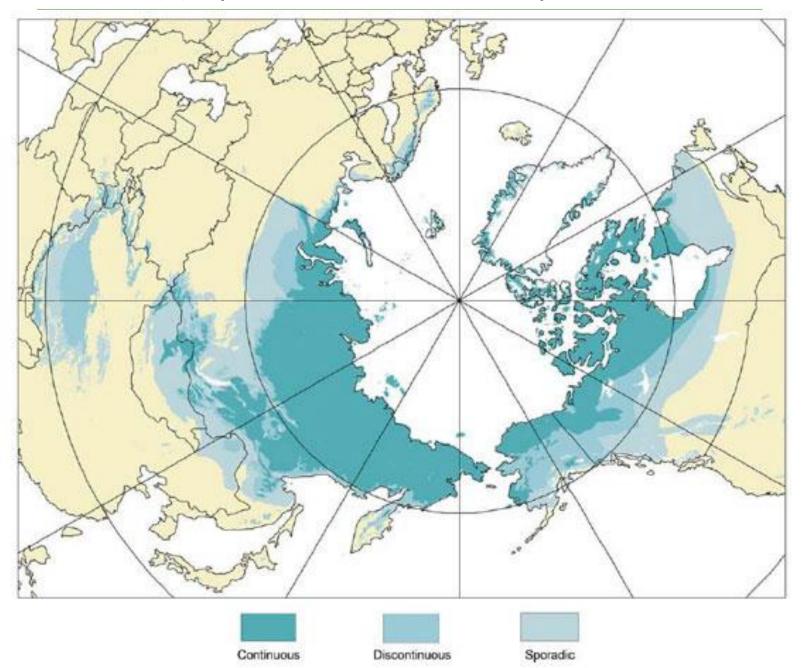


Изменения в бассейнах рек Сибири

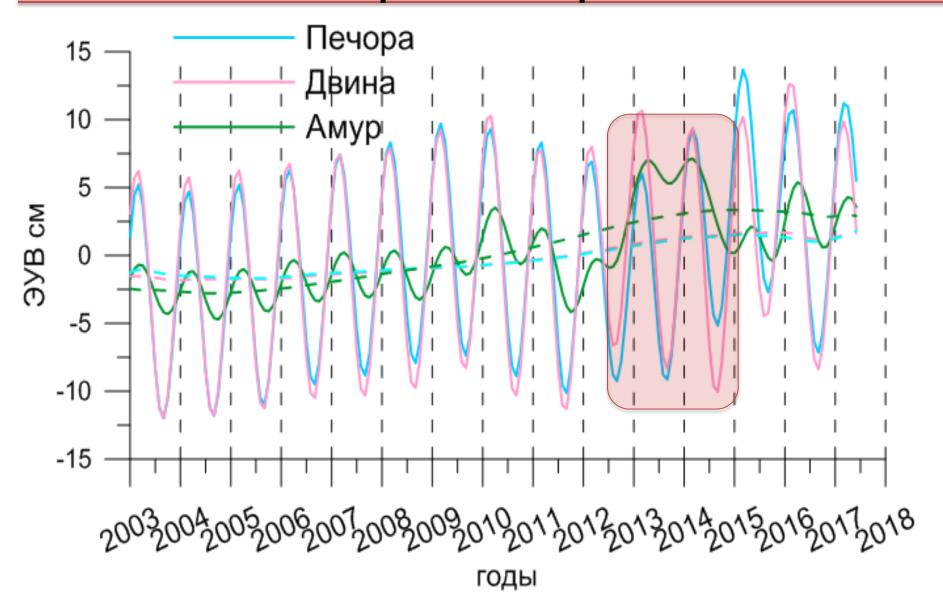




Деградация вечной мерзлоты



Изменения масс на Амуре и реках севера



Статья в Журнале Природа N 5 за апрель 2016 г



Леонид Валентинович Зотов, кандидат физико-математических наук, доцент Московского института электроники и математики Национального исследовательского университета «Висшая школа экономики», старший научний сотрудник Государственного астрономического института имени П.К.П. тернберга МГУ имени М.В.Ломоносова. Область научных интересов — вращение Земли, гравитационное поле, климатические изменения.



Наталья Леонидовна Фролова, профессор, доктор географических наук, заведующая кафедрой гидрологии суши географического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Занимается изучением стока рек, дистанционними методами исследования Земли, горной гидрологией.



С.К.Ш ам (С.К.Sbum), профессор отделения геодезии Школы наук о Земле Университета штата Огайо (г.Колумбус, США). Один из авторов отчета IPCC по климату 2007 г. Специалист в области климатических изменений, спутниковой геодезии, геодинамики, исследований системы моря, данних GRACE.

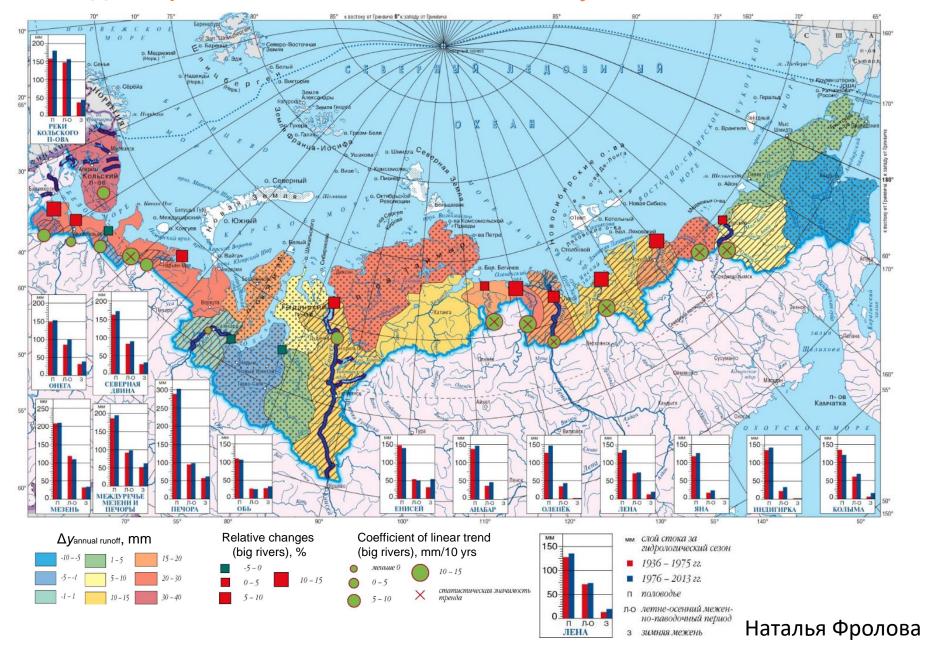


Зотов Л.В., Фролова Н.Л., Шам С.К.

Гравитационные аномалии в бассейнах крупных рек России

Спутниковая система GRACE, действующая на орбите Земли с 2002 г., позволяет изучать гравитационные аномалии и их временные вариации, обусловленные процессами массопереноса в оболочках Земли. На основе анализа гравитационных отклонений, зарегистрированных с помощью спутников GRACE, удалось оценить изменчивость влагозапаса бассейнов 15 крупнейших рек России за последние 13 лет.

Долговременные изменения годового и полугодового стоков



SPACE SCIENCES SERIES OF ISSI

Remote Sensing and Water Resources



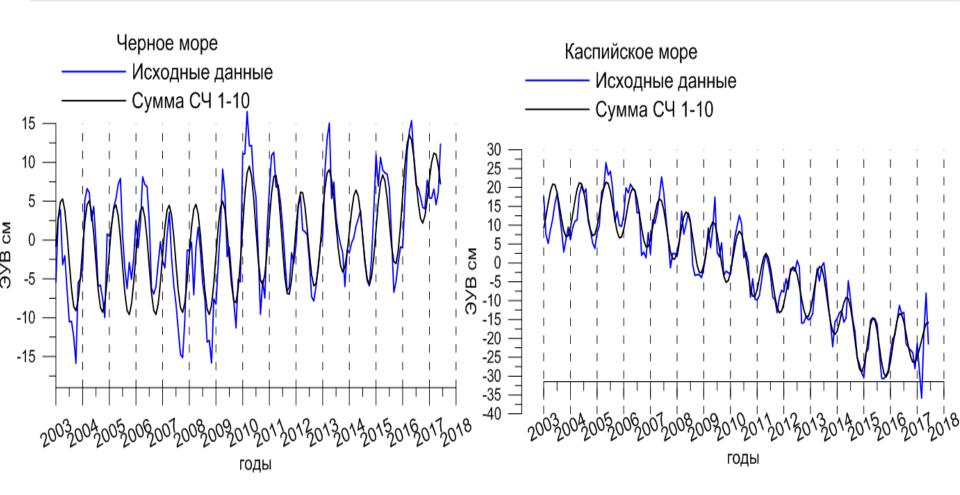
A. Cazenave · N. Champollion · J. Benveniste
J. Chen *Editors*

