

МФК-2021

Глобальная экология и кризис биосферы

Лекция 2

Основное содержание:

- ✓ Антропоцен - основное содержание новой геологической эпохи
- ✓ Антропоцен на фоне геологической истории Земли
- ✓ Антропоцен: где провести нижнюю границу этой геологической эпохи?
- ✓ Мир в эпоху антропоцена: глобальное загрязнение
- ✓ Мир в эпоху антропоцена: разрушение природных местообитаний
- ✓ Мир в эпоху антропоцена: изменение климата (глобальное потепление)

Леонард Владимирович Полищук
leonard_polishchuk@hotmail.com

Антропоцен – современная эпоха,
для которой характерно мощное
и все возрастающее воздействие
человека на природу

Современную эпоху нередко называют **антропоценом** – новейшим отрезком в истории Земли, для которого характерно **мощное и все возрастающее воздействие человека на природу**. Это воздействие проявляется в разнообразных формах – от **разрушения конкретных местообитаний** и истребления отдельных биологических видов до **глобального загрязнения** окружающей среды и антропогенного **изменения климата**, оказывающих влияние на всю биосферу.

Антропоцен

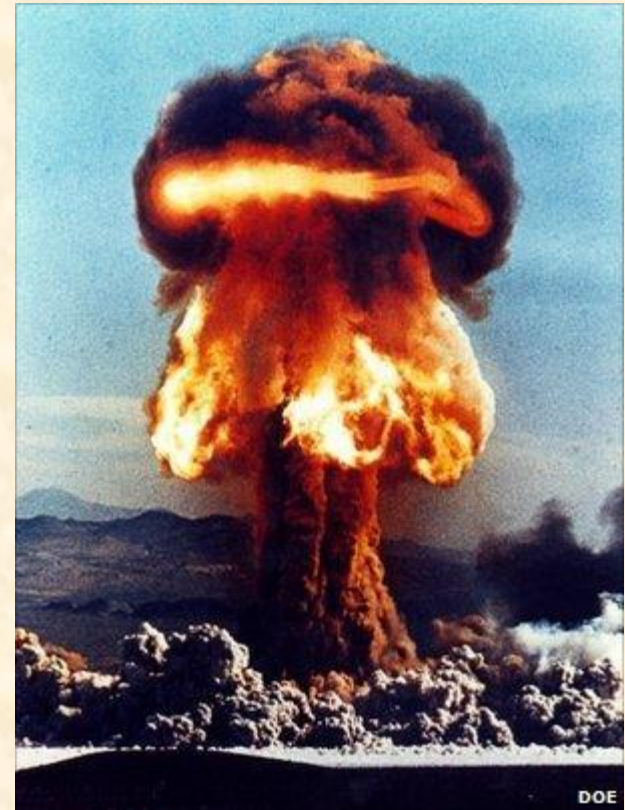
Антропоцен – новейший отрезок в истории Земли, для которого характерно мощное и все возрастающее воздействие человека на экосистемы Земли.

Антропоцен – неформальный (все еще неформальный!) **геохронологический** термин, обозначающий **геологическую эпоху**.

Человечество создало новую **геологическую эпоху**?

Начало антропоцена (разные мнения)

- ✓ 10-8 тыс. лет назад – начало земледелия и животноводства (**неолитическая революция**)
- ✓ 1800 год – население Земли достигло 1 млрд, содержание CO₂ в атмосфере начало расти вследствие сжигания ископаемого топлива, начало **промышленной революции**.
- ✓ 1945-1950 гг. – начало испытаний **ядерного оружия**. Выброс радиоактивных веществ оставил след в **геологических отложениях**. **Это дает основание для выделения новой геологической эпохи.**



Early atomic bomb tests have left a tell-tale signature in soil

Источник: <https://www.bbc.co.uk/>

МЕЖДУНАРОДНАЯ СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА
(Международный кодекс по стратиграфии, 2004-2006)

Г
е
о
х
р
о
н
о
л
о
г
и
ч
е
с
к
а
я

Эонотема Эон	Эратема Эра	Суб-эра	Система Период	Отдел Эпоха	Возраст (миллионы лет)
Ф А Н Е Р О З О Й	КАЙНОЗОЙСКАЯ (65.5 МЛН)	Четвертичная	Неогеновая (23.0 млн)	голоцен	0.0118
				неоплейстоцен	0.820
				эоплейстоцен	1.8
				плиоцен	5.3
				миоцен	23.0
		Третичная	Палеогеновая (42.5 млн)	олигоцен	33.9
				эоцен	55.8
				палеоцен	65.5
			Меловая (80.0 млн)	нижний	145.5
				верхний	199.6
			Юрская (54.1 млн)	средний	251.0
				нижний	299.0
			Триасовая (51.4 млн)	средний	359.2
				нижний	416.0
			Пермская (48.0 млн)	позидонский	443.7
				гваделупский	488.3
				сизуральский	542.0
	МЕЗОЗОЙСКАЯ (185.5 МЛН)	Четвертичная	Каменно-угольная (60.2 млн)	верхний	359.2
				средний	416.0
				нижний	443.7
			Девонская (56.8 млн)	пржидольский	488.3
				лудловский	542.0
				венлокский	
	ПАЛЕОЗОЙСКАЯ (291.0 МЛН)	Четвертичная	Силурийская (27.7 млн)	лландоверийский	443.7
				верхний	488.3
				средний	542.0
				нижний	
				фуронжиянский	
		Третичная	Ордовикская (44.6 млн)	третий	
				второй	
				первый	
			Кембрийская (53.7 млн)	первый	
				второй	
				третий	
	ПРОТЕРОЗОЙ	Четвертичная	Неопротерозойская	первый	
				второй	
				третий	
				четвертый	
				пятый	
	АРХЕЙ	Четвертичная	Неоархейская	первый	
				второй	
				третий	
				четвертый	
				пятый	

Голоцен и Антропоцен

Голоцен – формальное (общепринятое) название геологической эпохи, в которой мы сейчас живем.

Антропоцен – последний по времени отрезок голоцена, претендующий на статус отдельной геологической эпохи. Этот слайд дает представление о краткости голоцена и тем более антропоцена в геологическом масштабе времени.

