

кр 79

ЦІНА 7 КОП.

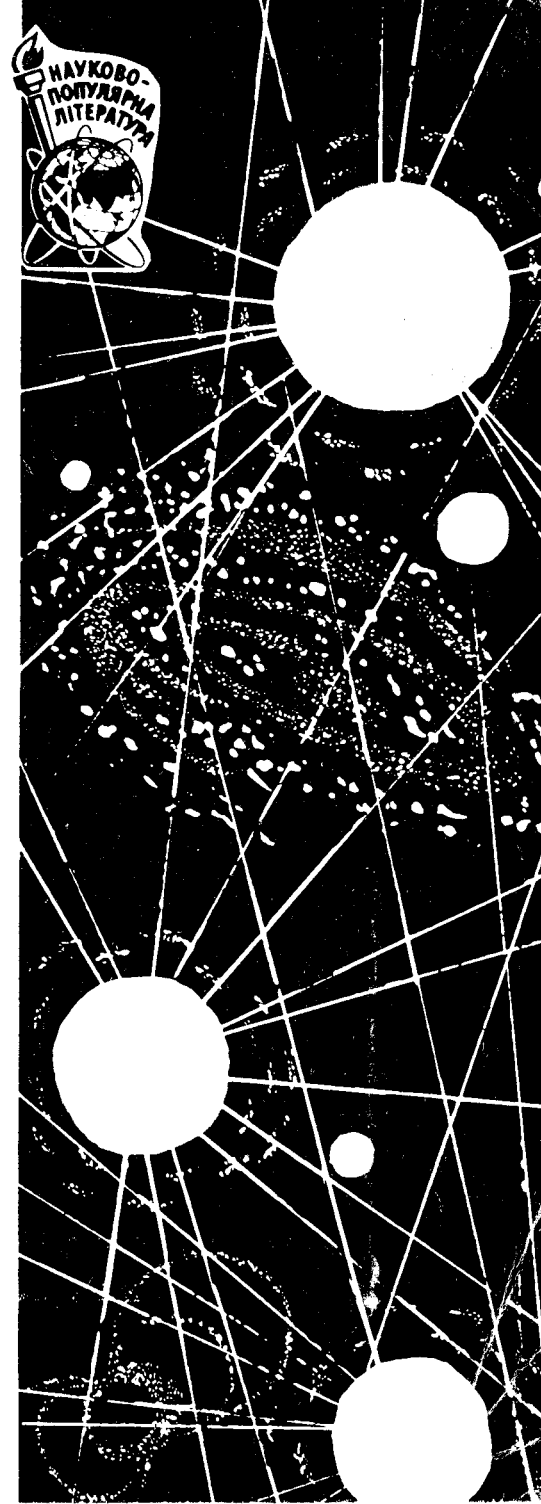
ВИДАВНИЦТВО
„НАУКОВА ДУМКА“

Е. А. ГУРТОВЕНКО

52594(025)

Г 95

СЮЖЕТ КОЛІ



н

НАУКОВО-
ПОПУЛЯРНА
ЛІТЕРАТУРА

Е. А. ГУРТОВЕНКО

СПОКІЙНЕ СОНЦЕ



КИЇВ—196

+ 95 + 29 + 14

20362к

Сонце — найближча до Землі зірка. Вивчення його важливе не лише для дальшого розвитку астрономії і космонавтики. Сонячна енергія, що посилається на Землю, значною мірою визначила розвиток земної кори й атмосфери, сприяла виникненню життя на нашій планеті. Зараз вона є джерелом практично майже всіх ресурсів, які використовує людина.

Природа і характер багатьох фізичних і метеорологічних процесів на Землі пов'язані з діяльністю і впливом Сонця.

У верхній атмосфері Землі і в міжпланетному просторі стан плазми, потужність шкідливої радіації і т. п. цілком залежать від стану й активності Сонця. Отже, дослідження космічного простору і найближчих до нас планет безпосередньо зв'язане з Сонцем.

Як же, під дією сонячного світла і тепла, зароджувалося життя в первинних океанах Землі? Що було б, якби Сонце «погасло»? Як виникла наукова проблема «Сонце—Земля»? Чи впливає Сонце на «погоду» в космосі?

На всі ці питання читач знайде відповідь у брошурі.

Розрахована на широке коло читачів.

Найближча до Землі зірка

Космодром у 197 . . . році . . . Гігантська ракета націлилась загостреним носом у блакитну захмарну висоту. Вже відведені кріпильні пристосування та вантажні ліфти. Закінчено перевірку всіх двигунів та механізмів пуску і керування ракетою. За півгодини старт. Старт винятково відповідальний. Вперше в історії одна ракета уносить в космос двадцять чоловік — бригаду космонавтів-монтажників. На висоті 4000 км від поверхні, за межами першого радіаційного поясу Землі, споруджуватиметься перша в світі космічна станція-супутник, заселена науковцями. Частини цієї станції-лабораторії, виведені в космос за допомогою багатьох потужних ракет, уже чекають на монтажників.

Але від пульту зв'язку з Центром Прогнозів «космічної погоди» щойно одержали повідомлення: через 2 години на східний лімб Сонця вийде невелика активна область. Можливе посилення рентгенівської емісії та протонної складової космічного проміння. Виліт відкласти.

— Ну що ж, попустуй трошки, Сонечко,— подумав начальник космічної обсерваторії. А ми почекаємо...

— Хіба може Сонце пустувати? — питаєте ви.

— Звичайно, по-своєму може. А чи багато ви знаєте про Сонце?

Дійсно, більшість із нас зовсім не помічають його. Проте ніщо в космосі не впливає так прямо і безпосередньо на найдрібніші деталі нашого життя, як Сонце. Ми вмикаємо приймач і замість музики чуємо тріск іоносферних перешкод. Це залежить від Сонця. Перше ніж запустити космонавта, ми чекаємо на сприятливі радіаційні умови. Це теж залежить від Сонця. Нарешті, відшукуючи дешеве і невичерпне джерело енергії, ми намагаємося моделювати в земних лабораторіях проце-

си, які відбуваються у сонячних надрах. Яке незмірно величезне значення для людства має вивчення Сонця, його випромінювання!

Довгий час людина не знала, що являє собою Сонце. Лише триста років тому філософ і вчений Джордано Бруно перший намілював заявити, що Сонце — це одна із зір, безліч яких ми спостерігаємо на небі. Кожна зоря-сонце повинна мати своїх супутників — планети. А на планетах може існувати життя. За таке «вільнодумство» сміливий вчений був живим спалений інквізицією на вогнищі.

Коли говорять про найкоротші віддалі до зір, то як приклад вчені наводять відстань до зірки α Центавра, як найближчої до нас зорі. А насправді це не так. Ми-моволі астрономи забувають про Сонце. Але Сонце також зоря. Наукою встановлено, що відстань від Сонця до Землі невелика (в астрономічних масштабах) — близько 150 млн. км.

Світло, що поширюється зі швидкістю 300 тис. км/сек, приходить від Сонця до Землі за 8,3 хв, а від α Центавра — за чотири роки і чотири місяці.

В зв'язку з тим, що відстань між Землею і зорями величезна, навіть найближчі зорі при спостереженні у найпотужніші телескопи здаються світлими крапками, а Сонце неозброєним оком ми бачимо у вигляді досить великого яскравого розжареного диска.

Вперше розміри Сонця намагався визначити відомий грецький вчений Арістарх Самоський (270 р. до н. е.). Він встановив, що Сонце значно більше Землі. А перші більш-менш вірні результати були одержані лише в 60-х роках XVIII ст., коли астрономи використали для визначення діаметра Сонця дуже рідкісне і цікаве явище — проходження планети Венери через диск Сонця. Це явище можна спостерігати з двох досить віддалених місць земної поверхні. Визначений при цьому (з максимальною точністю!) час, за який Венера проходить через диск Сонця, для різних місць спостереження буде різним. З цієї різниці можна визначити так званий сонячний паралакс—відстань від Землі до Сонця. Знаючи кутовий діаметр Сонця, можна легко обчислити і лінійний діаметр нашого світила (в кілометрах).

За сучасними визначеннями, діаметр Сонця становить 1 млн. 320 тис. км, що в 109 раз перевищує діаметр

земної кулі. В зв'язку з величезною температурою речовини Сонця всі хімічні елементи, що складають його, перебувають у газоподібному стані. Наше денне світило— величезна куля розжарених газів, які знаходяться в умовах, ще недосяжних у фізичних лабораторіях на Землі. У надрах Сонця внаслідок величезного тиску зовнішніх шарів речовина настільки ущільнена, що її густина досягає 160 г/см^3 , тобто 1 куб. см її важить 160 г. Слід нагадати, що 1 куб. см води важить 1 г, а 1 куб. см золота — одного з найбільш важких металів — 19 г. В надрах Сонця при температурі близько 15 млн.°C відбуваються ядерні реакції, що є джерелом колосальної енергії. Енергія, що виділяється під час ядерних реакцій, безперервно і рівномірно «просочується» через всю газову кулю і досягає поверхні Сонця — так званої фотосфери (рис. 1). Всю цю енергію фотосфера випромінює у навколишній міжзоряний простір. Перенесення енергії з надр до поверхні Сонця відбувається шляхом перевипромінювання. Цей процес полягає у тому, що більш високі шари поглинають енергію, яка надходить знизу, і, знову випромінюючи цю енергію, віддають її ще більш високим шарам. Температура в зоні перенесення енергії шляхом перевипромінювання падає рівномірно з переходом до більш високих шарів. Але в так званий конвективний зоні, яка знаходиться під фотосферою на глибині до $1/10$ радіуса Сонця, температура починає зменшуватись більш повільно. В результаті верх-

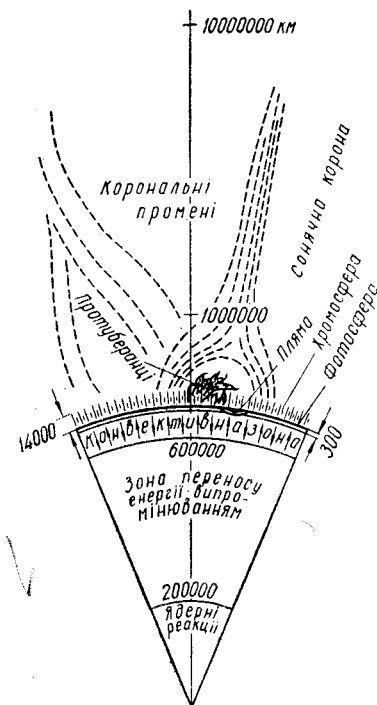


Рис. 1. Схематичний розріз Сонця та його атмосфери.

Рис. 1. Схематичний розріз Сонця та його атмосфери. Всю цю енергію фотосфера випромінює у навколишній міжзоряний простір. Перенесення енергії з надр до поверхні Сонця відбувається шляхом перевипромінювання. Цей процес полягає у тому, що більш високі шари поглинають енергію, яка надходить знизу, і, знову випромінюючи цю енергію, віддають її ще більш високим шарам. Температура в зоні перенесення енергії шляхом перевипромінювання падає рівномірно з переходом до більш високих шарів. Але в так званий конвективний зоні, яка знаходиться під фотосферою на глибині до $1/10$ радіуса Сонця, температура починає зменшуватись більш повільно. В результаті верх-

ні шари — відносно більш гарячі, і через це вони поглинають не всю енергію, що надходить знизу. Але енергія, що виділяється в надрах, повинна вся без остатку випромінюватись Сонцем у навколишній простір, у противному разі в надрах Сонця скупчувалися б залишки енергії, що могло привести до катастрофи. Тому в кон-

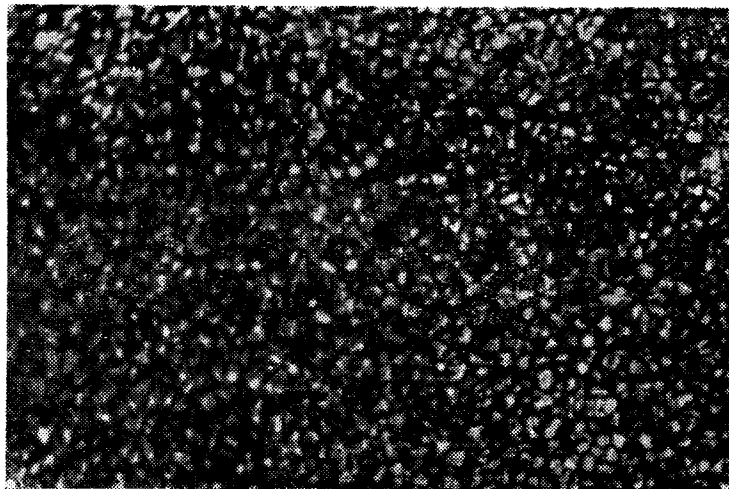


Рис. 2. Зерниста будова фотосфери — грануляція.
Фотографія одержана за допомогою телескопа, піднятого на висоту 30 км (М. Шварцшільд, США).