2 Springer



Н.А. Дианский МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИРКУЛЯЦИИ ОКЕАНА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО РЕАКЦИИ НА КОРОТКОПЕРИОДНЫЕ И ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ АТМОСФЕРНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Изменения придонного давления и уровней Черного и Каспийского морей по альтиметрии и GRACE

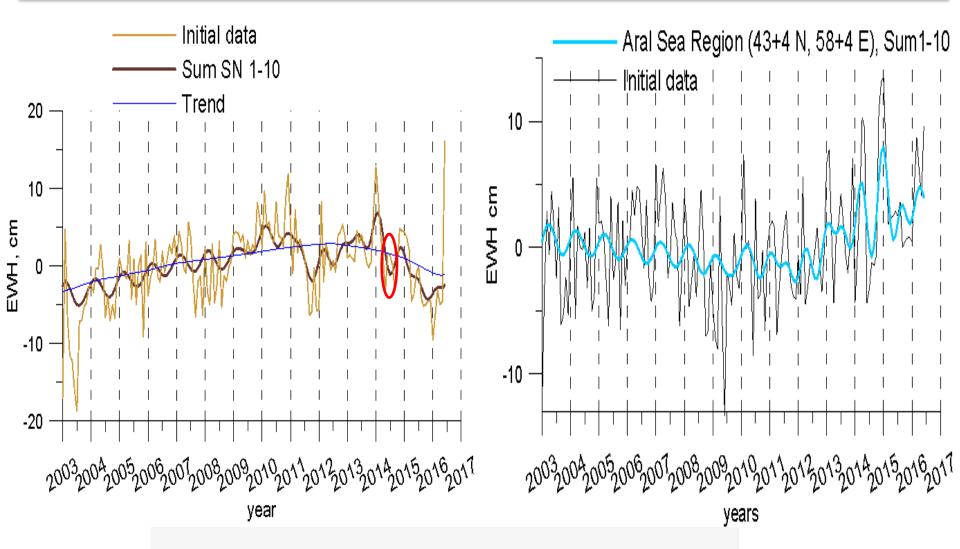


Sea level since 1993 till 2011, filtered by MSSA

L. Zotov, V. Vlasova, Variations of the ocean bottom pressure from GRACE satellites proceedings of Complex study of Russian seas conference, Sevastopol, Russia, April 2016.



Засухи на озере Байкал и Аральское море



МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ СТОКА РЕК В БАССЕЙНЕ СЕЛЕНГИ

ФРОЛОВА Н.Л.¹, БЕЛЯКОВА П.А.², ГРИГОРЬЕВ В.Ю.^{1,3}, САЗОНОВ А.А.^{1,3}, ЗОТОВ Л.В.⁴

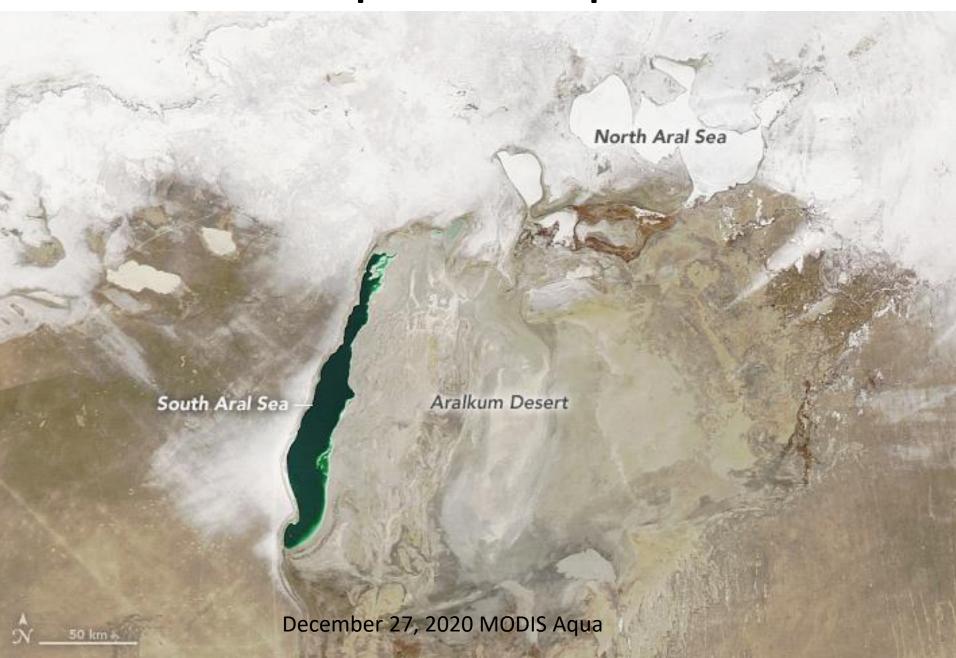
¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

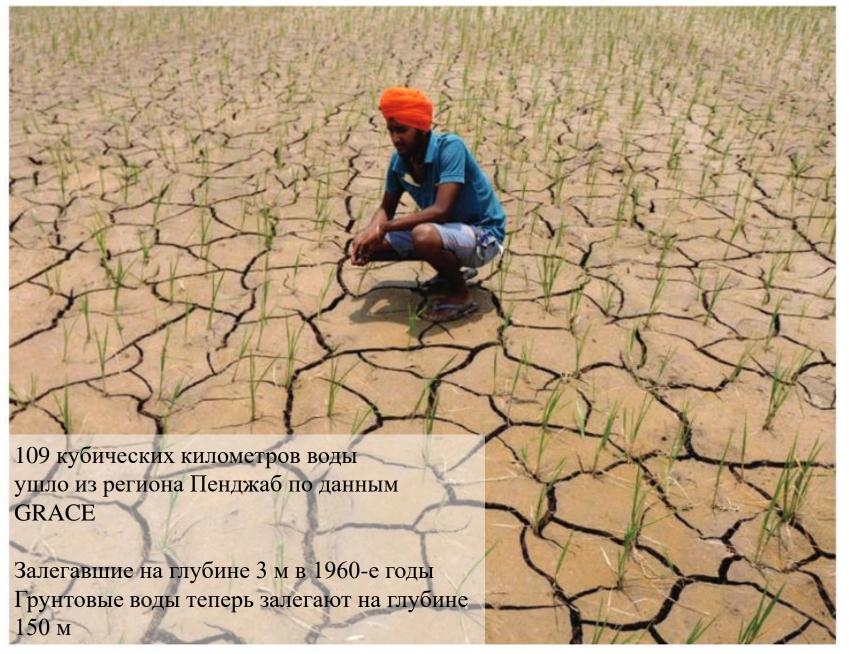
² Гидрометцентр России

³ Институт водных проблем РАН, 119333, г. Москва, ул. Губкина, 3

⁴ Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга

Аральское море





Gurjap Singh, a farmer in the village of Harigarh in Punjab, cannot grow rice this year. His tube well, dua about 30 meters deep, no longer reaches the groundwater. Credit: Gurpreet Singh

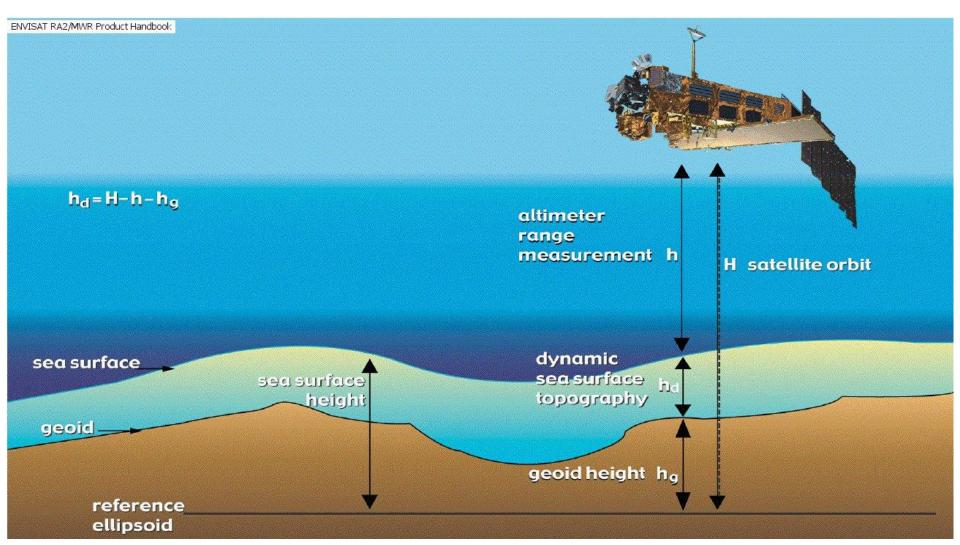
10 Eos // OCTOBER 2020

Элегия Желтого Моря

Я в сущности чистый ручей, Отчизна родная моя В горах, что зовутся Эмей Там, в горной отчизне моей, Ласкает меня ветерок... Но что увлекает меня В низины с высоких дорог В могучие воды меня Толкает неведомый рок,-Вливаясь в Янцзы, Через горы Ушань, Минуя Ухань, К югу Китая мятежные воды увлек, Я – темный, клокочущий, мутный поток, Я в море врываюсь бурля, -Бездна и муть, Горечь и соль, Приторный запах гнилья! Бездна и муть... Не отдохнуть

