

ΑΤΜΟΣΦΕΡΑ



- Атмосфера (от. греч. ατμός — «пар» и σφαῖρα — «сфера» ) — газовая оболочка небесного тела, удерживаемая около него гравитацией. Поскольку не существует резкой границы между атмосферой и межпланетным пространством, то обычно атмосферой принято считать область вокруг небесного тела, в которой газовая среда вращается вместе с ним как единое целое. Глубина атмосферы некоторых планет, состоящих в основном из газов (газовые планеты) , может быть очень большой.

Атмосфера Земли содержит кислород, используемый большинством живых организмов для дыхания, и диоксид углерода потребляемый растениями, водорослями и цианобактериями в процессе фотосинтеза. Атмосфера также является защитным слоем планеты, защищая её обитателей от солнечного ультрафиолетового излучения.

Атмосфера есть у всех массивных тел — планет земного типа, газовых гигантов.

# Состав воздуха

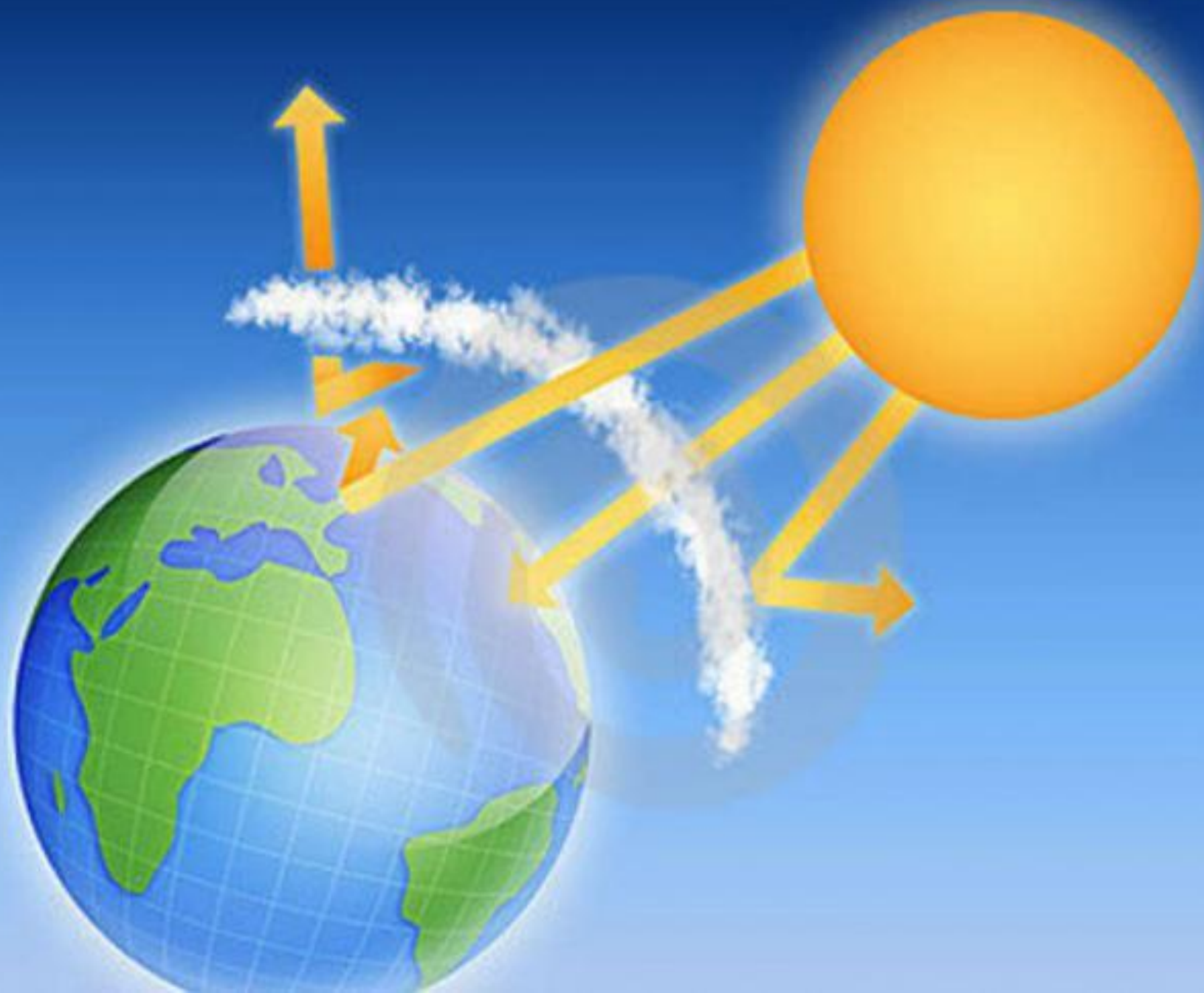


- Атмосфера Земли возникла в результате двух процессов: испарения вещества космических тел при их падении на Землю и выделения газов при вулканических извержениях (дегазация земной мантии). С выделением океанов и появлением биосферы атмосфера изменялась за счёт газообмена с водой, растениями, животными и продуктами их разложения в почвах и болотах.
- Состав сухого воздуха
- В настоящее время атмосфера Земли состоит в основном из газов и различных примесей (пыль, капли воды, кристаллы льда, морские соли, продукты горения).
- Концентрация газов, составляющих атмосферу, практически постоянна, за исключением воды ( $H_2O$ ) и углекислого газа ( $CO_2$ ).
