

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті
География және табиғатты пайдалану факультеті
Метеорология және гидрология кафедрасы

**Климат өзгеруінің себептері: антропогендік әрекет әсерінен атмосфераның
парниктік эффектiнiң күшеюі**

Лектор: г.ғ.к., аға оқытушы Мунайтпасова А.Н.

Соңғы 10 жылдықтағы климаттың өзгеруінің негізгі себебі, көптеген ғалымдардың пікірі бойынша, антропогендік әрекеттен болған парниктік эффектiнiң күшеюі болып табылады. Атмосфераның парниктік эффектін планета ретінде космоспен сәулелік теңдікте болатын Жердің радиациялық баланс теңдеуінен көруге болады:

$$\alpha\sigma T^4 = 1/4 I_0(1-A)$$

Мұндағы, α – «сұрлану» коэффициенті, Жердің ұзын толқынды сәулеленуін абсолютті қара денеден айырмашылығын сипаттайды.

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2$$

T^4 - Больцман тұрақтысы

$$I_0 - 1368 \text{ Вт/м}^2$$

A – Жер альбедосы

Формуланың сол жағында космосқа жермен шағылған сәулелі энергия, ал оң жағында Күннен келетін қысқатолқында энергия берілген.

$\alpha = 0,95$, $A = 0,30$ мәндерін формулаға қойғанда, Жердің радиациялық температурасы $258 \text{ }^\circ\text{К}$ немесе $-15 \text{ }^\circ\text{С}$ – ге теңесуі керек. Осылай, жерге жақын қабаттың температурасы $+15 \text{ }^\circ\text{С}$ шамасында болса, онда олардың айырмашылығына тең атмосфераның парникті эффектi 30 $^\circ\text{С}$ тең болады. Ал, нақты есептеулерге сәйкес парниктік эффект мәні $+33,2 \text{ }^\circ\text{С}$ тең.

Тығыз атмосфера пайда болғаннан бастап, Жердің парниктік эффекті ұғымы енді. Оның себебі, 99 % күн сәулесі (фотосфера температурасы 6000 °К) толқын ұзындығы $\lambda = 0,22-5$ мкм, ал максимумы 0,48 мкм болатын қысқатолқынды диапазонда жинақталған. Жердегі температура 288 °К (+15 °С) болғанда, инфрақызыл немесе ұзынтолқынды диапазонда сәулеленеді, оның негізгі энергиясы $\lambda = 4-30$ мкм, максимумы 10 мкм толқын ұзындығында жинақталған. Жер беткейінің әрбір нүктесінен шығатын бұл энергияның жартысы атмосферамен жұтылады және жер беткейіне кері шағылады. Жердің космоспен жылулық теңдігі атмосфераның жұтылуы болмағанға қарағанда температураның жоғары мәндерінде орнайды.

Ұзынтолқынды сәулеленуді жұтатын парниктік газдар атмосфераның негізгі құрамының өте аз құрамы болып табылады.

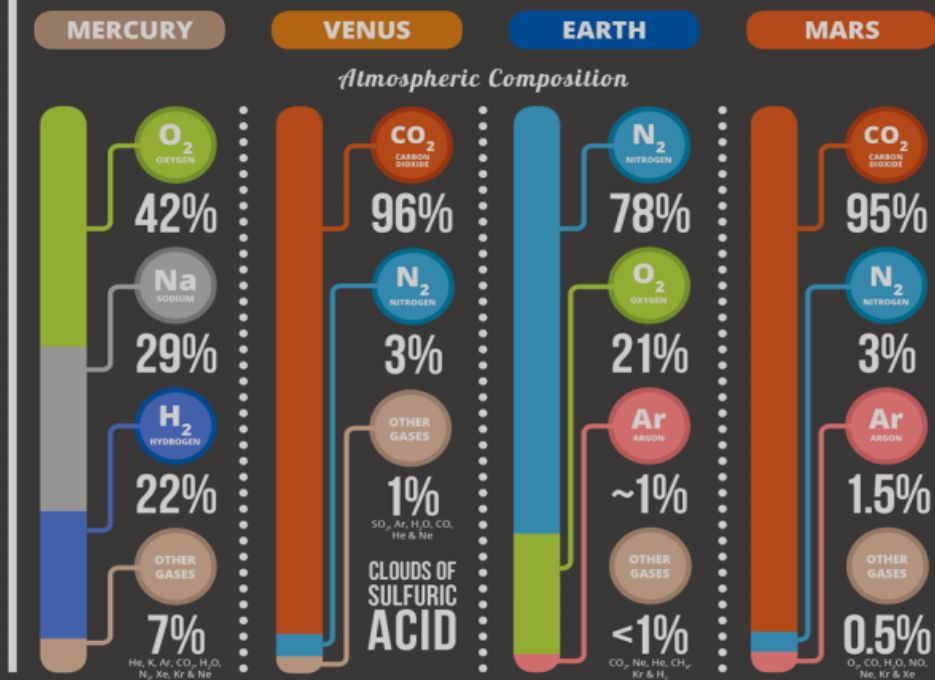
99,96 % құрғақ, су буынсыз ауа 3 газдан тұрады: азот (78,08 %), оттегі (20,95 %) және аргон (0,93 %). Қалған 0,04 % - неон, гелий, криптон, ксенон, сонымен қатар сутегі, метан, азот қостотығы, көміртек оксиді, озон, күкірт оксиді, азот оксиді және т.б. құрайды.

Атмосферадағы су буы (сутегі газы) салыстырмалы түрде көп – 0-ден 4 %-ға дейін. Су буы төменгі 5 км-де көп болады, 10 км-де мөлшері өте аз, ал стратосферада 10-15 км-де мүлде болмайды. Негізгі парниктік газдарға $\Delta T = 33,2$ °С: су буы (H_2O) – $\Delta T (H_2O)$ үлесі = 20,6 °С; көміртегі газы (CO_2) - $\Delta T (CO_2)$ үлесі = 7,2 °С; озон (O_3) - $\Delta T (O_3)$ үлесі = 2,4 °С; азот қостотығы (N_2O) - $\Delta T (N_2O)$ үлесі = 1,4 °С; метан (CH_4) – $\Delta T (CH_4)$ үлесі = 0,8 °С; қосымша NH_4 + фреондар + NO_2 + CCl_4 + CF_4 + O_2 + N_2 - жиынтық үлесі 0,8 °К.

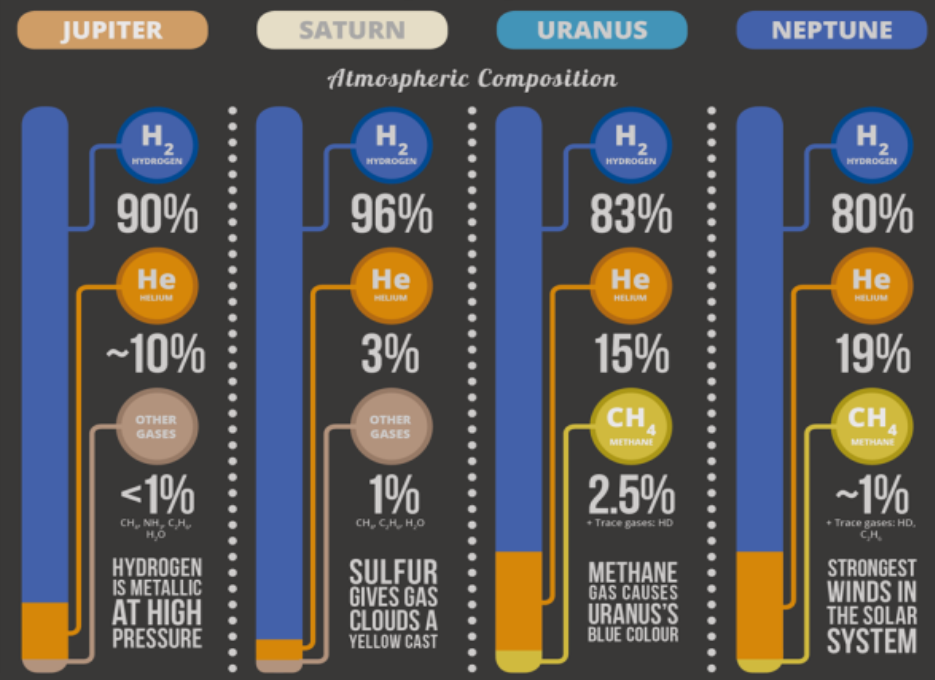
ATMOSPHERES OF THE SOLAR SYSTEM



The Terrestrial Planets



The Gas Giants



Note: Planet sizes are not to scale. Also, Mercury's atmosphere is not an atmosphere in the strict sense of the word, as it is a trillion times thinner than Earth's.