Пять массовых вымираний в истории Земли (1-5)

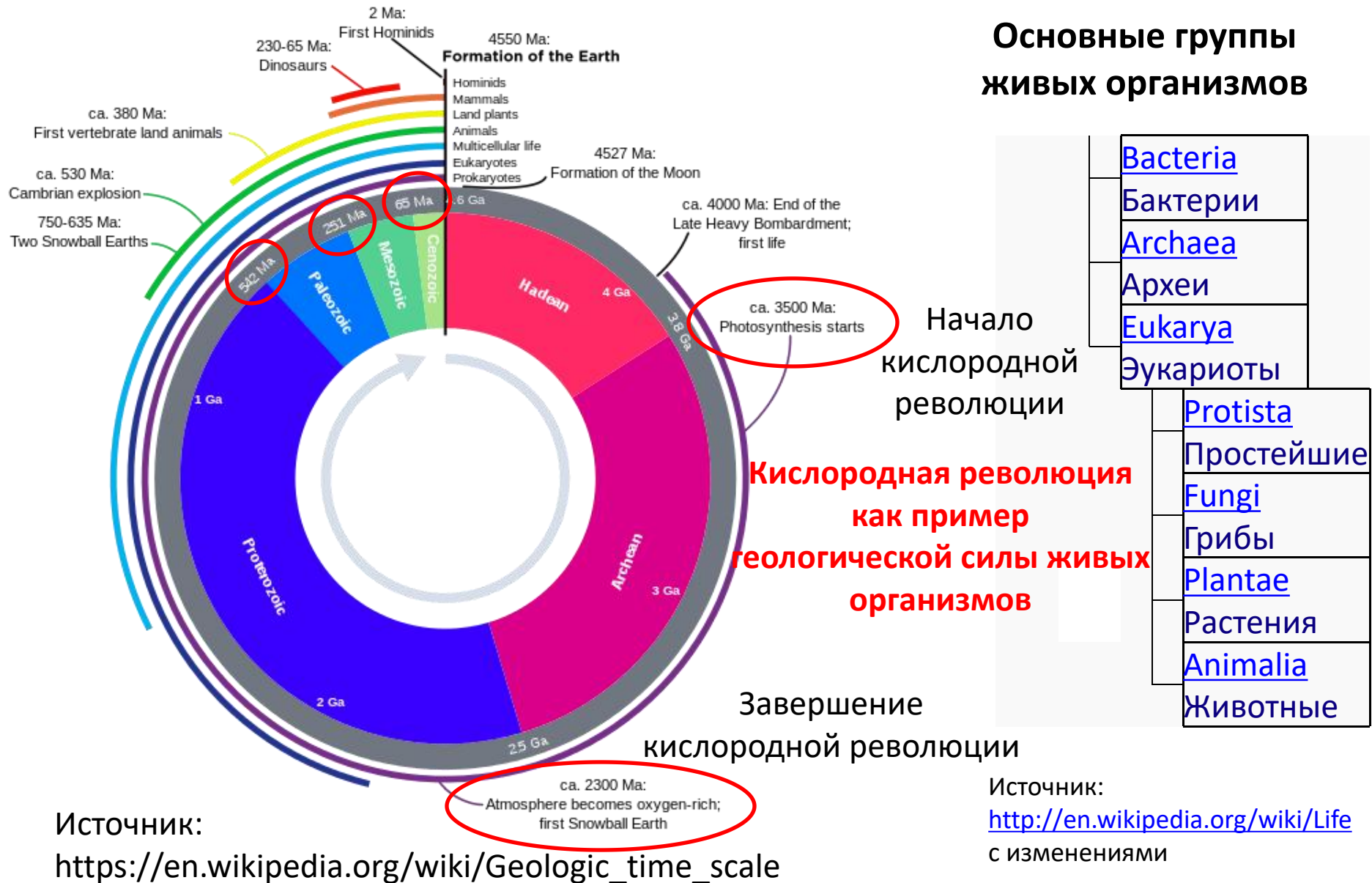
МАССОВЫЕ ВЫМИРАНИЯ

- 1 - ордовикско-силурийское
- 2 - девонское
- 3 - пермское («Великое»!)
- 4 - триасовое
- 5 - мел-палеогеновое (динозавры!)

Цифры в скобках указывают продолжительность эр и периодов

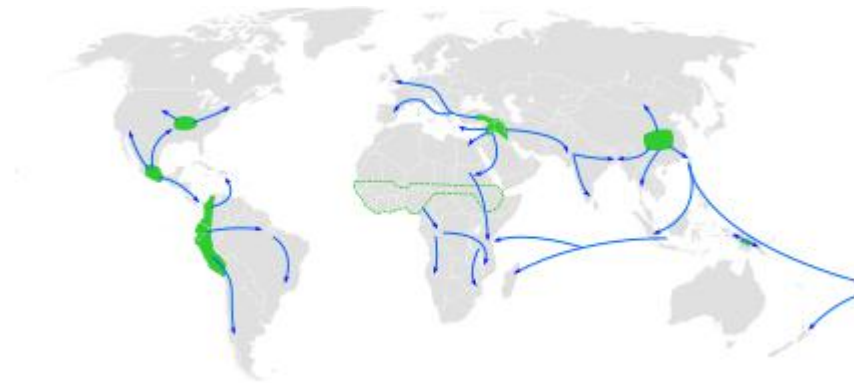
Геологическая история Земли

Основные события в истории Земли на «геологических часах»



Неолитическая революция

Неолитическая революция — переход человеческих общин от примитивной экономики охотников и собирателей к сельскому хозяйству, основанному на земледелии и животноводстве. По данным археологии одомашнивание животных и растений происходило в разное время независимо в 7-8 регионах. Самым ранним центром неолитической революции считается Ближний Восток, где одомашнивание началось не позднее, чем 10 тыс. лет назад.