- Состав сухого воздуха<sup>[4]</sup>

Газ	Содержание по объёму, %	Содержание по массе, %
<a href="#">Азот</a>	78,081	75,50
<a href="#">Кислород</a>	20,945	23,10
<a href="#">Аргон</a>	0,932	1,286
<a href="#">Углекислый газ</a> <sup>[5]</sup>	0,04	—
<a href="#">Неон</a>	$1,82 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
<a href="#">Гелий</a>	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$7,2 \cdot 10^{-5}$
<a href="#">Метан</a> <sup>[6]</sup>	$1,7 \cdot 10^{-4}$	—
<a href="#">Криптон</a>	$1,14 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$
<a href="#">Водород</a>	$5 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$
<a href="#">Ксенон</a>	$8,7 \cdot 10^{-6}$	—
<a href="#">Закись азота</a>	$5 \cdot 10^{-5}$	$7,7 \cdot 10^{-5}$

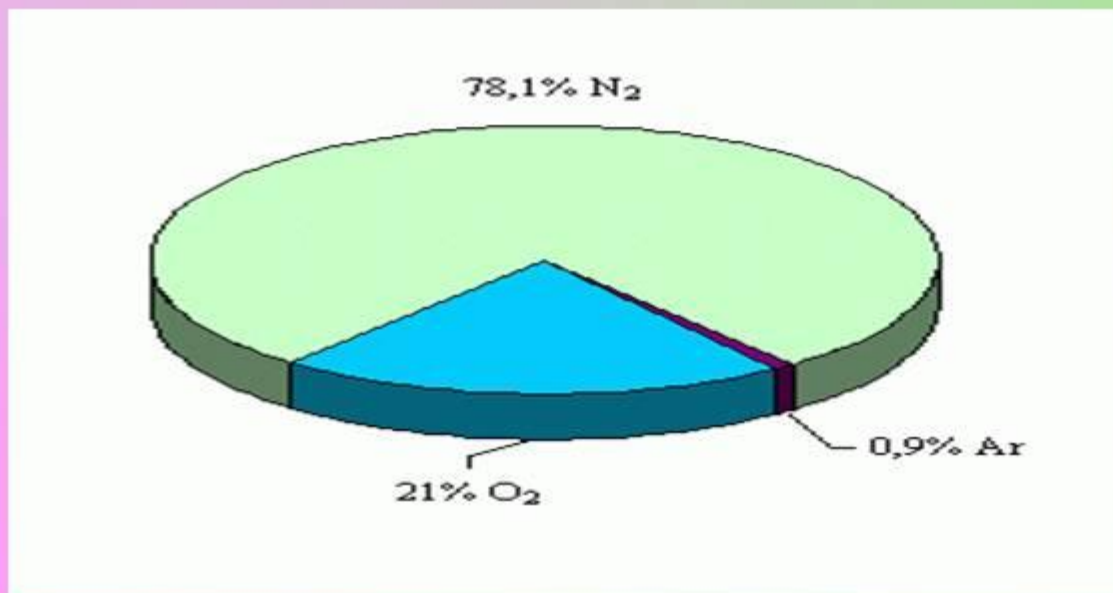
Содержание воды в атмосфере (в виде водяных паров) колеблется от 0,2 % до 2,5 % по объёму, и зависит в основном от широты<sup>[7]</sup>.
- Кроме указанных в таблице газов, в атмосфере содержатся [Cl<sub>2</sub>](#), [SO<sub>2</sub>](#), [NH<sub>3</sub>](#), [CO](#), [O<sub>3</sub>](#), [NO<sub>2</sub>](#), [углеводороды](#), [HCl](#), [HF](#), [HBr](#), [HI](#), пары [Hg](#), [I<sub>2</sub>](#), [Br<sub>2</sub>](#), а также [NO](#) и многие другие газы в незначительных количествах. В тропосфере постоянно находится большое количество взвешенных твёрдых и жидких частиц ([аэрозоль](#)). Самым редким газом в Земной атмосфере является [радон](#) (Rn).





