

РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ХЕЛИОГРАФСКА ШИРОЧИНА НА ЗАБЕЛЕЖИТЕЛНИТЕ ПРОТУБЕРАНСИ В ДВЕТЕ ПОЛУСФЕРИ НА СЛЪНЦЕТО В 11-ГОДИШНИТЕ ЦИКЛИ № 18 И № 19 НА СЛЪНЧЕВАТА АКТИВНОСТ

Ангел Бонов и Владимир Дерменджиев

Систематични визуални наблюдения на протуберансите в края на слънчевия диск се правят от 1869 г. По-късно, след изобретяването на спектрохелиографа започват фотографически наблюдения на протуберансите както в края на слънчевия диск, така и върху него. На спектрохелиограмите в линиите Н и К на Са II или в линията Н_α проекциите на протуберансите върху диска на Слънцето са дълги, тесни и тъмни образувания, които се наричат влакна.

Още през миналия век се установи, че за разлика от слънчевите петна, които се появяват в две относително нешироки ивици от двете страни на екватора на Слънцето, протуберансите се появяват на всички хелиографски широчини, даже и в околуполусните области на Слънцето. Въз основа на наблюденията на протуберансите в Цюрихската обсерватория за пръв път Валдмайер изучи разпределението им по хелиографска широчина за времето от 1929 до 1939 г., което обхваща низходящия клон на цикъл № 16 и възходящия клон на цикъл № 17. По-подробно изучаване на разпределението на протуберансите по хелиографска широчина направи д'Азамбуджа [1]. Тя установи, че във всяка от двете полусфери на Слънцето (северната и южната) има по две зони, в които протуберансите се наблюдават особено често. Едната зона — главната — се намира в зоната на слънчевите петна, но винаги е с около 10° по-широка от нея. В тази зона протуберансите са по-многобройни, по-големи и по-ярки и активността им е в тясна корелация с количеството на петната. Освен това в тази зона протуберансите се появяват в началото на цикъла и с неговото развитие постепенно се преместват към екватора на Слънцето и в двете му полусфери. Във втората зона — полярната — се наблюдават протуберанси на големи хелиографски широчини и в двете полусфери на Слънцето. В тази зона активността на протуберансите се усилва приблизително три години след максимума на цикъла, като започва от хелиографски широчини 45—50° (в двете полусфери) и се запазва почти на

едно и също ниво до минимума на цикъла, като в епохата на самия минимум отслабва забележимо. След минимума активността на протуберансите в полярната зона започва да се повишава и едновременно с това те се появяват все по-близо до полюсите на Слънцето.

При своите изследвания д'Азамбуджа взема пред вид всички протуберанси — от най-ниските до най-високите.

Разпределението на протуберансите по височината им над фотосферата, както се вижда от [2], е твърде неравномерно: най-много (78%) са ниските протуберанси с височина от 21 750 до 43 500 km, 16% са с височина от 43 500 до 64 250 km, 4% — с височина от 64 250 до 86 000 km и само 2% имат височина над 86 000 km (120" от фотосферата).

В тази работа ние изследваме разпределението по хелиографска широчина в двете полусфери на Слънцето само на забележителните протуберанси, които имат големи височини, в 11-годишните цикли № 18 и № 19. Тези два цикъла са забележителни с това, че са едни от най-мощните цикли на слънчевата активност, наблюдавани след 1700 г. — относителните числа на Wolf в епохите на максимумите на тези два цикъла са съответно 151,6 и 190,2.

Началото (епохата на минимум) на цикъл № 18 е 1944,2 г., епохата на максимума е 1947,5 г и краят (епохата на минимума) — 1954,3 г.

Началото (епохата на минимума) на цикъл № 19 е 1954,3 г., епохата на максимума е 1957,9 г. и краят (епохата на минимума) — 1964,7 г.

Като използвахме данните в [3] за забележителните протуберанси в ротациите на Слънцето от № 1208 до № 1489 (в разглежданите два 11-годишни цикъла), ние разпределихме тези протуберанси по височина h така: $h \leq 50.10^3$ km, $50.10^3 \leq h \leq 75.10^3$ km, $75.10^3 \leq h \leq 100.10^3$ km и $h > 100.10^3$ km.