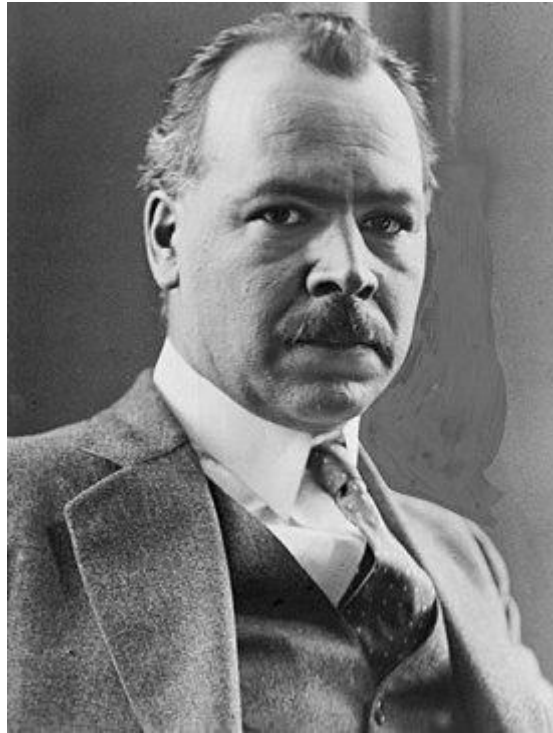


Центры зарождения и пути распространения сельского хозяйства.

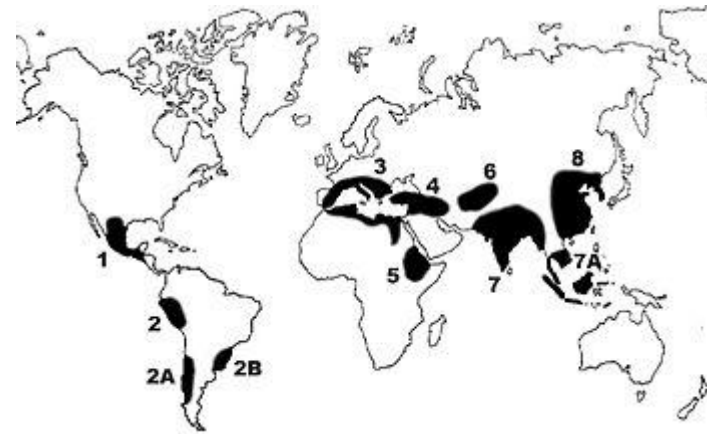
Источник: Jared Diamond and Peter Bellwood. Farmers and Their Languages: The First Expansions. *Science* 2003 V. 300, pp. 597-603.

См. также Д. Даймод. 2010. Ружья, микробы, сталь. М.: АСТ Corpus.

Неолитическая революция



Николай Иванович Вавилов
(1887-1943)



Центры происхождения культурных растений:
1. Центральноамериканский, 2.
Южноамериканский, 3. Средиземноморский, 4.
Переднеазиатский, 5. Абиссинский, 6.
Среднеазиатский, 7. Индостанский, 7А. Юго-
восточноазиатский, 8. Восточноазиатский.

Варианты начала антропоцена

Французский философ Анри Бергсон о

ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕВОЛЮЦИИ:

Both **Teilhard** and **Vernadsky** were readers of Suess's *La Face de la Terre* and the celebrated French philosopher Henri Bergson [27]. In his 1907 master book *L'Evolution Créatrice*, Bergson wrote: '**A century has elapsed since the invention of the steam engine, and we are only just beginning to feel the depths of the shock it gave us.** . . . In thousands of years, when, seen from the distance, only the broad lines of the present age will still be visible, our wars and our revolutions will count for little, even supposing they are remembered at all; but the **steam engine**, and the procession of inventions of every kind that accompanied it, will perhaps be spoken of as we speak of the bronze or of the chipped stone of pre-historic times: **it will serve to define an age.**' (*Creative Evolution, transl. by Arthur Mitchell, New York, The Modern Library (1911) 1944, p. 153.*) (WILL STEFFEN, JACQUES GRINEVALD, **PAUL CRUTZEN*** AND JOHN MCNEILL. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Phil. Trans. R. Soc. A (2011) 369, 842–867*)

*Пол Крутцен, Нобелевский лауреат по химии (1995) за изучение озоновых дыр в атмосфере, горячий сторонник концепции антропоцена

Испытания ядерного оружия

Возможные геологические последствия ядерного взрыва в Хиросиме

18:09 13.05.2019

Ученые нашли геологические "следы" ядерной бомбы на пляже у Хиросимы
МОСКВА, 13 мая – РИА Новости. Геологи случайно обнаружили в песке на пляжах у Хиросимы несколько новых типов горных пород, возникших из обломков уничтоженного города после взрыва ядерной бомбы в августе 1945 года. Они оказались похожи по структуре на последствия падения астероида, погубившего динозавров, пишут исследователи в журнале *Antropocene*.

Экологи, биологи и многие другие представители естественных наук уже более полувека говорят о наступлении антропоцена – новой геологической и исторической эры, в которой на Земле начал господствовать человек. В пользу этого выдвигается масса аргументов, опирающихся на резкое ускорение в темпах вымирания животных и необратимые изменения в экосистемах, вызванные деятельностью человека.

Подобные идеи вызывают резкое неприятие со стороны многих геологов. Они не считают, что подобные процессы могут оставить заметный след в породах Земли, способный подсказать нашим далеким потомкам или "гостям" с другой планеты, что в это время наступила новая эра, связанная с развитием нашей цивилизации.

Источник: <https://ria.ru/20190513/1553455755.html>

Испытания ядерного оружия

Возможные геологические последствия ядерного взрыва в Хиросиме

Ученые нашли геологические "следы" ядерной бомбы на пляже у Хиросимы
(продолжение)

Дело в том, что ученые используют два формальных критерия для разделения исторических эпох — наличие заметных следов долгосрочных и долговременных изменений в породах этой эпохи, а также следы быстрых и кратковременных глобальных перемен.

Ярким примером этого служат отложения на границе между меловым периодом и кайнозоем, сохранившие в себе следы падения метеорита, которое уничтожило динозавров и вызвало глобальные изменения в климате планеты. Такие прослойки пород, сигнализирующие о смене эпох, геологи часто называют "золотыми гвоздями", по аналогии с символическими костылями, которые промышленные магнаты XIX века вбивали в шпалу при закладке новых железных дорог.