вективній зоні у перенесенні енергії з більш глибоких шарів назовні бере участь і сама речовина. Окремі маси гарячої речовини піднімаються з глибини і віддають своє тепло зовнішньому шарові, який віддає це тепло у простір. На місце гарячих мас, що піднялись, зверху опускаються холодні (звичайно, в межах сонячних температур) маси газу. Виникають конвективні рухи, подібні до яких можна спостерігати на Землі: потоки гарячого повітря, нагрітого біля поверхні Землі в жаркий день, піднімаються вгору, а їх місце займають холодні маси повітря, що спустились з верхніх шарів атмосфери.

Внаслідок конвекції фотосфера нагадує шар розжарених на білому фоні темних зерен, схожих на соти. Ок-

ремі зерна астрономи називали гранулами. Світлі гранули — потоки більш гарячого газу, що піднімається з глибини, темні — холодний газ, що опускається. Явище соєвої структури фотосфери назване грануляцією (рис. 2); спостерігати його можна у найбільш потужні телескопи.

Температура фотосфери Сонця — близько 6000°C , а густина — близько 10^{-6} г/см^3 . Слід нагадати, що густина атмосфери біля поверхні Землі становить $1,22\times$

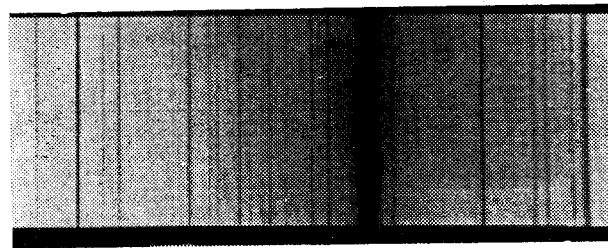


Рис. 3. Ділянка сонячного спектра з довжиною хвиль 654—658 нм.

Темні поперечні смуги — фраунгоферові лінії. Найбільш широка з них — воднева лінія H_{α} .

$\times 10^{-3}\text{ г/см}^3$, тобто більш ніж у 100 разів перевищує густину сонячної фотосфери. Товщина фотосфери становить 100—300 км.

Над фотосферою розташована величезна за розмірами і дуже розріджена атмосфера Сонця. Власне кажучи, оскільки Сонце — газова куля, то поняття його атмосфери слід дещо уточнити. Поверхня Сонця — фотосфера також не має різкої границі; це шар, що віддає у простір (у вигляді випромінювання) всю енергію, яка надходить з надр. Випромінювання фотосфери має неперервний спектр, тобто нескінченний послідовний ряд всіх «кольорів» випромінювання. Це випромінювання простягається нескінченно у невидимі інфрачервону та ультрафіолетову області спектра і в суміші дає, як кажуть астрономи, «біле» світло. Неперервний спектр у фізиці названий спектром електромагнітного випромінювання. Кожному «кольору» цього спектра відповідає певна довжина хвилі електромагнітних коливань. Так, довжина хвилі видимого оком випромінювання, або, як ми

кажемо, світла, становить $400\text{—}700\text{ нм}^1$, рентгенівських променів — $0,7\text{—}10\text{ нм}$, інфрачервоних — понад 700 нм . Радіохвилями вважають випромінювання з довжиною хвилі від десятих часток сантиметра і до декількох десятків кілометрів, а довжина хвилі найбільш «жорсткого», так званого γ -випромінювання менша, ніж у рентгенівських променів.

Шари сонячної атмосфери, що безпосередньо прилягають до фотосфери, називаються хромосферою. Товщина її — близько 12 тис. км, температура в нижніх шарах — близько 5000°C , але вона поступово зростає з переходом у більш високі шари. Густина хромосфери в середніх шарах становить 10^{-12} г/см^3 . Хромосфера поглинає і одночасно випромінює світло лише в окремих дуже вузьких ділянках сонячного спектра — так званих спектральних лініях. Яскравий неперервний сонячний спектр (рис. 3) перетинають вузькі темні смуги, що одержали назву фраунгоферових ліній. Світло, яке надходить від Сонця з вузької спектральної ділянки, що припадає на яку-небудь із фраунгоферових ліній, випромінюється не власне фотосферою, а більш високими шарами сонячної атмосфери. Чим більш інтенсивні фраунгоферові лінії, тим більш високими шарами сонячної атмосфери випромінюється світло, якому відповідають ці лінії. Наприклад, світло в одній з найбільш інтенсивних фраунгоферових ліній — водневій лінії H_α випромінюється вже досить високими шарами сонячної хромосфери.

Над хромосферою розміщена корона — найбільш цікава і загадкова частина сонячної атмосфери. Вона являє собою розріджений шар, що простягається на віддалі кількох мільйонів кілометрів від поверхні Сонця, поступово переходячи у міжпланетний простір (рис. 4). Температура корони становить понад $1\,000\,000^\circ\text{C}$, речовина її майже повністю йонізована і є розрідженою високотемпературною плазмою², в якій відбувається бага-

¹ 1 нм (нанометр) = 10^{-9} м .

² Плазма — частково або повністю йонізований газ. Звичайно плазма може складатися з іонів, електронів та нейтральних частинок газу. Плазма є провідником електрики, тому, перебуваючи у магнітному полі, взаємодіє з ним за законами електродинаміки. За останні 15—20 років теоретичні і практичні дослідження плазми набули особливо широкого розвитку. На базі цих досліджень, зокрема, виникла нова наука — магнітогідродинаміка. Плазма має цілий ряд особливих фізичних властивостей, тому фізики назвали плазму четвертим станом речовини.

то явищ, що мають винятковий інтерес не тільки для астрономів, але й для фізиків.

Електрони, що відділяються від ядра атома внаслідок іонізації, називаються вільними електронами. Як відомо, основну частину сонячної речовини складає водень (близько 80%). У сонячній короні водень повністю йонізований — електрони в зв'язку з високою температурою

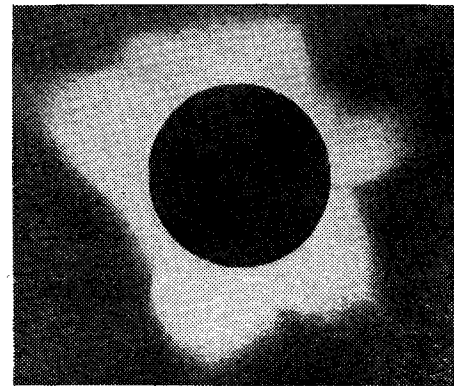


Рис. 4. Фотографія сонячної корони під час повного затемнення Сонця 19.VI 1936 р.

корони відділяються від ядра атома водню — протона. Через це в короні досить велика концентрація вільних електронів, які, взаємодіючи із світлом фотосфери за законами електродинаміки, частково розсіюють це світло. За рахунок цього світла в основному і світить сонячна корона. Світло корони, як і хромосфери, відносно слабке. Звичайно воно губиться на фоні більш яскравого навколосонячного «ореолу» — світла Сонця, розсіяного землею атмосферою. Тому спостерігати корону і хромосферу краще під час повних сонячних затемнень, коли фотосфера закривається диском Місяця. Такі спостереження мають велику цінність для науки.

Як всі інші небесні тіла, Сонце обертається навколо своєї осі. Але обертається воно не як тверде тіло. Екваторіальні зони Сонця роблять повний оберт навколо своєї осі за 25 земних діб. Період обертання біляполюсних зон дещо більший — 27 діб.

За законом всесвітнього тяжіння всі тіла нашої планетної системи обертаються навколо Сонця. Сила тяжіння на поверхні Сонця майже в тридцять разів більша, ніж на Землі. Тілу, яке змогло б назавжди відірватись від Сонця, необхідно надати швидкість понад 600 км/сек.

Як і всі інші зорі в нашій Галактиці, Сонце обертається навколо центра Галактики і, крім того, має свій «власний» рух, спрямований до сузір'я Ліри. Період обертання Сонця навколо центра Галактики становить близько 200 млн. років, а лінійна швидкість цього руху — 250 км/сек. Швидкість власного руху Сонця серед інших зір — близько 20 км/сек.

Як зоря Сонце невелике за розмірами. Астрономи відносять його до класу «жовтих карликів». Слід зауважити, що є зорі-гіганти, діаметри яких в десятки і сотні разів перевищують діаметр Сонця. Наприклад, діаметр червоної зорі Бетельгейзе (α Оріона) дорівнює 450 діаметрам Сонця.

Багато зірок нашої Галактики є змінними. Яскравість деяких із них змінюється з певним періодом, інших — без певного закону. Є зорі, яскравість яких коливається в межах двох зоряних величин. Щодо Сонця, то навіть найбільш точні дослідження за останні роки не виявляють помітних коливань так званої сонячної сталої — кількості енергії, що надходить від Сонця на Землю за одну хвилину на один квадратний сантиметр поверхні, перпендикулярної сонячному промінню. Наше Сонце — типова і до того ж напрочуд стала зірка, що перебуває на «літньому», найбільш спокійному етапі свого розвитку.

Сонце—джерело життя на Землі

Могутній вплив Сонця на все, що оточує людину на Землі, добре усвідомлювали ще первісні люди і стародавні народи. Це знайшло відображення у легендах і релігійних віруваннях. Первісні люди вважали Сонце живою істотою, тому вони всіляко намагалися не розгнівати цю істоту, усвідомлюючи, яке величезне значення мають світло і тепло для життя на Землі. Мабуть, звідси і виникло жертвоприношення і поклоніння Сонцю, що потім привело до його обоготворення. Так, у стародавніх слов'ян з'явився бог Сонця — Ярило. На честь його

святкувались зимові колядки (відродження Сонця), масниці, а влітку—свято Івана Купали (літнє сонцестояння).

Могутній бог Сонця у стародавніх язичників, якому приносили в жертву тварин, а інколи і людей, за легендами, був народжений, загинув, а потім воскрес. Очевидно, ця легенда послужила основою християнської релігії та опису життя Ісуса Христа. Хрест — символ християнства не що інше, як емблема Сонця, що зображує сонячні промені. Часто Сонце зображують кружком у перехресті проміння, як, наприклад, у кельтському хресті.

У стародавніх ассірійців був бог Сонця Мардук, а у греків—прекрасний Феб-Аполлон. Що правда, древньогрецький мислитель Анаксагор не побоявся оголосити, що наше денне світило — це величезна маса розжареного каменю завбільшки з місто Пелопонес. За це він був назавжди вигнаний з Афін.

Особливою повагою користувалось Сонце у стародавніх египтян: Ра—головний бог Сонця. На рис. 5 бачимо древнеегипетський барельєф, на якому зображено культ Сонця: денне світило посилає людям життєдайне проміння. Сонячні промені внизу нагадують руки людини.

