

## PRINCIPAL CHARACTERISTICS OF ACTIVE REGIONS AND THE SOLAR CYCLES

Yu. I. Vitinsky

General Astronomical Observatory of the USSR Academy  
of Sciences, Pulkovo, 196140 Leningrad, USSR

**ABSTRACT.** Time variations of principal characteristics of active regions are analysed for the period 1961-1981. It is shown that the average life-time of active regions (their floccule stage) and their other principal characteristics (especially for long-lived regions) manifest three peaks during the 11-year solar cycle. Secular variation of principal characteristics of active regions shows up in a decrease of the mean life-time of active regions, indices of their flare activity and longitudinal separation from the 19th to the 21st solar cycle.

**ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ И СОЛНЕЧНЫЕ ЦИКЛЫ:** Анализируются вариации основных характеристик активных областей за период 1961-1981 гг. Показано, что средняя продолжительность жизни активных областей (их флоккульной стадии) и их другие основные характеристики (особенно для долгоживущих областей) проявляют три пика в течение 11-летнего солнечного цикла. Вековая вариация основных характеристик активных областей обнаруживается в уменьшении средней продолжительности жизни активных областей, индексов их вспыхивающей активности и долготной расчлененности от 19-го к 21-му солнечному циклу.

**ZÁKLADNÉ CHARAKTERISTIKY AKTÍVNYCH OBLASTÍ A SLNEČNÉ CYKLY:** V práci sú analyzované variácie základných charakteristík aktívnych oblastí za obdobie rokov 1961-1981. Bolo zistené, že priemerná životná doba aktívnej oblasti (jej flokulového štádia) ako aj ďalšie základné charakteristiky aktívnych oblastí (obzvlášť pre jej dlhotrvajúce oblasti) majú tri maximá počas 11-ročného slnečného cyklu. Dlhodobá (sekulárna) variácia základných charakteristík aktívnych oblastí sa prejavuje v znižovaní strednej doby trvania aktívnych oblastí, indexov ich erupčnej aktivity a dĺžkového rozčlenenia od 19. do 21. slnečného cyklu.

Статистические исследования активных областей представляют особый интерес для проблемы солнечной цикличности, в частности в связи с изучением сильных флуктуаций солнечной активности. С другой стороны, они могут быть интересны и при изучении отдельных активных областей для суждения о степени общности полученных результатов. Ранее нами были получен ряд предварительных результатов относительно пространственно-временных характеристик активных областей в конце 19-го и большей части 20-го цикла солнечной активности (Витинский, 1965, 1968, 1971, 1975, 1977). Напомним, что активной областью мы считали комплекс явлений, локализованный в ограниченном объеме солнечной атмосферы, который обязательно содержит хотя бы одну группу пятен с солнечными вспышками (или солнечные вспышки при отсутствии группы) или при отсутствии вспышек группы с максимальной площадью не меньше 100 м.д.п. (Витинский, 1966). В упомянутых работах использовался термин "центр активности", который заменен здесь ныне общепринятым термином "активная область", в частности чтобы избежать смешения с меденскими центрами активности, обычно составляющими лишь часть выделяемых нами активных областей. Статистические исследования активных областей обычно опираются на данные о продолжительности их существования (точнее флюккулярной стадии) и о их классификации. Как и в предшествующих наших работах, мы будем использовать длительность флюккулярной стадии на основании материалов Горной астрономической станции ГАО АН СССР (близ Кисловодска) и классификацию активных областей Витинского (1965, 1966), в основе которой лежат их продолжительность существования и уровень и характер вспышечной активности.