Бұл газдардың заманауи концентрациясы келесідей:

Су буы (H_2O) – $n = 0\text{--}4\%$ (көлемі бойынша)

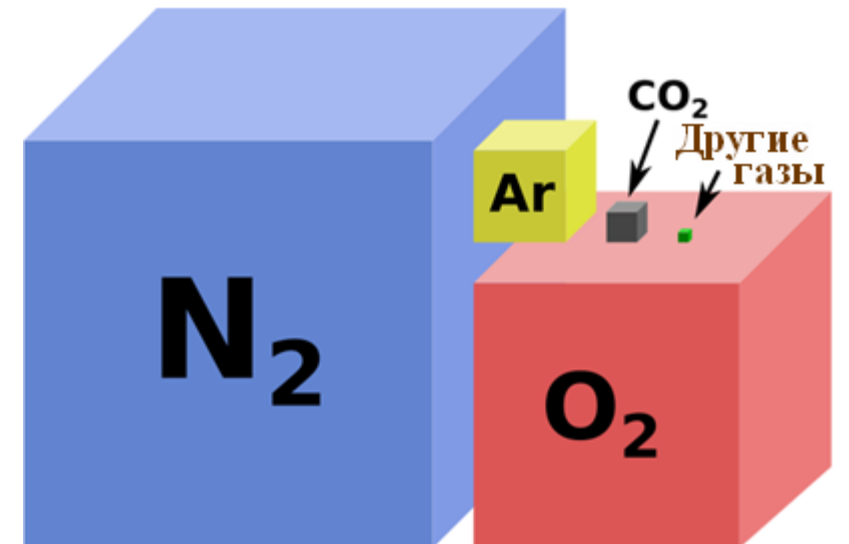
озон (O_3) – $n = 0,032\%$ (көлемі бойынша)

көміртегі оксиді (CO_2) – $n = 375 \text{ млн.}^{-1}$ (млн. бөлік)

метан (CH_4) – $n = 1\,750 \text{ млрд.}^{-1}$ (млрд.бөлік);

азот қостотығы (N_2O) – $n = 315 \text{ млрд.}^{-1}$ (млрд.бөлік).

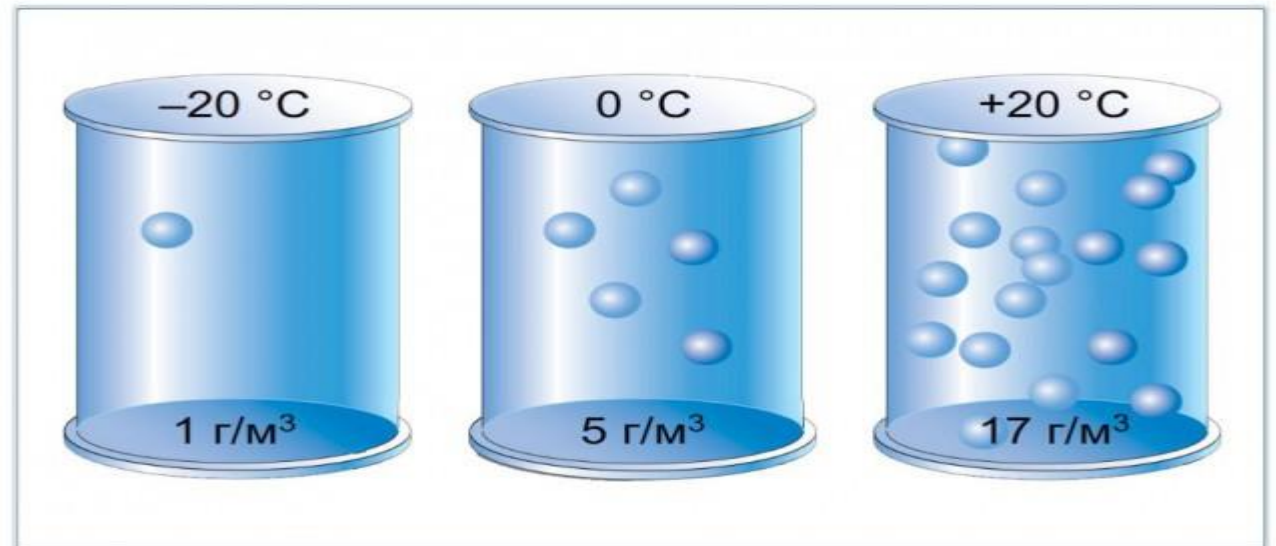
Соңғы 3 газдың концентрациясы өте аз болғандықтан, млн.бөлік немесе млрд.бөлік деген өлшемсіз бірліктермен берілген. Мысалы, бірлік көлемдегі 375 млн.^{-1} (CO_2) – миллион бөліктің 375 бөлігі CO_2 құрайды дегенді білдіреді.



Негізгі газдарға сипаттама

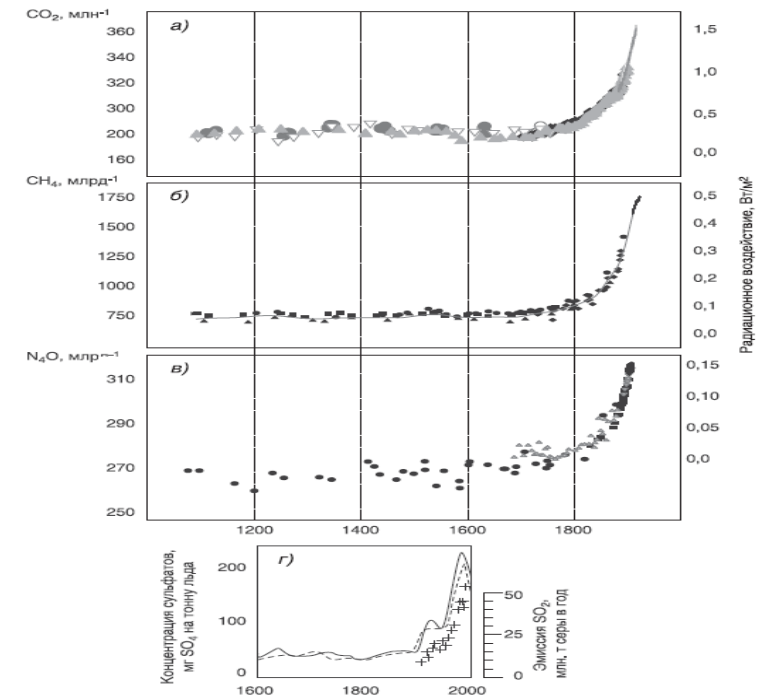
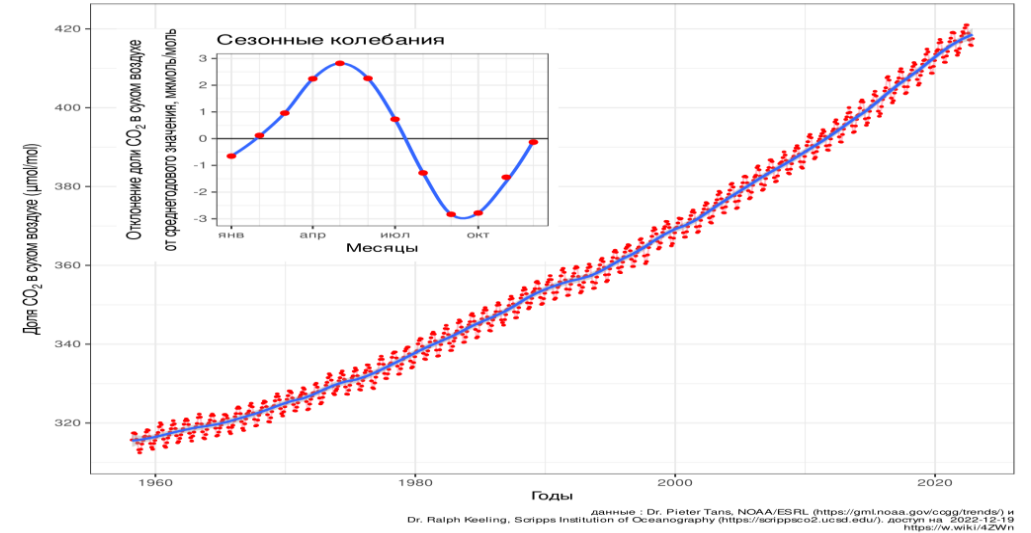
Су буы. Парниктік газға үлкен үлес қосатын ($\Delta T = 20,6 \text{ }^\circ\text{C}$) негізгі газ болып табылады. Оның негізгі көзі – Әлемдік мұхит, содан соң құрлықтан булану. Атмосферадағы будың орташа жаһандық құрамы шамамен $3\ 200 \text{ млн.}^{-1}$ (тұнған судың $2,4 \text{ г/см}^2$) құрайды. Атмосферадағы су молекуласының H_2O ылғал алмасу нәтижесіндегі өмір сүру уақыты – 10 күн. Су буының концентрациясы уақыт және кеңістік бойынша өзгермелі болып келеді. Су буы инфрақызыл радиация спектрінде көптеген жұту жолақтарынан тұрады. Атмосферадағы ылғалдың көбеюі туралы мәліметтер болмағандықтан, су буы парниктік эффектіге үлкен үлес қосқанымен, өсіп жатқан жоқтығы айтылады.