Але Сонце не лише підтримує існування і розвиток всього живого. Без нього виникнення життя на Землі було б неможливим. Близько мільярда років тому земна кора була покрита голими мертвими скелями, що обмивалися водами первісних океанів. Під дією сонячного

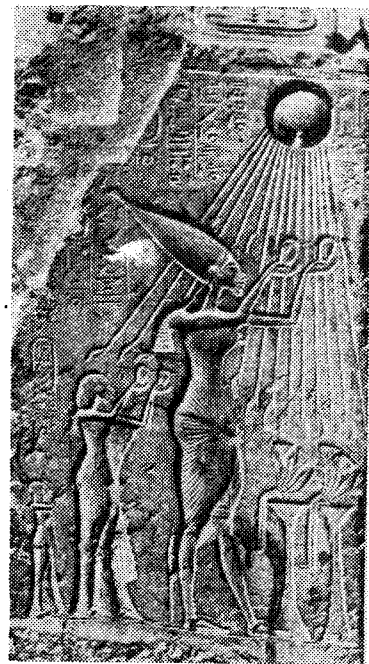


Рис. 5. Барельєф із зображенням культу Сонця у стародавньому Єгипті.

світла і тепла у водах цих океанів почало зароджуватися життя. Основою для його виникнення послужили органічні сполуки вуглецю і водню та їх кисневі й азотні похідні, що мали найбільшу здатність до різних хімічних перетворень шляхом сполучення у більш складні молекули. З цих сполук виникли білки, а потім і жива клітина.

Життєдайна сонячна енергія, теплі води первісних водоймищ привели до величезних перетворень: життя заповнило спочатку моря і океани, а потім розповсюдилось на сушу, змінивши в процесі свого розвитку вигляд земної кори. 200—300 млн. років тому, в епоху кам'яно-вугільного періоду, тваринний і рослинний світ процвітав на величезних болотах, які покривали значно більшу частину земної поверхні, ніж зараз. Величезні лісові масиви акумулювали сонячну енергію і консервували її у вигляді деревини. На протязі віків дерева поховувались під шарами повільно осідаючого мулу і піску. Ці нашарування спресовували рослинні рештки. Під дією високого тиску і високої температури в них відбувались хімічні перетворення. Так поступово виникли сучасні поклади вугілля. На дні доісторичних боліт, зазнаючи подібних змін, величезні скупчення мікроорганізмів перетворювались на природний газ і нафту. Створюючи життя, Сонце створило і ці величезні джерела енергії, без яких не змогла б розвиватись сучасна цивілізація.

Проте вугілля і нафта — не єдині джерела енергії, створюваної Сонцем. Сонце нерівномірно нагріває різні частини Землі. Внаслідок обертання Землі навколо своєї осі і навколо Сонця один бік планети поглинає сонячну енергію, а нічна половина земної кулі віддає тепло у міжпланетний простір. На полюси і в тропічні області також потрапляє різна кількість тепла. По-різному поглинають сонячну енергію материки й океани, високі засніжені гори і долини. Повітряні маси піднімаються вгору в більш теплих місцях, а їх місце займає більш холодне повітря з навколишніх районів. Виникають вітри, енергію яких людина використовує у вітряних двигунах. Морякам добре відомі вітри пасати, що дмуть над тропіками. Вони виникають внаслідок руху мас повітря, яке переміщується з холодних і помірних областей до тропічних зон земної кулі. Поблизу моря вітри дмуть вдень до берега, а вночі — з боку суші на море.

Вітри відіграють величезну роль у створенні джерел гідроенергії. Волога, що випаровується у теплих місцях Землі, а також з морів і океанів, переноситься вітрами і випадає з атмосфери в інших місцях. Таким чином здійснюється кругообіг вологи в атмосфері та на поверхні Землі, виникають ріки, енергію води яких все в більшій і більшій мірі використовує людина.

Сонце — не тільки джерело життя й енергії на Землі. Воно — активний перетворювач нашої планети. Сонячна енергія, яку поглинають атмосфера, материки та океани, зумовлює складний комплекс метеорологічних та геофізичних явищ на поверхні Землі. Дощові води, вітри, зміна пір року, що супроводжується зміною спеки і морозу, повільно руйнують кам'яні і скелясті породи земної кори. Рослинний і тваринний світ, акумулюючи сонячну енергію, звільняє її шляхом різноманітних хімічних перетворень, змінюючи при цьому хімічну будову зовнішнього шару земної кори й атмосфери. Вітри і ріки переносять продукти руйнування гірських порід і рештки рослинного і тваринного світу, створюючи у долинах, западинах, на дні озер, морів і океанів осадові шари. А по мірі розвитку цивілізації людина — дитя Сонця — починає відігравати більш значну роль у перетворенні нашої планети.

Чи може Сонце „погаснути“?

Всі процеси, що змінюють вигляд нашої планети і створюють історію її «життя», прямо або посередньо пов'язані з Сонцем.

А що було б без Сонця?

Уявімо на хвилину, що Сонце раптово «зникло». Земля тоне в мороці, арктичний холод поступово охоплює всю планету. На протязі кількох тижнів тропіки заносить снігом. По мірі вирівнювання температури на Землі перестають дуети вітри. Внаслідок віддачі тепла у світовий простір температура на поверхні планети швидко знижується до абсолютного нуля (-273°C). Спочатку замерзає рослинний і тваринний світ. Волога випадає з атмосфери Землі на поверхню у вигляді снігу і льоду. Поступово промерзають до дна ріки й озера, потім моря й океани. Атмосферні гази поступово, в міру охолодження Землі, перетворюються у рідину, випадають на по-

верхню, а трохи згодом замерзають і покривають планету льодовиком товщиною в декілька метрів. Земля перетворюється в мертве, безмовне царство, спокій якого зрідка порушують космічні пришельці — метеорити та ще, можливо, вулкани, виверження яких відбувається внаслідок місцевих розігрівів надр Землі в результаті радіоактивних процесів.

Намальована картина в минулі часи була дуже привабливою для служителів церкви, що залякували простий люд «страшним судом» або «кінцем світу». Значення Сонця для життя на Землі настільки велике, що можливість всяких змін на Сонці викликає у недосвідчених людей почуття природного страху. Під час затемнення в 1922 р. австралійські туземці вирішили, що іноземці зловили Сонце у величезну сітку. Саме тому в минулі часи релігія використовувала явища сонячних затемнень для своєї мети, зокрема для придушення повстань та здобуття ще більшої влади над народом. Забобонний страх перед затемненнями Сонця ще досить сильний у багатьох недосвідчених людей. В 1914 р., наприклад, на Україні під час повного сонячного затемнення селяни з жахом правили молебні в церквах.

Чи існує насправді можливість «зникнення» Сонця? Ми вже знаємо, що Сонце не належить до класу змінних зір. Але, може, Сонце раптово вибухне, як вибухають так звані наднові зорі, або ж спалахне, збільшивши свою яскравість у десятки тисяч разів, що трапляється з новими зірками в нашій Галактиці?

В першому і другому випадках Земля та інші планети Сонячної системи згоріли б. Навіть процес спалаху нової зорі, яка через деякий час після спалаху повертається до свого попереднього стану, являє собою грандіозне явище. Діаметр нової зорі під час спалаху збільшується у сотні й тисячі разів. Так, наприклад, діаметр нової зорі в сузір'ї Живописця під час спалаху в 1925 р. становив 600 млн. км, що перевищує діаметр орбіти планети Марс. «Роздуваючись», нова зірка в момент своєї найбільшої яскравості відділяє оболонку з розжарених газів, які потім поступово розсіюються в космічному просторі.

За підрахунками радянських астрономів, в нашій Галактиці повинно бути близько 1 млн. зір, які спалахують як нові. З усієї кількості зірок в Галактиці (близько

130 млрд.) це число складає лише 0,001%. Крім того, Сонце за своїми характеристиками не належить до класу нових зір. Отже, можливість спалаху Сонця як нової зорі практично виключена. Ще менш імовірний вибух Сонця як наднової зірки. Спалах наднової зорі — явище взагалі дуже рідкісне. В нашій Галактиці такі спалахи відбуваються в середньому один раз за 500—600 років.

Чи може Сонце раптово «погаснути»? Дослідження процесів, які відбувались в земній корі в минулому, дають можливість встановити, що наше Сонце світить так само (або майже так само), як і зараз, принаймні уже протягом 1—2 млрд. років. А це дозволяє зробити висновки, що можливість значного зменшення випромінюваної Сонцем енергії на протязі мільйонів років абсолютно виключена. А людина на Землі існує всього яких-небудь 100 тис. років!

Проте звернемось до наукових фактів. Сонце віддає за рік у навколишній простір $12,5 \times 10^{33}$ Дж енергії. Маса Сонця становить 2×10^{33} г, тобто щорічно на кожні 2 г своєї маси Сонце віддає 12,5 Дж енергії. Якби ця енергія звільнялась за рахунок звичайного згоряння речовини, то при умові, що Сонце повністю складається з кам'яного вугілля і кисню, Сонце могло б проіснувати лише 1500 років. Насправді ж величезна кількість енергії, яку Сонце повсякденно «даремно» викидає у навколишній простір, виділяється у надрах Сонця за рахунок термоядерних реакцій. Кількість енергії E , що виділяється при цьому, визначена рівнянням Ейнштейна

$$E = mc^2,$$

де m — маса речовини, що «згоріла», c — швидкість світла, що дорівнює 300 тис. км/сек.

Підрахунки показують, що при «згорянні» у термоядерній печі одного грама речовини звільняється $8,9 \times 10^{13}$ Дж енергії, тобто стільки, скільки під час звичайного згоряння 20 тис. т вугілля. Коли б у процесі термоядерних реакцій Сонце «згоряло» рівномірно з такою швидкістю, як і зараз, то його тепла вистачило б на 10 000 млрд. років. Проте зірки, в тому числі й наше Сонце, у процесі свого розвитку гублять деяку частину своєї маси за рахунок викидання речовини у вигляді так званих корпускулярних потоків (корпускула — частинка). Крім того, термоядерні реакції в надрах Сонця

не можуть продовжуватись до тих пір, поки воно не «згорить» вшепт. На тій стадії розвитку, в якій Сонце перебуває зараз, в його надрах відбуваються реакції, у процесі яких «згоряє» водень і утворюється гелій.

Американський фізик-теоретик Г. Бете вважає, що в надрах Сонця відбувається так званий вуглецевий цикл ядерних перетворень. При цьому кількість вуглецю залишається незмінною, а сам він у процесі реакції відіграє роль, подібну до ролі каталізатора у звичайних хімічних реакціях.

Проте на протязі останніх років вчені встановили, що в надрах Сонця можлива також більш проста, так звана протон-протонна реакція, подібна до якої відбувається у водневій бомбі. Зараз спеціалісти вважають, що більша частина термоядерної енергії у надрах Сонця звільняється за рахунок протон-протонної реакції. Але в обох випадках «згоряє» водень і утворюється гелій. Вважають, що ядро гелію в чотири рази важче, ніж ядро водню — протон. Але це не зовсім вірно. Якщо перетворити у гелій 1,0078 г водню, то весь гелій, що утворився, буде важити 1,000 г. Решта 0,0078 г, дещо менше одного процента, перетворилась в енергію. Згідно з рівнянням Ейнштейна, 0,0078 г речовини відповідає $7,1 \times 10^{11}$ дж енергії. Така кількість енергії звільняється внаслідок згоряння 1,0078 г водню.

Водень — найбільш розповсюджений на Сонці елемент. Він складає близько 80% маси Сонця. На скільки ж вистачить водневого палива, щоб підтримувати випромінювання нашого денного світила на такому рівні, як зараз? Це неважко підрахувати. 80% маси Сонця становить $1,6 \times 10^{33}$ г. Якщо весь водень «згорить» у процесі термоядерних реакцій, то 0,78% його маси, або $1,25 \times 10^{31}$ г перетвориться в енергію (згідно з рівнянням Ейнштейна), яка дорівнює $1,2 \times 10^{45}$ дж. Випромінюючи так, як і зараз, Сонце витратить цю енергію за 90 млрд. років. Проте розрахунки вчених показують, що Сонце не може світити без змін до тих пір, поки не «вигорить» весь водень. В міру витрачання водню в надрах Сонця кількість гелію в ядрі поступово зростатиме, термоядерні реакції будуть змішуватись із надр у більш високі шари зорі. В цей час Сонце почне збільшуватись у діаметрі і ставати червонішим. Кількість випромінюваної ним енергії збільшиться. Але цей період наступить не-

скоро. Навіть за найбільш обережними прогнозами вчених Сонце буде світити без значних змін близько одного — кількох мільярдів років. Коли запаси водневого палива будуть кінчатись, температура Сонця зменшиться. Воно почне стискатись під дією сил тяжіння. Внаслідок стискання температура в надрах почне збільшуватись; коли вона досягне 100 млн.°C, розпочнеться нова термоядерна реакція, внаслідок якої гелій буде перетворюватись в ядра більш важких хімічних елементів. Гелієве Сонце буде більш гаряче, ніж водневе. Якщо в той час життя в Сонячній системі ще буде існувати, то людству не загрожує небезпека позбутись сонячного світла і тепла. Отже, як ми бачимо, нема підстав боятись, що Сонце може «погаснути».