На фиг. 1 е представено графически изменението на броя на протуберансите в посочените граници на височините им поотделно за двете полусфери на Слънцето с развитието на 11-годишния цикъл № 18 (А) и № 19 (Б) (в северната полусфера изменението на броя на протуберансите е показано с непрекъснатата линия, в южната полусфера — с пунктирна линия).

От фиг. 1, А се вижда, че за 11-годишния цикъл № 18 във възходящия клон (от началото до максимума) на цикъла забележителни протуберанси с $h \leq 50.10^3$ km има само в южната полусфера на Слънцето; такива протуберанси няма в северната полусфера на Слънцето.

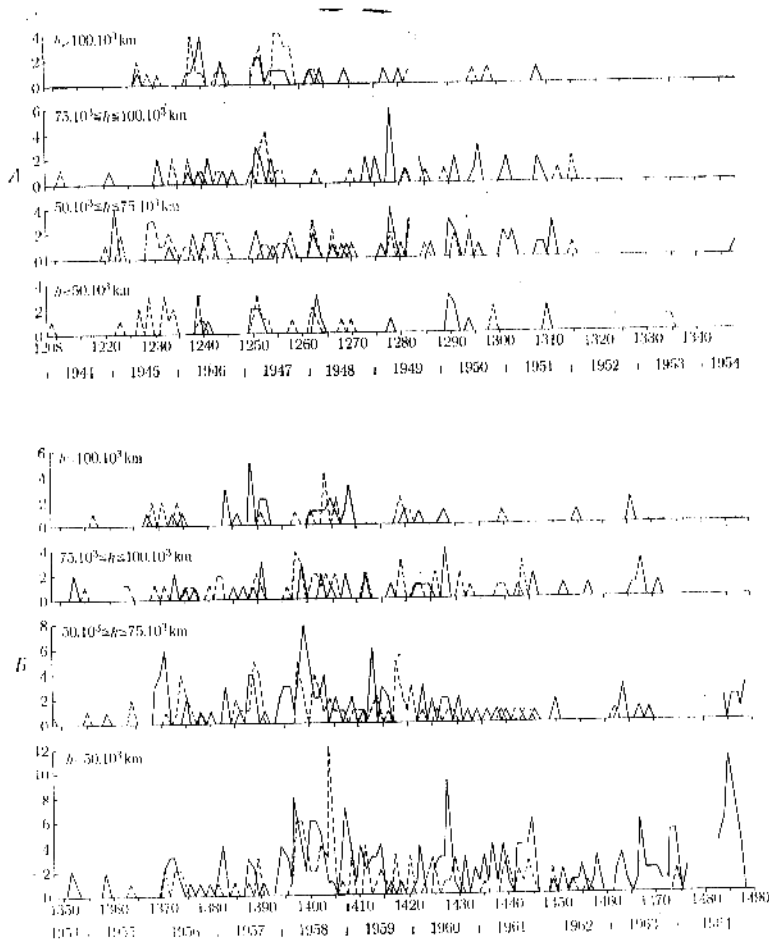
Протуберансите с височина от 50.10^3 до 75.10^3 km в началото (минимума) на цикъл № 18 са по-често в северната полусфера на Слънцето. Но във възходящия клон на цикъла броят на тези протуберанси в южната полусфера на Слънцето е по-голям, отколкото в северната полусфера на Слънцето.

Протуберанси с височина от 75.10^3 до 100.10^3 km, както и с височина над 100.10^3 km има и в двете полусфери на Слънцето, но броят им в южната полусфера е по-голям, отколкото в северната полусфера на Слънцето.

Трябва да се отбележи, че около максимума на цикъл № 18 броят на протуберансите с височина, по-голяма от 10.10^3 km, е много малък и тези протуберанси са предимно в северната полусфера на Слънцето. Този факт противоречи на очакването, че протуберансите с височина над

$100 \cdot 10^3$ km трябва да бъдат най-много в епохата на максимума на цикъла.