Четыре года назад, Ванье, как вспоминает сам ученый, совершенно случайно нашел подобный "гвоздь" для антропоцена, изучая образцы песка, собранного на побережье искусственного полуострова Удзи в юго-западной части острова Хонсю.



© Anthropocene, Volume 25, March 2019

Фрагменты "ядерных" горных пород, возникших после сброса атомной бомбы на Хиросиму

Источник:

<https://ria.ru/20190513/1553455755.html>

Испытания ядерного оружия

Геологические последствия наземных ядерных испытаний

13:38 14.11.2016

Ученые: следы ядерных взрывов на Новой Земле продолжают отравлять Арктику

МОСКВА, 14 ноя – РИА Новости. Российские океанологи обнаружили у западных берегов Новой Земли следы того, что радионуклиды, попавшие в почву острова после серии ядерных испытаний в 1960 годах, постепенно попадают в воды Северного ледовитого океана, говорится в статье, опубликованной в российском журнале Oceanology.

"Изучение образцов льда с северного ледового купола Новой Земли пока не раскрыло участков с высокой радиоактивностью. Однако проведенные исследования позволили впервые получить данные о ранее не изученном леднике и выяснить, где находится загрязненный радиацией слой", — пояснил Алексей Мирошников из Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН в Москве, чьи слова передает Российский научный фонд.

Источник: <https://ria.ru/20161114/1481311256.html>

АНТРОПОЦЕН И ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ

Влияние человека на природу

- ✓ Разрушение природных местообитаний
- ✓ Глобальное загрязнение
- ✓ Изменение климата (глобальное потепление)
- ✓ Чрезмерная эксплуатация природных ресурсов (перепромысел, перевылов)
- ✓ Вселение чужеродных видов

**Все эти воздействия ведут к сокращению
биоразнообразия**

ГЛОБАЛЬНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Важный аспект воздействия человека
на окружающую среду –
глобальное загрязнение.

Загрязнение окружающей среды -
угроза биоразнообразию.

Важнейший источник загрязнения - изделия из пластика

The UK, like most developed nations, produces more waste than it can process at home: **230 m tonnes a year – about 1.1 kg per person per day. (The US, the world's most wasteful nation, produces 2 kg per person per day.)** Quickly, the market began flooding any country that would take the trash: Thailand, Indonesia, Vietnam, countries with some of the world's highest rates of what researchers call “waste mismanagement” – rubbish left or burned in open landfills, illegal sites or facilities with inadequate reporting, making its final fate difficult to trace.

The present dumping ground of choice is Malaysia. In October last year, a Greenpeace Unearthed investigation found mountains of British and European waste in illegal dumps there: Tesco crisp (чипсы!) packets, Flora tubs and recycling collection bags from three London councils. ... **The waste is often burned or abandoned, eventually finding its way into rivers and oceans.** In May, the Malaysian government began turning back container ships, citing public health concerns. Thailand and India have announced bans on the import of foreign plastic waste. But still the rubbish flows.

'Plastic recycling is a myth': what really happens to your rubbish?

Source: <https://www.theguardian.com/environment/2019/aug/17/>

Куда часть этого мусора в итоге деваается?

Попадает в океан!

В Тихом океане между Калифорнией и Гавайями имеется т.н. Большое Тихоокеанское мусорное поле (Great Pacific Garbage Patch), в основном состоящее из пластика (хотя не только). Площадь этого «пятна» в **ТРИ РАЗА** превосходит территорию Франции. «Пятно» не рассеивается в силу кругового течения (круговой циркуляции) водных масс. Предпринимаются попытки по уменьшению площади этого «мусорного пятна».



A boat tows the Ocean Cleanup System 001 from San Francisco



Примерная территория
«трех Франций»

Источник: CNN, 10 сентября 2018

Карта: <http://russia-karta.ru/europe/map-europe-1.gif>

Мусор находят на дне океана, а токсиканты – в телах морских организмов

Даже в самой глубокой точке Мирового океана, Марианской впадине, обнаружено крайне высокое содержание токсических веществ в телах обитающих там морских организмов.



A container of Spam rests at 4,947 meters on the slopes of a canyon leading to the Sirena Deep in the Mariana trench. Photograph: NOAA Office of Ocean Exploration

Источник:
Guardian, 13 февраля 2017



https://ru.wikipedia.org/wiki/Марианский_жёлоб



Обитатели Марианской впадины: рачки-амфиподы и офиура – от нее только луч в кадре. Уровень токсичности веществ, найденных в их телах, в 50 раз превосходит уровень токсичности веществ в телах крабов, обитающих в наиболее загрязненных реках Китая. Производство этих веществ прекращено еще в 1970-х гг.

Попытки борьбы с глобальным загрязнением ...



Правительство Великобритании в 2015 г. ввело запрет на бесплатные пластиковые пакеты в торговых сетях. При взимании всего лишь 5 пенсов за пакет, их потребление сократилось на **86%**. Планируется удвоить стоимость одного пакета и ввести запрет на использование бесплатных пакетов не только в торговых сетях, но и в небольших магазинах. Эти меры призваны стимулировать повторное использование пластиковых сумок и пакетов.

Источник: Guardian, 24 августа 2018

COVID-19: загрязнение окружающей среды масками и перчатками

28.07.2020, 00:30

В ООН сообщили о загрязнении окружающей среды масками и перчатками



Некоторые меры по сдерживанию пандемии коронавируса оказали негативное воздействие на окружающую среду, говорится в [сообщении](#) Конференции ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД). В частности, речь идет о загрязнении природы масками для лица и перчатками. При этом меры против COVID-19 привели к сокращению выбросов парниковых газов на 5%.

«На наши улицы, пляжи и океан обрушилась волна отходов COVID-19, включая пластиковые маски для лица, перчатки, бутылки с дезинфицирующим средством для рук и пищевую упаковку», — сообщили в ЮНКТАД. По данным организации, около 75% пластика, оставшегося от коронавируса, скорее всего, станут отходами, которые увеличивают свалки и попадают в моря.