Ярости этой слепой!
Солью отравлено сердце моё,
Раздавлено средце моё...
Сколько же надо веков протянуть,
Чтоб сделаться снова собой
И прежней сиять чистотой?
Го Можо

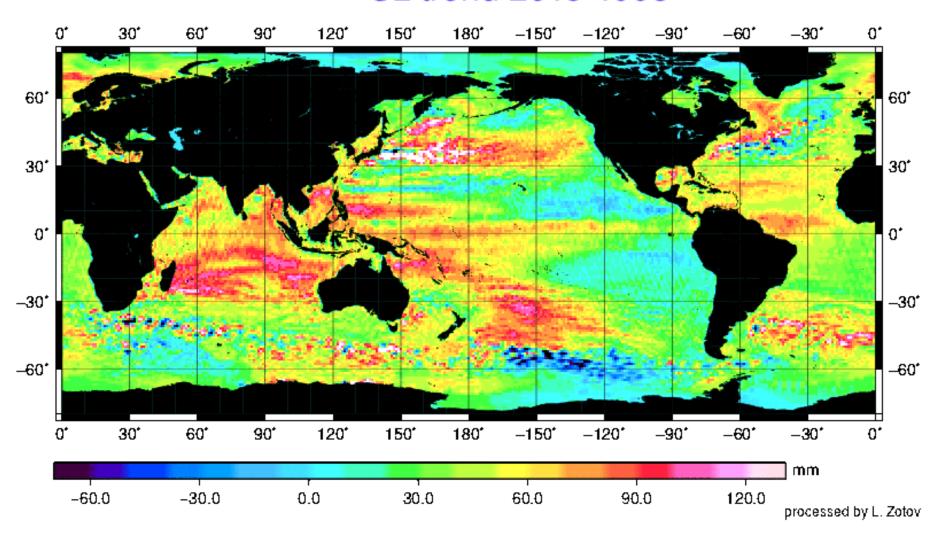
Измерение динамической топографии океана (альтиметрия)



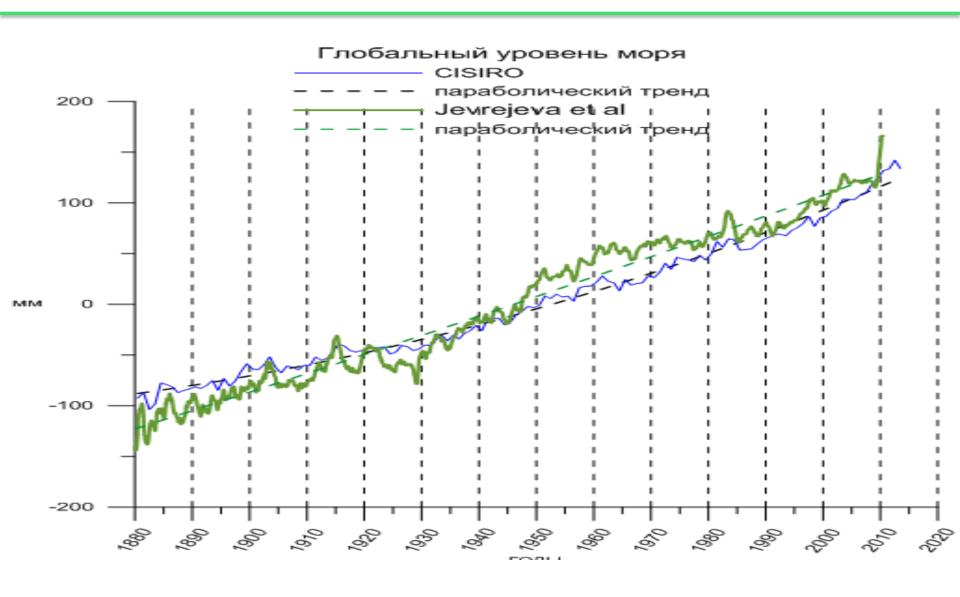
STANDARD SAR DIFFERENTIAL SWATH ALTIMETRY ALTIMETRY ALTIMETRY ALTIMETRY SWOT TOPEX-CRYOSAT-2 GRAL POSEIDON CONSTELLATION

Изменения уровня моря с 1993 по 2018 г по сводным данным альтиметрии

SL trend 2018-1993



Глобальный рост уровня моря

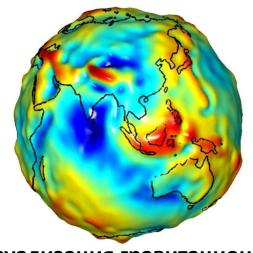


Как померить массу океана?



Спутники-близнецы GRACE Gravity Recovery And Climate Experiment

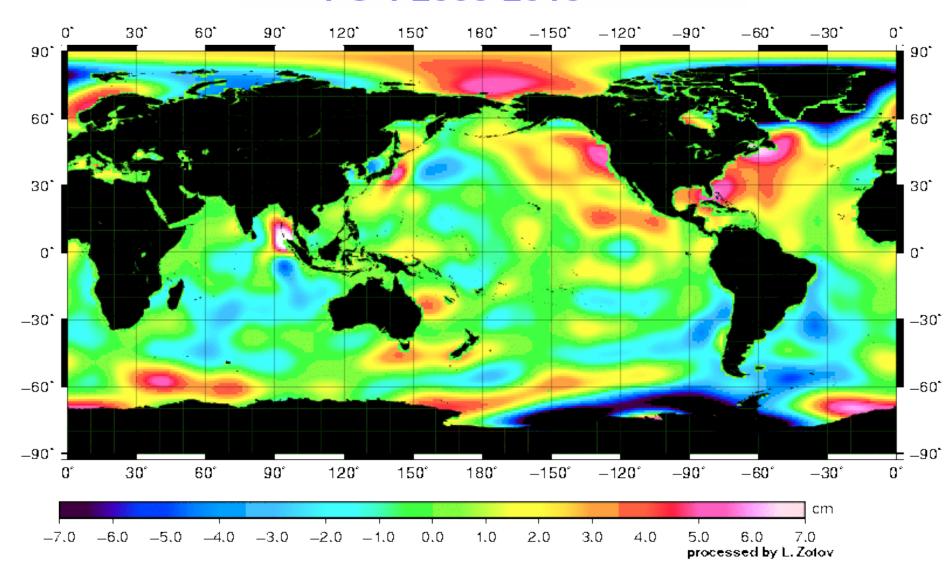




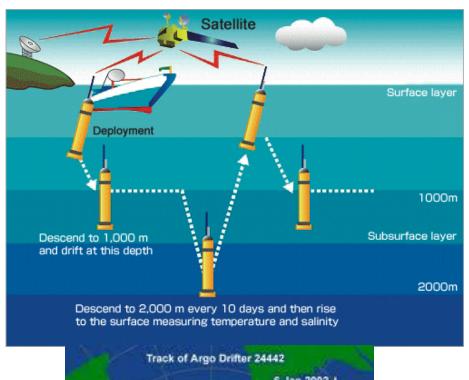
Визуализация гравитационной модели Земли по данным **GRACE**

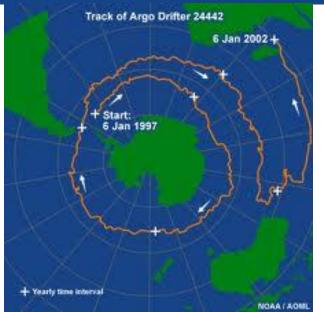
Тренды придонного давления по данным GRACE Ocean Bottom Pressure (PC 1), Don Chambers data