Количество водяного пара в насыщенном воздухе при разной температуре



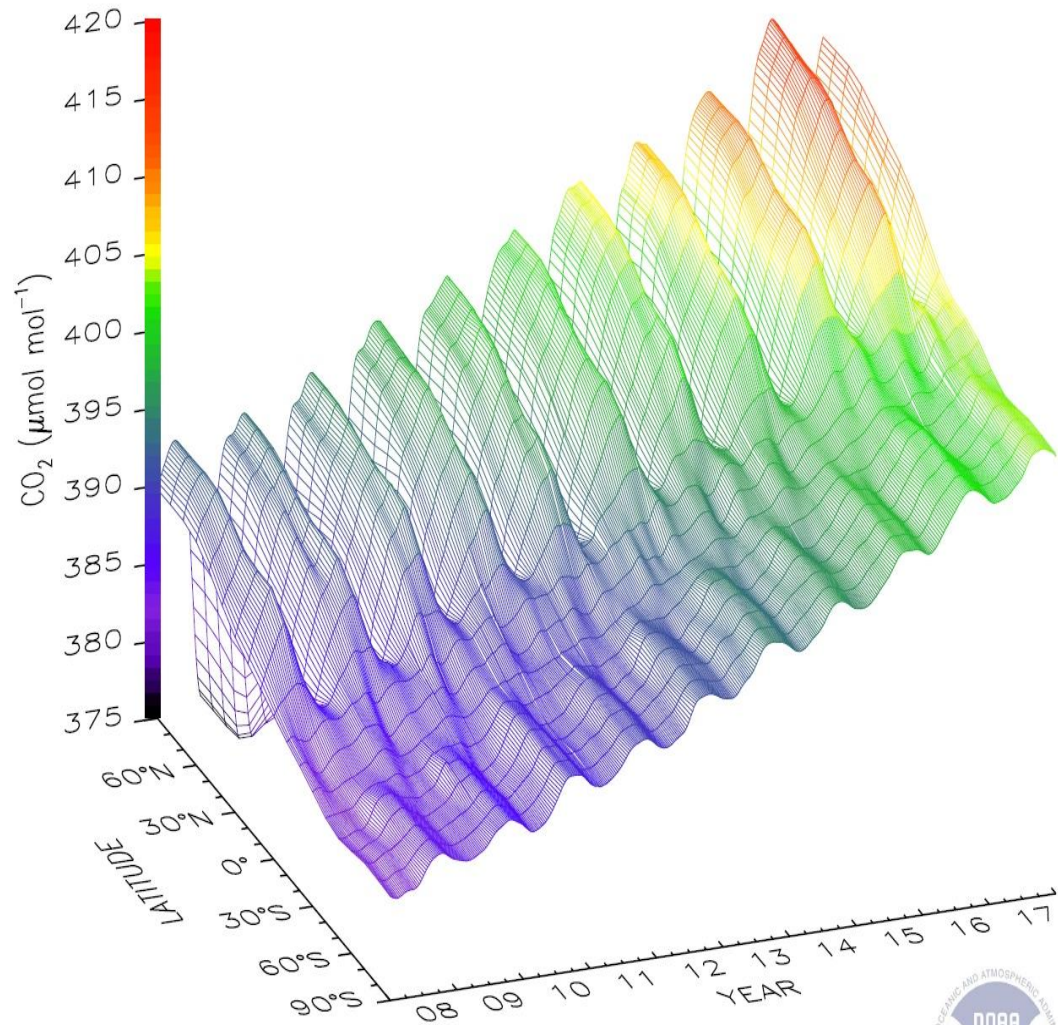
Көміртек қышқылы. 13-17 мкм жұту жолағы әсерінен парниктік эффектте әсер ететін екінші газ ($\Delta T = 7,2 \text{ }^\circ\text{C}$). Бірақ оның мөлшері үздіксіз өсіп жатыр, сондықтан оның парниктік эффектте де үлесі өсіп жатыр. Берілген суретте, соңғы 1000 жылдағы CO_2 концентрациясының өсуі көрсетілген. Суреттің оң жағында атмосфераның жылынуына алып келетін радиациялық әсер (Вт/м^2) берілген. 1700-1750 жылдарға дейін (индустрия алды кезең) CO_2 бірқалыпты жүрісі бақыланған, одан кейін 280 млн.^{-1} дейін бірден өсуі, қазіргі таңда $370\text{-}375 \text{ млн.}^{-1}$ дейінгі өсуі бақыланған. Бұл өсу көміртекті жағар майды жағумен – көмір, газ, мұнай, ағаш, торф және басқа да антропогенді тасталымдарды атмосфераға тастаумен байланысты. CO_2 атмосфераға тасталымдары фотосинтез кезінде құрлық өсімдіктері және мұхиттың жоғарғы қабатымен жұтылады, сонымен қатар бір бөлігі мұхитта еріп кетеді. Шамамен 50 % тасталған CO_2 атмосферада жинақталады. CO_2 атмосферада 90-100 км дейінгі биіктікте тұрақты көлемі болады, атмосферадағы өмір сүру уақыты – шамамен 5 жылды құрайды.