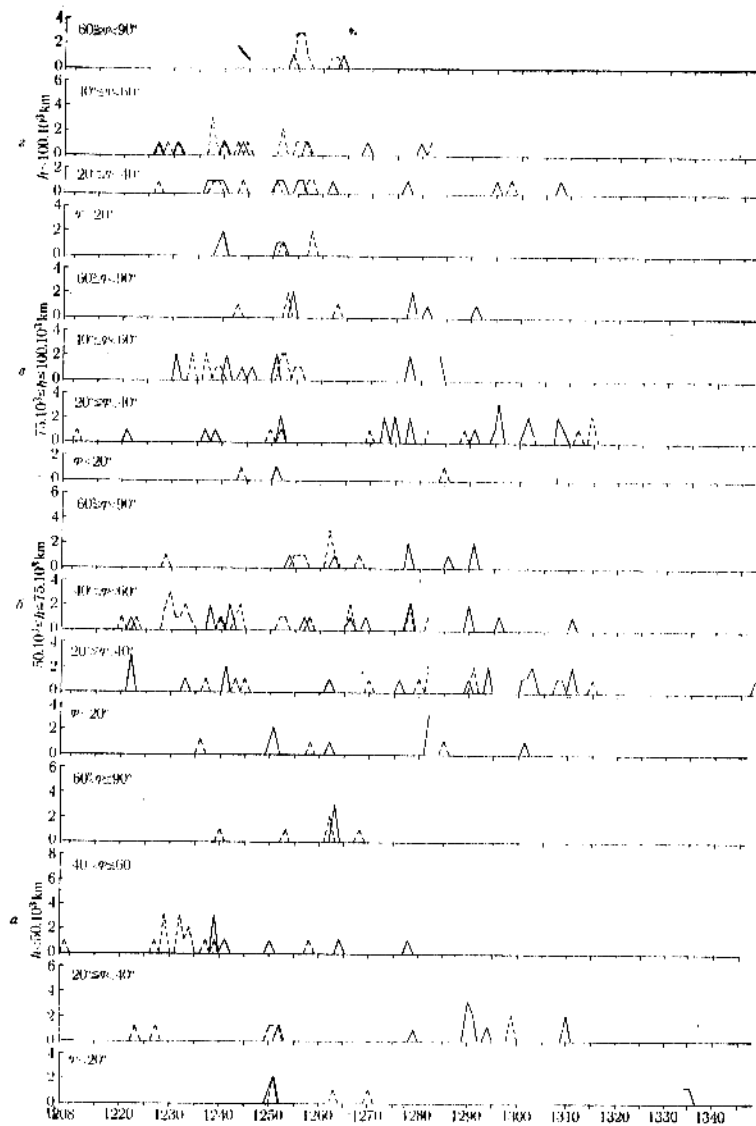
След максимума на цикъла №18 до неговия край (епохата на минимума) броят на забележителните протуберанси във всички интервали на височините, които разглеждаме, е по-голям в северната полусфера на Слънцето.



Фиг. 1
 А — цикъл № 18; Б — цикъл № 19

Въз основа на фиг. 1 може да се направи следният общ извод: преди максимума на цикъл №18 броят на забележителните протуберанси с височини в разглежданите интервали е по-голям в южната полусфера на Слънцето, а след максимума на цикъла става обратното — броят на забележителните протуберанси е по-голям в северната полусфера на Слънцето.

За 11-годишния цикъл №19 разпределението на забележителните протуберанси в разглежданите интервали по височина в двете полусфери на Слънцето е различно от това за цикъл №18. От фиг. 1, Б се вижда,



Фиг. 2А. Цикъл № 18

че във възходящия клон на цикъл №19 протуберансите с височина до $50 \cdot 10^3$ km са по-често в северната полусфера. Това преобладаване на забележителните протуберанси в северната полусфера на Слънцето, както

се вижда от фиг. 1,Б се запазва и за протуберансите с височина от 50.10^3 до 75.10^3 km, от 75.10^3 до 100.10^3 km и над 100.10^3 km. Прави силно впечатление твърде големият брой на протуберансите с височина над 100.10^3 km непосредствено преди епохата на максимума на цикъл № 19. Освен това в продължение на 10 ротации на Слънцето около максимума на цикъл № 19 протуберансите с височина над 100.10^3 km са изключително в северната полусфера на Слънцето.

След максимума на цикъл № 19 броят на протуберансите с височина от 75.10^3 до 100.10^3 km и над 100.10^3 km е почти един и същ и в двете полусфери на Слънцето, докато протуберансите с височина от 50.10^3 до 75.10^3 km са много повече в северната полусфера на Слънцето.