По подсчетам ученых из португальского Университета Авейру, опубликованным в середине июня в журнале Environment, Science & Technology, во время пандемии в мире ежемесячно используется 129 млрд масок и 65 млрд перчаток.

Источник: <https://www.kommersant.ru/doc/4433512>

**РАЗРУШЕНИЕ ПРИРОДНЫХ
МЕСТООБИТАНИЙ -
главная причина сокращения
биоразнообразия**

Разрушение природных местообитаний

- ✓ Разрушение природных местообитаний – это процесс, при котором местообитание становится непригодным для обитания данного вида или видов.
- ✓ Разрушение местообитаний – главная причина сокращения биоразнообразия. «**Habitat destruction is currently ranked as the primary cause of species extinction worldwide**» (Pimm & Raven 2000).
- ✓ В современных условиях происходит в основном под действием человека (носит антропогенный характер).
- ✓ Причины (или, скорее, мотивы), в силу которых человек разрушает природные местообитания: развитие сельского хозяйства (расширение пахотных земель, пастбищ), урбанизация (разрастание городов, например, расширение территории Москвы – Новая Москва), добыча полезных ископаемых и др.

Для 85% видов животных и растений от
общего числа видов, находящихся под
угрозой вымирания,
главным фактором угрозы является
сокращение природных местообитаний
(согласно данным Красной книги
Международного союза охраны природы
(МСОП) = IUCN Red List)

Количественные
характеристики
25 важнейших очагов
биоразнообразия
(biodiversity hotspots) -
доля эндемичных
видов и
степень разрушения
природных
местообитаний

Источник: Krebs, Charles J.
2014. Ecology: The
Experimental Analysis of
Distribution and
Abundance. Pearson.
Kindle Edition.

Table 1 Characteristics of 25 of the highest ranked biodiversity hotspots.

Hotspot	Original extent of vegetation (km ²)	Percent remaining original vegetation	No. of plant species	No. of endemic plant species	No. of vertebrate species	No. of endemic vertebrate species
Tropical Andes	1,258,000	25.0	30,000	15,000	3389	1567
Mesoamerica	1,155,000	20.0	17,000	2941	2859	1159
Caribbean	263,500	11.3	13,000	6550	1518	779
Brazil's Atlantic Forest	1,227,600	7.5	20,000	8000	1361	567
Turnbes/Choco/Western Ecuador	260,600	24.2	11,000	2750	1625	418
Brazil's Cerrado	1,783,200	20.0	22,000	10,000	1268	117
Chile/Valdivian Forest	300,000	30.0	3892	1957	335	61
California	324,000	24.7	3488	2124	584	71
Madagascar	594,150	9.9	13,000	11,600	987	771
Eastern Afromontane and Coastal Forests of East Africa	30,000	6.7	11,598	4106	1019	121
Guinean West African Forests	1,265,000	10.0	9000	1800	1320	270
Cape Floristic Province	74,000	24.3	9000	6210	562	53
Succulent Karoo	112,000	26.8	6356	2439	472	45
Mediterranean Basin	2,362,000	4.7	22,500	11,700	770	235
Caucasus	500,000	10.0	6400	1600	632	59
Sundaland	1,600,000	7.8	25,000	15,000	1800	701
Wallacea	347,000	15.0	10,000	1500	1142	529
Philippines	300,800	3.0	9253	6091	1093	518
Indo-Burma and Himalaya	2,060,000	4.9	23,500	10,160	2185	528
Southwest China	800,000	8.0	12,000	3500	1141	178
Western Ghats/Sri Lanka	182,500	6.8	5916	3049	1073	355
SW Australia	309,850	10.8	5571	2948	456	100
New Caledonia	18,600	28.0	3270	2432	190	84
New Zealand	270,500	22.0	2300	1865	217	136
Polynesia/Micronesia	46,000	21.8	5330	3074	342	223

NOTE: There are approximately 300,000 described plant species on Earth, and approximately 28,595 described vertebrate species (excluding fish). Fishes are not included in the vertebrate tally. The eight hottest hotspots are shown in boldface type. Figure 10 shows a map of these regions.

(From www.biodiversityhotspots.org.)

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ:

антропогенное или хотя бы отчасти вызванное естественными (природными) причинами?

Глобальное потепление - главная потенциальная причина сокращения биоразнообразия

Глобальное потепление: роль человека или естественная периодичность?

1

Оценки скорости потепления за 1850-2010 гг.

$$A-D: 1/100 = 0.01^\circ\text{C}/\text{год}$$

$$B(\text{или } B')-D: 0.8/160 = 0.005^\circ\text{C}/\text{год}$$

$$C-D: (14.4-13.75)/60 = 0.011^\circ\text{C}/\text{год}$$

$$C'-D: (14.4-13.75)/30 = 0.022^\circ\text{C}/\text{год}$$

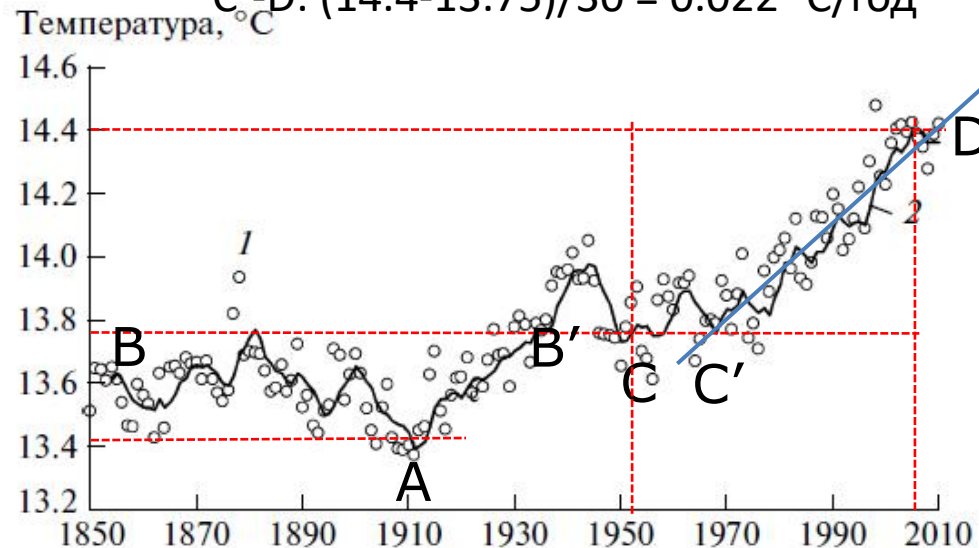


Рис. 1. Динамика среднегодовой глобальной температуры за 1850–2010 гг.