Среднемесячная и среднегодовая концентрации CO_2
Мауна Лоа, Гавайи 1958 - 2022



Global Distribution of Atmospheric Carbon Dioxide

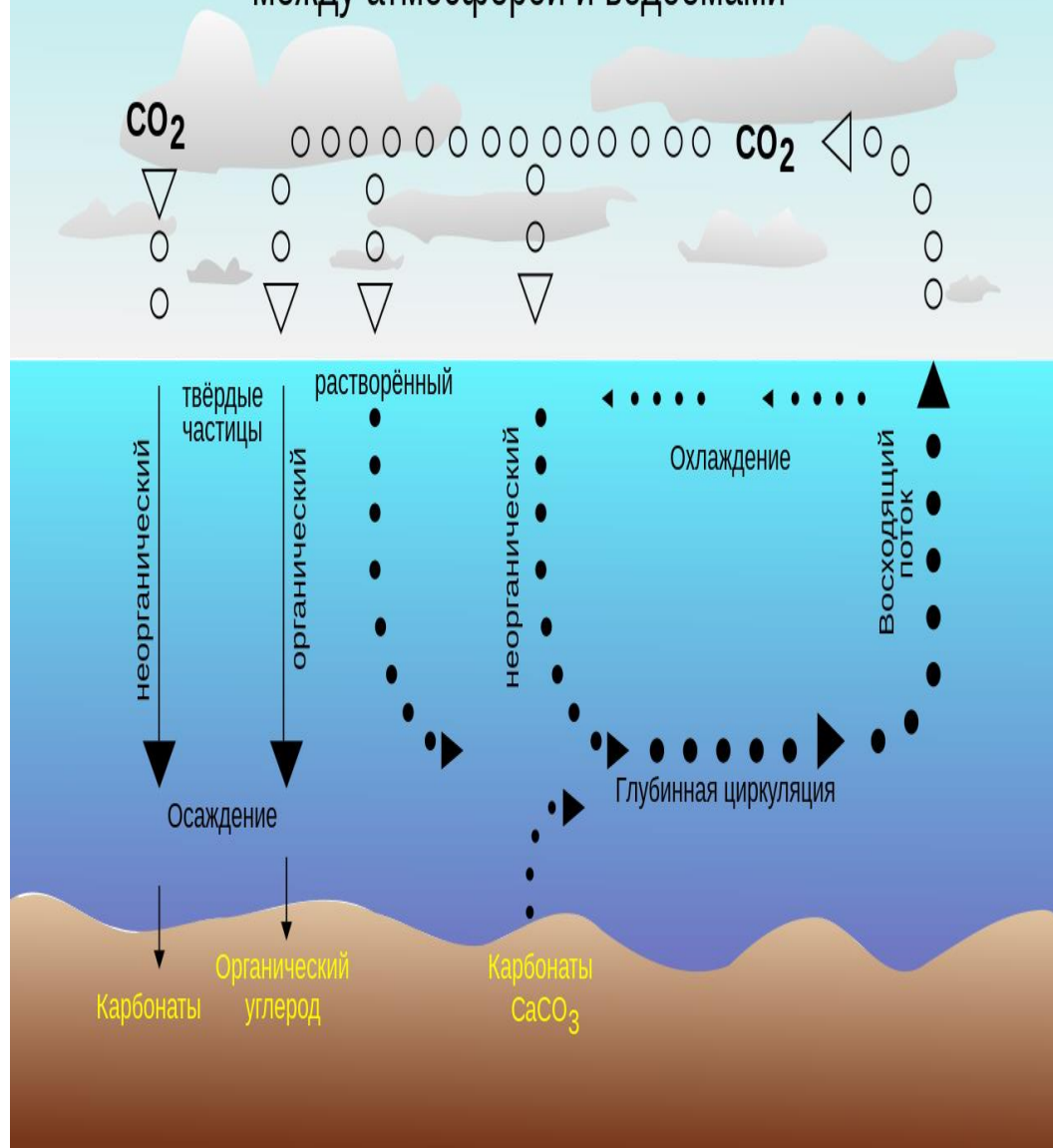
NOAA ESRL Carbon Cycle



October 2018

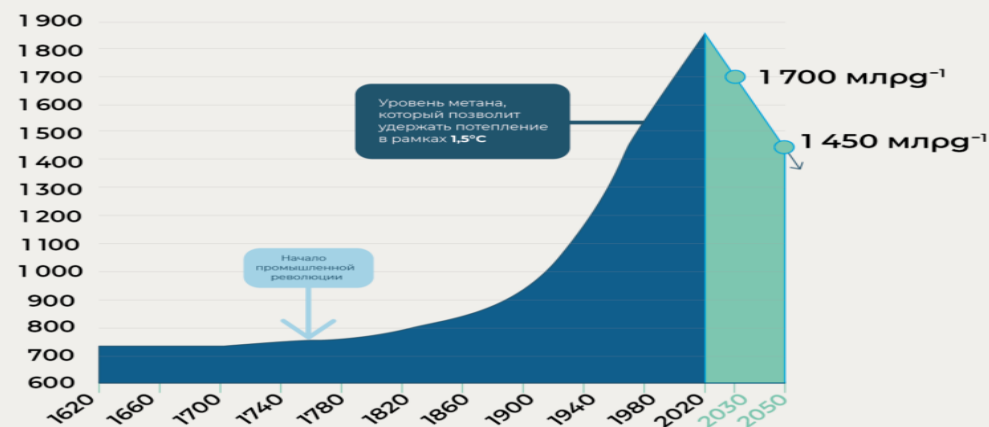


Биологический и физический круговорот углекислого газа между атмосферой и водоёмами



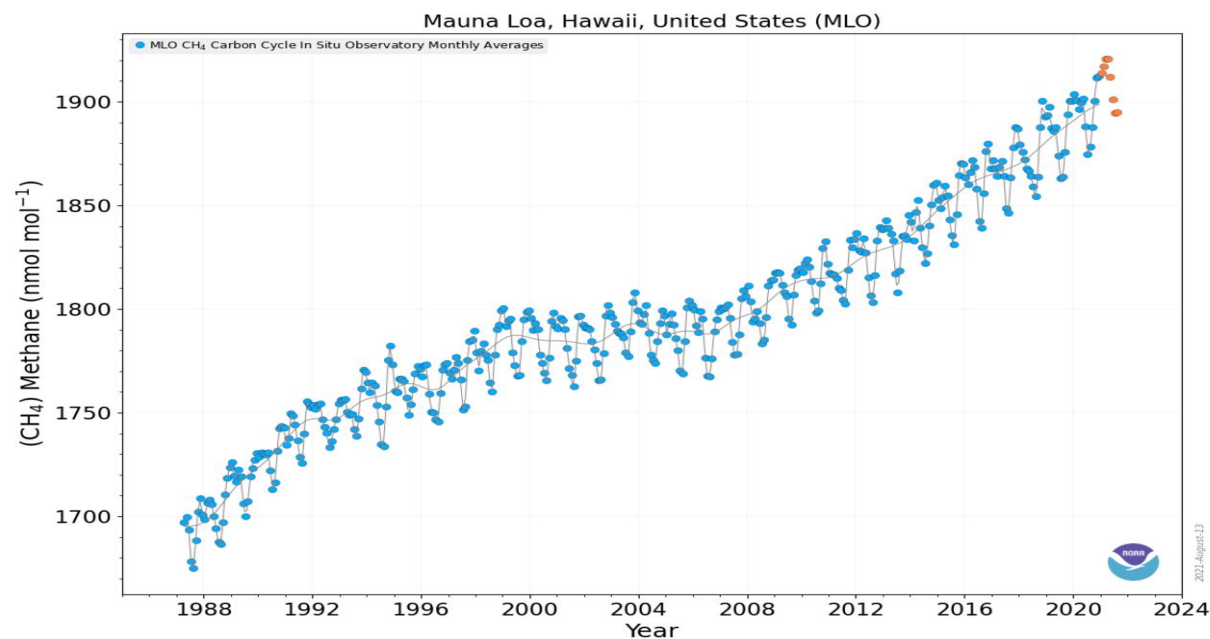
Метан. Атмосферадағы көптеген химиялық реакцияларға қатысады және құрлықта жағар майды алу кезіндегі қазба жұмыстарында, шіру кезінде, мәңгілік тоң қабатының еруінде, батпақты процесстерінде, күріш алқаптарынан, ірі қара мал қалдықтарынан тікелей бөлініп шығу арқылы атмосфераға бөлініп шығады. 7,7 мкм жұту жолағындағы радиациялық әсер мен концентрациясының өсуіне байланысты парникті эффектiге әсер ететін 3-газ болып табылады. 1700-1750 жылдардан кейін тез өсіп, 2000 жылдары 1750 315 млрд⁻¹ жетті. Биіктік бойынша метан концентрациясы азаяды, атмосферадағы өмір сүру уақыты 10±2 жылды құрайды.

Уровень метана в атмосфере в миллиардных долях (млрд⁻¹)



Источник: CCAC, NOAA/ESRL

© «Экосфера»



