



## Раздзел VI

# Сонца — дзённая зорка

### § 19. Сонца як зорка

**1. Агульныя звесткі.** Сонца мае выключнае значэнне ў жыцці чалавека. Яно забяспечвае нас святлом, цяплом, з'яўляецца крыніцай усіх відаў энергіі, якія выкарыстоўваюцца людзьмі. Сонца ўплывае на магнітнае поле і верхнія слаі атмасферы Зямлі: выклікае магнітныя буры, іанізацыю і цыркуляцыю атмасферы. Сонечнае «надвор'е» ўплывае на клімат, біясферу і зямное жыццё ўвогуле.

**Сонца** — цэнтральнае цела Сонечнай сістэмы, тыповая зорка, якая ўяўляе сабой распалены плазменны шар. Сонца — адна з 400 млрд зорак нашай Галактыкі. Пры дэталёвым вывучэнні фізічнай прыроды Сонца мы атрымліваем найважнейшыя звесткі аб прыродзе іншых зорак. Бачны з Зямлі сонечны дыск — асяп-ляльна жоўты круг з сярэднім вуглавым дыяметрам  $32'$ . Святло ад яго даходзіць да Зямлі за 8 мін 20 с.

Дыяметр Сонца роўны 1 млн 392 тыс. км (109 дыяметраў Зямлі). Гэта азначае, што аб'ём Сонца больш чым у мільён разоў перавышае аб'ём Зямлі, а яго маса складае  $M_{\odot} = 1,99 \cdot 10^{30}$  кг, што прыкладна роўна 330 000 зямных мас.

Вымярэнні па-за межамі зямной атмасферы паказалі, што на пляцоўку  $1 \text{ м}^2$ , размешчаную перпендыкулярна да сонечных праменяў, кожную секунду паступае энергія, якая практычна не змяняецца працяглы перыяд часу. Яна атрымала назву **сонечнай пастаяннай**. Сонечная пастаянная роўна  $1,37 \text{ кВт/м}^2$ .

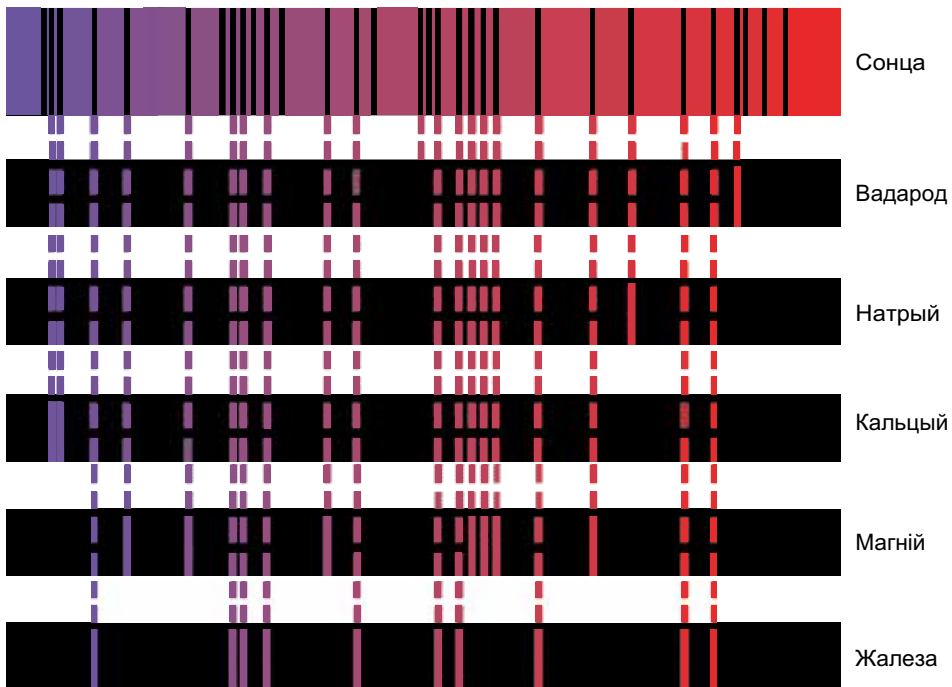
**Свяцільнасць Сонца**, ці поўную колькасць энергіі, якую выпраменьвае Сонца па ўсіх напрамках за адзінку часу, вызначым наступным чынам: велічыню сонечнай пастаяннай памножым на плошчу сферы з радыусам  $r$  у адну астранамічную адзінку (1 а. адз. =  $149,6 \cdot 10^9$  м). Яна атрымаецца роўнай:

$$L_{\odot} = 4\pi r^2 \cdot 1370 \text{ Вт/м}^2 = 3,85 \cdot 10^{26} \text{ Вт.}$$

На Зямлю трапляе мізэрная частка сонечнай энергіі, якая складае каля па-ловы мільярднай долі азначанага вышэй значэння.

**2. Спектр і хімічны склад.** Амаль усе нашы веды аб Сонцы заснаваны на вивучэнні яго спектра. Хімічныя элементы, якія прысутнічаюць у атмасферы Сонца, паглынаюць з непарарывнага спектра, што выпраменьваецца фотасферай, святло пэўнай частаты. У выніку гэтага ў непарарывным спектры з'яўляюцца цёмныя лініі. Як мы ўжо адзначалі, Ё. Фраўнгофер упершыню выявіў і зарысаваў 576 цёмных ліній сонечнага спектра. Вучоны правільна вызначыў, што крыніца цёмных спектральных ліній — сонечная атмасфера. Па месцазнаходжанню у спектры (г. зн. даўжынях хваль) і інтэнсіўнасцях гэтых фраўнгоферавых ліній можна вызначыць, якія хімічныя элементы прысутнічаюць у сонечнай атмасферы (рыс. 109).