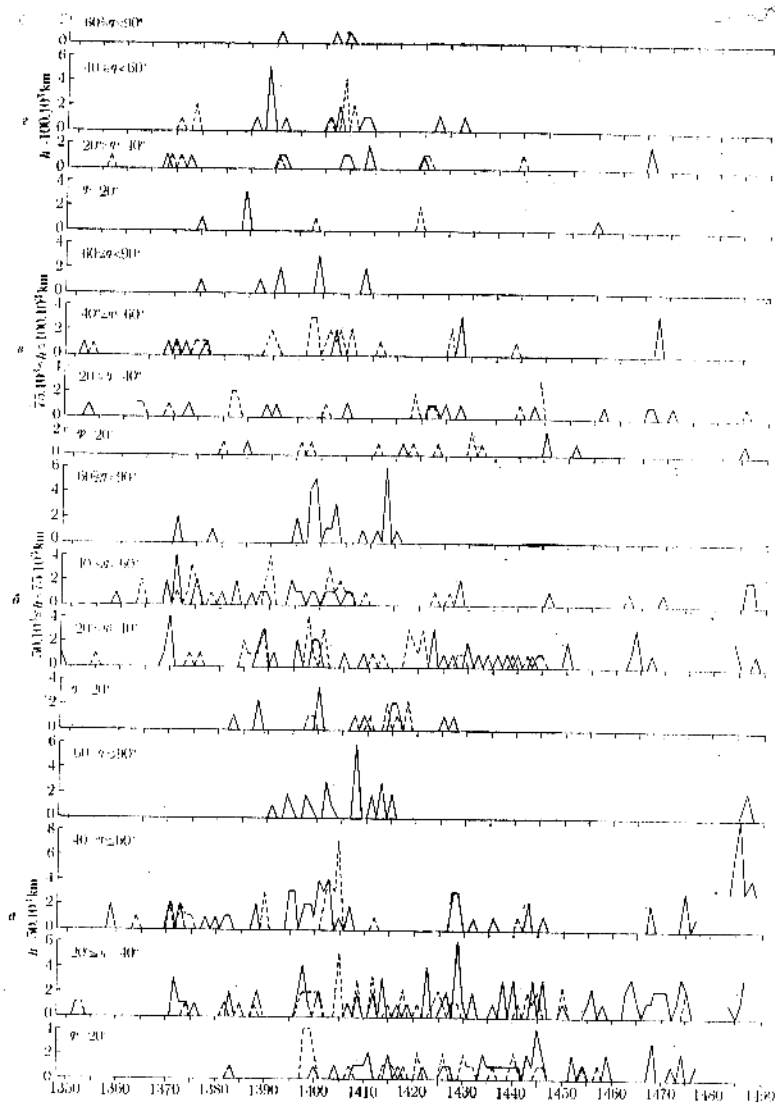
От фиг. 1,Б се вижда, че броят на протуберансите с височина $h \leq 50.10^3$ km непосредствено след максимума на цикъл № 19 е много голям и в двете полусфери на Слънцето. Но в низходящия клон (от максимума до минимума) на цикъла техният брой започва да преобладава в северната полусфера на Слънцето и в епохата на минимума (краят на цикъла) в тази полусфера броят им рязко се увеличава.

Броят на протуберансите с височина над 100.10^3 km преди максимума на цикъл № 18 е по-голям в южната полусфера на Слънцето, докато за цикъл № 19 е обратното — броят им е по-голям в северната полусфера на Слънцето както непосредствено преди максимума, така и непосредствено след максимума на цикъла. В епохата на самия максимум на цикъл № 19 протуберанси с височина над 100.10^3 km изобщо няма и в двете полусфери на Слънцето. Този факт до голяма степен е изненадващ, като се вземе пред вид, че в епохата на максимума на цикъл № 19 относителното число на Wolf има най-голяма стойност от всички наблюдавани досега максимума на 11-годишните цикли на слънчевата активност.

За да изучим разпределението на забележителните протуберанси по хелиографска широчина, ние разделихме всяка полусфера на Слънцето на „ивици“ с хелиографски широчини от 0 до 20° , от 20 до 40° , от 40 до 60° и от 60 до 90° . След това определихме броя на протуберансите с височини в разглежданите интервали във всяка „ивица“ и във всяка от полусферите на Слънцето с развитието на двата цикъла № 18 и № 19. Получените резултати са представени на фиг. 2.