2024-August-13

Выбросы метана

антропогенные

18 %



Сельское хозяйство

9 %



Утилизация отходов

20 %



Деятельность, связанная с добычей угля



Деятельность, связанная с добычей нефти



Добыча и переработка природного газа

природные

26 %



Болота

4 %



Термиты

3 %

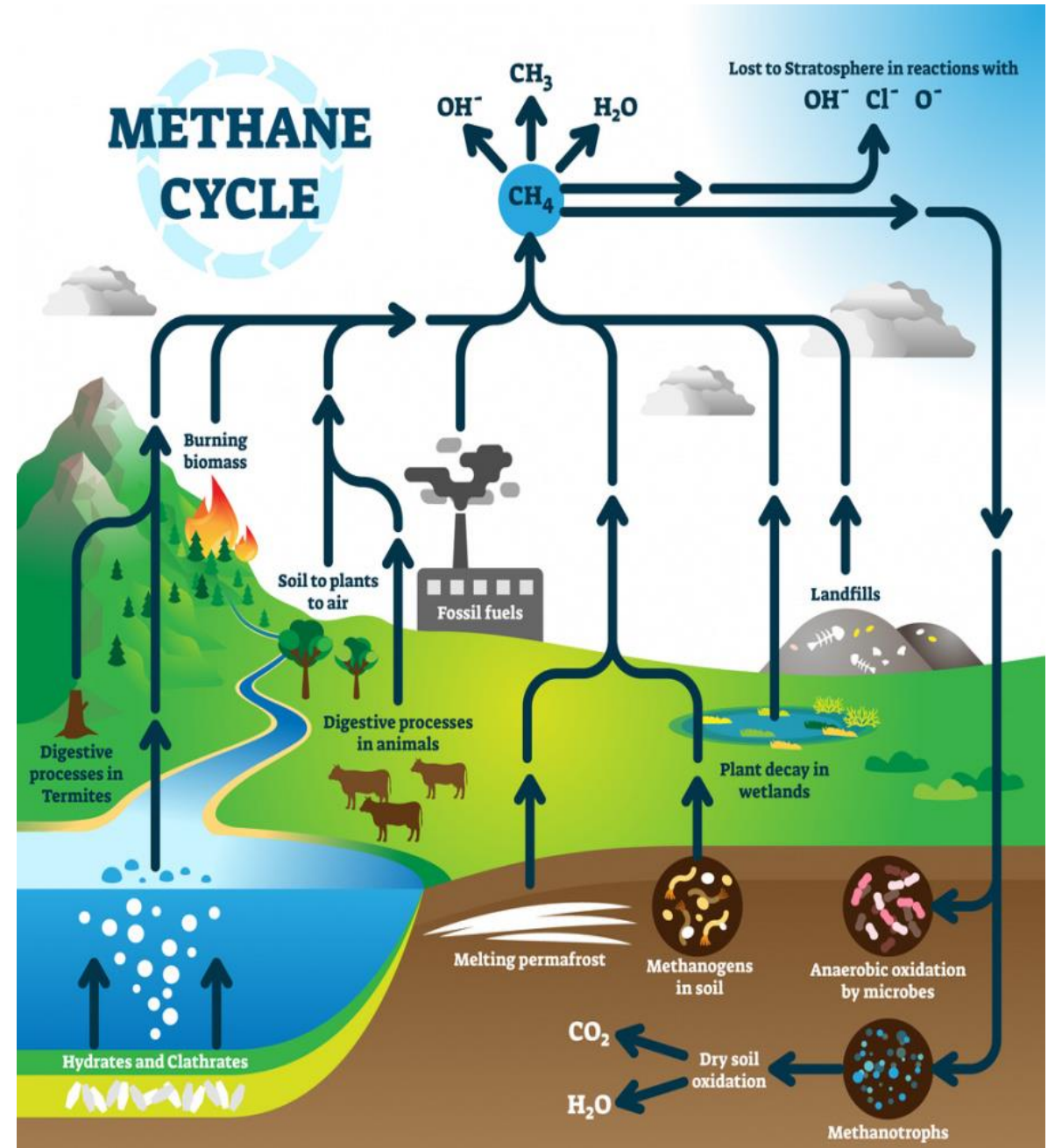


Океан

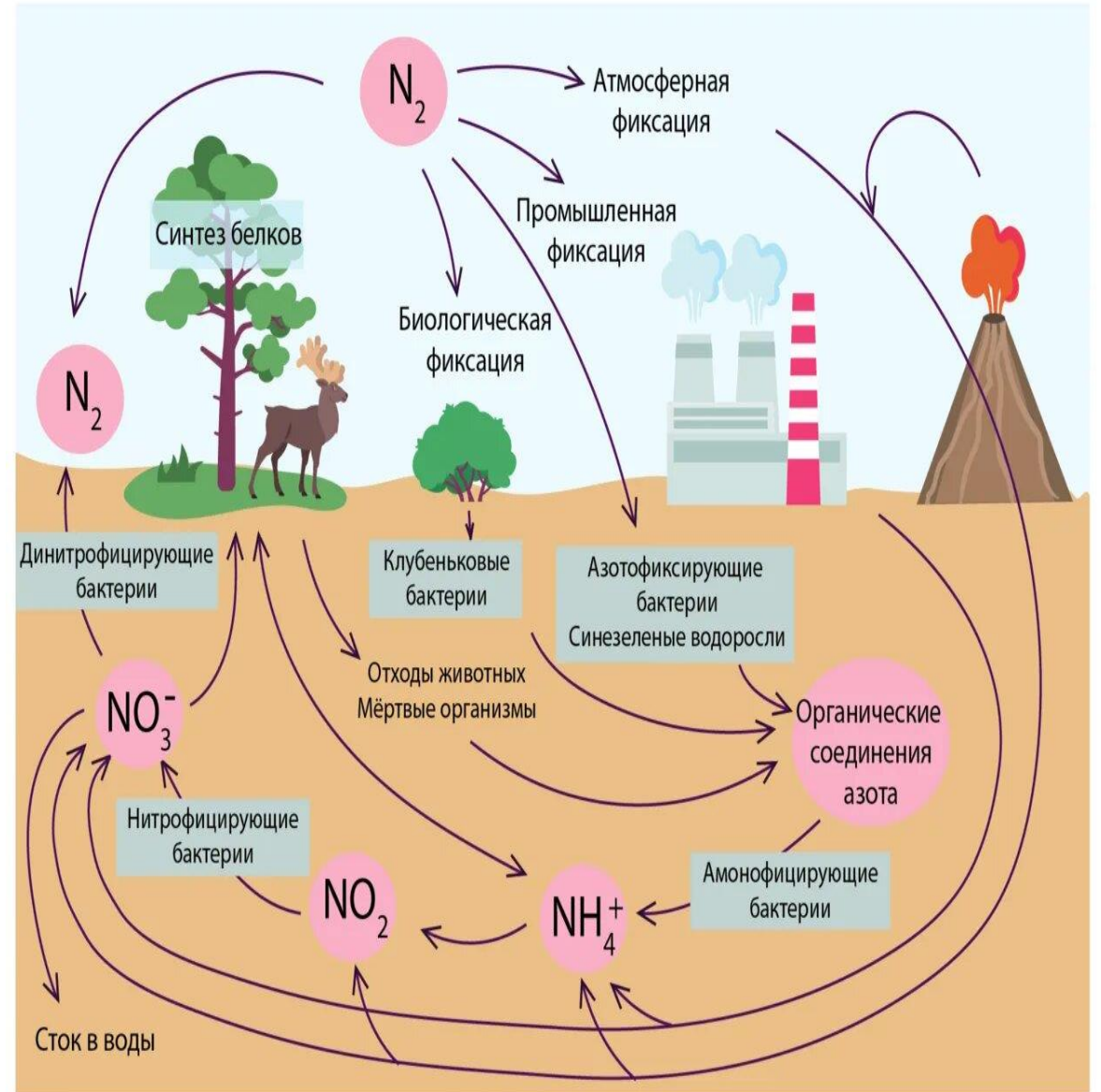
2 %



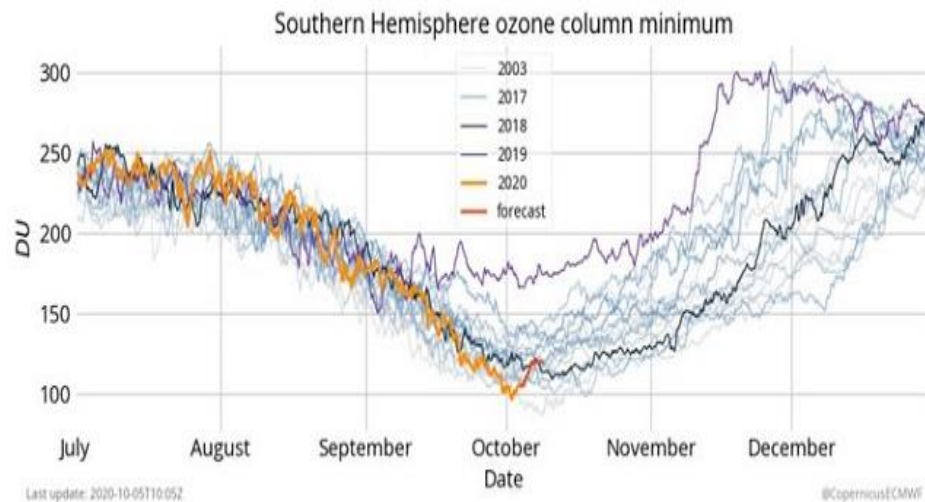
Микроорганизмы



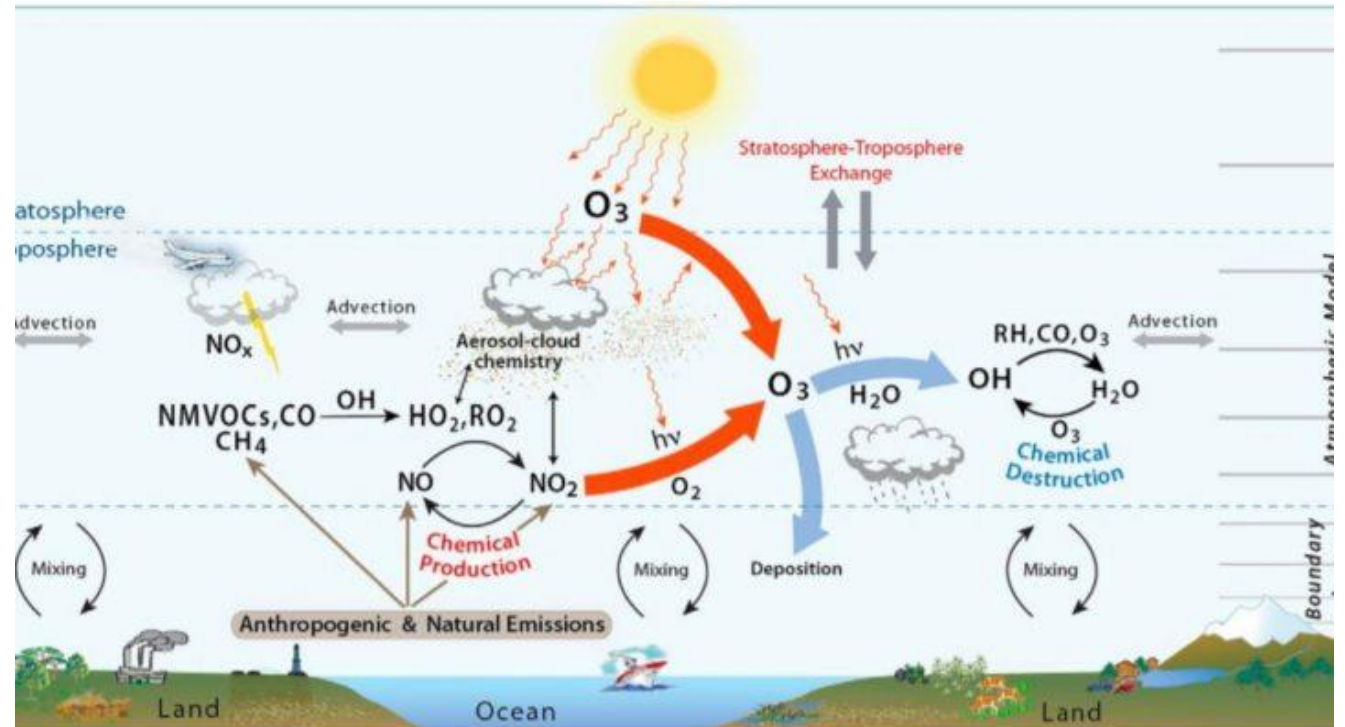
Азоттың қостотығы. Азоттың қостотығының негізгі көзі топырақ пен мұхиттағы микробиологиялық процесстер, азотты тыңайтқыштар мен жағар майды жағу болып табылады. Парниктік эффектiге әсер ету үлесi бойынша метаннан кейiнгi газ болып табылады. 280 млрд⁻¹ мәнінен индустриалды кезеңде қарқынды өсіп, қазіргі таңда 315 млрд⁻¹ жеткен, жыл сайынғы тренд мәні 0,3 %. Атмосферада өмір сүру уақыты 80-150 жылды құрайды.