# Строение атмосферы

Основные составляющие *атмосферы Земли* – азот и кислород. Остальные газы: водяной пар, углекислота, неон, метан, водород и другие – составляют около 1 %. Давление атмосферы на уровне моря –  $1 \text{ атм} = 101325 \text{ Па} = 760 \text{ мм рт. ст.}$



# Значение атмосферы



- *Воздух нужен для дыхания почти всем земным организмам. Человек без воздуха может прожить несколько минут.*
- *Озон, содержащийся в воздухе, предохраняет живые организмы от вредного для них ультрафиолета.*
- *В воздухе сгорает большинство метеорных тел.*
- *Атмосфера предохраняет Землю от сильного нагревания днем и охлаждения ночью*
- *Без атмосферы жизнь на Земле была бы невозможной.*



- Нижняя часть атмосферы, до высоты 10-15 км, в которой сосредоточено 4/5 всей массы атмосферного воздуха, носит название тропосферы. Для нее характерно, что температура здесь с высотой падает в среднем на  $0.6^{\circ}/100$  м (в отдельных случаях распределение температуры по вертикали варьирует в широких пределах). В тропосфере содержится почти весь водяной пар атмосферы и возникают почти все облака. Сильно развита здесь и турбулентность, особенно вблизи земной поверхности, а также в так называемых струйных течениях в верхней части тропосферы.

- Высота, до которой простирается тропосфера, над каждым местом Земли меняется изо дня в день. Кроме того, даже в среднем она различна под разными широтами и в разные сезоны года. В среднем годовом тропосфера простирается над полюсами до высоты около 9 км, над умеренными широтами до 10-12 км и над экватором до 15-17 км. Средняя годовая температура воздуха у земной поверхности около  $+26^{\circ}$  на экваторе и около  $-23^{\circ}$  на северном полюсе. На верхней границе тропосферы над экватором средняя температура около  $-70^{\circ}$ , над северным полюсом зимой около  $-65^{\circ}$ , а летом около  $-45^{\circ}$ .

- Давление воздуха на верхней границе тропосферы соответственно ее высоте в 5-8 раз меньше, чем у земной поверхности. Следовательно, основная масса атмосферного воздуха находится именно в тропосфере. Процессы, происходящие в тропосфере, имеют непосредственное и решающее значение для погоды и климата у земной поверхности.

- В тропосфере сосредоточен весь водяной пар и именно поэтому все облака образуются в пределах тропосферы. Температура уменьшается с высотой.

- Солнечные лучи легко проходят через тропосферу, а тепло, которое излучает нагретая солнечными лучами Земля, накапливается в тропосфере: такие газы, как углекислый газ, метан а также пары воды удерживают тепло. Такой механизм прогрева атмосферы от Земли, нагретой солнечной радиацией, называется парниковый эффект ( *greenhouse effect*). Именно потому, что источником тепла для атмосферы является Земля, температура воздуха с высотой уменьшается.

- Граница между турбулентной тропосферой и спокойной стратосферой называется тропопауза. Здесь образуются быстро движущиеся ветры, называемые "реактивные потоки" ( *jet streams*)

- Когда-то предполагали, что температура атмосферы падает и выше тропосферы, однако измерения в высоких слоях атмосферы показали, что это не так : сразу выше тропопаузы температура почти постоянна, а затем начинает увеличиваться. Сильные горизонтальные ветры дуют в стратосфере не образуя турбулентности. Воздух стратосферы очень сухой и поэтому облака редки. Образуются так называемые перламутровые облака ( *nacreous or mother-of-pearl*).

- Стратосфера очень важна для жизни на Земле, так именно в этом слое находится небольшое количество озона, которое поглощает сильное ультрафиолетовое излучение, вредное для жизни. Поглощая ультрафиолетовое излучение озон нагревает стратосферу.