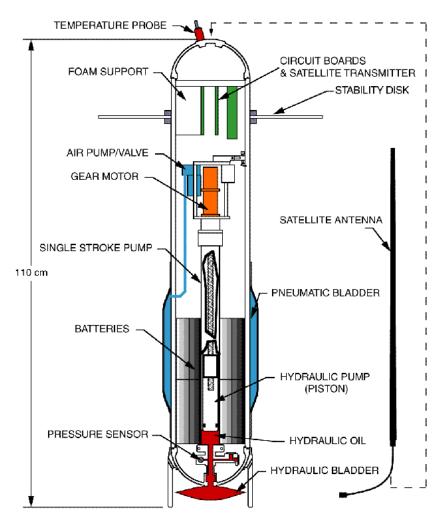
PC 1 2003-2015



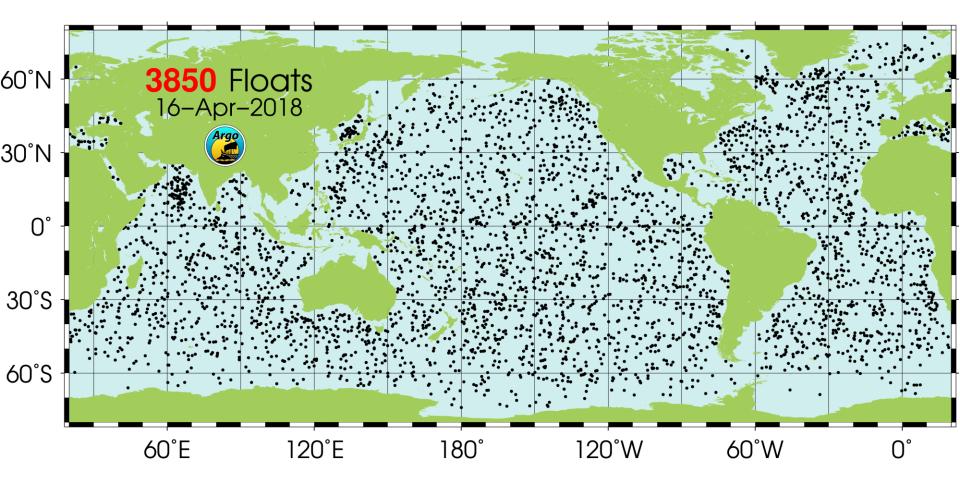
Погружающиеся океанографические буи ARGO





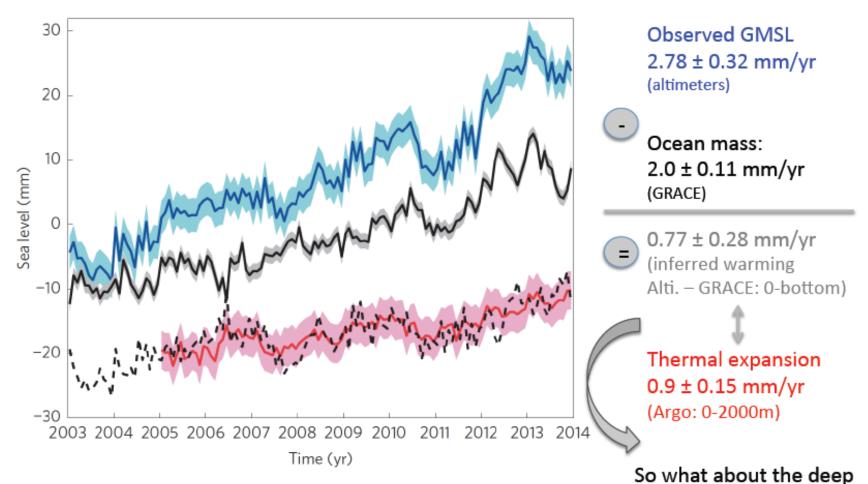


Погружающиеся океанографические буи ARGO



Global mean sea level change (2005-2013): The budegt

Изменения уровня моря = стерическая + массовая компонента



Note: uncertainty here just simple fit-uncertainty

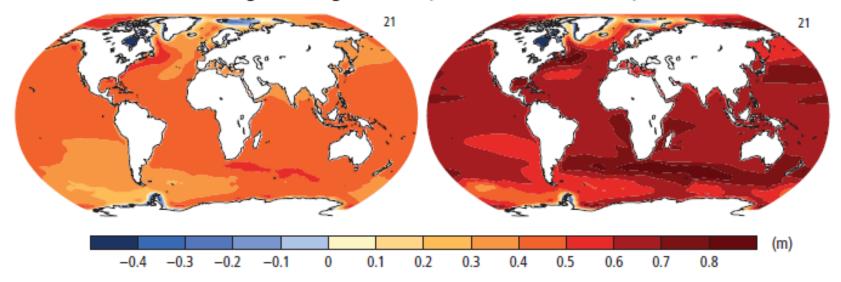
W. Llovel, J.K. Willis, F.W. Landerer and I. Fukumori

ocean contribution

(<2000m)?

Прогнозы уровня моря ІРСС

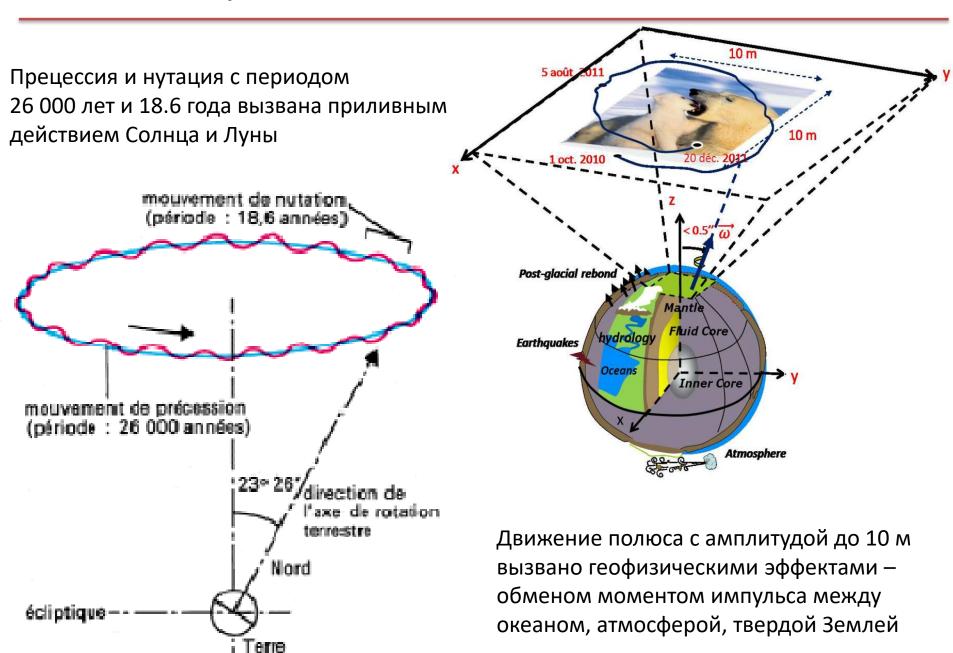
(c) Change in average sea level (1986–2005 to 2081–2100)



		2046–2065		2081–2100	
	Scenario	Mean	Likely range ^c	Mean	Likely range ^c
Giobal Mean Surface Temperature Change (°C) "	RCP2.6	1.0	0.4 to 1.6	1.0	0.3 to 1.7
	RCP4.5	1.4	0.9 to 2.0	1.8	1.1 to 2.6
	RCP6.0	1.3	0.8 to 1.8	2.2	1.4 to 3.1
	RCP8.5	2.0	1.4 to 2.6	3.7	2.6 to 4.8
	Scenario	Mean	Likely range ⁴	Mean	Likely range ^d
Global Mean Sea Level Rise (m) ^b	RCP2.6	0.24	0.17 to 0.32	0.40	0.26 to 0.55
	RCP4.5	0.26	0.19 to 0.33	0.47	0.32 to 0.63
	RCP6.0	0.25	0.18 to 0.32	0.48	0.33 to 0.63
	RCP8.5	0.30	0.22 to 0.38	0.63	0.45 to 0.82