У бачнай вобласці спектра ўжо атаясамлена звыш 30 тыс. ліній для 70 хімічных элементаў, якія прысутнічаюць у атмасферы Сонца. Фраўнгоферавы лініі па інтэнсіўнасці і шырыні надзвычай разнастайныя. Аналіз спектральных ліній паказаў, што пераважным элементам на Сонцы з'яўляецца вадарод — на яго долю прыпадае прыкладна 74 % масы Сонца, каля 24 % прыпадае на гелій і каля 2 % на іншыя элементы.



Рыс. 109. Адпаведнасць паміж месцазнаходжаннем фраўнгоферавых ліній сонечнага спектра і ліній хімічных элементаў

**3. Унутраная будова.** На аснове звестак аб радыусе, масе, свяцільнасці Сонца, фізічных законаў (якія з прычыны сваёй універсальнасці прыдатныя і для іншых нябесных цел) можна атрымаць інфармацыю аб ціску, шчыльнасці, тэмпературы і хімічным складзе на розных адлегласцях ад цэнтра Сонца. Пры набліжэнні да цэнтра Сонца нарастаюць, дасягаючы максімальных значэнняў, тэмпература, ціск і шчыльнасць. Хімічны склад Сонца таксама адрозніваецца: працэнтнае ўтрыманне вадароду самае малое ў цэнтры.

Высокі ціск унутры Сонца абумоўлены дзеяннем слаёў, якія ляжаць вышэй. Сілы прыцягнення імкнуцца сціснуць Сонца. Ім процідейнічаюць пругкасць гарачага газу і ціск выпраменьвання, якія ідуць з нетраў. Гэтыя сілы імкнуцца расшырыць Сонца. Прыцягненне, з аднаго боку, а пругкасць газаў і ціск выпраменьвання, з другога боку, ураўнаважваюць адно аднаго. Раўнавага мае месца ва ўсіх сляях ад паверхні да цэнтра Сонца. Такі стан Сонца і зорак называецца **гідрастатычнай раўнавагай**. Гэта простая ідэя была прапанавана ў 1924 г. англійскім астрафізікам Артурам Эдынгтанам. Яна дала магчымасць скласці ўраўненні, па якіх разлічваюць мадэлі ўнутранай будовы Сонца, а таксама іншых зорак. Такія мадэлі ўяўляюць сабой сукупнасць параметраў зоркавага рэчыва (тэмпература, ціск, шчыльнасць і г. д.) на розных глыбінях. У табліцы 13 прыведзена так званая мадэль унутранай будовы Сонца, г. зн. залежнасць яго фізічных уласцівасцей ад глыбіні.

Табліца 13. Мадэль унутранай будовы Сонца

Адлегласць ад цэнтра $R/R_{\odot}$	Тэмпература $T, K$	Ціск $p, Pa$	Шчыльнасць $\rho, \times 10^3 \text{ кг/м}^3$
0	$1,5 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^{16}$	150
0,2	$1,0 \cdot 10^7$	$4,6 \cdot 10^{15}$	36
0,5	$3,4 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^{13}$	1,3
0,8	$1,3 \cdot 10^6$	$6,2 \cdot 10^{11}$	0,035
0,98	$1,0 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^9$	0,001

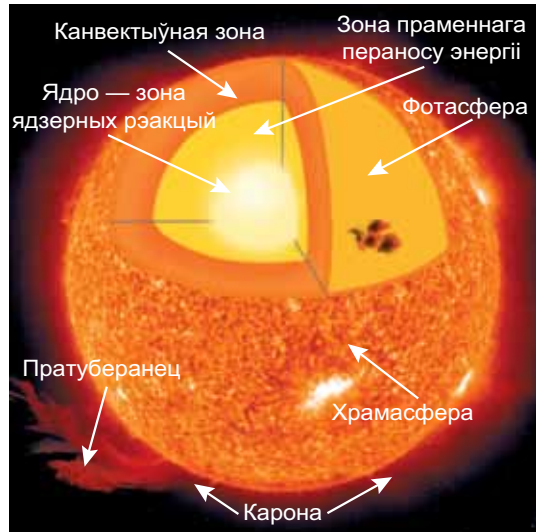
Як бачна з табліцы, тэмпература ў цэнтры Сонца ( $R/R_{\odot} = 0$ ) дасягае 15 млн градусаў. Менавіта ў гэтай вобласці — **зоне ядзерных рэакцый** — генерыруецца энергія Сонца.