От фиг. 2А, а се вижда, че броят на протуберансите с $h \leq 50.10^3$ km е по-голям във възходящия клон, отколкото в низходящия клон на цикъл № 18. В ивицата по хелиографска широчина от 20 до 40° и в двете полусфери тези протуберанси са предимно в низходящия клон на цикъл № 18, докато в ивицата от 40 до 60° тези протуберанси преобладават във възходящия клон на цикъла. В околополюсните области на Слънцето (от 60 до 90°) протуберансите с $h \leq 50.10^3$ km са изключително в епохата на максимума на цикъл № 18. Забелязва се, че броят на протуберансите с $h \leq 50.10^3$ km при преминаване в отделните ивици по хелиографска широчина в съответната полусфера на Слънцето, се увеличава последователно във възходящия клон, след това в низходящия клон и отново във възходящия клон на следващия цикъл. Като че ли има едно своеобразно редуване в броя на тези протуберанси при преминаване в последователните ивици по хелиографска широчина.

В 11-годишния цикъл № 19 (фиг. 2 Б, а) броят на протуберансите с $h \leq 50 \cdot 10^3$ km се изменя при преминаване в последователните ивици по хелиографска широчина по следния начин. В началото на цикъла (мини-



Фиг. 2Б. Цикъл № 19

мум) тези протуберанси не се наблюдават на малки хелиографски широчини (от 0 до 20° и в двете полусфери). С развитието на цикъла в неговия възходящ клон с увеличаването на хелиографската широчина (и в двете полусфери) броят на тези протуберанси се увеличава. В околопо-

люсните области на Слънцето (от 60 до 90°) тези протуберанси са изключително в епохата на максимума на цикъла № 19 и при това само в северната полусфера на Слънцето. В низходящия клон на цикъл № 19 (от максимума до минимума) се забелязва едно увеличение на броя на протуберансите с $h \leq 50.10^3$ km с намаляване на хелиографската ширина, но в северната полусфера на Слънцето броят им е значително по-голям.

Протуберансите с височина от 50.10^3 до 75.10^3 km в началото на цикъл № 18 не се наблюдават и в двете полусфери на Слънцето на хелиографски широчини от 0° до 20° (фиг. 2А, б). Но с развитието на цикъла в неговия възходящ клон броят им започва да се увеличава с увеличаването на хелиографската ширина — отначало в северната полусфера (от 20 до 40°), а след това и в южната полусфера на Слънцето (от 40 до 60°). В епохата на максимума на цикъл № 18 протуберансите с височина от 50.10^3 до 75.10^3 km се наблюдават и в двете полусфери на Слънцето, като в околополюсните му области (от 60 до 90°) тези протуберанси преобладават в южната полусфера на Слънцето. В низходящия клон на цикъл № 18 протуберансите с височина от 50.10^3 до 75.10^3 km се наблюдават на всички широчини. Но в епохата на минимума (края) на цикъла тези протуберанси не се наблюдават на хелиографски широчини от 0 до 20° и в двете полусфери на Слънцето.

Почти същото разпределение по хелиографска ширина имат протуберансите с височина от 50.10^3 до 75.10^3 km и с развитието на цикъл № 19 (фиг. 2Б, б). В началото на този цикъл тези протуберанси не се наблюдават. Във възходящия клон броят им се увеличава постепенно с увеличаване на хелиографската ширина и в двете полусфери на Слънцето, като броят им в северната полусфера е по-голям. В епохата на максимума на цикъл № 19 протуберансите с височина от 50.10^3 до 75.10^3 km се наблюдават и в двете полусфери на Слънцето, но в околополюсните области на Слънцето тези протуберанси са изключително в северната полусфера. В низходящия клон на цикъл № 19 с намаляването на хелиографската ширина броят на протуберансите с височина от 50.10^3 до 75.10^3 km е почти еднакъв и в двете полусфери на Слънцето. На хелиографски широчини от 0 до 20° тези протуберанси не се наблюдават в епохата на минимума (края) на цикъл № 19, както беше и при цикъл № 18. Изобщо в епохите на минимумите на слънчевата активност (1944,2 г., 1954,3 г. и 1964,7 г.) протуберансите с височина от 50.10^3 до 75.10^3 km не се наблюдават на хелиографски широчини от 0 до 20° и в двете полусфери. Протуберанси с височина от 75.10^3 до 100.10^3 km в началото (минимума) на цикъл № 18 не се наблюдават (фиг. 2А, в). С развитието на цикъла в неговия възходящ клон броят им се увеличава с увеличаването на хелиографската ширина и в двете полусфери на Слънцето, като достига най-голяма стойност в ивиците от 40 до 60° . В епохата на максимума на цикъл № 18 тези протуберанси изобщо не се наблюдават. След максимума в низходящия клон на цикъла броят им е много по-голям в северната полусфера на Слънцето и достига най-голяма стойност в ивицата с хелиографска ширина от 20 до 40° (и за двете полусфери).