Прецессия и движение полюса

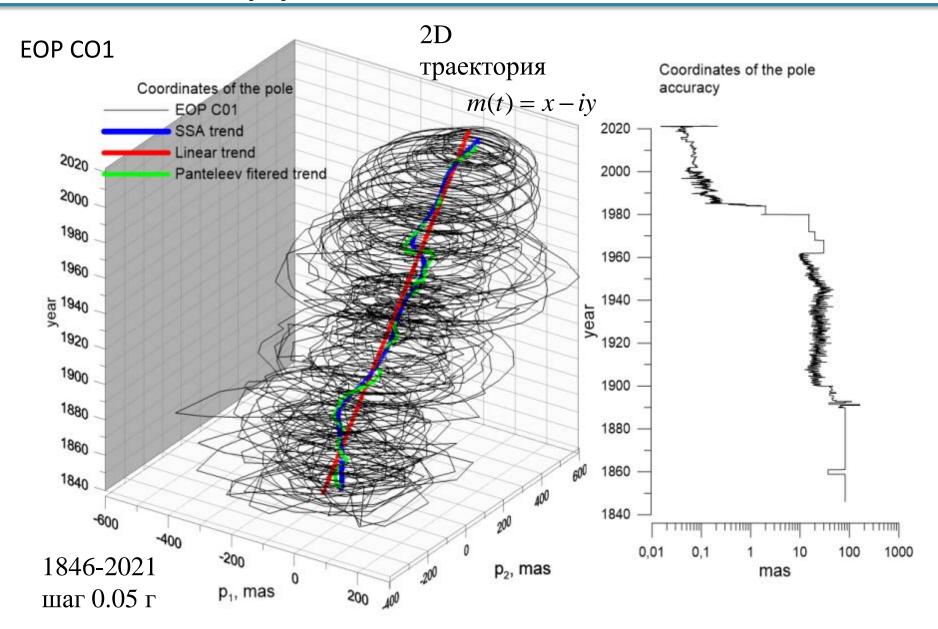


Геофизические процессы, влияющие на вращение Земли

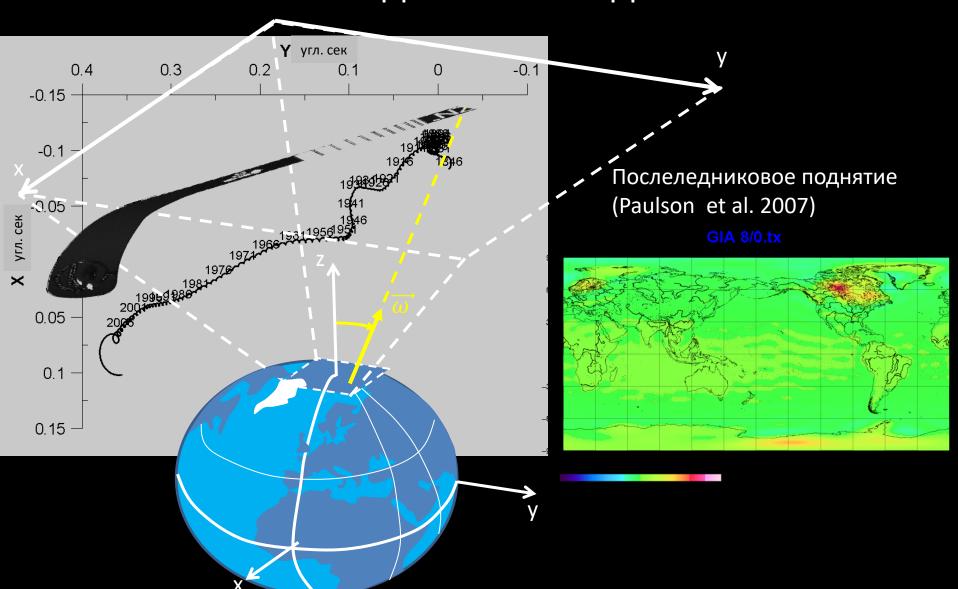
от 1 до 1 000 000 лет



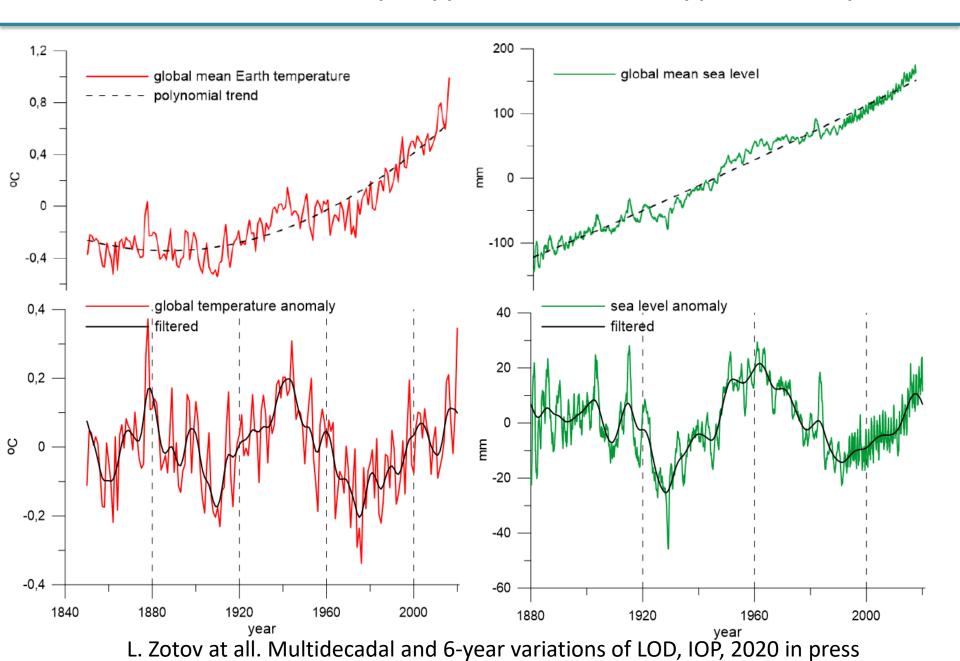
Движение полюса



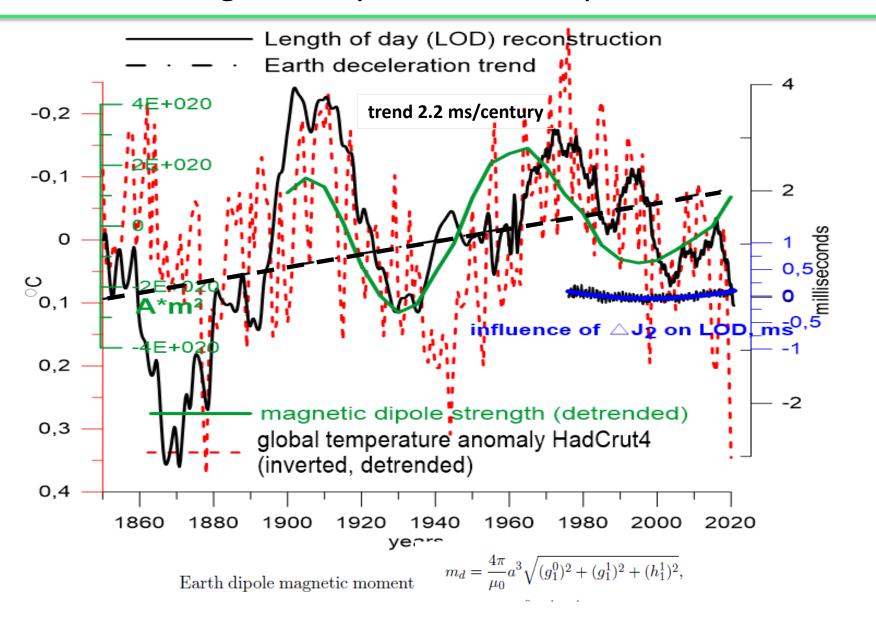
Тренд движения полюса и послеледниковое поднятие