Сонце і енергетика майбутнього

Більш серйозною проблемою для людства є винайдення нових джерел енергії, потреби в якій зростають з кожним днем. Людство неймовірно швидко витрачає корисні енергетичні копалини — акумульовану сонячну енергію, законсервовану у вигляді нафти, газу, кам'яного вугілля. Згідно з останніми підрахунками, запасів вугілля вистачить приблизно на 100 років, а нафти — ще на менший час. На щастя, нові поклади нафти зараз розшукують скоріше, ніж іде розробка знайдених раніше. Проте слід врахувати, що ми витрачаємо енергію, яка створювалась протягом мільйонів років, і витрати її збільшуються з кожним днем. Все більша і більша кількість засобів виробництва, предметів домашнього вжитку виготовляється з пластмаси. А пластмаса — це вугілля, нафта. Навіть виробництво предметів з інших матеріалів потребує нафти, газу, вугілля, як джерела енергії, використовуваної в процесі виробництва. Якщо навіть будуть винайдені нові методи геологічної розвідки корисних копалин і в результаті — винайдені величезні поклади кам'яного вугілля чи нафти, не можна вважати розв'язаною проблему забезпечення людства енергією в майбутньому. Несучи певний обов'язок перед майбутніми поколіннями, уже зараз людство повинно турбуватись про винайдення нових джерел енергії, незалежно від того, вистачить нам газу і нафти на сто чи на тисячу років.

Де шукати нові джерела енергії? У вітру і води? Ця енергія непрямим шляхом надходить від Сонця. Безперечно, що можливості використання енергії вітру і рік ще далеко не вичерпані. У найближчому майбутньому всі більш-менш повноводні ріки будуть перекриті каскадами гідроелектростанцій. У багато раз зросте кількість енергії, що добувається за рахунок вітру: вже зараз розробляються проекти більш ефективних вітряних двигунів. Вітер, що дме зі швидкістю близько 40 км/год, приводячи в дію вітрову турбину діаметром 30 м, може генерувати електроенергію потужністю 100 кв. Але такі вітроподвигуни коштують значно дорожче, ніж тепло- та гідроелектростанції. Безсумнівно, що в найближчому майбутньому вартість вітрових електростанцій значно зменшиться і кількість енергії, що добувається за рахунок вітру в районах Землі з постійно дуючими вітрами, буде складати основну частину.

Великі можливості обіцяє використання енергії морських припливів. Як відомо, на побережжі деяких океанських заток та бухт висота припливів становить понад 10 м (найбільша на земній кулі висота припливу в затоці Фонді на узбережжі Канади досягає 18 м). Величезні греблі з шлюзами, які відгороджують бухту від океану, можуть затримувати воду, яка збирається в затоках під час припливів. Така споруда з встановленими на ній гідрогенераторами під час відпливу може діяти так, як і гребля звичайної ГЕС на великій річці. А під час припливу вода, поринаючи в бухту через отвори у греблі, може приводити в дію ряд інших гідрогенераторів.

Проте і вітер, і вода — відносно малоефективні перетворювачі сонячної енергії. Можна сподіватись, що у найближчому майбутньому енергія вітру і води зможе задовольнити лише частину потреб людства в електроенергії. Тому вже зараз вчені ведуть інтенсивні дослідження, спрямовані на винайдення і освоєння таких джерел енергії, якими людство було б забезпечене без обмежень у далекому майбутньому.

Великі надії вчені покладають на можливість виробництва атомної енергії. Як відомо, є два основні види атомних реакцій: поділ і синтез. Найбільш відомий приклад першого виду реакцій — це розщеплення урану.

Нейтрон³, попадаючи в атомне ядро урану 235⁴, викликає поділ ядра на дві нерівні частини. При цьому виділяється певна кількість енергії, а також ще декілька нейтронів, які здатні поділити інші атоми урану 235. Якщо ця реакція відбувається в ядерному котлі (реакторі), в якому є спеціальні металічні стержні, здатні поглинати нейтрони, то швидкість реакції можна контролювати за допомогою цих стержнів. Без них в урановому котлі відбувається вибух, як у звичайній атомній бомбі.

Як відомо, перша атомна електростанція з таким урановим котлом була побудована в Радянському Союзі. Зараз атомна енергія використовується і в інших країнах. Але видобуток її коштує відносно дорого. Атомні електростанції працюють на дуже дорогому паливі — ізотопі урану з атомною вагою 235. Із 140 т чистого урану можна одержати лише 1 т урану 235. Для того щоб покрити, наприклад, щорічні витрати вугілля у Сполучених Штатах, необхідно в атомних котлах розщеплювати 200 т урану 235, а для цього треба добути 30 тис. т чистого урану, переробляючи 6 млн. т уранової руди за рік.

Якщо використовувати виключно атомну енергію уранових котлів, то уранової руди для покриття потреб людства в енергії вистачить лише на декілька років.

Майже необмежені можливості забезпечення людства енергією обіцяє розв'язання проблеми керованих ядерних реакцій синтезу, або так званих термоядерних реакцій. Простіша з них — вже відома нам протон-протонна реакція, здійснювана у водневій бомбі. Запаси палива — водню, що є складовою частиною води, практично невичерпні у водах океанів Землі. Проте найнижча температура, при якій може розпочатись термоядерна реакція, становить 5 млн.°С. У водневій бомбі таку температуру можна одержати внаслідок вибуху звичайної уранової бомби, яка відіграє своєрідну роль «капсуля».

Щоб контролювати швидкість водневої ядерної реак-

³ Нейтрон — одна з елементарних частинок, які входять до складу ядер хімічних елементів. Нейтрон не носить електричного заряду; його маса дорівнює масі протона — ядра атома водню.

⁴ Уран 235 — ізотоп урану з атомною вагою 235. Атомна вага звичайного урану — 238.

ції синтезу, необхідно в першу чергу створити для водневого палива своєрідний «котел», який витримував би температуру 5 млн. °C і більше. Вчені багатьох країн ведуть інтенсивні дослідження в цьому напрямі. Зокрема, найбільш перспективним на сучасному етапі цих досліджень вчені вважають створення «котла» з магнітними «стінами». Плазму разом з водневим паливом утримуватимуть в цьому «котлі» за допомогою надпотужного магнітного поля, силові лінії якого матимуть певну конфігурацію. Але створення такого «котла», а також вирішення цілого ряду не менш складних науково-технічних проблем, що стоять на шляху до практичного здійснення керованої термоядерної реакції, ще далекі до завершення. Ми не можемо назвати навіть попередніх строків, коли людство зможе використовувати на практиці енергію термоядерних реакцій. Тому проблема енергетики для людства залишається першочерговою, і шляхи до її розв'язання знову приводять нас до Сонця.

На сучасному етапі розвитку людство споживає мізерну кількість сонячної енергії, що потрапляє на Землю. Опівдні в середніх широтах земної кулі кількість сонячної енергії, що падає на 1 кв. м поверхні, може забезпечити потужність в одну кіньську силу! Кількість енергії, що падає на 0,1 га поверхні, дорівнює енергії, що її розвиває двигун грузовика, а 500 кв. км поверхні одержують шосекунди стільки енергії, скільки її виробляло б двісті таких гігантів, як Волгоградська ГЕС. Проте використати сонячну енергію не так легко. Основні труднощі, що виникають на шляху до її використання, полягають у тому, що пряме сонячне світло не створює високих температур. Серйозною проблемою є також збереження сонячної енергії. Адже через обертання Землі навколо осі і руху по орбіті навколо Сонця сонячне світло надходить в певні райони земної кулі з перервами.

Сонячні енергетичні установки, які людина використовує на практиці, засновані на принципі концентрації сонячної енергії за допомогою дзеркал-рефлекторів. Так, побудовані й діють у Радянському Союзі і за кордоном сонячні кухні, кип'ятильники і навіть сонячні печі, в яких можна зварювати метал (рис. 6, 7). Проте установки такого типу ще малоефективні. А при збільшенні потужності зростає їх відносна вартість. Для того

щоб ефективно використовувати сонячну енергію протягом всього дня, потужні сонячні печі й сонячні енергетичні станції необхідно обладнувати системою складних інженерно-технічних пристроїв. А це значно підвищує вартість сонячних установок. Отже, перед інженерами і вченими стоїть завдання створити станції, які функціонуватимуть досить довго без ремонту, а також без особливих затрат в експлуатації. Лише тоді, незважаючи на відносно велику вартість, такі станції зможуть конкурувати з сучасними гідроелектростанціями. Безсумнівно, що в результаті непинного розвитку науки і техніки в недалекому майбутньому будуть створені такі сонячні енергетичні станції (рис. 8).

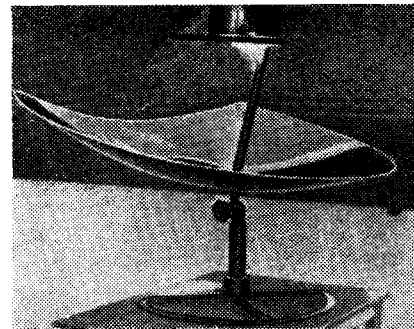


Рис. 6. Сонячна кухня для індивідуального користування в Індії.

Останнім часом особливої уваги заслуговують дослідження, спрямовані на створення ефективних сонячних батарей, що безпосередньо перетворюють пряме сонячне світло в електроенергію. Як відомо, на штучних супутниках Землі сонячні батареї — одне з основних джерел енергії. Вже зараз коефіцієнт корисної дії сонячних батарей досягає 11%. Проте поки що сучасні сонячні батареї можуть постачати енергією установки невеликої потужності.

Величезним природним акумулятором сонячної енергії є рослинний світ. Внаслідок фотосинтезу в листях рослин хлорофіл нагромаджує сонячну енергію у вигляді органічної речовини — клітковини. При цьому рослини поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень. Процес фотосинтезу, під час якого енергія сонячного проміння перетворюється в хімічну енергію складних органічних речовин, є головним процесом живої природи. Без нього життя на нашій планеті було б неможливим. Кількість сонячної енергії, перетворюваної в результаті фотосинтезу в поживну органічну речовину, величезна. За кордоном ідеологи реакції — послідовники відомої тео-

рії Мальтуса — пророкують швидку загибель людства від нестачі продуктів харчування. Проте, якби всю рослинність, що зараз є на земній суші, складали б тільки кормові і продовольчі культури, то продуктами харчування можна забезпечити 58 млрд. чоловік. Якщо вживати для харчування всю рослинність морів і океанів, то їжі вистачить для 290 млрд. чоловік. А всієї

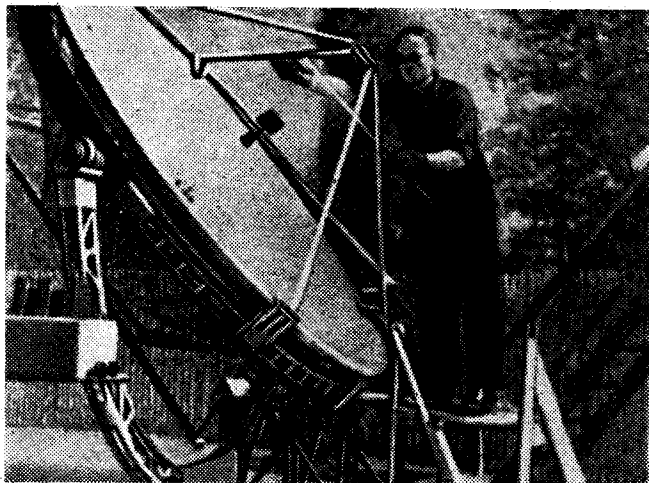


Рис. 7. Зварювання сталі на сонячній установці ГУ-2.