Тропосфералық озон. Озонның жұту жолағы $\lambda = 9,6$ мкм тең және бұл оның парникті эффектiге әсерiн түсiндiредi. Стратосферадан тасымалдану нәтижесiнде (20-55 км қабатта озоносферадағы фотохимиялық реакциялар нәтижесiнде озонның мәні жоғары болады), метанның, көміртек оксидiнiң қышқылдануында, әр түрлi өндiрiстiк процесстерде пайда болады. Тропосфералық озонның мониторингi оның үлкен өзгерушiлiгi себебiнен қиындық тудырады. Озонның концентрациясы 60 млрд^{-1} жоғары болғанда адам денсаулығына және бүкiл биотаға зиян келтiредi. Атмосферада озон молекуласының өмiр сүру уақыты 30 күн. Жаһандық орташа жылдық концентрациясы $25\text{-}35 \text{ млрд}^{-1}$ құрайды. Стратосфералық озон (20-55 км) $\lambda < 0,29$ мкм, жер бетiн ультракүлгiн сәулелерден қорғайды.

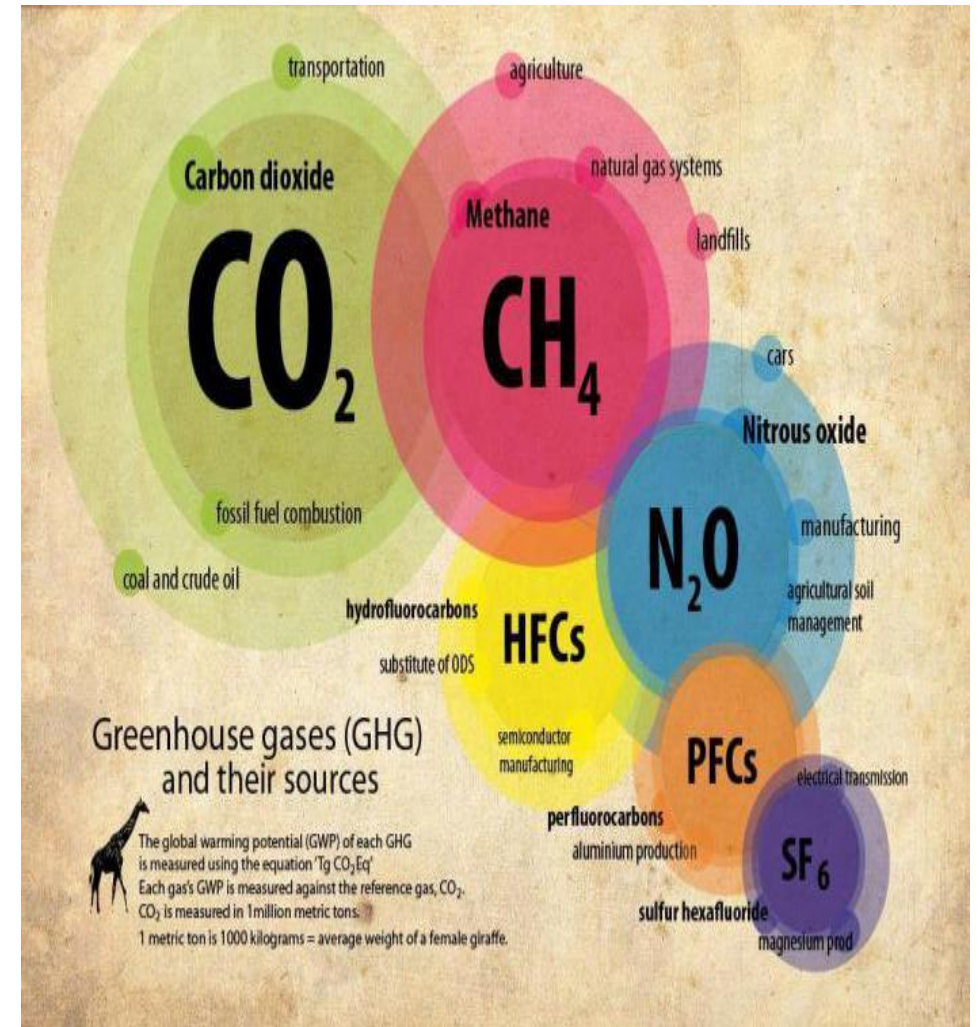


Last update: 2020-10-05T10:05Z



Хлорфторкөміртек немесе фреондар. Көміртек, хлор, фтордан тұратын антропогенді газдар. Парникті эффектiге 14 000 – 18 000 рет эффективтi үлес қосады. Монреаль хаттамасына сәйкес көптеген өнеркәсіп орындары фреондарды өндірістен шығарып жатыр. Хлорфторкөміртек парникті газдар ретінде Киото хаттамасына қосылмаған, себебі Монреаль хаттамасы арқылы қадағалануда.

Әр түрлі парникті газдардың радиациялық жылыту әсерін бағалау үшін жаһандық жылыну потенциалы (ЖЖП) енгізілген. ЖЖП параметрі берілген парникті газдың молекуласының CO_2 молекуласына қатысты радиациялық әсерін анықтайды. Мысалы, метанның ЖЖП параметрі 21, яғни 1 т метанның парникті эффектi 21 т CO_2 – ның парникті эффектiне тең.



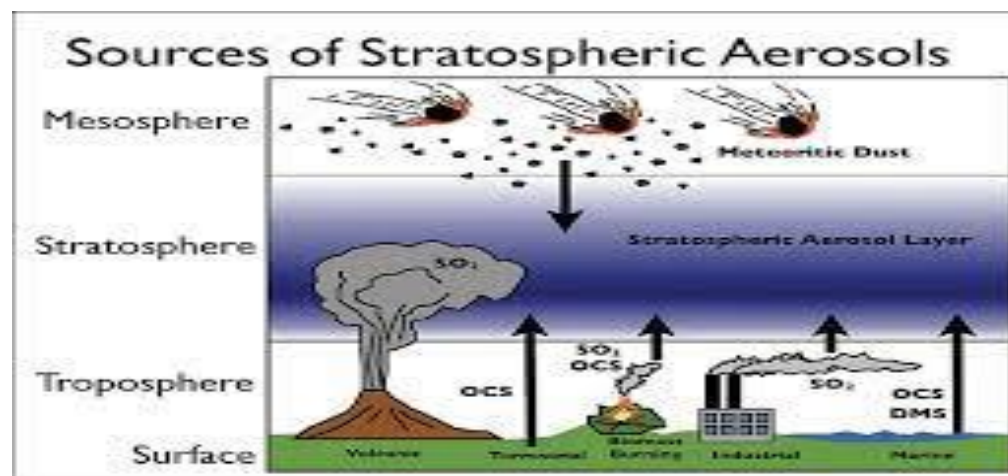
Аэрозольдер. Атмосферада еркін ұшып жүретін қатты заттар (шаң, күйе, тұздардың бөлшектері, органика және т.б.), тұздар мен қышқылдардың ерітінділері болып табылатын су тамшылары. Аэрозольдер табиғи және антропогенді болады. Тропосфералық аэрозольдер: теңіздік, сульфатты, шөлді, биогенді, түтінді және вулканды бөліп бөлінеді. Антропогенді аэрозольдерді көбіне сульфатты аэрозольдер құрайды, күкіртті газдың тасталымдарынан пайда болады. Олар қышқыл жауындардың жаууына алып келеді, парникті эффектін компоненті ретінде 3 % тіке күн радиациясын шашыратады, солай парникті эффектін әлсіретеді. Сульфатты аэрозольдердің радиациялық парниктік эффектін шамамен 1 Вт/м^2 , ал басқа парникті газдар $2-2,5 \text{ Вт/м}^2$ эффектін береді. Вулкандардың қатты атқылауынан кейін табиғи аэрозольдердің концентрациясы 50-100 рет өседі, алайда атмосфераның өзін-өзі тазалауы әсерінен салқындау әрекеті 1-3 жылды құрайды.

Антропогенді аэрозоль ұзақ өмір сүрмейді, бірақ атмосфераға үнемі түсіп отырады, сондықтан оның концентрациясы тұрақты болады.