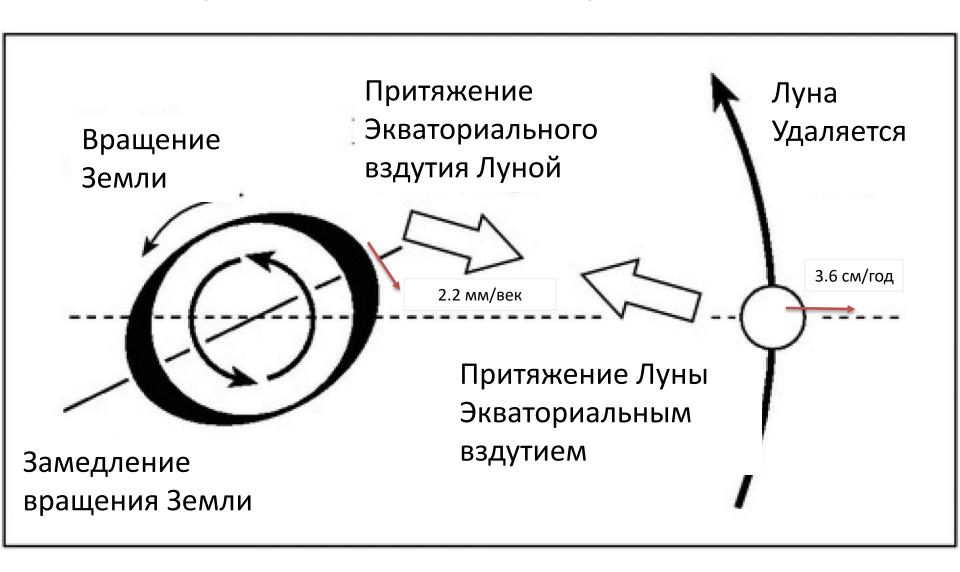
Изменения температуры на Земле и уровня моря



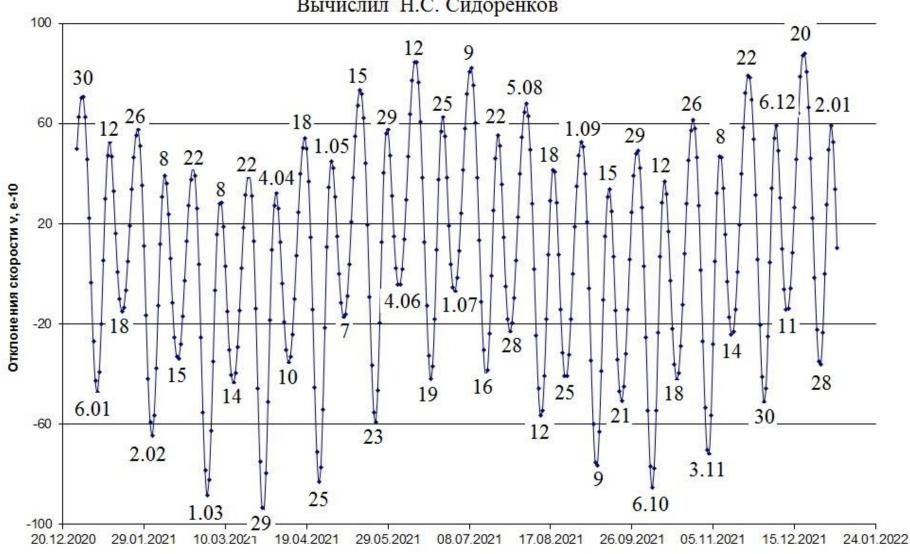
Долговременные изменения скорости вращения Земли Length of day LOD за полтора века



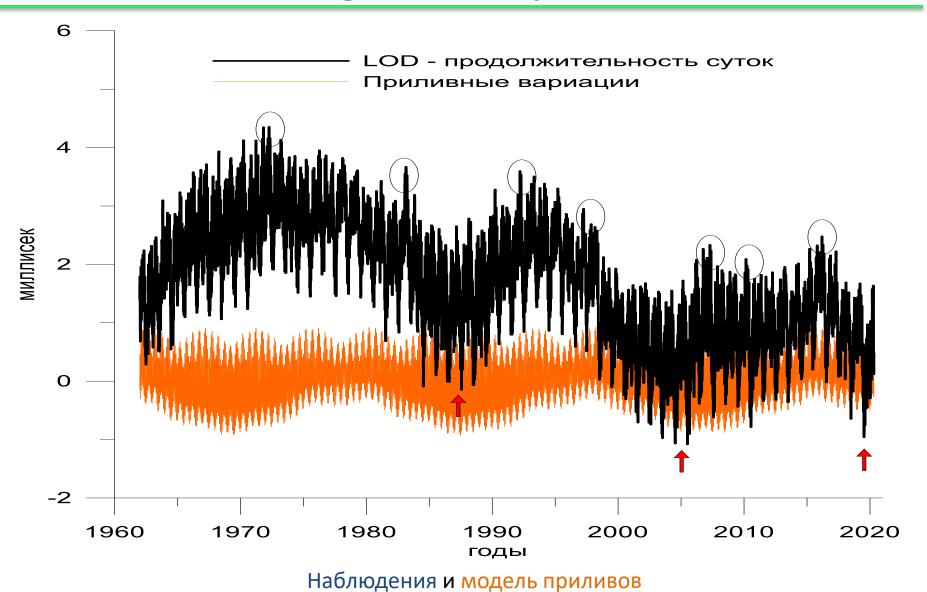
Приливное замедление вращения Земли



Приливные колебания угловой скорости вращения Земли в 2021 году Вычислил Н.С. Сидоренков



Изменения длительности суток Length of day LOD



Циркуляция атмосферы

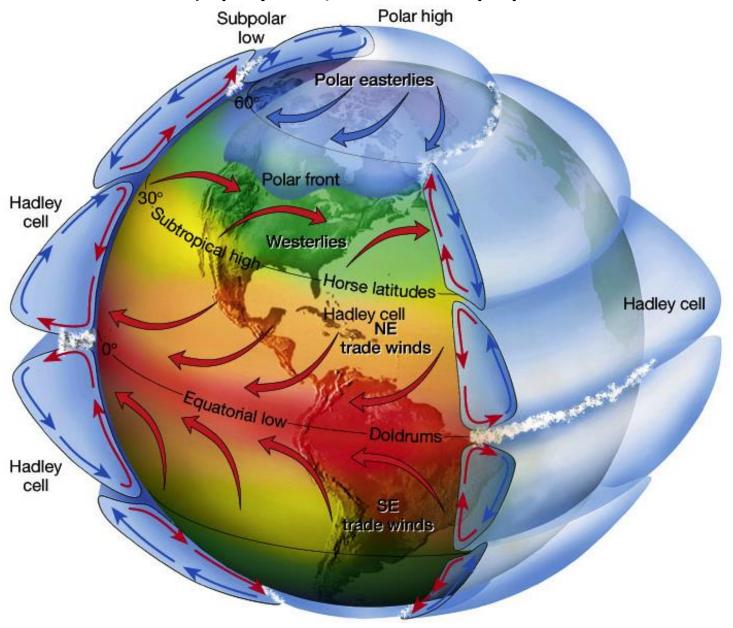
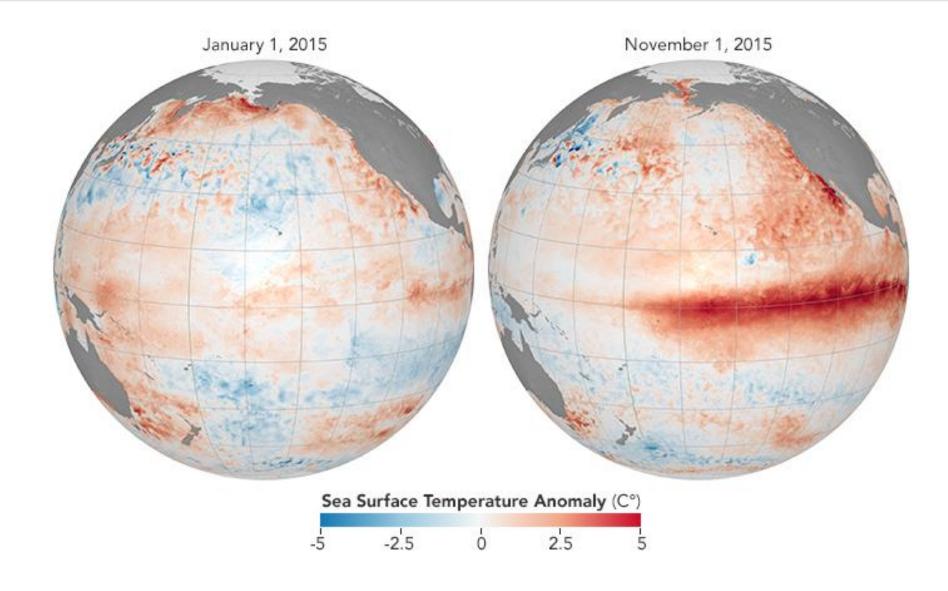