енергії Сонця, яку поглинає в процесі фотосинтезу весь рослинний світ Землі, вистачило б, щоб прогодувати 13 трильйонів чоловік!⁵

Отже, в майбутньому на Землі, можливо, буде в безліч разів збільшена кількість рослин на суші та в океанах. При цьому величезні масиви рослинності будуть здатні акумулювати значно більше сонячної енергії — з коефіцієнтом корисної дії принаймні в декілька процентів. Отже, людство зможе використовувати рослинний світ не лише для потреб харчування, а також і для своїх енергетичних потреб.

Перспективи використання безпосередньої сонячної енергії величезні, а сама наука, що розв'язує ці питан-

⁵ Див. К. М. Малин, Жизненные ресурсы человечества, Вид-во АН СРСР, М., 1961.

ня — геліотехніка, — ще зовсім молода. Ми зараз не можемо впевнено визначити, які саме з напрямків геліотехніки є найбільш перспективними. Безсумнівно, що в побуті людей у недалекому майбутньому знайдуть широке застосування дешеві портативні сонячні установки для виготовлення їжі, обігрівання квартири, сушіння фруктів, живлення електроенергією предметів домаш-

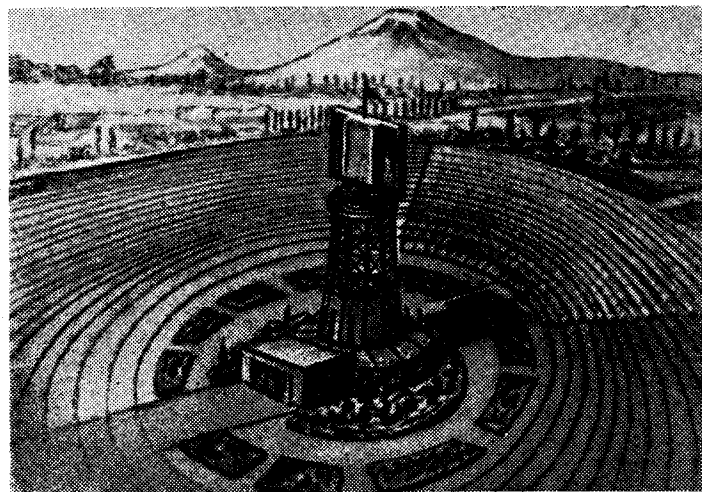


Рис. 8. Загальний вигляд сонячної енергетичної станції (СРСР, проект).

Система дзеркал, що посиляє сонячну енергію до парового котла на висоті 35-метрової башти, займає цілий сектор споруди, подібної до стадіону. Вся система рухається навколо башти з котлом, по мірі того як Сонце змінює своє положення на небі.

ного вжитку і т. п. Передбачається також створення потужних сонячних батарей та виведення сортів рослин, що особливо ефективно засвоюють сонячну енергію. Зокрема, одним з таких видів рослин є відома вже всім простіша водорість хлорелла, яка в процесі фотосинтезу засвоює сонячну енергію з коефіцієнтом корисної дії приблизно 40%.

Сонячна активність

Відносно невелика (в астрономічних масштабах) відстань Сонця від Землі дозволяє вченим не тільки досконально вивчати його загальні характеристики як зір-

ки в цілому, а й досліджувати особливості будови поверхні і процеси, що відбуваються в його атмосфері.

Сонячні плями були тією першою загадкою, яка в значній мірі сприяла розвитку наукових уявлень про наше денне світло. У 1826 р. любитель астрономії аптекар Швабе почав щоденно підраховувати кількість плям, які він спостерігав на Сонці. Він виявив, що в одні роки на Сонці плям більше, в інші їх майже немає. За період з 1826 по 1868 р. йому вдалось установити, що кількість плям на Сонці змінюється за певною закономірністю з періодом близько 10 років. Астроном Р. Вольф в Цюрихській обсерваторії зацікавився відкриттям Швабе. Він опрацював усі спостереження плям з часів Галілея, підтвердив відкриття Швабе і встановив більш точний період плямоутворення на Сонці — 11 років. Так з'явилося поняття про сонячну активність. Астрономи називають Сонце спокійним, коли на ньому дуже рідко з'являються плями або ж їх зовсім немає. Останній максимум активності спостерігали у 1958 р., а черговий мінімум — у 1964 р.

Згодом вчені встановили, що плямоутворення — це тільки один із багатьох процесів на Сонці, які визначають поняття сонячної активності. Період, коли Сонце неспокійне, характерний наявністю великої кількості так званих активних областей, або центрів активності, в яких виявлено величезні магнітні поля потужністю в декілька тисяч гаус⁶. Явища і процеси, що розвиваються в активній області, охоплюють всі шари атмосфери Сонця, розповсюджуючись навіть на певну глибину під фотосферою. Активні області з'являються на певних широтах, в так званих зонах активності Сонця (в межах 8—30° симетрично по обидві сторони сонячного екватора). Характерною особливістю активних зон є зміна їх середньої широти на протязі циклу. На початку циклу активні області з'являються переважно на широтах $\pm 30^\circ$ і згодом «сповзають» все нижче й нижче до екватора. В період максимуму середні широти зон активності становлять $\pm 15^\circ$, а в кінці циклу $\pm 8^\circ$. В той час, коли зникають на близьких до екватора широтах плями циклу, що закінчується, на високих широтах з'являються плями наступного циклу сонячної активності.

Розвиток центру активності починається з появи на поверхні Сонця невеликої ділянки, яскравість якої при спостереженні у променях водневої лінії H_α та інших інтенсивних лініях сонячного спектра більша, ніж яскравість навколишніх районів. Ці більш яскраві ділянки поверхні Сонця в активній області називають флоккулами (рис. 9). Дослідження

за допомогою спеціальних приладів — магнітографів показують, що в області флоккулів існує відносно слабе магнітне поле, яке можна спостерігати ще до утворення флоккулів. Згодом, за декілька днів, магнітне поле значно підсилюється, флоккул стає яскравішим, площа його ділянки збільшується. В районі з максимальною напругою магнітного поля з'являється сонячна пляма. Навколо плями яскравість і

площа флоккула продовжують збільшуватись. Надалі, як правило, в активній області з'являється друга пляма, при цьому знак магнітного поля в цій плямі протилежний знаку поля у першій плямі (так звана біполярна група плям). Згодом між першою і другою плямами з'являється багато дрібних плям. Найменші з них називаються порами. В цей період активність області значно зростає. В шарах хромосфери поблизу плям виникають так звані хромосферні спалахи. Найбільш інтенсивні спалахи існують декілька годин і займають області розмірами до кількох десятків тисяч кілометрів (рис. 10). В цей же період в активній області виникають так звані зворотні протуберанці (рис. 11): при спалаху речовина протягом кількох хвилин рухається у певному напрямку над поверхнею Сонця зі швидкістю в декілька сот кілометрів за секунду і, досягнувши значної висоти, по тій же

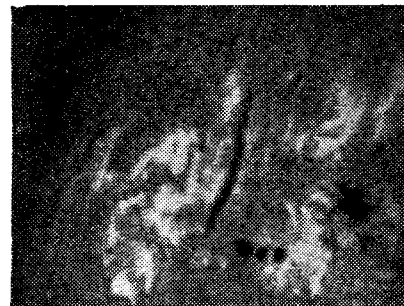


Рис. 9. Велика активна область поблизу краю диска Сонця, сфотографована у світлі водневої лінії H_α (23.I 1959 р., ГАО АН УРСР). Продовгувате темне утворення — молоде волокно, що виникло в активній області, розділяючи її на дві частини. Яскраві ділянки з нечіткими обрисами — флоккули. Видно також темні ядра найбільших плям групи.

⁶ Гаус — одиниця напруги магнітного поля.

траекторії рухається в зворотному напрямку. Все частіше з'являються активні протуберанці, які існують від декількох хвилин до декількох годин. Найбільш цікаві з них — так звані петлі, в яких речовина рухається по траекторії, що дуже нагадує форму силових ліній магнітного поля.

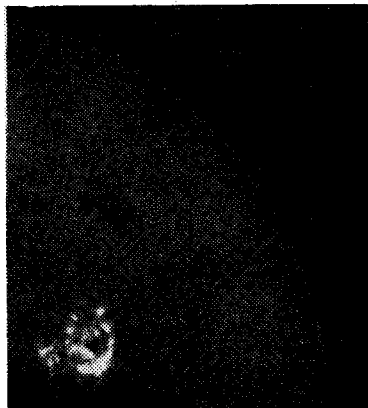


Рис. 10. Великий хромосферний спалах поблизу сонячної плями (2.VI 1957 р., ГАО АН УРСР).

поблизу плям найбільш нестійкі і мають складну конфігурацію. В цей період (з п'ятої до п'ятнадцятої доби існування активної області) сонячні плями, активні і зворотні протуберанці досягають максимальної величини, а яскравість і площа флоккульної ділянки навколо плям продовжують зростати.

Проте вже через місяць в активному центрі зникають майже всі плями. Якщо група була біполярною, то головна пляма ще продовжує існувати. Кількість хромосферних спалахів, зворотних і активних протуберанців значно зменшується. Зате, як правило, з'являється великий спокійний протуберанець. Здебільшого він має арокну будову (рис. 12) і в проекції на диск спостерігається у вигляді великого темного утворення, що зветься волокном. Розміри флоккульного поля в цей час ще продовжують збільшуватись. Коли «вік» активної області досягає півтора місяця, плями зовсім зникають. Спокійне волокно продовжує існувати і набуває гігантських

розмірів (до 200 000 км). Через три місяці флоккули активної області зникають, а волокно ще може виділюватись. Магнітне поле на рівні фотосфери в активній області вже не спостерігається, і через чотири місяці після свого «народження» активна область фактично вже не існує. Але волокно, дещо зменшившись за розмірами, ще продовжує існувати. У цей період воно вже не зв'язане з тією ділянкою поверхні Сонця, де була активна об-

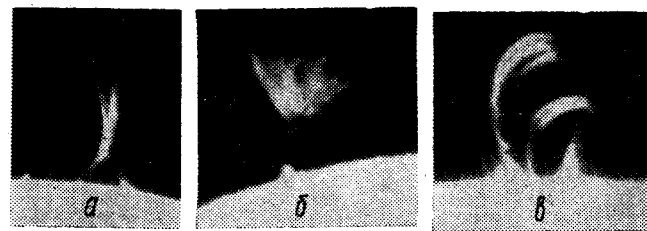


Рис. 11. Деякі види активних протуберанців:
а — зворотний (12.VIII 1957 р.); б — корональний (17.XII 1957 р.);
в — петлеподібний (28.VI 1957 р., ГАО АН УРСР).

ласть. Поступово зміщуючись у напрямі до полюса, волокно через деякий час досягає так званої «полярної» зони протуберанців, розташованої на широтах вище 60°. У цій зоні волокно, змінюючи свою форму, існує дуже довго, інколи декілька місяців.

Зміни в активній області на рівні фотосфери і хромосфери супроводжуються певними процесами в сонячній короні. Вся ділянка корони, що простягається над активною областю, випромінює значно яскравіше, ніж інша, незбурена корона. Під час найбільшої активізації сонячних спалахів у короні спостерігаються так звані корональні конденсації з температурою близько десяти мільйонів градусів. Разом з тим над потужними активними областями корона має вигляд дуг і шапок (шлемів), які на значних висотах набувають форми величезних радіальних променів, що простягаються інколи на віддалі кількох радіусів Сонця (рис. 1, 4). Такі основні етапи розвитку центру активності. Взагалі всі явища, що спостерігаються в активній області, як і кількість центрів активності на Сонці, мають чіткий одинадцятирічний період з високим максимумом і досить глибоким мінімумом. Дослідження показали, що процеси в активній

області, особливо в період її молодого віку, коли часто спостерігаються спалахи, зворотні й активні протуберанці, зростає магнітне поле, збільшується кількість плям і зростає їх площа, супроводжуються звільненням величезної кількості енергії у вигляді ультрафіолетового, рентгенівського та γ -випромінювання, космічних променів, інтенсивного радіовипромінювання та потужних потоків заряджених частинок — корпускул, що руха-



Рис. 12. Великий спокійний протуберанець, характерний для кінцевої стадії існування активної області:

а — 22.I 1959 р.; б — 25.I 1959 р. — в проекції на диск Сонця.