Мы ўжо ведаем, што сонечнае рэчыва ў асноўным складаецца з вадароду. Пры вялізных цісках і тэмпературах пратоны (ядры вадароду) рухаюцца са скарасцямі ў сотні кіламетраў за секунду. Унутры Сонца (на адлегласцях да 0,3 радыуса ад цэнтра) ствараюцца ўмовы, спрыяльныя для працякання тэрма-ядзерных рэакцый ператварэння атамаў лёгкіх хімічных элементаў у больш цяжкія

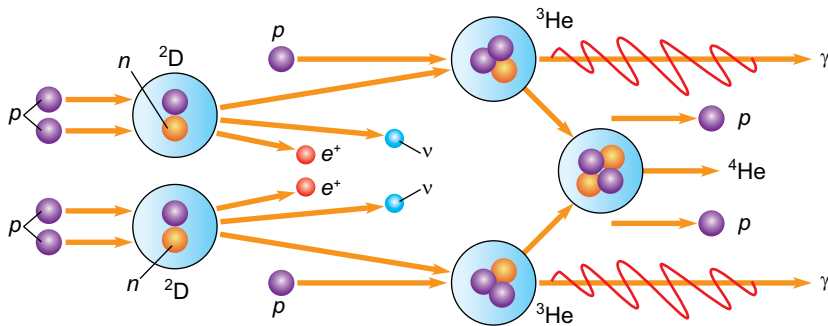
атамы (рыс. 110). З ядзер вадароду ўтвараецца гелій. Для ўтварэння аднаго ядра гелію патрабуецца 4 ядры вадароду. На прамежкавых стадыях утвараюцца ядры цяжкага вадароду  $^2\text{H}$  (дэйтэрыю) і ядры ізатопа  $^3\text{He}$ . Гэта рэакцыя называецца **протон-протоннай** (рыс. 111). Пры рэакцыі невялікая частка масы ядзер вадароду губляецца, пераўтвараючыся ў вялізную колькасць энергіі. Энергія, якая выдзяляецца, падтрымлівае выпраменьванне Сонца. Праз слаі, якія акружаюць цэнтральную частку зоркі, гэта энергія перадаецца вонкі.

У прамежку ад 0,3 да 0,7 радыуса ад цэнтра Сонца знаходзіцца **зона праменнага пераносу энергіі**, дзе энергія распаўсюджваецца праз паглыннанне і выпраменьванне гама-квантаў.

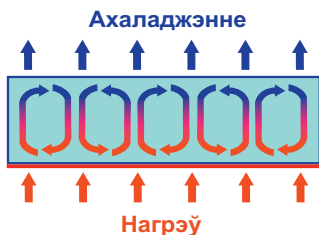
Гама-кванты, што нараджаюцца ў цэнтры Сонца, маюць энергію, у мільёны разоў большую, чым энергія квантаў бачнага святла. Даўжыня хвалі гама-квантаў вельмі малая. У працэсе паглынання квантаў атамамі і далейшага іх перавыпраменьвання адбываецца паступовае памяншэнне іх энергіі і павелічэнне даўжыні хвалі. Колькасць квантаў пры гэтым нарастае. Магутныя гама-кванты паступова драбняцца на кванты з меншай энергіяй: узнікаюць рэнтгенаўскія, ультрафіялетавыя і, нарэшце, бачныя і інфрачырвоныя прамені.



Рыс. 110. Будова Сонца



Рыс. 111. Схема протон-протоннай рэакцыі:  $p$  — пратон;  $n$  — нейтрон;  $^2\text{D}$  — ядро дэйтэрыю;  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$  — ядры ізатопаў гелію;  $e^+$  — пазітрон;  $\nu$  — нейтрына;  $\gamma$  — гама-квант



Рыс. 112. Энергія перадаецца выпраменьваннем ад ядра Сонца. Галоўным пераносчыкам энергіі становіцца канвекцыя каля паверхні

У вобласці апошняй трэці радыуса Сонца знаходзіцца **канвектыўная зона**. У ёй энергія перадаецца не выпраменьваннем, а за кошт канвекцыі (перамешвання) (рыс. 112). Прычына ўзнікнення канвекцыі ў вонкавых сляях Сонца тая ж, што ў пасудзіне з кіпенем: колькасць энергіі, якая перадаецца ад нагрэвальніка, значна большая за тую, што адводзіцца цеплаправоднасцю. Таму рэчыва прыходзіць у рух і само пачынае пераносіць цяпло. Канвектыўная зона распасціраецца практычна да самай бачнай паверхні Сонца (фотасферы).

**4. Крыніцы энергіі.** Аналіз хімічнага складу зямных, месяцавых парод і метэарытаў паказвае на тое, што Сонечная сістэма ўтварылася каля 4,7 млрд гадоў назад. Сонца, па сучасных даных, існуе каля 5 млрд гадоў. За апошнія 3 млрд гадоў яго свяцільнасць амаль не змянілася. Поўная энергія Сонца, выдзеленая за гэты час, роўна  $E_{\odot} \approx L_{\odot} t = 3,5 \cdot 10^{43}$  Дж. Падзяліўшы гэту велічыню на поўную масу Сонца, атрымаем, што кожны кілаграм сонечнага рэчыва вылучыў каля  $1,8 \cdot 10^{13}$  Дж энергіі. Рэальна гэта велічыня яшчэ большая, паколькі мы не ўлічылі першыя 2 млрд гадоў. Ніводнае хімічнае паліва не можа забяспечыць такое ж выдзяленне ўнутранай энергіі, як 1 кг сонечнага рэчыва.

У сярэднім Сонца губляе прыкладна 4 млн тон вадароду за секунду. На першы погляд гэта велічыня здаецца велізарнай. Але яна мізэрная ў параўнанні з поўнай масай Сонца. Разлікі паказваюць, што вадароду ў нетрах дастаткова для падтрымання свячэння Сонца на сучасным узроўні яшчэ на працягу 5 млрд гадоў.