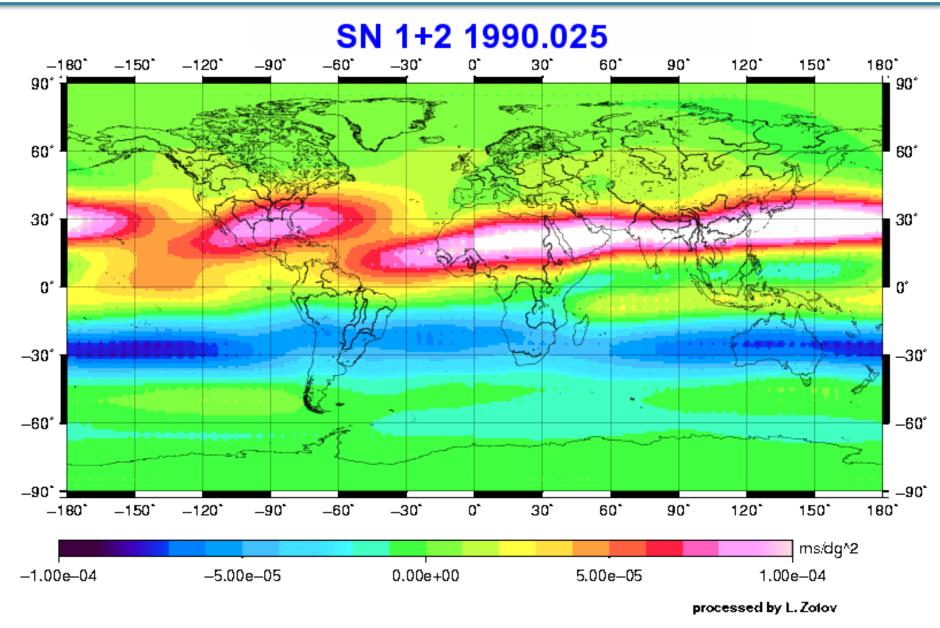
Image from NASA's Remote Sensing Tutorial: The Water Planet - Meteorological, Oceanographic and Hydrologic Applications of Remote Sensing. http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect14/Sect14_1c.html

Сильное событие El Nino 2015-2016 года



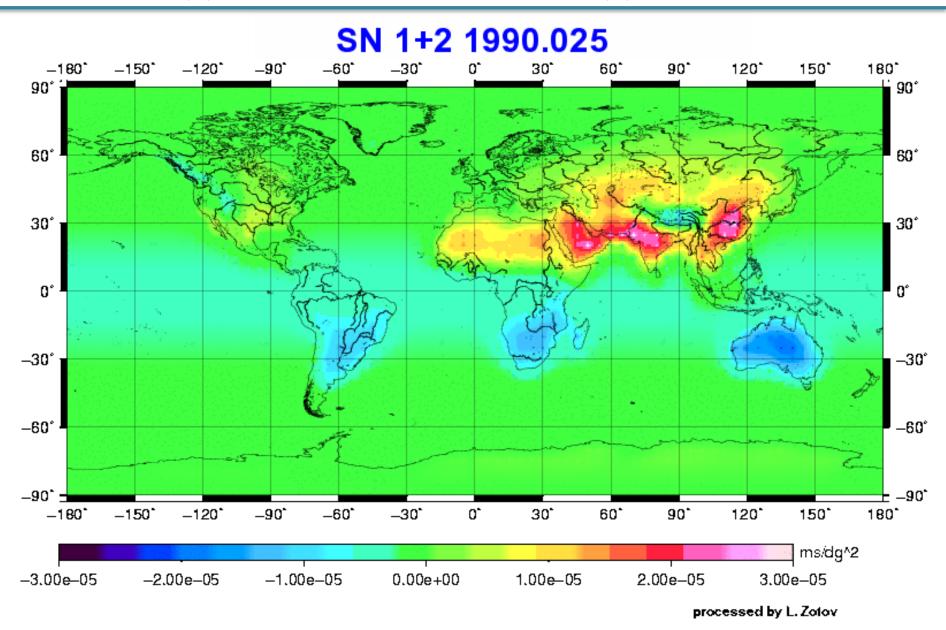
AMSR Aqua-Jason-2

Годовое колебание зональных ветров



MSSA, L=120 (10-year)

Годовое колебание ААМ давления



MSSA, L=120 (10-year)

Nikolay S. Sidorenkov

WILEY-VCH

The Interaction Between Earth's Rotation and Geophysical Processes



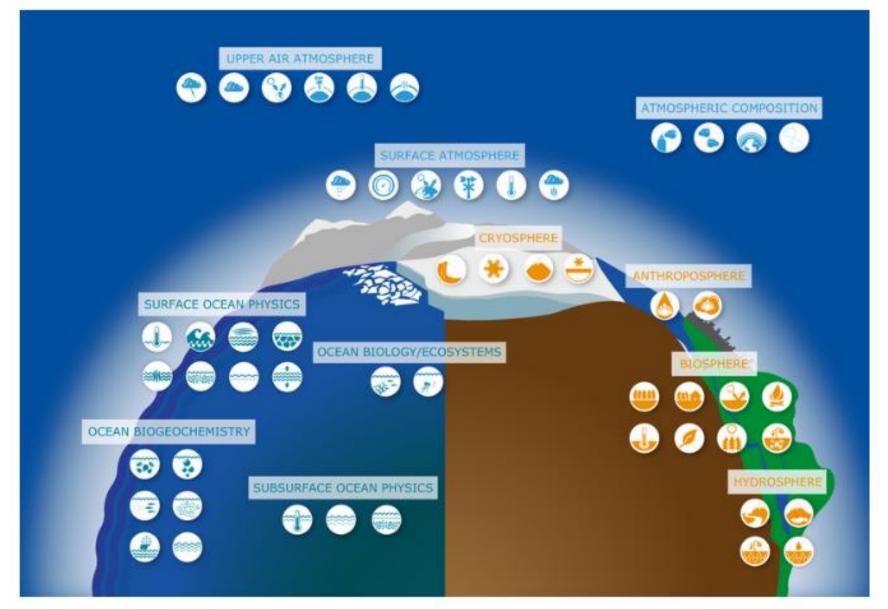
Springer Atmospheric Sciences

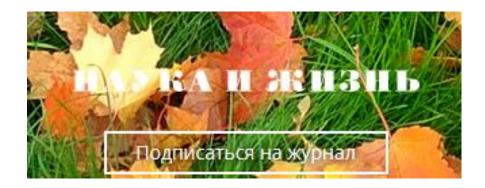
Johannes Böhm Harald Schuh *Editors*

Atmospheric Effects in Space Geodesy



Essential Climate Variables





Магнитное поле земли: история, эволюция и прогнозы

Кандидат физико-математических наук Валерий Петров, ведущий научный сотрудник ИЗМИРАН

Возраст Земли около 4,5 млрд лет, а геомагнитное поле прослеживается, по крайней мере, до 3 млрд лет назад.

Возраст Земли около 4,5 млрд лет, а геомагнитное поле прослеживается, по крайней мере, до 3 млрд лет назад. Таким образом, развитие Земли как планеты и развитие биологической жизни на ней значительную часть времени происходили при наличии магнитного поля. Это, естественно, отразилось как в геологических процессах, так и в развитии биосферы.

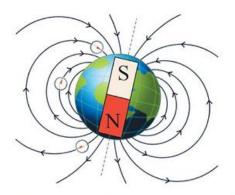


Рис. 1. Дипольное магнитное поле Земли. Рисунок из статьи: Volkwyn, Trevor & Airey, John & Gregorcic, Bor & Heijkenskjöld, F. (2019). Transduction and Science Learning: Multimodality in the Physics Laboratory. Designs for Learning. 11. 16–29. 10.16993/dfl.118.



Earth's magnetic field is acting up

Erratic motion of north magnetic pole forces update to model that aids global navigation.

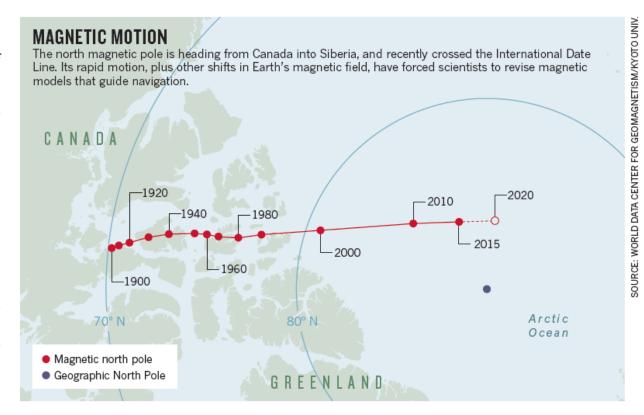
BY ALEXANDRA WITZE

Something strange is going on at the top of the world. Earth's north magnetic pole has been skittering away from Canada and towards Siberia, driven by liquid iron sloshing within the planet's core. The magnetic pole is shifting so quickly that it has forced the world's geomagnetism experts into a rare move.