Осылай, көміртегі газы, азот қостотығы, метан концентрациялары қарқынды антропогенді әрекет әсерінен өсіп, парникті эффектін күшейтіп, Жер климатының жылынуына алып келді. Басқа парникті газдар табиғи себептерден (су буы), Монреал хаттамасы әсерінен (фреондар) немесе концентрацияларының аз болуы әсерінен концентрацияларының өсіп жатқан жоқ. Алайда, бұл газдар да парникті эффект үшін қауіпті болып саналады.

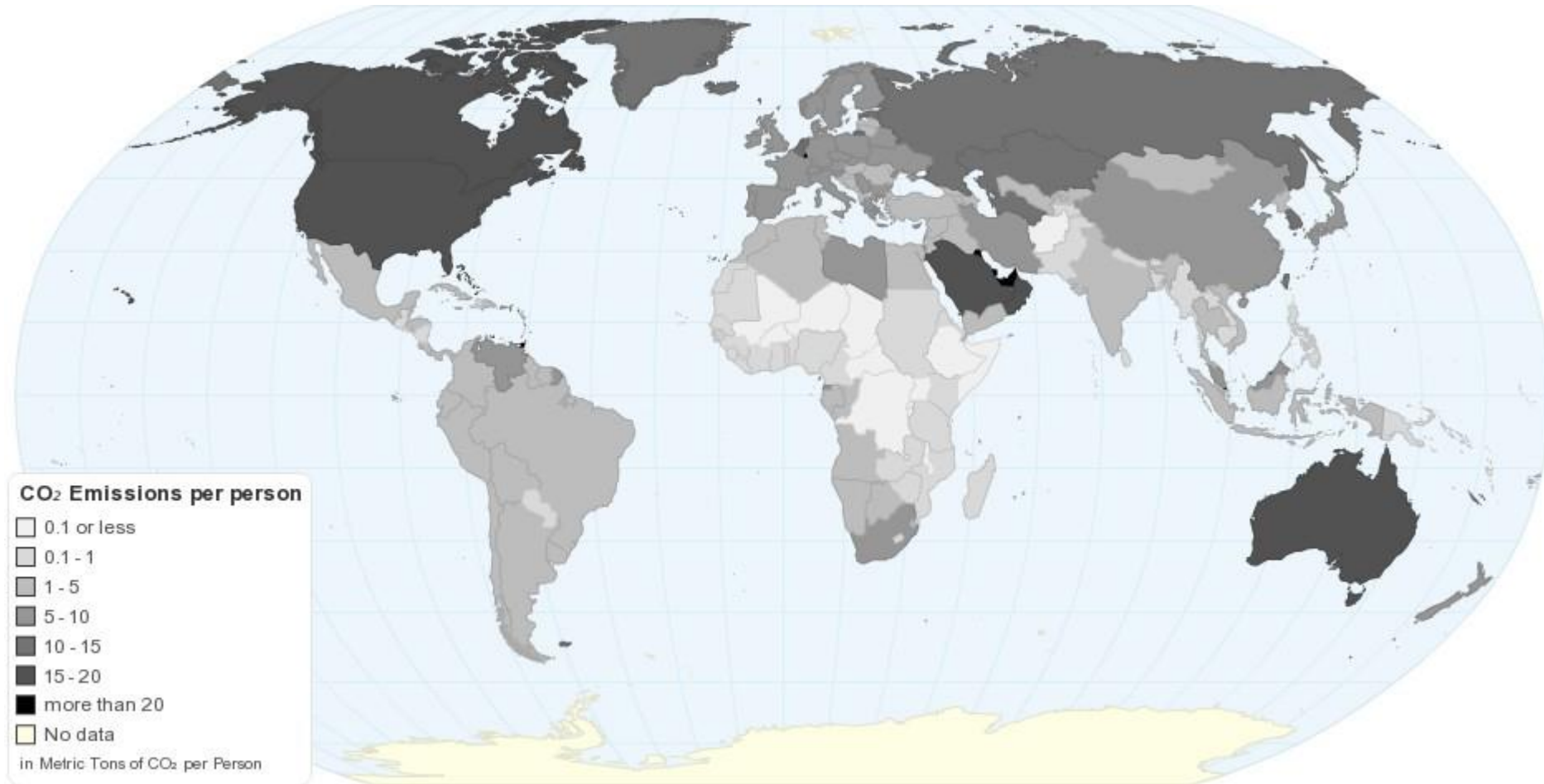
Парникті эффектке алғашқылардың бірі болып мән берген Тиндал (1863 ж.), кейінірек Аррениус (1896 ж.) және Чимберлен (1899 ж.) болды. Аррениус пен Коллендардың (1938 ж.) бағалауы бойынша CO_2 концентрациясының екі есеге өсуі 6°C дейінгі жаһандық жылынуға алып келеді деген пікірде болды. Кейін 1970 жылы бұл мән $2,5\text{-}3^\circ\text{C}$ дейін төмендеді. Атмосфера мен мұхиттың жалпы циркуляциясының заманауи климаттық модельдеріне сәйкес 2100 жылға қарай парникті эффект әсерінен Жердің жаһандық климаты $1,5\text{-}5,8^\circ\text{C}$ дейін өсуі мүмкін. Метеорологиялық станциялар мәліметі бойынша Жердің жаһандық климатының өсуі 100 жылда $0,6^\circ\text{C}$ ($\pm 0,2^\circ\text{C}$ қателікпен) өскені тіркелген.

Бұл өсу бірқатар ғалымдардың зерттеу нәтижелеріне сәйкес парниктік эффекттің көпфакторлы, көпкомпонентті табиғатына байланысты делінген. Климатқа антропогенді әсерден басқа оның соңғы 10 000 жылдағы табиғи өзгерушілігін де ескеру керек.



Парниктік газдардың концентрациясының өзгеруі

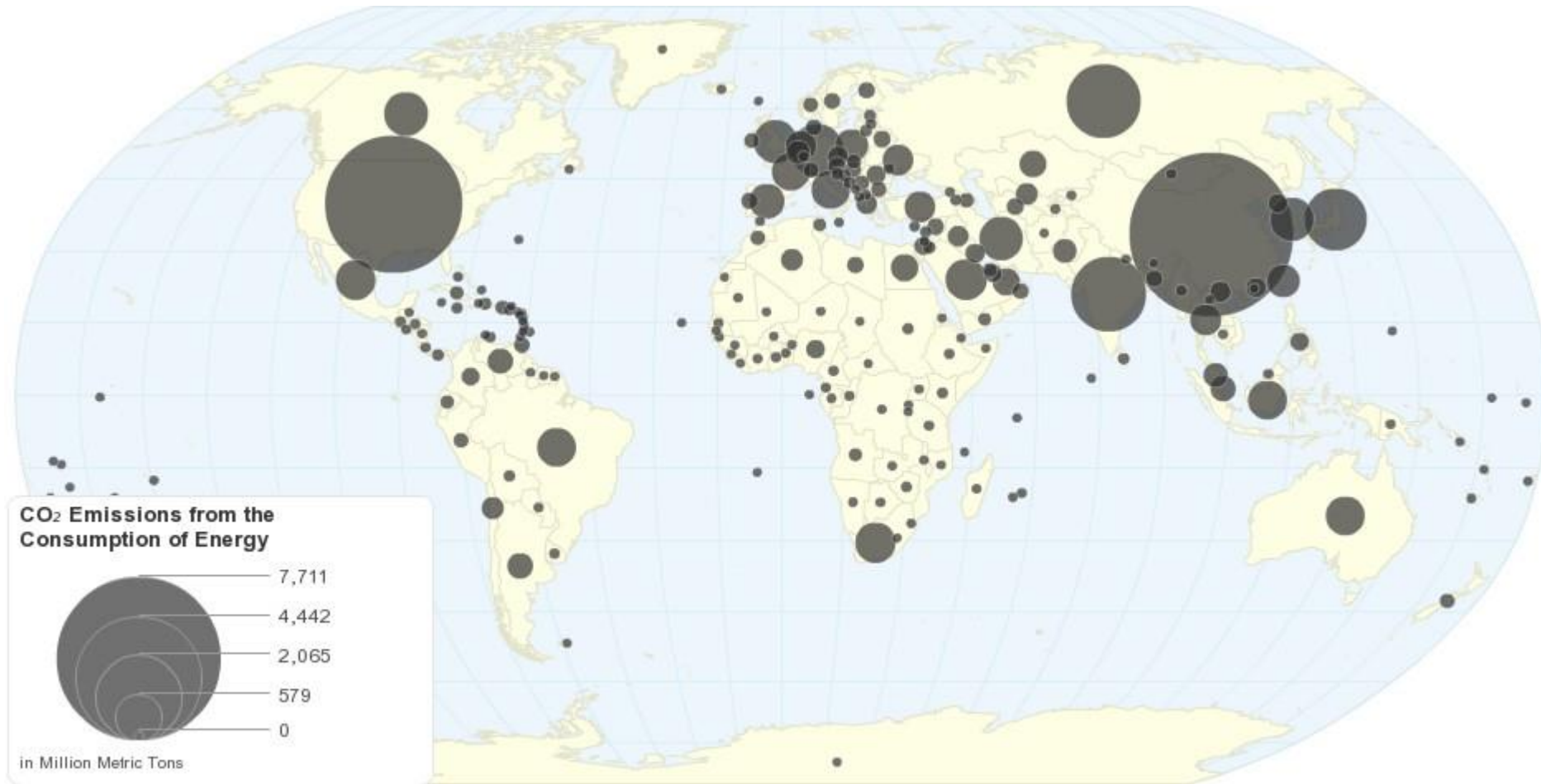
Көмірқышқыл газы. Атмосферадағы көмірқышқыл газының концентрациясы 1750 жылдан бастап 2000 жылға дейін 31 %, 280 млн.⁻¹ – ден 370 млн.⁻¹ аралығында өскен. Мұндай максималды мәні соңғы 42 000 жылдың ішінде байқалмаған, Соңғы 20 жылдағы атмосферадағы антропогенді эмиссияның 0,75-і органикалық отынды жағудан, қалғаны жерді пайдалану мен орман аудандарының азаюымен (фотосинтездің азаюымен) байланысты. Мұхит пен құрлықтар атмосферада жиналатын CO₂ антропогенді эмиссиясының жартысын жұтады. Оның концентрациясы 1980-2000 жж аралығында 1,5 млн.⁻¹ (0,4 %), 1990 жылы 0,9-2,8 млн.⁻¹ (0,2-0,8 %) өсті. Бұл өсу әлі де жалғасуда.