### ! Галоўныя вывады

1. Сонца — адзіная зорка ў Сонечнай сістэме, якая ўяўляе сабой гарачы плазменны шар, дыяметр якога ў 109 разоў большы за дыяметр Зямлі, а маса ў 330 тыс. разоў большая, за масу Зямлі.
2. Колькасць праменнай энергіі, якая кожную секунду паступае ад Сонца на адзінку плошчы зямной паверхні, — сонечная пастаянная — практычна не змяняецца на працягу мільярдаў гадоў.
3. Пераважнымі хімічнымі элементамі на Сонцы з'яўляюцца вадарод і гелій.
4. Крыніцай энергіі Сонца з'яўляюцца рэакцыі тэрмаядзернага сінтэзу, што адбываюцца ў яго нетрах.



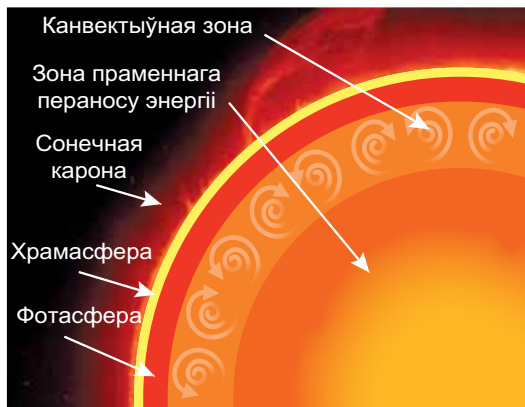
### Кантрольныя пытанні і заданні

1. Што такое сонечная пастаянная? Як яе вызначылі?
2. Што разумеюць пад свяцільнасцю Сонца? Чаму яна роўна?
3. Якія хімічныя элементы з'яўляюцца пераважнымі для Сонца?
4. Апішыце ўнутраную будову Сонца.
5. На якія зоны ўмоўна падзяляюцца нетры Сонца? Якія працэсы адбываюцца ў кожнай з гэтых зон?
6. Што з'яўляецца крыніцай сонечнай энергіі?
7. Ведаючы сонечную пастаянную для Зямлі, вылічыце велічыню сонечнай пастаяннай для Марса, калі адлегласць ад Сонца да Марса 1,524 а. адз.
8. У спектры Сонца большая інтэнсіўнасць выпраменьвання прыпадае на даўжыню хвалі  $\lambda = 550$  нм. Вызначце адпаведную тэмпературу паверхні Сонца.

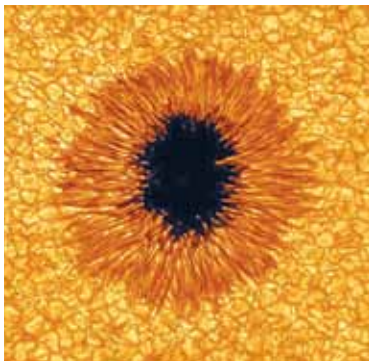
## § 20. Будова сонечнай атмасферы

**1. Фотасфера.** Дыск Сонца мае выразны абрыс. Гэта адбываецца таму, што практычна ўсё бачнае выпраменьванне Сонца вылучаецца з вельмі тонкага слоя — **фотасферы**. Слабае выпраменьванне больш высокіх слаёў Сонца можна назіраць у час поўнага сонечнага зацьмення, калі дыск Месяца цалкам закрывае фотасферу і робяцца бачнымі храмасфера і карона. Такім чынам, атмасферай Сонца называюцца тры знешнія слоі Сонца, размешчаныя вышэй канвектыўнай зоны: фотасфера, храмасфера і карона (рыс. 113).

Таўшчыня фотасферы не перавышае 300 км. У тэлескоп бачна, што ўся паверхня Сонца пакрыта грануламі, кожная дыяметрам каля 700 км. Гэта велізарныя пузыры плазмы. Рисунак, які ўтвараюць гранулы, пастаянна змяняецца (літаральна за 5—10 мін яны паспяваюць з'явіцца і знікнуць). Плазма ў гранулах падумаецца ўгару, астывае ў міжгранульных прамежках і апускаецца ўніз. Таму розніца тэмператур гранул і цёмных прамежкаў дасягае 600 К. Працэс пастаяннага ўзнікнення і знікнення гранул у фотасферы называецца **грануляцыяй**. Самыя прыкметныя аб'екты на Сонцы — гэта цёмныя плямы



Рыс. 113. Будова сонечнай атмасферы



Рыс. 114. Сонечная пляма і фотасферная грануляцыя

(рыс. 114, 115). Дыяметры плям часам дасягаюць 200 тыс. км. Зусім маленькія плямы называюць сітавінамі.