## • Стратосфера

- 
- Над тропосферой до высоты 50-55 км лежит стратосфера, характеризующаяся тем, что температура в ней в среднем растет с высотой. Переходный слой между тропосферой и стратосферой (толщиной 1-2 км) носит название тропопаузы.
- 

Выше были приведены данные о температуре на верхней границе тропосферы. Эти температуры характерны и для нижней стратосферы. Таким образом, температура воздуха в нижней стратосфере над экватором всегда очень низкая; притом летом много ниже, чем над полюсом.

- Нижняя стратосфера более или менее изотермична. Но, начиная с высоты около 25 км, температура в стратосфере быстро растет с высотой, достигая на высоте около 50 км максимальных, притом положительных значений (от +10 до +30°). Вследствие возрастания температуры с высотой турбулентность в стратосфере мала. Водяного пара в стратосфере ничтожно мало. Однако на высотах 20-25 км наблюдаются иногда в высоких широтах очень тонкие, так называемые перламутровые облака. Днем они не видны, а ночью кажутся светящимися, так как освещаются солнцем, находящимся под горизонтом. Эти облака состоят из переохлажденных водяных капелек. Стратосфера характеризуется еще тем, что преимущественно в ней содержится атмосферный озон, о чем было сказано выше

# • Мезосфера

•

- Над стратосферой лежит слой мезосферы, примерно до 80 км. Здесь температура с высотой падает до нескольких десятков градусов ниже нуля. Вследствие быстрого падения температуры с высотой в мезосфере сильно развита турбулентность. На высотах, близких к верхней границе мезосферы (75-90 км), наблюдаются еще особого рода облака, также освещаемые солнцем в ночные часы, так называемые серебристые. Наиболее вероятно, что они состоят из ледяных кристаллов.

•

На верхней границе мезосферы давление воздуха раз в 200 меньше, чем у земной поверхности. Таким образом, в тропосфере, стратосфере и мезосфере вместе, до высоты 80 км, заключается больше чем 99,5% всей массы атмосферы. На вышележащие слои приходится ничтожное количество воздуха.

•

- На высоте около 50 км над Землей температура снова начинает падать, обозначая верхнюю границу стратосферы и начало следующего слоя - мезосферы. Мезосфера имеет самую холодную температуру в атмосфере: от -2 до -138 градусов Цельсия. Здесь же находятся самые высокие облака: в ясную погоду их можно видеть при закате. Они называются noctilucent (светящиеся ночью).

## Термосфера

Верхняя часть атмосферы, над мезосферой, характеризуется очень высокими температурами и потому носит название термосферы. В ней различаются, однако, две части: ионосфера, простирающаяся от мезосферы до высот порядка тысячи километров, и лежащая над нею внешняя часть - экзосфера, переходящая в земную корону.

Воздух в ионосфере чрезвычайно разрежен. Мы уже указывали, что на высотах 300-750 км его средняя плотность порядка  $10^{-8}$ - $10^{-10}$  г/м<sup>3</sup>. Но и при такой малой плотности каждый кубический сантиметр воздуха на высоте 300 км еще содержит около одного миллиарда (10<sup>9</sup>) молекул или атомов, а на высоте 600 км - свыше 10 миллионов (10<sup>7</sup>). Это на несколько порядков больше, чем содержание газов в межпланетном пространстве.

Ионосфера, как говорит само название, характеризуется очень сильной степенью ионизации воздуха - содержание ионов здесь во много раз больше, чем в нижележащих слоях, несмотря на сильную общую разреженность воздуха. Эти ионы представляют собой в основном заряженные атомы кислорода, заряженные молекулы окиси азота и свободные электроны. Их содержание на высотах 100-400 км - порядка 10<sup>15</sup>-10<sup>16</sup> на кубический сантиметр.

В ионосфере выделяется несколько слоев, или областей, с максимальной ионизацией, в особенности на высотах 100-120 км (слой E) и 200-400 км (слой F). Но и в промежутках между этими слоями степень ионизации атмосферы остается очень высокой. Положение ионосферных слоев и концентрация ионов в них все время меняются. Спорадические скопления электронов с особенно большой концентрацией носят название электронных облаков.

От степени ионизации зависит электропроводность атмосферы. Поэтому в ионосфере электропроводность воздуха в общем в 10<sup>12</sup> раз больше, чем у земной поверхности. Радиоволны испытывают в ионосфере поглощение, преломление и отражение. Волны длиной более 20 м вообще не могут пройти сквозь ионосферу: они отражаются уже электронными слоями небольшой концентрации в нижней части ионосферы (на высотах 70-80 км). Средние и короткие волны отражаются вышележащими ионосферными слоями.