ються від Сонця з середніми швидкостями близько 1500 км/сек.

Розв'язання питання, які саме з процесів в активній області є джерелами того чи іншого виду випромінювання, має величезне значення для вивчення природи активних процесів на Сонці, для вирішення ряду важливих практичних проблем геофізики і космонавтики.

Наполегливі дослідження на протязі останніх десяти років показують, що корональні конденсації випромінюють жорстке, тобто короткохвильове, рентгенівське проміння з довжиною хвилі $2\text{--}6 \text{ \AA}^7$, а конденсації, що спостерігаються над особливо великими хромосферними спалахами, є джерелами космічного проміння. Активізація протуберанців у період «молодої фази» розвитку центру активності, можливо, зв'язана з ультрафіолетовим випромінюванням у спектральній лінії Лайман-альфа (L_α), найбільш інтенсивній резонансній водневій лінії, що має довжину хвилі 121,6 нм. Особливо потужними процесами є хромосферні спалахи, під час яких потоки рентгенівського, ультрафіолетового і корпускулярного випромінювання від Сонця можуть збільшуватись в де-

сятки і сотні разів. В результаті виникнення зворотних протуберанців, що спостерігаються одночасно зі спалахами, можливо, відбувається викидання матерії в міжпланетний простір. В цей же час корпускулярні потоки, проходячи в радіальному напрямі через сонячну корону, збурюють її, в результаті чого шари корони випромінюють інтенсивні радіохвилі. Причому кожний шар корони має свою так звану плазмову частоту і випромінює радіохвилі лише певної, «своєї» довжини. В міру того, як корпускулярні потоки проходять через все вищі і вищі шари сонячної корони, на Землі спостерігається сонячне радіовипромінювання, довжина хвилі якого послідовно змінюється, — так звані динамічні спектри. Вивчення їх дало змогу встановити, що існує два чітко розрізнені види корпускулярного випромінювання, що збурює корону. Швидкість одного з них — близько 1000 км/сек, а другого — 100 000 км/сек. Остання наближається до швидкості світла і є характерною для космічних променів.

Результати останніх досліджень вказують на те, що джерелами надзвичайно інтенсивної корпускулярної космічної та жорсткої ультрафіолетової і рентгенівської радіації не є лише хромосферні спалахи. Вірніше вважати, що хромосферні спалахи, як і сама радіація, є лише наслідком інших, більш грандіозних процесів, зв'язаних із значними перетвореннями енергії магнітного поля активної області, а можливо, і з ядерними процесами в неглибоких підфотосферних шарах.

Сонце—Земля—Космос

Процеси на Сонці, що супроводжуються виділенням енергії в таких грандіозних кількостях, не можуть не викликати певних змін на Землі. Усвідомлюючи, в якій величезній мірі Сонце впливає на життя нашої планети, вчені намагались ще з часів перших досліджень плямоутворення на Сонці знайти зв'язок цього явища з явищами органічного і неорганічного життя Землі. Ще в середині минулого століття виникла наукова проблема Сонце — Земля. Перші дослідження в цьому напрямку носили характер лише статистичних зіставлень числа плям на Сонці з різними явищами на Землі. Проте ці дослідження об'єктивно відбивають вплив сонячної ак-

⁷ 1 $\text{\AA}$ дорівнює 0,1 нм.

тивності на Землю, тому що плямоутворення на Сонці загалом дуже добре відображає характер циклічності всієї сонячної активності. В результаті досліджень було виявлено зв'язок активності Сонця з кількістю опадів і гроз, коливаннями середньої річної температури, інтенсивністю атмосферної циркуляції, а також змінами атмосферного тиску, рівня води в закритих водой-

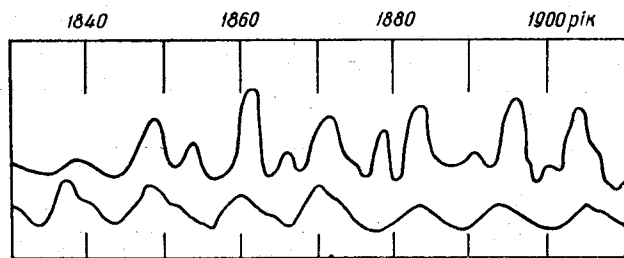


Рис. 13. Ріст дерев (верхня крива) та кількість сонячних плям (знизу) за даними досліджень в Англії, Норвегії, Швеції, Австрії та ін.

Найсприятливіші умови для росту дерев спостерігаються в періоди максимуму сонячної активності. На верхній кривій видно менш помітні додаткові максимуми, що лежать приблизно посередині між головними.

мишах, зокрема в Каспійському морі, і зміною товщини річних кілець стовбурів дерев (рис. 13). Кільця дерев є природними показниками погоди. Більш широкі кільця відповідають більш сприятливим кліматичним умовам, з більшою кількістю тепла і вологи. Детальні дослідження в цьому напрямку були проведені Дугласом у США. Він зіставив серії даних про ріст дерев, внаслідок чого йому вдалось прослідкувати зміни погоди в минулому навіть на тисячі років назад. Виявилось, що клімат Землі на протязі минулих століть перетерпів багато змін, пов'язаних, можливо, з більш тривалими «надперіодами» сонячної активності.

Ще в більшій мірі залежить від активності Сонця стан земної атмосфери. Шари земної атмосфери поглинають геоактивне електромагнітне та корпускулярне випромінювання Сонця, яке, взаємодіючи з земним магнітним полем, обумовлює ряд фізичних процесів, що викликають явища полярних сяїв, магнітних бур, порушень радіозв'язку тощо. Ще більш повновладним госпо-

дарем почуває себе Сонце у високих шарах земної атмосфери та в міжпланетному просторі. Про це розповідають останні дослідження, проведені за допомогою штучних супутників Землі та космічних ракет.

А втім, пригадаємо дещо з історії цієї проблеми. Розвиток наукової проблеми Сонце—Земля тісно пов'язаний з історією вивчення нашої планети. Зокрема, особливо цікавило і цікавить зараз геофізиків питання про льодовикові умови і клімат Землі в минулому і майбутньому. Чи стає клімат Землі більш помірним, чи навпаки — наша планета знову буде переживати льодовиковий період? Чи не є причиною вікових змін клімату на Землі вплив Сонця?

У 1882 р. вчені десяти найбільших країн світу розпочали спільні дослідження нашої планети за програмою Міжнародного полярного року. Ідею проведення МПР палко підтримали вчені різних країн. Основною метою цього наукового заходу було всебічне вивчення нашої планети в північних та південних полярних областях. Вже на той час вчені знали про зв'язок між циклічністю сонячної активності і цілим рядом явищ геомагнетизму, кліматом, морськими течіями. Програма першого МПР була розрахована на один рік досліджень — на рік, коли передбачався максимум сонячної активності.

В результаті перших об'єднаних досліджень були опубліковані цінні відомості про погоду, рух льодів в різних районах Арктики, складені перші карти розповсюдження полярних сьїв. Багато нового узнали вчені про геомагнітні явища. Отже, цей перший об'єднаний наступ учених різних країн на тайни Землі і Неба мав величезне значення для майбутнього розвитку науки.

Час ішов, і нові відкриття ставили перед вченими нові завдання. Після винайдення радіо на початку XX ст. в атмосфері Землі був виявлений шар, що відбивав радіохвилі (шар Хевісайда, як на той час його називали). Дещо пізніше були відкриті космічні промені. Життя ви-магало нового об'єданого наступу вчених на таємниці природи. 1 серпня 1932 р., в період мінімуму сонячної активності, були розпочаті дослідження за програмою другого Міжнародного полярного року. Різноманітна програма досліджень здійснювалась уже в кооперації 44 держав. Радянський Союз — один із головних учасників II МПР організував 15 морських наукових експе-

дицій (пригадаємо героїчну Челюскінську експедицію). Активний наступ було розпочато на Антарктиду. Авангардом цього наступу була американська експедиція під керівництвом адмірала Р. Берда.

Наукова цінність результатів II МПР була величезною. В атмосфері, на висоті 65 км, вчені виявили шар, що поглинає радіохвилі. Обумовлені сонячною активністю, зміни режиму поглинання радіохвиль у цьому шарі, як виявилось, приводять до тривалих порушень радіозв'язку на Землі. Дослідники встановили зв'язок полярних сьайв із сонячною активністю, вивчили швидкість протікання геомагнітних явищ, що охоплюють всю земну кулю (це має велике практичне значення для навігації). Крім того, було встановлено, що в період між першим і другим Міжнародним полярним роком льодова обстановка в полярних районах стала менш суворою.

Друга світова війна перервала обробку і вивчення численних матеріалів спостережень, одержаних під час II МПР. Деякі дані спостережень назавжди загубились. Проте ідея міжнародної кооперації вчених не загинула, а навпаки, відродилась з новою силою. Після війни в умовах миру і світового співробітництва, на базі створення найновіших засобів для проведення наукових досліджень, перед вченими відкрились безмежні можливості.

У 1950 р. на Міжнародному з'їзді геофізиків було вирішено провести новий МПР не через 50, а через 25 років після II МПР. Поступали пропозиції не обмежуватись дослідженнями лише в полярних областях — об'єктом вивчення повинна стати вся планета. Так, третій Полярний рік став Міжнародним геофізичним роком (МГР). Створений Спеціальний Комітет (СК МГР) на своєму першому засіданні призначив строки МГР — з 1 липня 1957 р. по 31 грудня 1958 р. На цей період припадав черговий максимум сонячної активності. Згодом, в серпні 1958 р., на Міжнародній асамблеї СК МГР була прийнята пропозиція Радянського Союзу продовжити роботу вчених всього світу ще на один рік. Під час Міжнародного геофізичного року в різних країнах створювались національні комітети, які розробляли плани досліджень.

А плани були грандіозні: 4 тис. станцій, обсерваторій та наукових експедицій вивчали космічні промені, пи-

тання гляціології, гравіметрії, океанографії, сейсмології, явища сонячної активності, процеси в іносфері тощо.

Радянський Союз і США запланували створення і запуск штучних супутників Землі. Це послужило символом для створення емблеми Міжнародного геофізичного року (рис. 14).

Перед Спеціальним Комітетом МГР стояли важливі завдання: рівномірно розподілити станції та обсерваторії по всій планеті, визначити так звані «міжнародні меридіани» — певні географічні меридіани, вздовж яких сітка наукових станцій намічалась особливо густою.

Для збору та збереження одержаних даних були створені міжнародні центри. Спеціальна служба зв'язку «Алерт» сповіщала наукові станції про дні та інтервали, коли необхідно провадити особливо ретельні спостереження. Як правило, ці інтервали оголошувались в дні з підвищеною активністю Сонця.

Чітко організована система координації досліджень в значній мірі сприяла успішному здійсненню наукової програми. Ще до закінчення МГР на п'ятій асамблеї СК МГР в 1958 р. в Москві вчені доповіли про цілий ряд відкриттів величезного наукового і практичного значення. 4 жовтня 1957 р. Радянський Союз відкрив шлях у космос. Об'єктом безпосередніх дослідів стала не тільки Земля, а й межі її атмосфери, що переходять у міжпланетний простір. Верхня атмосфера Землі, як виявилось, більш різноманітна і простягається значно далі, ніж вважали раніше. Зовнішня атмосфера Землі має радіаційні пояси — величезні «резервуари» заряджених частинок. Тут можуть виникати електричні струми, що викликають збудження магнітного поля Землі. Заряджені частинки мають колосальну енергію, тому вони дуже небезпечні для космонавтів. Характеристики радіаційних поясів, особливо зовнішніх (рис. 15), сильно змінюються, головним чином в залежності від стану сонячної активності.