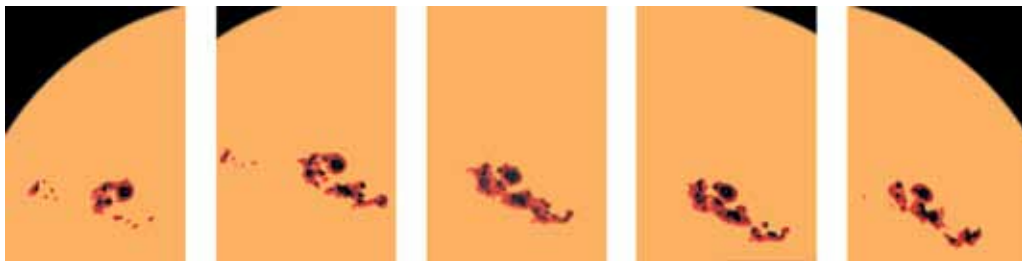
Карціна сонечных плям, хоць і крыху павольней, таксама пастаянна змяняецца: плямы з'яўляюцца, растуць і распадаюцца (гл. рыс. 115). Працягласць жыцця груп плям складае два-тры абароты Сонца вакол сваёй восі. Плямы халаднейшыя за навакольную фотасферу на 2—2,5 тыс. градусаў, і таму на агульным фоне сонечнага дыска выглядаюць больш цёмнымі. Сонечныя плямы звычайна з'яўляюцца групамі ў межах невялікага ўчастка, выцягнутага паралельна экватару. У групе па па-

мерах вылучаюцца дзве плямы: галоўная (заходняя) пляма, якая ідзе наперадзе па вярчэнні Сонца, і хваставая.

Сістэматычныя назіранні сонечных плям паказваюць, што Сонца верціцца ў напрамку руху планет і плоскасць сонечнага экватара нахілена да плоскасці экліптыкі пад вуглом  $7^{\circ}15'$ . Таксама выяўлена, што вуглавая скорасць вярчэння Сонца памяншаецца ад экватара да полюсаў. Перыяд вярчэння Сонца змяняецца ад 25 сутак на экватары да 30 сутак каля полюсаў.

Шматгадовыя назіранні ўтварэння плям на Сонцы паказалі, што маюць месца цыклічныя ваганні колькасці плям. Часам іх не бывае зусім, аднак іншы раз адначасова ўзнікаюць дзясяткі буйных плям. Сярэдняя працягласць такога цыкла складае прыблізна 11 гадоў.

Акрамя плям, у фотасферы назіраюцца **факелы** — яркія вобласці, у зоне якіх часта і развіваюцца цёмныя плямы. Факелы маюць складаную валакністую структуру, іх тэмпература на некалькі соцень градусаў перавышае тэмпературу фотасферы.



Рыс. 115. Дынаміка змянення памераў і формы групы сонечных плям. 3-за вярчэння Сонца здаецца, што групы плям перамяшчаюцца па дыску

Утварэнне плям і факелаў звязана з магнітным полем Сонца. Індукцыя магнітнага поля Сонца ў сярэднім у два разы большая, чым на паверхні Зямлі, але ў месцах з'яўлення сонечных факелаў яна павялічваецца ў сотні разоў, а ў месцах з'яўлення плям — у тысячы разоў, дасягаючы 0,5 Тл. Гэта прыводзіць першапачаткова да палёгкі канвекцыі і з'яўлення факела, а потым — да аслаблення і з'яўлення цёмнай плямы.

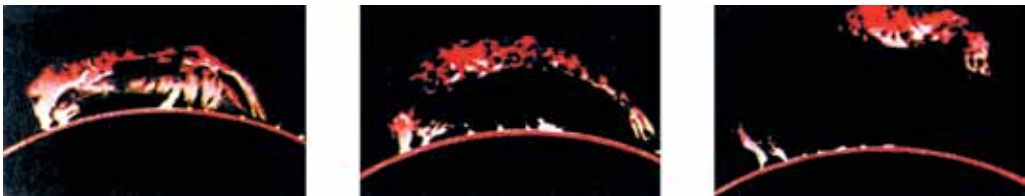
**2. Тэмпература фотасферы.** У непарарыўным спектры Сонца максімальная энергія выпраменьвання прыпадае на даўжыню хвалі  $\lambda_{\max} = 480$  нм. Тады па законе Віна атрымліваем:

$$T = \frac{0,0029}{\lambda_{\max}}, \quad \text{адкуль } T = 6000 \text{ К.}$$

**3. Знешнія слаі атмасферы: храмасфера і карона.** Над фотасферай знаходзіцца **храмасфера** Сонца. Агульная яе працягласць дасягае 10—15 тыс. км. Тэмпература ў храмасферы з вышынёй не памяншаецца, а расце ад 4500 К да некалькіх дзясяткаў тысяч. Выпраменьванне храмасферы ў сотні разоў меншае за фотасфернае, таму для яе назірання карыстаюцца спецыяльнымі метадамі, якія даюць магчымасць выяўляць слабае выпраменьванне. Храмасфера вельмі неаднародная і ўяўляецца назіральніку ў выглядзе пакручастых прадаўгаватых язычкоў — **спікул** — даўжынёй каля 10 тыс. км. Спікулы выкідваюцца з ніжняй храмасферы са скорасцю да 30 км/с; час іх жыцця складае некалькі мінут.

На краі сонечнага дыска добра бачныя **пратуберанцы** (гл. рыс. 110) — шчыльныя кандэнсацыі рэчыва, узнятыя над паверхняй лініямі магнітнага поля ў выглядзе арак або выступаў (рыс. 116). Пратуберанцы бываюць спакойныя, актыўныя і эруптыўныя. Яны вылучаюцца на фоне кароны, паколькі маюць больш высокую шчыльнасць. Скорасць руху рэчыва актыўных пратуберанцаў дасягае 200 км/с, а вышыня пад'ёму — 40 радыусаў Зямлі.