Именно вследствие отражения от ионосферы возможна дальняя связь на коротких волнах. Многократное отражение от ионосферы и земной поверхности позволяет коротким волнам зигзагообразно распространяться на большие расстояния, огибая поверхность Земного шара. Так как положение и концентрация ионосферных слоев непрерывно меняются, меняются и условия поглощения, отражения и распространения радиоволн. Поэтому для надежной радиосвязи необходимо непрерывное изучение состояния ионосферы. Наблюдения над распространением радиоволн как раз являются средством для такого исследования.

В ионосфере наблюдаются полярные сияния и близкое к ним по природе свечение ночного неба - постоянная люминесценция атмосферного воздуха, а также резкие колебания магнитного поля - ионосферные магнитные бури.

Ионизация в ионосфере обязана своим существованием действию ультрафиолетовой радиации Солнца. Ее поглощение молекулами атмосферных газов приводит к возникновению заряженных атомов и свободных электронов, о чем говорилось выше. Колебания магнитного поля в ионосфере и полярные сияния зависят от колебаний солнечной активности. С изменениями солнечной активности связаны изменения в потоке корпускулярной радиации, идущей от Солнца в земную атмосферу. А именно корпускулярная радиация имеет основное значение для указанных ионосферных явлений.

Температура в ионосфере растет с высотой до очень больших значений. На высотах около 800 км она достигает 1000°.

Говоря о высоких температурах ионосферы, имеют в виду то, что частицы атмосферных газов движутся там с очень большими скоростями. Однако плотность воздуха в ионосфере так мала, что тело, находящееся в ионосфере, например летящий спутник, не будет нагреваться путем теплообмена с воздухом. Температурный режим спутника будет зависеть от непосредственного поглощения им солнечной радиации и от отдачи его собственного излучения в окружающее пространство. Термосфера находится выше мезосферы на высоте от 90 до 500 км над поверхностью Земли. Молекулы газа здесь сильно рассеяны, поглощают рентгеновское излучение (X rays) и коротковолновую часть ультрафиолетового излучения. Из-за этого температура может достигать 1000 градусов Цельсия.

термосфера в основном соответствует ионосфере, где ионизированный газ отражает радиоволны обратно к Земле - это явление дает возможным устанавливать радиосвязь.

## • Экзосфера

•  
•  
• Выше 800-1000 км атмосфера переходит в экзосферу и постепенно в межпланетное пространство. Скорости движения частиц газов, особенно легких, здесь очень велики, а вследствие чрезвычайной разреженности воздуха на этих высотах частицы могут облетать Землю по эллиптическим орбитам, не сталкиваясь между собою. Отдельные частицы могут при этом иметь скорости, достаточные для того, чтобы преодолеть силу тяжести. Для незаряженных частиц критической скоростью будет 11,2 км/сек. Такие особенно быстрые частицы могут, двигаясь по гиперболическим траекториям, вылетать из атмосферы в мировое пространство, "ускользнуть", рассеиваться. Поэтому экзосферу называют еще сферой рассеяния.

•  
• Ускользанию подвергаются преимущественно атомы водорода, который является господствующим газом в наиболее высоких слоях экзосферы.

•  
• Недавно предполагалось, что экзосфера, и с нею вообще земная атмосфера, кончается на высотах порядка 2000-3000 км. Но из наблюдений с помощью ракет и спутников вышло представление, что водород, ускользающий из экзосферы, образует вокруг Земли так называемую земную корону, простирающуюся более чем до 20 000 км. Конечно, плотность газа в земной короне ничтожно мала. На каждый кубический сантиметр здесь приходится в среднем всего около тысячи частиц. Но в межпланетном пространстве концентрация частиц (преимущественно протонов и электронов) по крайней мере в десять раз меньше.

•  
• С помощью спутников и геофизических ракет установлено существование в верхней части атмосферы и в околоземном космическом пространстве радиационного пояса Земли, начинающегося на высоте нескольких сотен километров и простирающегося на десятки тысяч километров от земной поверхности. Этот пояс состоит из электрически заряженных частиц - протонов и электронов, захваченных магнитным полем Земли и движущихся с очень большими скоростями. Их энергия - порядка сотен тысяч электрон-вольт. Радиационный пояс постоянно теряет частицы в земной атмосфере и пополняется потоками солнечной корпускулярной радиации.