Разпределението на протуберансите с височина от 75.10^3 до 100.10^3 km в цикъл № 19 (фиг. 2Б, в) е до известна степен противоположно на това в цикъл № 18 по отношение на полусферите на Слънцето. В началото

на цикъл № 19 тези протуберанси не се наблюдават на хелиографски широчини от 0 до 20°. Във възходящия клон на цикъла броят им се увеличава с увеличаването на хелиографската широчина и в двете полусфери на Слънцето. В епохата на максимума на цикъл № 19 протуберансите с височина от 75.10³ до 100.10³ km на хелиографска широчина от 60 до 90° са изключително в северната полусфера на Слънцето, докато на хелиографска широчина от 40 до 60° тези протуберанси са изключително в южната полусфера на Слънцето. В низходящия клон на цикъл № 19 броят на протуберансите с височина от 75.10³ до 100.10³ km се увеличава във всички ивици по хелиографска широчина. Но в епохата на минимума (края) тези протуберанси почти не се появяват на хелиографски широчини от 0 до 20°.

Протуберанси с височина над 100.10³ km в началото (минимума) на цикъл № 18 (фиг. 2А, з) не се наблюдават на малки хелиографски широчини (от 0 до 20°). С развитието на цикъла в неговия възходящ клон се забелязва нарастване на броя на тези протуберанси с увеличаването на хелиографската широчина и в двете полусфери на Слънцето. В епохата на максимума на цикъл № 18 в полярните ивици (от 60 до 90°) тези протуберанси са много повече в южната полусфера на Слънцето. В епохата на максимума на цикъл № 18 броят на протуберансите с височина над 100.10³ km е много по-малък в полярните зони в сравнение с броя им в другите ивици. В низходящия клон на цикъл № 18 броят на протуберансите с височина над 100.10³ km бързо намалява с намаляване на хелиографската широчина и на хелиографски широчини под 20° такива протуберанси не се наблюдават от максимума до минимума на цикъл № 18, както и около епохата на минимума (края) на цикъл № 18 или началото на цикъл № 19). Във възходящия клон на цикъл № 19 (фиг. 2Б, з) броят на протуберансите с височина над 100.10³ km се увеличава с увеличаване на хелиографската широчина, като преобладават в южната полусфера на Слънцето, особено на хелиографска широчина от 40 до 60°. В епохата на максимума на цикъл № 19 тези протуберанси са изключително в северната полусфера на Слънцето както на хелиографска широчина от 40 до 60°, така и в полярната зона. В низходящия клон на цикъл № 19 броят на протуберансите с височина над 100.10³ km намалява с намаляването на хелиографската широчина. Тези протуберанси изобщо не се наблюдават на хелиографска широчина от 60 до 90° в двете полусфери на Слънцето в низходящия клон на цикъл № 19, а в останалите ивици броят им е много малък. В епохата на минимума (края) на цикъл № 19 тези протуберанси изобщо не се наблюдават.