Рис. 14. Емблема Міжнародного геофізичного року.

В цих областях атмосфери Землі, де знаходяться радіаційні пояси, відбуваються складні процеси, що обумовлюють спостережувані з поверхні планети полярні сяйва. Зв'язок цих явищ, а також природа радіаційних поясів ще не з'ясовані остаточно. Проте вже зараз можна твердити, що ці найбільш високі шари земної атмосфери, названі геокороною, є головною проміжною лан-

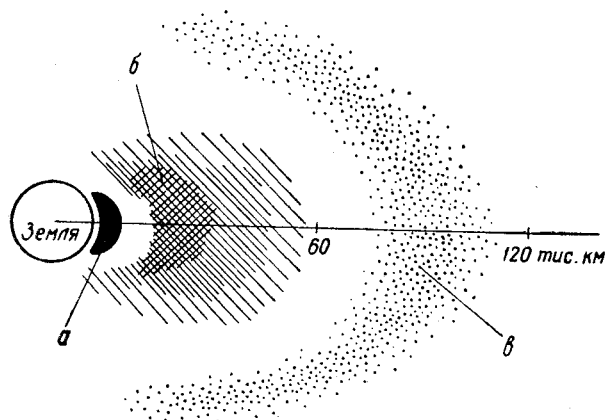


Рис. 15. Конфігурація оточуючих Землю поясів заряджених частинок:

а — внутрішній радіаційний пояс, *б* — зовнішній пояс, *в* — самий зовнішній пояс заряджених частинок.

кою в усіх взаємодіях між явищами на Сонці та Землі.

Надзвичайно цікаві результати досліджень під час МГР одержано в Антарктиді. Товщина льодовика в Антарктиді виявилась значно більшою, ніж вважали раніше. В середньому вона становить 2000 м, а в деяких місцях досягає 4000 м. В Антарктиді сконцентровано 28 млн. км³ льоду з 30 млн. км³ його на всій Землі. В той же час об'єм прісних вод всіх водоймищ Землі складає лише 4 млн. км³. Підрахунки показують, що якби розтанули льодовики Антарктиди, то рівень води у світовому океані піднявся б на 50 м!

Антарктида, як виявилось, значно впливає на клімат Землі. Внаслідок повного обледеніння і значної висоти вона має так званий «від'ємний» річний баланс тепла — в середньому за рік вона віддає у простір більше теп-

ла, ніж одержує його від Сонця. Тому саме тут під час МГР станцією «Восток» зареєстровані найнижчі температури (—87°С). Через свій від'ємний баланс тепла Антарктида, здається, повинна була б з часом все більш і більш охолоджуватись. Проте вітри, що дмуть в області Південного Полюса з винятковою постійністю та величезними швидкостями, викликають в небачених масштабах теплообмін Антарктиди з більш теплими районами Землі, значно впливаючи таким чином на клімат нашої планети.

Зміна стану обледеніння, поведінка льодовиків — одна з найбільш примітних ознак зміни клімату на Землі. Спостереження під час МГР показали, що зараз для Землі в цілому є характерним зменшення льодових покривів, тобто клімат стає теплішим. Ці висновки мають велику практичну цінність.

Значно поповнились знання про кругообіг речовин та про повільні зміни хімічного складу атмосфери Землі. Відомо, що вуглекислий газ, що нагромаджується в земній атмосфері в результаті різноманітних процесів, які відбуваються на Землі (наприклад, викидання його промисловими підприємствами та ін.), не пропускає в міжпланетний простір тепло. Проте небезпека перетворення Землі в «парник» не така велика, як вважали раніше. Дослідження, проведені під час МГР, показали, що величезну кількість вуглекислого газу поглинає світовий океан.

Одержано безліч нових даних про рельєф морського дна, морські течії, про осадові нашарування на дні океанів. Встановлено, що океан заселений живими істотами навіть на глибині понад 11 тис. м, де тиск досягає кількох тисяч атмосфер. Виявилось, що маса метеорної речовини, яка щодоби падає на Землю, становить близько 10 тис. т, а метеори не є настільки небезпечними для космічних польотів, як вважали раніше.

Під час МГР вчені докладно вивчили закономірності вікових змін тривалості доби, що обумовлюються явищами припливів, а також коливання доби, викликані сезонним перерозподілом повітряних мас атмосфери. Є підстави гадати, що найдрібніші коливання доби обумовлюються впливом сонячної активності на земну атмосферу. Відкрито ряд найдрібніших нерівномірностей у швидкості обертання Землі навколо своєї осі. Отже, всі

процеси, які відбуваються на Сонці, значно впливають на земні умови життя. Тому даремно під час МГР проблемі Сонце—Земля приділялось найбільше уваги.

Ще до Міжнародного геофізичного року було відомо, що найбільш геоактивними процесами є хромосферні спалахи. Під час великих спалахів у лініях наземних слабкострумних електропередач іноді можуть виникати настільки сильні паразитні струми, що в захисних системах згоряють запобіжники, а телеграфні апарати самовільно вистукують незрозумілі сигнали, порушують систему телеуправління і втручаються у телефонні розмови. В цей же час внаслідок сильної магнітної бурі стрілки компасів можуть вказувати невірний напрям, а стан іоносфери настільки змінюється, що зовсім припиняється радіозв'язок у короткохвильовому діапазоні. Тому під час МГР тільки на території Радянського Союзу від Крайнього Заходу і до Далекого Сходу більше десятка станцій і обсерваторій здійснювали спостереження за спалахами, а в періоди запусків штучних супутників Землі ці спостереження проводились за спеціальною програмою.

Результати МГР, а також дані, одержані під час запусків ракет і штучних супутників, внесли багато нового в науку про сонячну активність. Великих успіхів досягнуто в області дослідження ультрафіолетового спектра сонячного випромінювання. Як відомо, проміння з довжиною хвилі менше 300 нм повністю поглинається атмосферою Землі. Численні експерименти дали змогу встановити, що неперервний спектр Сонця в далекій ультрафіолетовій області значно слабкіший, ніж вважали раніше. Його вдалось зареєструвати лише до 150 нм. Натомість в короткохвильовій області Сонце інтенсивно випромінює в окремих спектральних лініях. Найбільш сильне випромінювання спостерігається в уже відомій нам водневій лінії L_{α} . Астрономам навіть вдалось за допомогою досить складної і унікальної апаратури одержати (хоч ще і не зовсім досконали) фотографії Сонця в променях цієї спектральної лінії. Решта ліній ультрафіолетового спектра, в яких Сонце сильно випромінює, — це так звані резонансні лінії нейтрального та йонізованого гелію з довжиною хвиль 58,4 нм, 30,4 нм і т. д.

Раніше, до запусків штучних супутників та ракет, про характер радіації, що випромінюється з активних

областей на Сонці, можна було судити тільки посередньо — спостерігаючи земні струми, магнітні бурі, полярні сніга, а також зміни в шарах йоносфери, що відбиває й поглинає радіохвилі. На основі цих спостережень за допомогою теоретичних розрахунків можна було одержати певні відомості про характер радіації, що викликає те чи інше геофізичне явище, а також обчислити її інтенсивність.

Результати досліджень на ракетах і штучних супутниках підтвердили попередні розрахунки вчених про те, що під час хромосферних спалахів випромінюється інтенсивна ультрафіолетова і корпускулярна радіація. Разом з цим під час спалахів були безпосередньо зареєстровані рентгенівські та γ -промені. Виявилось, що деякі типи хромосферних спалахів супроводжуються потоками космічного проміння, що складається в основному з ядер водню — протонів.

У космосі вчені зареєстрували відносно слабкі безперервні потоки корпускул від Сонця — так званий «сонячний вітер». Природа і походження його ще не повністю з'ясовані, проте безсумнівно, що наявність його дуже впливає на фізичні умови у міжпланетному середовищі.

Дослідження магнітних полів у космосі дали змогу встановити, що магнітне поле Землі простягається на віддаль до 90 тис. км від її поверхні. Виявилось також, що в міжпланетному просторі існують локальні магнітні поля. Вчені вважають, що ці поля виносяться з Сонця корпускулярними потоками і, рухаючись разом з цими потоками, створюють своєрідні умови в міжпланетному просторі. Зокрема, великі локальні поля можуть створювати власні радіаційні пояси, захоплюючи у магнітну «пастку» заряджені частинки плазми міжпланетного простору.

Вся жорстка радіація (ультрафіолетова, рентгенівська та γ -радіація), а також космічне проміння і корпускулярні потоки разом з їх магнітними полями, взаємодіючи з геокороною та магнітним полем Землі, обумовлюють складний комплекс явищ, названий електромагнітним комплексом, створюють своєрідну «космічну погоду» у верхній атмосфері Землі. Вивчення фізичних процесів у геокороні та навколишньому міжпланетному просторі — справа величезної практичної ваги, особливо

для розвитку космонавтики. Зокрема, безпека перебування людини у космосі в значній мірі залежить від інтенсивності радіації в радіаційних поясах Землі, а також від потоків корпускулярного і жорсткого електромагнітного випромінювання у міжпланетному просторі. Таким чином, після МГР наукова проблема Сонце—Земля фактично стала проблемою Сонце — Земля — Космос.

В січні 1963 р. у Москві відбулась Всесоюзна конференція, яка обговорила підсумки МГР. На засіданнях секцій з різних проблем, а також на спеціальних симпозиумах, що об'єднували ряд суміжних наукових галузей, були заслухані численні доповіді по результатах досліджень у період МГР. У серпні цього ж року в Берклі (Каліфорнія, США) проходив Міжнародний форум геофізиків і астрономів. Численні матеріали спостережень ще обробляються. Цілком можливо, що в процесі їх вивчення ще будуть зроблені цінні відкриття.

Міжнародний геофізичний рік показав, що цілий ряд наукових проблем вимагає постійної кооперації вчених всього світу. Зокрема, це стосується питань, зв'язаних з комплексними дослідженнями, а також завдань, розв'язання яких потребує безперервних, довгих спостережень (наприклад, служба довгот і широт, дослідження сонячної активності і зв'язаних з нею геофізичних явищ, а також процесів у верхній атмосфері Землі та навколишньому міжпланетному просторі). Тому після закінчення МГР дослідження з цілого ряду питань програми МГР не припинились, а продовжуються у міжнародному масштабі і зараз. З іншого боку, результати, одержані під час МГР, поставили перед вченими цілий ряд нових важливих питань.

Найбільше цікавить геофізиків і астрономів порівняння даних досліджень «електромагнітного комплексу», одержаних у період максимуму сонячної активності, з результатами під час спокійного Сонця. В період максимуму на Сонці можна спостерігати одночасно багато активних центрів, що утруднює встановлення особливостей зв'язку того чи іншого процесу з певним геофізичним явищем або змінами стану верхньої атмосфери Землі. Під час мінімуму сонячної активності особливості цього зв'язку більш доступні для досліджень, тому що активні процеси на Сонці спостерігатимуться у невеликій кількості і порівняно рідко. І, нарешті, в зв'язку з

потребами розвитку космонавтики особливо важливої практичної ваги набувають паралельні дослідження сонячної активності та стану «космічної погоди» у верхній атмосфері Землі і навколоземному міжпланетному просторі.

Таким чином, проведення другого Міжнародного геофізичного року під час чергового мінімуму сонячної активності стало необхідним. Питання це розглядалось відразу ж після закінчення МГР у 1960 р. на засіданні Міжнародного геофізичного комітету. Спеціально створена робоча група у складі видатних геофізиків і астрономів розробляла проект програми спостережень і дала їй назву — Міжнародний рік спокійного Сонця (МРСС). Строки проведення МРСС призначені на черговий період мінімуму сонячної активності (1964—1965 рр.). У березні 1962 р. в Парижі відбулась перша асамблея, присвячена підготовці до МРСС, на ній був обраний Міжнародний комітет по проведенню МРСС. Делегати другої асамблеї у Римі (березень 1963 р.) прийняли статут утвореного комітету, а також остаточно з'ясували програму наступних досліджень, організаційні питання, погодили порядок інформації, обміну і збереження результатів спостережень, визначили світову мережу станцій і обсерваторій, що прийматимуть участь у здійсненні програми МРСС.