1 — данные инструментальных измерений [7], 2 — 5-летнее скользящее среднее значение

Источник: Замолотчиков Д.Г. 2013. Естественная и антропогенная концепции современного потепления климата. Вестник РАН. Т. 83. №3. С. 227-235 (с изменениями).

Глобальное потепление: роль человека или естественная периодичность?

2

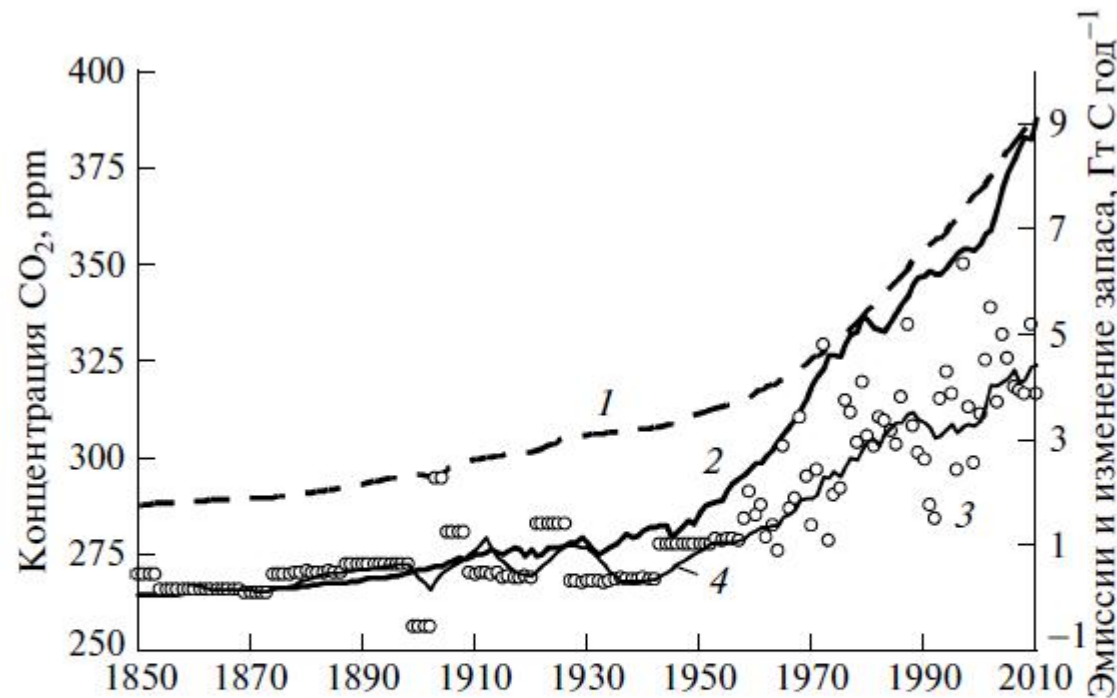


Рис. 2. Динамика атмосферной концентрации CO₂ [8, 9], антропогенные эмиссии CO₂ [11] и изменение запаса CO₂ атмосферы за 1850–2010 гг.

1 — концентрация; 2 — эмиссии; 3 и 4 — годовые величины и 10-летнее скользящее среднее изменения запаса

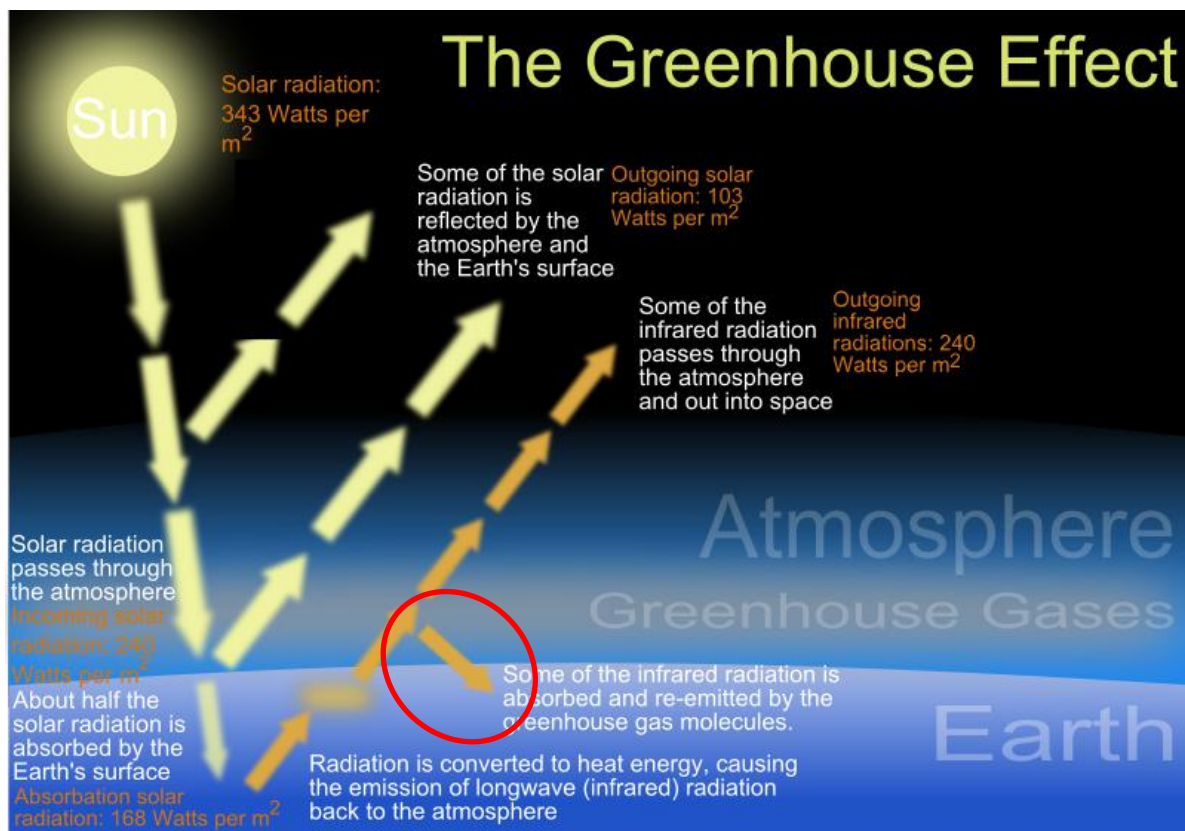
Источник: Замолодчиков Д.Г. 2013. Естественная и антропогенная концепции современного потепления климата. Вестник РАН. Т. 83. №3. С. 227-235.