Мәліметтерге сәйкес CO₂ жан басына шаққандағы жылдың эмиссиясы Ресейде 11,83 тонна, Қазақстанда – 14,16 т, Украинада – 7,65 т, Белоруссияда – 7,05 т/жан басына шаққанда құрайды.

CO₂ мөлшерінің жаң басына шаққанда ең максималды мәні БАӘ (38,46 т), Кувейте (31,31), Австралияда (21,99), АҚШта (19,4), Канадада (17,91), Нидерландыда (15,78), Сауд Арабиясында (15,73 т/жан басына шаққанда) бақыланған. Орташа алғанда Жер планетасындағы әр адамға 4,52 тонна CO₂ тасталымынан келеді.

Әлемдегі CO₂ мөлшерінің суммарлы эмиссиясы



Атмосфераға тасталатын көмірқышқыл газының суммарлы тасталымы Ресейде – 1672,62 мегатонна, Қазақстанда – 216,40 мегатонна, Украинада – 354,39 мегатонна, Белоруссияда – 68,55 мегатонна, Өзбекстанда– 122,46 мегатонна құрайды.

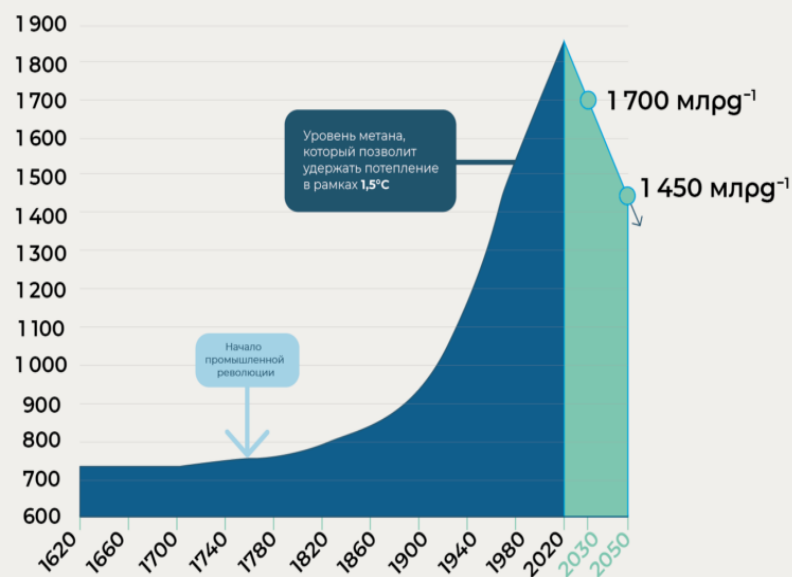
Ең максималды тасталым мөлшері:Қытайда – 6283,56 мегатонна, АҚШта – 6006,71 мегатонна, Ресейде – 1676,62 мегатонна, Үндістанда – 1400,71 мегатонна

Пайдалы қазбаларды жағу арқылы атмосфераға тасталатын көмірқышқыл газының суммарлы тасталымы 29914237000 тонн.

Метан. Метан концентрациясы 1750 жылдан бастап 2000 жылға дейін 1 060 млрд⁻¹ немесе 151 % -ға өскен, 1 750 млрд⁻¹ жетіп, әлі де өсіп жатыр. Метанның мұндай жоғары концентрациясы 420 000 жыл бақыланбаған. Концентрацияның өсуі көбіне антропогенді сипатты: органикалық жағар май, мал шаруашылығын дамыту, күріш өсіру мен қоқысты утилизациялау.

Уровень метана в атмосфере

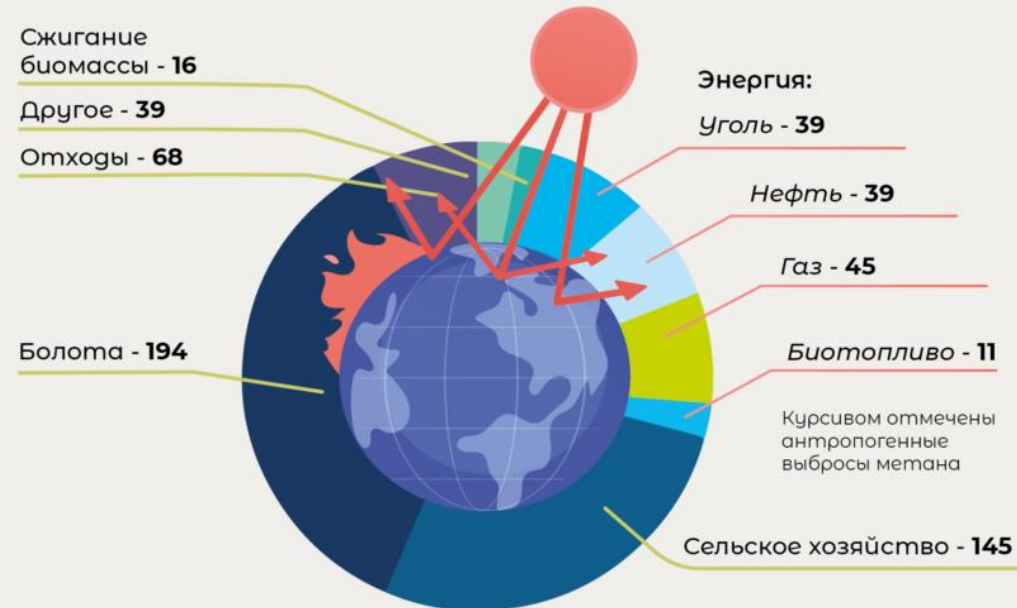
в миллиардных долях (млрд⁻¹)



Источник: CCAC, NOAA/ESRL

© «Экосфера»

Источники выбросов метана в миллионах тонн



Источник: МЭА

© «Экосфера»

Азоттың қостотығы. 1750 жылдан бастап 2000 жылға дейін азот концентрациясы 46 млрд^{-1} (17 %) жетіп, $240\text{-}315 \text{ млрд}^{-1}$ өскен және әлі де өсіп жатыр. N_2O концентрациясының 3/1 бөлігі азотты тыңайтқыштарды қолдану, химия өнеркәсібі.

Антропогенді аэрозоль. Антропогенді аэрозоль антипарникті эффект береді. Бұл атмосфераның аз өмір сүретін компоненті, ауырлық күші әсерінен тұнады. Алайда, оның атмосфераға үнемі түсуі жерге жақын қабатта концентрациясының үнемі болуына алып келеді. Күкірт қышқылының антропогенді эмиссиясының өсуі сульфатты аэрозольдардың өсуіне алып келеді.

Күн радиациясы. 1750 жылдан бастап күн радиациясының мөлшері $0,3 \text{ Вт/м}^2$ өсті. Спутниктік мәліметтерге сәйкес 11 жылдық күн белсенділігінің цикліне сәйкес ауытқулар болғаны анықталған, алайда күн тұрақтасының өзгеруі мен оның климатқа әсері туралы теориялық, тәжірибелік мәліметтер жоқ.

Өндірістік жылдары (1750 жылдан кейін) парникті газдардың концентрациясы CO_2 , CH_4 және N_2O антропогенді әрекет әсерінен өсіп, парникті эффектiнiң күшеюіне әсер етті.

Жылынуға немесе сууға алып келетін климаттың радиациялық әсерінің сыртқы факторлары:

- ✓ Атмосфера құрамының өзгеруі (антропогенді)
- ✓ Жерді пайдаланудың өзгеруі (антропогенді)
- ✓ Күннің әсерінің өзгеруі (табиғи)

Назарларыңызға рахмет!