Въз основа на изследването на разпределението по хелиографска широчина на забележителните протуберанси в 11-годишните цикли № 18 и № 19 могат да се направят следните изводи:

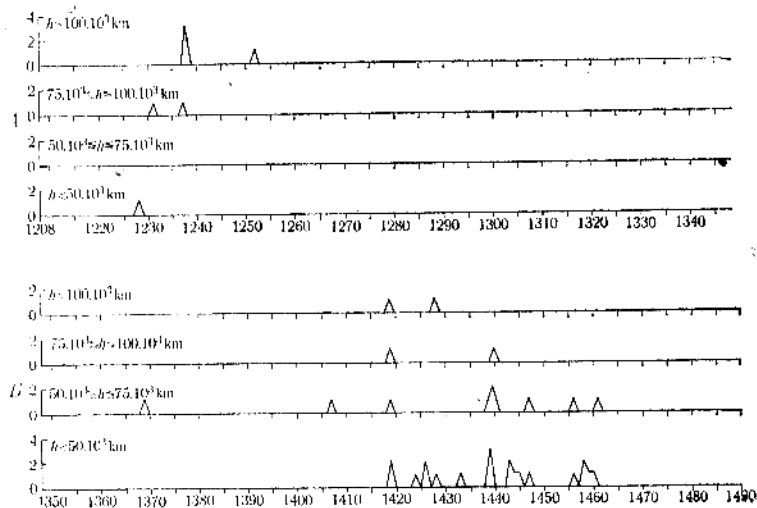
1. По-високите протуберанси се наблюдават на по-големи хелиографски широчини и в двете полусфери на Слънцето.

2. И за двата 11-годишни цикъла в полярната зона (от 60 до 90°) протуберансите с всички разглеждани височини са изключително в северната полусфера на Слънцето.

Като се вземе пред вид, че 11-годишните цикли № 18 и № 19 образуват един 22-годишен цикъл [4], би могло да се предположи, че вторият извод е характерен за него. Много е вероятно за друг 22-годишен цикъл

да бъде точно обратното. Но ние не разполагаме с данни за друг 22-годишен цикъл, за който да направим подобно изследване и да сравним резултатите с тези за 22-годишния цикъл (18, 19).

На фиг. 3 е представено разпределението на влакната, които пресичат екватора на Слънцето. Тези влакна са проекции върху фотосфе-



Фиг. 3
А — цикъл № 18; Б — цикъл № 19

рата на протуберанси, на които височините са разпределени по същия начин: до $50 \cdot 10^8$ km, от $50 \cdot 10^8$ до $75 \cdot 10^8$ km, от $75 \cdot 10^8$ до $100 \cdot 10^8$ km и над $100 \cdot 10^8$ km. Вижда се, че влакната, които пресичат екватора на Слънцето и са проекции на протуберанси с височини от $75 \cdot 10^8$ до $100 \cdot 10^8$ km и над $100 \cdot 10^8$ km, се наблюдават във възходящия клон на цикъл № 18 (фиг 3, А). В епохата на максимума на този цикъл, както и в неговия низходящ клон изобщо не се наблюдават влакна, които пресичат екватора на Слънцето. Точно обратното е за цикъл № 19 (фиг. 3, Б) — във възходящия му клон такива влакна не се наблюдават, а се наблюдават само в неговия низходящ клон. Това констатирано явление изисква по-подробно проучване, за да се установи дали то се запазва и при други 22-годишни цикли, съставени от четен и нечетен 11-годишен цикъл. Но, като отбелязахме, ние не разполагаме с данни за други 22-годишни цикли на слънчевата активност по отношение на забележителните протуберанси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солнечная система. Т. 1. Солнце (под редакцией Дж. Койпера). М., 1957, 332.
2. Курс астрофизики и звездной астрономии. Т. 3. М., 1964, 111.
3. L'Astronomie: 1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964.
4. Гневъшев, М. Н. и А. И. Оль. Астр. журнал, 25 (1948), № 1, 18.

Постъпила на 1 декември 1969 г.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ГЕЛИОГРАФИЧЕСКОЙ ШИРОТЕ ЗАМЕТНЫХ ПРОТУБЕРАНЦЕВ В ОБОИХ ПОЛУШАРИЯХ СОЛНЦА В 11-ЛЕТНИХ ЦИКЛАХ № 18 И № 19 СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

А. Бонов и В. Дерменджиев

(Резюме)

Пользуясь данными [3] о заметных протуберанцах в ротациях Солнца с № 1208 по № 1489 (в 11-летних циклах № 18 и № 19), мы распределяем их по высоте: $h \leq 50 \cdot 10^3$ km, $50 \cdot 10^3 \leq h \leq 75 \cdot 10^3$ km, $75 \cdot 10^3 \leq h \leq 100 \cdot 10^3$ km и $h > 100 \cdot 10^3$ km.