Почему накопление углекислого газа в атмосфере приводит к повышению температуры?

Парниковый эффект и парниковые газы

Без парниковых газов средняя температура поверхности Земли была бы **-18°C, а не нынешние +15°C**

Почему электромагнитное излучение (порожденное излучением Солнца) проходит через парниковые газы в атмосфере Земли в большей степени в одну сторону (от Солнца к Земле), чем в другую (от Земли к Солнцу)?



Парниковые газы

- **водяные пары**
- **углекислый газ CO_2**
- **метан CH_4**
- **оксид азота N_2O**
- **озон O_3**

Глобальное потепление: роль человека или естественная периодичность?

Крупномасштабные колебания CO_2 и температуры за последние **420 тыс. лет**.
Конечно, **эти колебания CO_2 не связаны с деятельностью человека**.

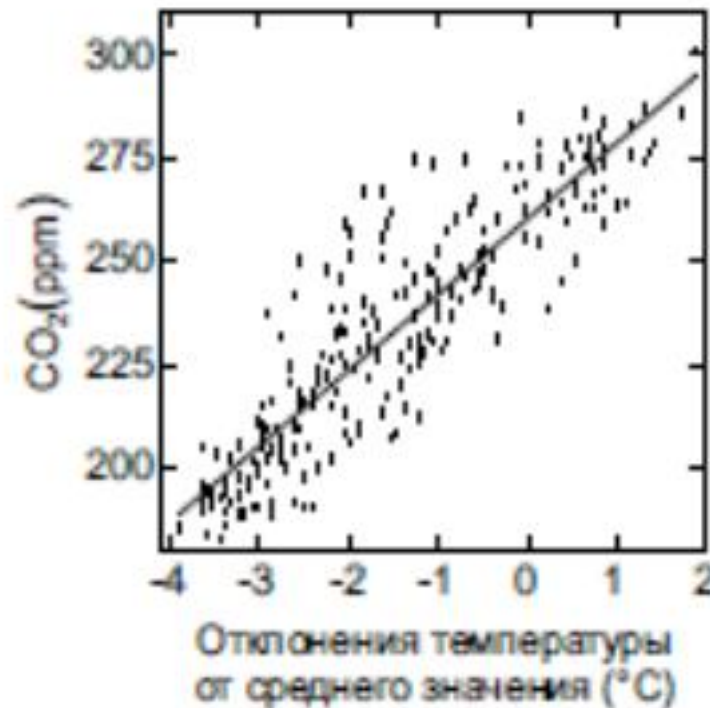
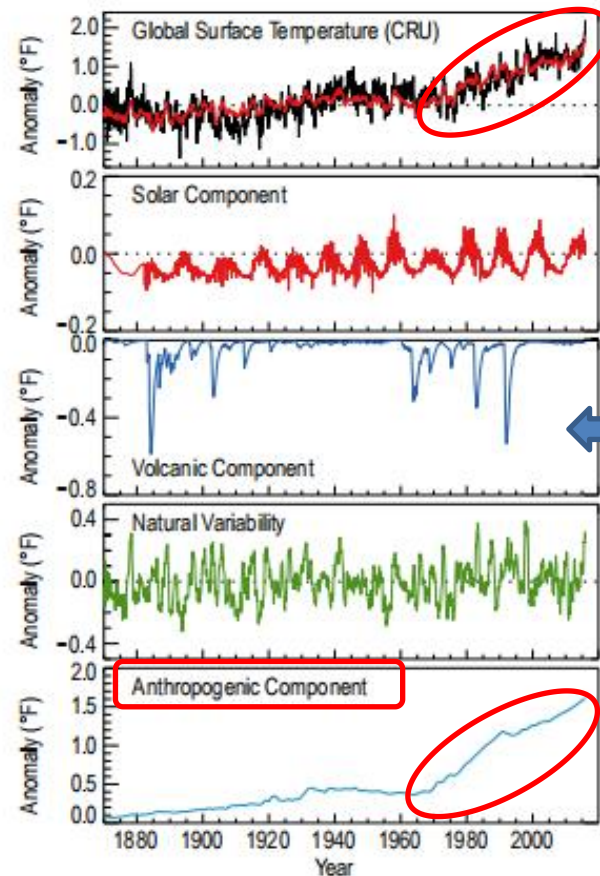


Рис. 7. Зависимость между содержанием углекислого газа по данным ледяного ядра со станции «Восток» и отклонением текущего значения температуры от ее среднего значения (температурной аномалией) за весь рассматриваемый период (по Hansen, Sato, 2004, с. 16113).

Оценка вкладов нескольких потенциальных драйверов в изменение глобальной средней температуры с 1870 года



Извержения вулканов приводят к понижению температуры!

Figure 3.3: Estimates of the contributions of several forcing factors and internal variability to global mean temperature change since 1870, based on an empirical approach using multiple linear regression and energy balance models. The top panel shows global temperature anomalies (°F) from the observations²² in black with the multiple linear regression result in red (1901–1960 base period). The lower four panels show the estimated contribution to global mean temperature anomalies from four factors: solar variability; volcanic eruptions; internal variability related to El Niño/Southern Oscillation; and anthropogenic forcing. The anthropogenic contribution includes a warming component from greenhouse gases concentrations and a cooling component from anthropogenic aerosols. (Figure source: adapted from Canty et al.¹⁶).