На Сонцы назіраюцца выбуховыя выбрасы энергіі і рэчыва (са скорасцю да 100 тыс. км/с), якія ахопліваюць значныя вобласці паверхневага слоя, — **успышкі**



Рыс. 116. Змяненні пратуберанца, за якім назіралі на працягу некалькіх гадзін





Рыс. 117. Успышка на Сонцы



Рыс. 118. Сонечная карона падчас зацьмення Сонца



(рыс. 117). Гэтыя яркія ўтварэнні існуюць ад некалькіх мінут да 3 г. Звычайна сонечныя ўспышкі (з выкідам энергіі да  $10^{25}$  Дж) адбываюцца паблізу ад груп сонечных плям, якія хутка развіваюцца.

**Сонечная карона** (рыс. 118) — самая разрэджаная і гарачая абалонка Сонца, якая распасціраецца ад яго на некалькі сонечных радыусаў і мае тэмпературу плазмы ад 1 да 2 млн градусаў. Яркасць сонечнай кароны ў мільён разоў меншая, чым фотасферы. Таму назіраць сонечную карону можна ў час поўных сонечных зацьменняў або пры дапамозе спецыяльных тэлескопаў-каранографай. Высокая тэмпература і разрэджанасць кароны пацверджаны спектральным аналізам, а таксама вынікамі вымярэння яе радыё- і рэнтгенаўскага выпраменьвання.

Награванне кароны да высокіх тэмператур ажыццяўляецца за кошт перадачы энергіі вагальных (канвекцыйных) рухаў рэчыва з фотасферы. Хвалі (з частатой гукавых ваганняў) у кароне, дзе шчыльнасць рэчыва хутка памяншаецца, робяцца ўдарнымі. Яны хутка затухаюць, адбываецца пераўтварэнне механічнай энергіі хваль у цяпло. З-за высокай тэмпературы шчыльнасць кароны спадае павольна, таму самыя знешнія слаі атмасферы Сонца цягнуцца аж да арбіты Зямлі.

**4. Магнітныя палі і актыўныя ўтварэнні.** Маса, радыус, колькасць энергіі, што выпраменьваецца Сонцам, застаюцца практычна пастаяннымі, але на ўсіх узроўнях сонечнай атмасферы назіраюцца структурныя ўтварэнні, якія змяняюць свае фізічныя параметры ў часе. Сукупнасць нестацыянарных працэсаў, якія перыядычна ўзнікаюць у сонечнай атмасферы, называецца **сонечнай актыўнасцю**. Праяўленнем сонечнай актыўнасці з'яўляюцца плямы, факелы ў фотасферы, пратуберанцы, успышкі і выкіды рэчыва ў храмасферы і кароне. Месцы, дзе

яны ўзнікаюць, называюцца **актыўнымі абласцямі** (рыс. 119). Усе актыўныя ўтварэнні звязаны паміж сабой пры дапамозе змяняльных магнітных палёў, якія заўсёды прысутнічаюць у актыўных зонах Сонца. Цэнтры актыўнасці ўзнікаюць на некаторай глыбіні пад фотасферай і распасціраюцца ў выглядзе ярусаў далёка ў сонечную карону.

Не толькі з'яўленне плям, але і сонечная актыўнасць цалкам маюць 11-гадовую цыклічнасць (ваганне цыклаў фактычна адбываецца ў межах ад 7,5 да 16 гадоў).



Рыс. 119. Сонца ў рэнтгенаўскіх праменях. Найбольш яркія месцы — зоны праяўлення сонечнай актыўнасці

### ! Галоўныя вывады

1. Вонкавая газавая абалонка Сонца — атмасфера — складаецца з фотасферы, храмасферы і кароны.
2. Лакальныя змяненні магнітных палёў, што ўзнікаюць перыядычна, параджаюць актыўныя працэсы ў атмасферы Сонца.
3. Актыўныя працэсы на Сонцы з'яўляюцца прычынай узнікнення ў сляях атмасферы плям, факелаў, пратуберанцаў, успышак і інш.
4. Сонечныя ўспышкі — найбольш магутныя выбуховыя працэсы ў атмасферы Сонца.
5. Сонечная актыўнасць мае 11-гадовую цыклічнасць.

### ? Кантрольныя пытанні і заданні

1. З якіх абалонак складаецца атмасфера Сонца?
2. Што такое фотасфера Сонца?
3. Якія аб'екты характэрны для фотасферы Сонца?
4. Чаму сонечныя плямы цямнейшыя за фотасферу?
5. Што разумеюць пад грануляцыяй?
6. Што разумеюць пад храмасферай і каронай Сонца?
7. Якія з'явы назіраюцца ў храмасферы і кароне Сонца?
8. Што такое сонечная актыўнасць і якая яе цыклічнасць?

## § 21. Уплыў Сонца на жыццё Зямлі

**1. Інтэнсіўнасць сонечнага выпраменьвання па-за аптычным дыяпа-  
зонам.** Электрамагнітнае выпраменьванне Сонца, максімум якога прыпадае на бачную частку спектра, праходзіць строгі адбор у зямной атмасферы (гл. § 17).