On 15 January, they are set to update the World Magnetic Model, which describes the planet's magnetic field and underlies all modern navigation, from the systems that steer ships at sea to Google Maps on smartphones.

The most recent version of the model came out in 2015 and was supposed to last until 2020 — but the magnetic field is changing so rapidly that researchers have to fix the model now. "The error is increasing all the time," says Arnaud Chulliat, a geomagnetist at the University of Colorado Boulder and the National Oceanic and Atmospheric Administration's (NOAA's) National Centers for Environmental Information.

The problem lies partly with the moving pole and partly with other shifts deep within



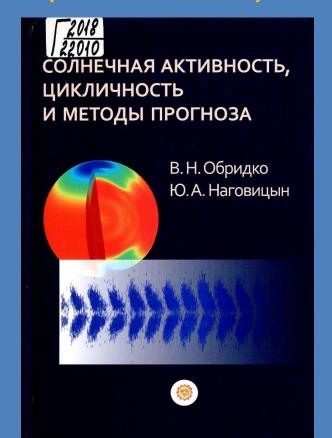
South America and the eastern Pacific Ocean. Satellites such as the European Space Agency's Swarm mission tracked the shift.

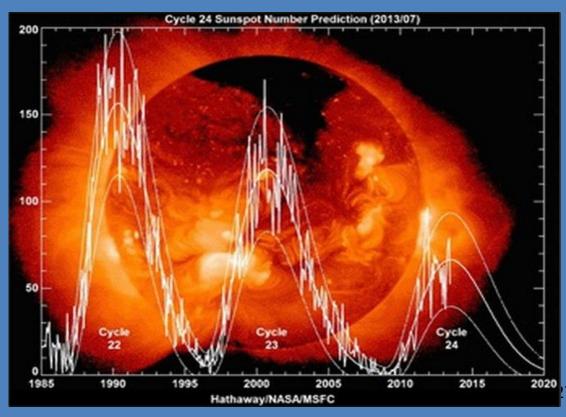
By early 2018, the World Magnetic Model

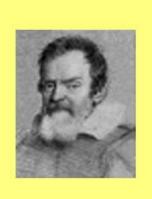
so inaccurate that it was about to exceed the acceptable limit for navigational errors.

WANDERING POLE

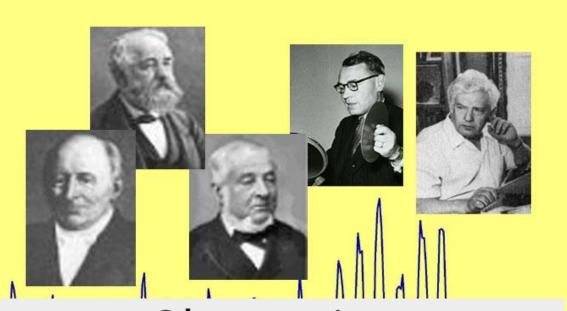
Климат (глобальный) — совокупность
 статистических состояний физической
 системы океан — суша — атмосфера Земли
 на протяжении нескольких десятилетий
 (А.С.Монин)



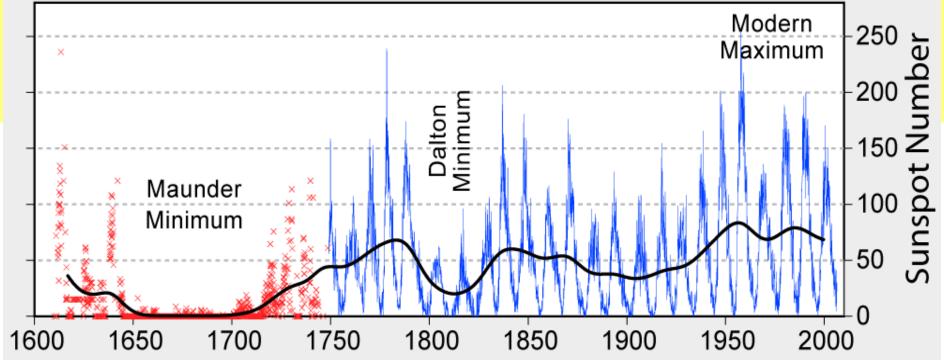




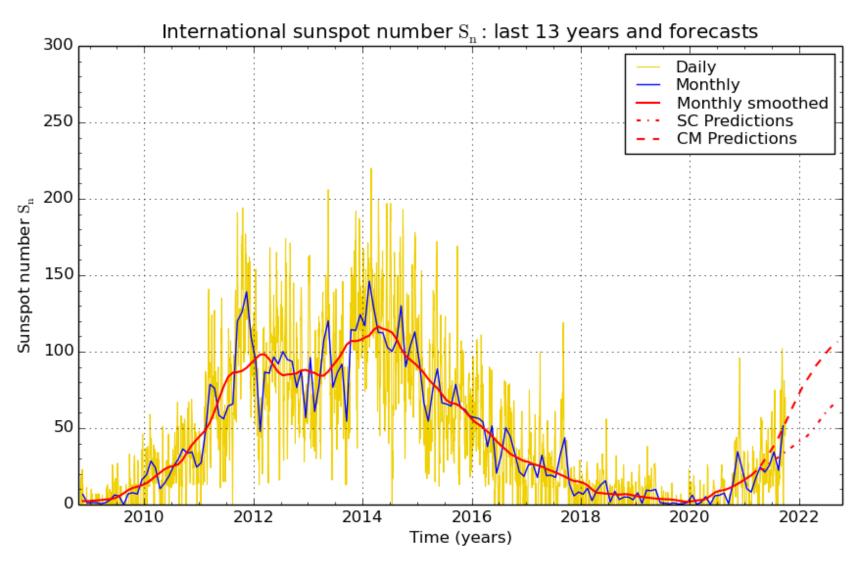
Пятна на Солнце как мера его активности



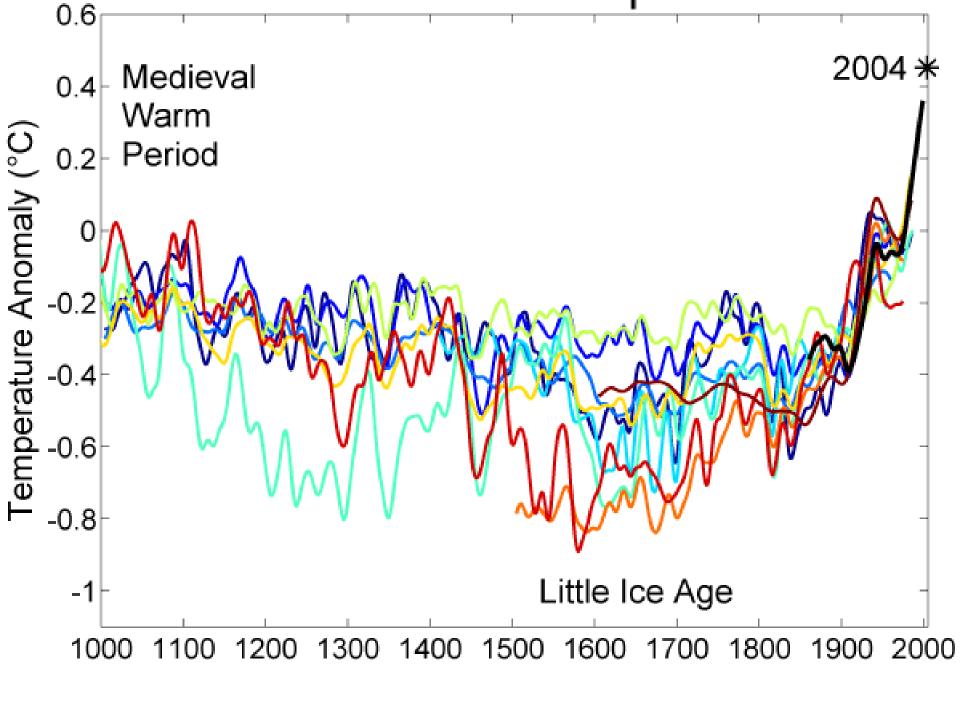
400 Years of Sunspot Observations



Начало 25-го цикла солнечной активности



SILSO graphics (http://sidc.be/silso) Royal Observatory of Belgium 2021 October 1





Зимний пейзаж Питера Брейгеля младшего

Лекция Л. Зотова "Земля из космоса — что видят современные космические миссии" курса "КосмоСферы"

https://www.youtube.com/watch?v=t0d_I7kBe04