Источник: Knutson, T., J.P. Kossin, C. Mears, J. Perlwitz, and M.F. Wehner, 2017: Detection and attribution of climate change. In: Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, pp. 114-132, doi: 10.7930/J01834ND

Глобальное потепление: роль человека или естественная периодичность?

5

«Проведенный анализ ретроспективных сведений по динамике глобальной температуры показывает, что на временном интервале 500-1900 гг. не наблюдалось циклических процессов такого сочетания периодичности и амплитуды, которое могло бы привести к наблюдавшемуся в XX в. потеплению, а значит, его нельзя объяснить без привлечения антропогенного фактора. Впрочем, именно такой вывод содержится и детально обосновывается в 4-м оценочном докладе МГЭИК {Межправительственной группы экспертов по изменению климата} ... **Однако и игнорировать естественную цикличность динамики не стоит ...»**

Источник: Замолодчиков Д.Г. 2013. Естественная и антропогенная концепции современного потепления климата. Вестник РАН. Т. 83. №3. С. 227-235.

Доклад “О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году”



Министерство природных ресурсов и экологии
Российской Федерации

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДОКЛАД

**О состоянии
и об охране окружающей среды
Российской Федерации
в 2020 году**

Москва
2021

<https://nangs.org/analytics/minprirody-rossii-gosudarstvennyj-doklad-o-sostoyanii-i-ob-okhrane-okruzhayushchej-sredy-rossijskoj-federatsii-v-2020-godu-proekt-sentyabr-2021-pdf>

Доклад “О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году”

Сравните со скоростью изменения температуры
0.22 °C/10 лет для глобальной температуры

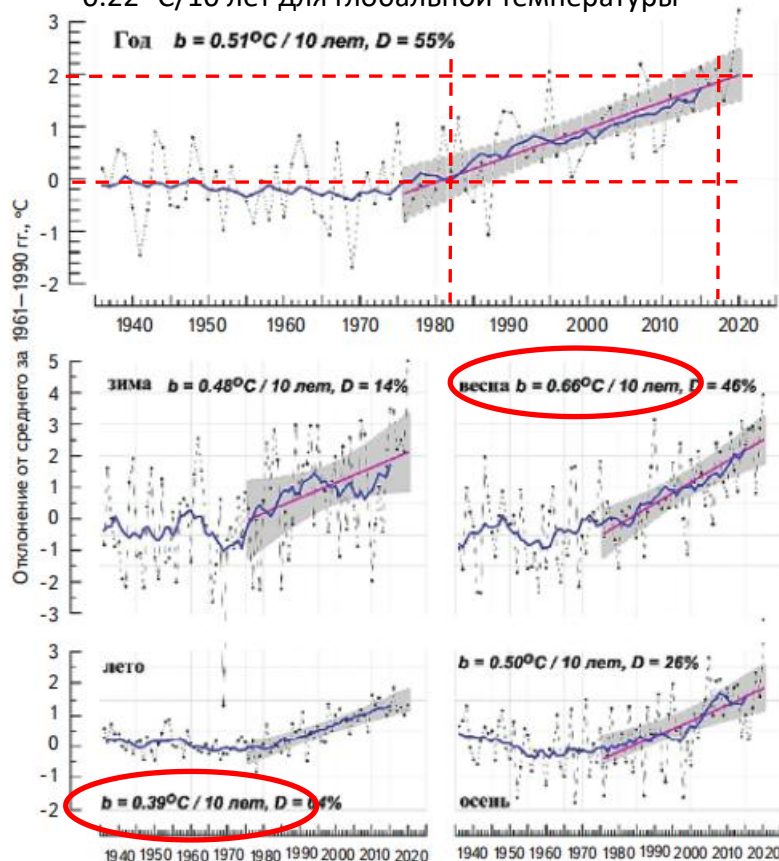


Рисунок 3.1 – Средние годовые и сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по территории Российской Федерации, 1936-2020 гг.

Источник: данные Росгидромета

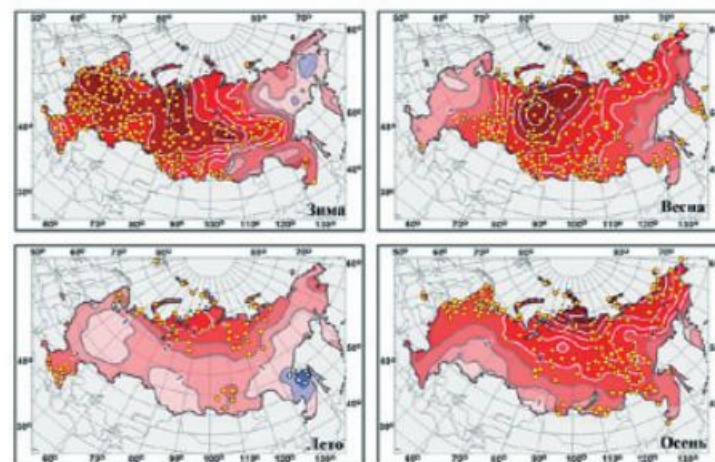
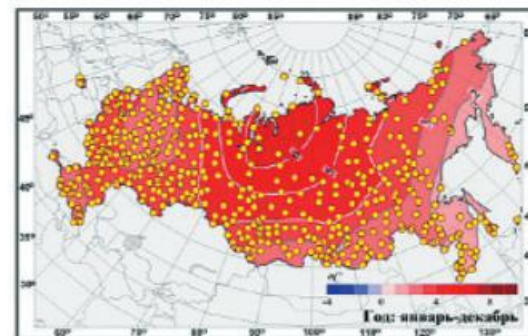


Рисунок 3.2 – Аномалии средней годовой и сезонных температур приземного воздуха на территории Российской Федерации в 2020 г. (отклонения от средних за 1961 – 1990 гг.) с указанием локализации 95%-х экстремумов (желтые кружки)

Источник: данные Росгидромета