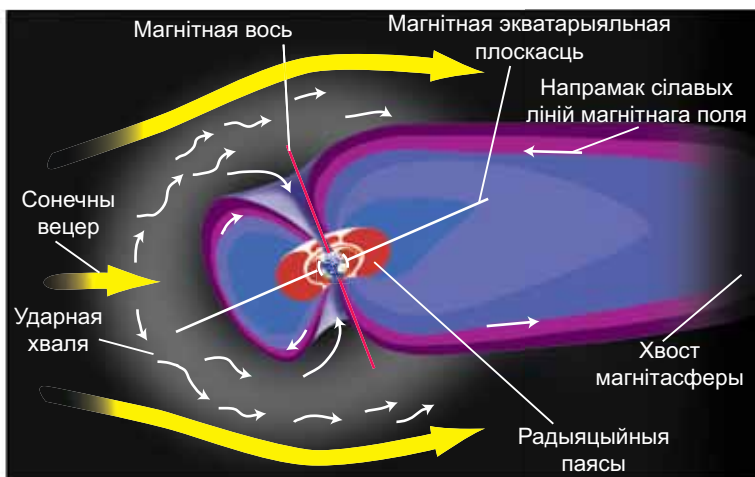
Ва ультрафіялетавым і рэнтгенаўскім дыяпазонах магутнасць сонечнага выпраменьвання рэзка памяншаецца — у сотні тысяч разоў у параўнанні з магутнасцю выпраменьвання ў аптычным дыяпазоне. Але калі ў аптычным дыяпазоне Сонца з'яўляецца пастаяннай зоркай, то выпраменьванне ў караткахвалевай частцы спектра залежыць ад сонечнай актыўнасці — павялічваецца або памяншаецца ў некалькі разоў на працягу 11-гадовага сонечнага цыкла. Вельмі нарастае паток караткахвалевага выпраменьвання ў час храмасферных успышак. З ніжніх слаёў храмасферы выходзіць ультрафіялетавае выпраменьванне, максімальная інтэнсіўнасць якога можа ў 2 разы перавышаць мінімальнае значэнне ў 11-гадовым цыкле. Асноўнае рэнтгенаўскае выпраменьванне зыходзіць ад кароны Сонца.

Рэнтгенаўскае і ультрафіялетавае выпраменьванне Сонца паглынаецца ў верхніх слаях атмасферы Зямлі. Яно іанізуе газы зямной атмасферы. Іанізаваны слой верхняй атмасферы Зямлі называецца **іанасферай**. Адбіццё кароткіх радыёхваль ад іанасферы Зямлі выкарыстоўваецца ў радыёсувязі. Пры магутных усплесках сонечнага рэнтгенаўскага выпраменьвання з-за сонечных успышак парушаецца сувязь на кароткіх радыёхвалях.

Даўгахвалевае (мяккае) ультрафіялетавае выпраменьванне Сонца можа пранікаць у атмасферу Зямлі да вышыні 30—35 км. Там яно раздзяляе малекулы кіслароду  $O_2$  на два складаючыя атамы. Свабодныя атамы злучаюцца з малекуламі кіслароду і ўтвараюць новае рэчыва — **азон**, кожная малекула якога складаецца з трох атамаў кіслароду.

Азоны слой паглынае практычна ўсё ультрафіялетавае выпраменьванне Сонца, пакідае толькі малую долю, якая дасягае паверхні Зямлі і выклікае ў людзей апёкі скуры (у малых дозах — загар). Калі таўшчыня азонавага слоя памяншаецца, сонечнае ультрафіялетавае выпраменьванне можа ўзрасці ў 1,5—2 разы. Тады гэта выпраменьванне робіцца вельмі актыўным і можа выклікаць захворванні на рак скуры.

**2. Сонечны вецер.** Бесперапынны паток разрэджанай плазмы са звязаным з ім магнітным полем, які расшыраецца, распаўсюджваецца прыблізна радыяльна ад Сонца і запаўняе сабой Сонечную сістэму, называецца **сонечным ветрам**. У яго склад уваходзяць пратоны, электроны, а таксама  $\alpha$ -часціцы і ў нязначнай колькасці шэраг высокаіанізаваных атамаў (кісларод, крэмній, сера, жале-



Рыс. 120. Схема ўтварэння магнітасферы Зямлі

за). Скорасць часціц сонечнага ветру павялічваецца з аддаленнем іх ад Сонца. Паблізу ад Зямлі сярэдняя скорасць сонечнага ветру дасягае 450 км/с, а шчыльнасць складае некалькі часціц у кубічным сантыметры.

Паток сонечнай плазмы не можа пераадолець процідзеянне магнітнага поля Зямлі і абцякае яго. Пры гэтым утвараецца поласць кроплепадобнай формы — **магнітасфера** (рыс. 120). З боку Сонца яна сціснута ціскам сонечнага ветру. Мяжа магнітасферы, павернутая да Сонца, знаходзіцца на адлегласці, роўнай у сярэднім 10—12 радыусам Зямлі. З процілеглага (начнога) боку магнітасфера выцягнута, як хвост каметы, і расцягваецца на 6000 радыусаў Зямлі. Са змяненнем скорасці і шчыльнасці часціц сонечнага ветру змяняецца і форма магнітасферы.

**3. Сонечна-зямныя сувязі.** Сонечная актыўнасць моцна ўплывае ў першую чаргу на вонкавыя абалонкі Зямлі — магнітасферу і іанасферу. У час магутных сонечных успышак часціцы могуць разганяцца да 100 000 км/с, г. зн. узнікаюць касмічныя прамені сонечнага паходжання. Пад уздзеяннем сонечных касмічных праменяў утвараецца аксід азоту  $\text{NO}$ , які ўзаемадзейнічае з азоном і актыўна яго разбурае ў выніку рэакцыі  $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$ . Пасля магутных успышак на Сонцы назіраецца паніжэнне колькасці азону ў стратасферы над палярнымі шапкамі Зямлі.