Проследив изменение числа заметных протуберанцев в обоих полушариях Солнца, с развитием циклов мы установили, что для цикла № 18 заметных протуберанцев перед максимумом больше в южном полушарии Солнца, а после максимума их больше в северном полушарии Солнца. Для цикла № 19 — наоборот: до максимума их больше в северном полушарии, а после максимума — в южном полушарии Солнца.

Протуберанцев высотой $h > 100 \cdot 10^3$ km больше в южном полушарии Солнца до максимума цикла № 18, пока до максимума цикла № 19 их больше в северном полушарии Солнца. В эпохе максимума цикла № 19 таких протуберанцев не наблюдается и в обоих полушариях Солнца.

Из распределения заметных протуберанцев по гелиографической широте установлены следующие закономерности:

1. Протуберанцы большей высоты появляются на больших гелиографических широтах и в обоих полушариях Солнца.

2. Для обоих циклов № 18 и № 19 в полярной зоне в обоих полушариях (с 60 до 90°) заметные протуберанцы наблюдаются исключительно в северном полушарии Солнца.

Распределение волокон, пересекающих экватор Солнца, показывает, что в цикле № 18, соответствующие протуберанцам высотой с $75 \cdot 10^3$ до $100 \cdot 10^3$ km и выше волокна находятся в восходящей части цикла, пока для цикла № 19 они находятся только в нисходящей части цикла.

RÉPARTITION EN LATITUDE HÉLIOGRAPHIQUE DES PROTUBÉRANCES REMARQUABLES DES DEUX HÉMISPÈRES DU SOLEIL PENDANT LES CYCLES DE 11 ANS No.18 ET No.19 DE L'ACTIVITÉ SOLAIRE

A. Bonov et Vl. Dermendjiev

(Résumé)

Tirant parti des données [3] sur les protubérances remarquables dans les rotations du Soleil du N. 1208 au N. 1489 (pendant les cycles de onze ans N. 18 et N. 19), nous les répartissons selon leur hauteur: $h \leq 50 \cdot 10^3$ km, $50 \cdot 10^3 \leq h \leq 75 \cdot 10^3$ km, $75 \cdot 10^3 \leq h \leq 100 \cdot 10^3$ km e $h > 100 \cdot 10^3$ km.

Examinant le changement du nombre des protubérances remarquables dans les deux hémisphères du soleil au cours des cycles N_o 18 et N_o 19, nous avons constaté, que :

pour le cycle N_o 18, les protubérances remarquables avant le maximum sont plus nombreuses dans l'hémisphère sud du soleil, alors qu'après le maximum, elles sont plus nombreuses dans l'hémisphère nord du Soleil. Il en est inversement pour le cycle N_o 19: avant le maximum, elles sont plus nombreuses dans l'hémisphère nord, et après le maximum — dans l'hémisphère sud du Soleil.

Les protubérances d'une $h > 100.10^3$ km sont plus nombreuses dans l'hémisphère sud du Soleil avant le maximum du cycle N_o 18, tandis qu'avant le maximum du cycle N_o 19 elles sont plus nombreuses dans l'hémisphère nord du Soleil. A l'époque du maximum du cycle N_o 19, de pareilles protubérances ne sont pas observées dans aucun des deux hémisphères du Soleil.

Examinant la répartition des protubérances remarquables sur la latitude héliographique, on en déduit les régularités suivantes:

1. Les protubérances plus hautes apparaissent dans les deux hémisphères du Soleil, sur des latitudes héliographiques plus grandes.

2. Pendant les deux cycles N_o 18 et N_o 19, les protubérances remarquables dans la zone polaire des deux hémisphères (de 60 à 90°) se trouvent exclusivement dans l'hémisphère nord du Soleil.

La répartition des traits qui coupent (traversent) l'équateur du Soleil montrent que, pour le cycle N_o 18, ces traits qui correspondent aux protubérances, mesurant une hauteur de 75.10^3 à 100.10^3 km et au-dessus de 100.10^3 km, ne se trouvent que dans la branche ascendante du cycle, tandis que pour le cycle N_o 19 ils ne s'y trouvent que dans la branche descendante du cycle.