У період МРСС дослідники, використовуючи дані, одержані під час МГР, нову техніку і методи досліджень, запланували вивчення сонячної активності, космічних променів, іоносфери, явищ геомагнетизму, полярних сяїв тощо. Отже, програма МРСС включає проблему Сонце—Земля—Космос. На рис. 16 зображено емблему Міжнародного року спокійного Сонця.

Треба зазначити, що в програму МРСС включені нові питання — метеорологія верхньої атмосфери Землі, дослідження навколоземного космічного простору, сонячного вітру. Зокрема, цікавим новим пунктом програми МРСС є дослідження комет. Згідно з сучасними поглядами спеціалістів, форма кометних хвостів у значній мірі визначається інтенсивністю сонячного вітру і характером взаємодії його з розрідженою речовиною зовнішньої оболонки комети. Тому дослідження комет, що будуть проводитись паралельно з вивченням сонячної активності, також допоможуть визначити природу сонячного вітру.

Програма МРСС вміщує також ряд нових цікавих моментів організаційно-наукового характеру. Наприклад, під час МГР прогнози магнітних і йоносферних збурень визначались за даними поточних спостережень сонячної активності. Під час МРСС деякі обсерваторії прогнозуватимуть сонячну активність на місяць вперед. Це має виключно важливе значення для космічних польотів людини і планування досліджень за допомогою супутників і космічних ракет.

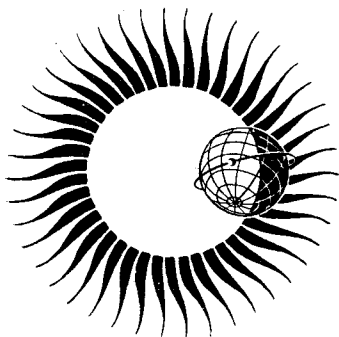


Рис. 16. Емблема Міжнародного Року Спокійного Сонця.

У період МРСС створено багато нових центрів досліджень. Так, в кінці 1963 р. у найвіддаленіших куточках земної кулі — Антарктиді (Мак-Мердо) та Арктиці (затока Шеперд) стали до ладу станції спостережень за сонячними спалахами. У Радянському Союзі, на Далекому Сході, поблизу Хабаровська, створено обсерваторію, на якій ведуться оптичні та радіоастрономічні дослідження Сонця. В горах Гарц (Західна Німеччина) побудована величезна обсерваторія для радіоастрономічних спостережень за штучними супутниками та космічними кораблями, виведеними на орбіти за програмою МРСС.

Слід зауважити, що програма досліджень на штучних супутниках і ракетах значно зростає. На них перемістився центр ваги в дослідженнях верхньої атмосфери Землі та йоносфери. Ракетне «зондування» верхньої атмосфери провадиться вченими більш ніж десяти держав. Ракети стартують як з наземних полігонів, так і зі спеціальних суден в Атлантичному і Тихому океанах. Важливу роль у програмі астрономічних досліджень Сонця займають спостереження за допомогою аеростатів.

Радянські астрономи запропонували (як доповнення до загальної міжнародної програми спостережень Сонця під час МРСС) проведення спеціальних комплексних досліджень окремих активних областей. Метою цього заходу є одержання найбільш повних даних щодо

окремих активних областей, з тим щоб на основі цих даних науково з'ясувати характер фізичних процесів на Сонці, які зумовлюють виникнення і розвиток активної області. Міжнародний доповідач по МРСС розіслав цю пропозицію всім обсерваторіям, і після обговорення вона буде остаточно затверджена. А в 1965 р., коли на Сонці почнуть зрідка з'являтися активні області нового циклу, вчені уже проводитимуть комплексні спостереження, застосовуючи всі сучасні методи досліджень.

Минуло лише кілька місяців з початку МРСС, а в Москву на адресу Міжвідомчого геофізичного комітету АН СРСР, який керує роботою за програмою МРСС у Радянському Союзі, надійшов ряд цікавих наукових даних.

Дослідження полярних сьйв, проведені за допомогою штучних супутників у США, підтвердили думки вчених про те, що ці явища повинні обумовлюватися потоками електронів, а не протонів.

З центру космічних досліджень США надійшло повідомлення про те, що за межами зовнішнього радіаційного поясу Землі (на віддалі близько 200 тис. км від Землі) виявлена область радіації, яка має величезну енергію.

У червні 1964 р. в Москві відбулось регіональне засідання геофізиків соціалістичних країн. Цікаву новину сповістив на симпозіумі «Сонячно-Земні зв'язки» радянський астроном М. М. Гневишев.

З результатів систематичних досліджень сонячної корони, починаючи з періоду максимуму активності під час МГР і до мінімуму, що припав на час МРСС, Гневишев встановив, що одинадцятирічний цикл сонячної активності насправді є результатом наложення один на одного (так званої суперпозиції) двох циклів з періодом 5—6 років. Цикли відрізняються тим, що під час одного з них активні процеси спостерігаються на всій поверхні Сонця, а під час другого — лише в зонах, близьких до екватора.

Останні дослідження магнітних полів у сонячних плямах, проведені в Кримській та Пулковській обсерваторіях, вказують на те, що величезна кількість енергії, що виділяється у вигляді жорсткої радіації з активної області, зокрема під час хромосферних спалахів, генерується за рахунок зменшення енергії магнітного поля в активній області.

Новий об'єднаний наступ астрономів і геофізиків на тайни Землі і Неба тільки розпочався. Безсумнівно, що він дасть величезні плоди у справі нагромадження скарбниць духовного й матеріального світу людства.

Дещо про „космічну“ астрономію

З початком ери космічних польотів почалась нова ера в астрономії — ера безпосередніх астрономічних експериментів. Надалі позаатмосферні астрономічні спостереження відіграватимуть все більш і більш провідну роль у розвитку астрономії. В чому ж полягає величезна цінність астрономічних спостережень поза атмосферою? Виявляється, що земна атмосфера, яка захищає все живе на Землі від згубної дії космічного холоду, космічного проміння і небезпечної жорсткої електромагнітної радіації, стоїть поперек дороги астрономам. Вона поглинає випромінювання у багатьох ділянках спектра, зокрема ультрафіолетові і більш короткохвильові промені. А вивчення саме цього випромінювання в значній мірі сприяло б вирішенню багатьох загадок природи Всесвіту.

Земна атмосфера псує зображення небесних об'єктів у телескопах. Атмосферні потоки, або так звана атмосферна турбуленція, створюють своєрідні повітряні лінзи на шляху небесного променя. У фокальній площині телескопа виникає коливання зображень.

Далі. Земна атмосфера обумовлює в спектрах небесних світил безліч ліній поглинання, так званих телуричних ліній. Перекриваючись з лініями в спектрі досліджуваного світила, телуричні лінії не дають змоги вивчати слабкі лінії спектра цього світила і тим самим є перешкодою до найбільш точних кількісних астрофізичних досліджень і розрахунків.

І, нарешті, земна атмосфера не дає можливості спостерігати слабкі небесні об'єкти. Наприклад, розсіяне в земній атмосфері сонячне світло «забиває» більш слабе випромінювання сонячної корони. А вночі, навіть при найбільшому ступені прозорості земної атмосфери, світло деяких комет та пилових туманностей, а також далеких зоряних світів — Галактик губиться на фоні світіння нічного неба. Виявляється, що високі шари земної атмосфери випромінюють своє власне світло. Інтенсив-

ність цього випромінювання в значній мірі залежить від кількості геоактивної сонячної радіації, яка щоденно поглинається земною атмосферою.

Отже, сучасний прогрес науки дав змогу астрономам перенести дослідження за межі атмосфери. Астрономія поки що ступає у космос несміливими кроками. Проте вже зараз вчені одержали цінні відомості про випромінювання Сонця в ультрафіолетовій області спектра, виявили на небі загадкові, невидимі у звичайному світлі джерела інтенсивного ультрафіолетового випромінювання. А відомому американському астрономові Шварцшільду вдалось, піднявши невеликий телескоп на висоту близько 30 км, одержати цінні фотографії сонячної фотосфери з невидимими біля поверхні Землі деталями грануляції.

Які ж наступні плани «космічної» астрономії, які нові відкриття чекають вчених по мірі здійснення їх планів?

Які результати одержать вчені, піднявши у космос великий телескоп? Чи вдасться вирішити загадку короткоживучих яскравих найдрібніших утворень діаметром, можливо, кілька десятків кілометрів? Ці утворення, особливо примітні так званими «вусами» — яскравим випромінюванням, що простягається досить далеко по обидва боки від центральних частин найбільш інтенсивних ліній сонячного спектра, вперше спостерігав у Кримській обсерваторії А. Б. Северний за допомогою великого баштового сонячного телескопа. Проте перешкоди атмосфери не дозволяють остаточно з'ясувати їх природу. Може, в цих областях відбуваються, як гадає А. Б. Северний, короточасні термоядерні реакції?

А загадка грануляції? Нещодавно професорові В. А. Крату в Пулковській обсерваторії вдалось установити, що з поверхні Землі ми спостерігаємо лише найбільші за розмірами гранули, або, вірніше, групи, що є об'єднаннями більш дрібних гранул. В. Крат гадає, що розміри первинних гранул повинні бути близько 100 км і що рухи гранул є не звичайні рухи газових мас, а особливий тип відкритих недавно хвильових рухів — магнітогідродинамічні хвилі.

Багато загадкового містить в собі природа найдрібніших виступів хромосфери, так званих спікул, що їх інколи вдається спостерігати під час повних сонячних

затемнень у вигляді маленьких язичків полум'я, що ніби підносяться над шаром сонячної хромосфери (рис. 17). Чи складає собою хромосфера, як зараз гадають, систему пульсуючих і переплєтених одна з одною спікул? Чи вдасться одержати спектр найтонших ниток протуберанця?

А вивчення ультрафіолетового випромінювання L_{α} -лінії водню? До цього часу ще не повністю з'ясовано, з

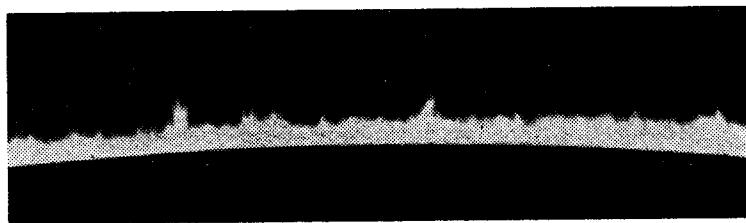


Рис. 17. Фотографія хромосфери з великим збільшенням, одержана в Лікській обсерваторії (США).

Верхній шар хромосфери не має різкої границі. Окремі найбільші хромосферні спікули підносяться над загальним рівнем хромосфери у вигляді язичків полум'я.

якими процесами на Сонці пов'язане інтенсивне випромінювання цієї радіації, що так сильно впливає на стан іонізації у верхній атмосфері Землі.

Довгочасна безперервна реєстрація потужності потоків γ -фотонів і частинок космічного і корпускулярного випромінювання дозволить остаточно з'ясувати, які процеси в активній області Сонця обумовлюють підсилення того чи іншого типу радіації.

Безсумнівно, всі ці проблеми, над якими працює величезна армія вчених, будуть вирішені. Недалекий той час, коли начальник майбутньої космічної станції-обсерваторії одержить з Центру Прогнозів «космічної погоди» повідомлення: — Сонце спокійне. Новий центр активності не є небезпечним. Виліт дозволено.

І ось до старту залишились секунди. П'ять, чотири, три, два, один, нуль! Куля вогню, що раптово виникла під хвостом ракети, стала повільно видовжуватись. Вогняна дорога росте все швидше і швидше, і по ній, здійснюючи сміливі заміри гарячих людських сердець, попрямувала у космос гігантська ракета...

ЗМІСТ

Найближча до Землі зірка	3
Сонце — джерело життя на Землі	10
Чи може Сонце «погаснути»?	13
Сонце і енергетика майбутнього	17
Сонячна активність	23
Сонце — Земля — Космос	29
Дещо про «космічну» астрономію	42