Пры дапамозе каранографаў, устаноўленых на касмічных апаратах, рэгіструюць магутныя выкіды рэчыва з узбуранай кароны Сонца. Згустак каранальнай плазмы, які адарваўся ад Сонца і нясе ўнутры сябе замкнутую пятлю магнітнага поля, называецца **каранальным выкідам масы**. У кожным каранальным





Рыс. 121. Палярнае ззянне

выкідзе можа змяшчацца да  $10^9$  т рэчыва, якое ляціць у космасе са скорасцю ад 500 да 2000 км/с.

Сутыкненне плазменнага воблака з магнітасферай Зямлі з'яўляецца прычынай яе моцнага ўзбурэння. Пад уздзеяннем каранальнага выкідку адбываюцца моцныя магнітныя буры, разagrэў і паскарэнне плазмы ўнутры магнітасферы. Пры гэтым хуткія пратоны і электроны ў выніку сутыкнення з малекуламі паветра на вышыні 100—200 км іанізуюць іх і выклікаюць іх свячэнне. У выніку гэтага на Зямлі, пераважна ў каляпалярных шыротках, назіраюцца **палярныя ззянні** (рыс. 121). Пры высокай геамагнітнай актыўнасці палярныя ззянні з'яўляюцца на вышыні 300—400 км, і іх можна назіраць нават на шыротках Рэспублікі Беларусь.

У час магнітнай буры змяняюцца электрычныя палі над паверхняй Зямлі. Гэта прыводзіць, па-першае, да ўзнікнення перагрузак у лініях электраперадачы (да некалькіх соцень ампер) і іх адключэння; па-другое, да навядзення моцных токаў у трубах газа- і нафтаправодаў і да выхаду са строю іх сістэм кіравання. Вынікі магнітнай буры адбываюцца на бартавых электронных сістэмах касмічных апаратаў.

Магнітныя буры прыводзяць да змянення ціску ў трапасферы (ніжнім слоі атмасферы Зямлі), у выніку чаго развіваюцца цыкланы.

На той факт, што Сонца ўплывае на біялагічныя аб'екты, у тым ліку на здароўе чалавека, упершыню яшчэ ў 1915 г. звярнуў увагу Аляксандр Леанідавіч Чыжэўскі. Прааналізаваўшы гістарычныя дакументы, вучоны прыйшоў да высновы, што ў мінулым масавыя стыхійныя бедствы, сацыяльныя «выбухі» і ўспышкі эпідэміі прыпадалі пераважна на гады максімумаў сонечнай актыўнасці. На падставе выведзенай сувязі А. Л. Чыжэўскі паспрабаваў прадказаць некаторыя эпідэміі на 35 гадоў наперад. Яго прагнозы збыліся ў сямі выпадках з васьмі.

А. Л. Чыжэўскі з'яўляецца адным з заснавальнікаў геліябіялогіі. Гэта навука, якая ўзнікла на стыку фізікі Сонца і біялогіі, вывучае ўплыў цыклічнай актыўнасці Сонца на біялагічныя аб'екты і здароўе чалавека.

Да ваганняў сонечнай актыўнасці асабліва адчувальная нервовая сістэма чалавека. Дакладна вызначана, што колькасць хворых, якія паступаюць у клінікі, рэзка павялічваецца ў дні пад'ёму сонечнай актыўнасці. Мяркуюцца, што сонечная актыўнасць уплывае на чалавека праз узбурэнні магнітнага поля Зямлі.

Қаб усебакова даследаваць з'явы, што адбываюцца на Сонцы, вучоныя праводзяць бесперапынныя назіранні Сонца, якія называюць **Службай Сонца**.



### ! Галоўныя вывады

1. Магутнасць радыё-, караткахвалевага і карпускулярнага выпраменьвання Сонца значна ўзрастае пры актыўных працэсах у сонечнай атмасферы.
2. Азоны слой атмасферы Зямлі з'яўляецца ахоўнай абалонкай ад шкоднага для чалавека і жывых арганізмаў ультрафіялетавага выпраменьвання Сонца.
3. Сонечны вецер — бесперапынны паток разрэджанай плазмы, які распаўсюджваецца радыяльна ад Сонца.
4. Неаднароднасць сонечнага ветру выклікае на Зямлі магнітныя буры, палярныя зьяні, радыёўсплёскі.
5. Геліябіялогія — навука, якая вывучае ўплыў актыўнасці Сонца на біялагічныя аб'екты і чалавецтва.

### ? Кантрольныя пытанні і заданні

1. Як зямная атмасфера ўплывае на праходжанне розных відаў сонечнага выпраменьвання да паверхні Зямлі?
2. Чаму на Зямлі часта назіраецца парушэнне сувязі на кароткіх радыёхвалях?
3. Якая роля азоновага слоя ў атмасферы Зямлі? Якім чынам актыўнасць Сонца можа ўплываць на таўшчыню азоновага слоя Зямлі?
4. Што такое сонечны вецер? Як ён узнікае?
5. Што называюць магнітасферай Зямлі? Як на яе ўплывае сонечны вецер?
6. Назавіце прычыны і наступствы магнітных бур на Зямлі.
7. Якія прычыны ўзнікнення палярных зьяў?