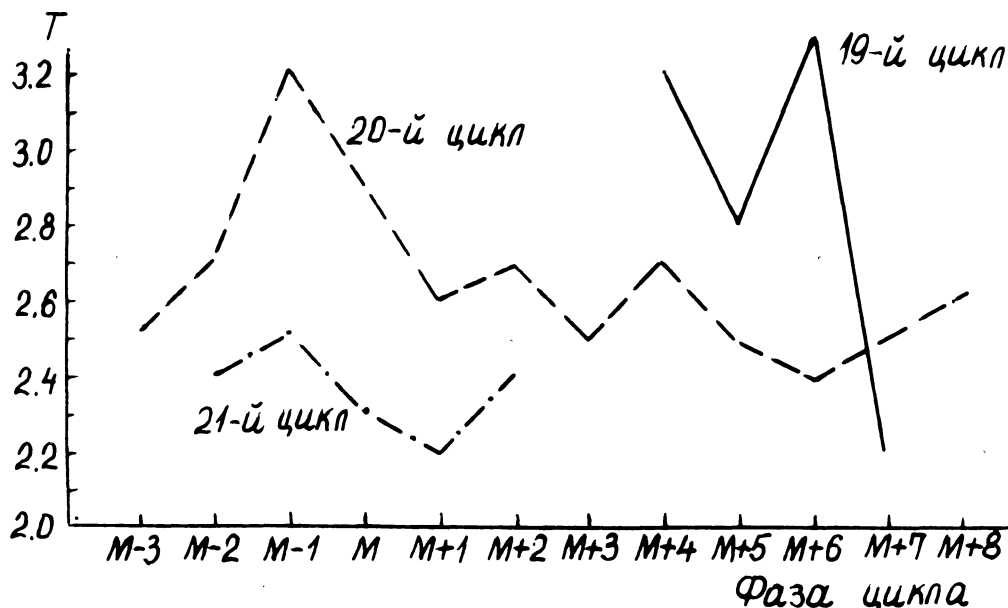


Рис. 1: Продолжительность флюккулярной стадии  $T$  активных областей.

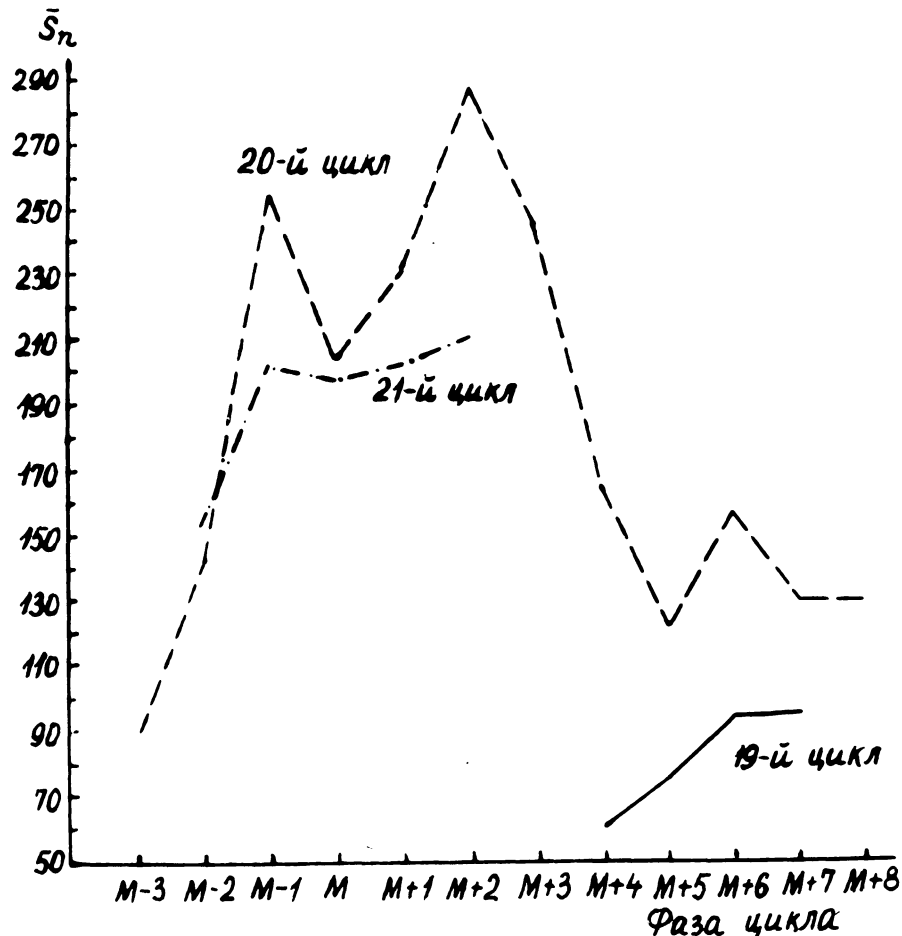


Рис. 2: Среднее значение сумми максимальных площадей групп за оборот Солнца  $\bar{S}_n$  в м.д.п.

В настоящем докладе приводятся результаты статистического исследования активных областей Солнца за период 1961–1981 гг., который охватывает часть ветви спада 19-го цикла, весь 20-й цикл, ветвь поста и эпоху максимума 21-го цикла. Оно базируется на списке активных областей, составленном нами на основе данных Горной астрономической станции ГАО АН СССР о кальциевых флоккулах, материалов бюллетеня "Солнечные данные" о группах солнечных пятен и "Quarterly Bulletin on Solar Activity" о солнечных вспышках, наблюдаемых в линии  $H_{\alpha}$ . Часть этого списка уже опубликована в цитированных выше работах. Нами были рассмотрены следующие основные характеристики активных областей: продолжительность флоккульной стадии (T) в керрингтоновских оборотах Солнца, максимальная площадь наибольшей группы ( $S_n$ ) в м.д.п., среднее значение сумми максимальных

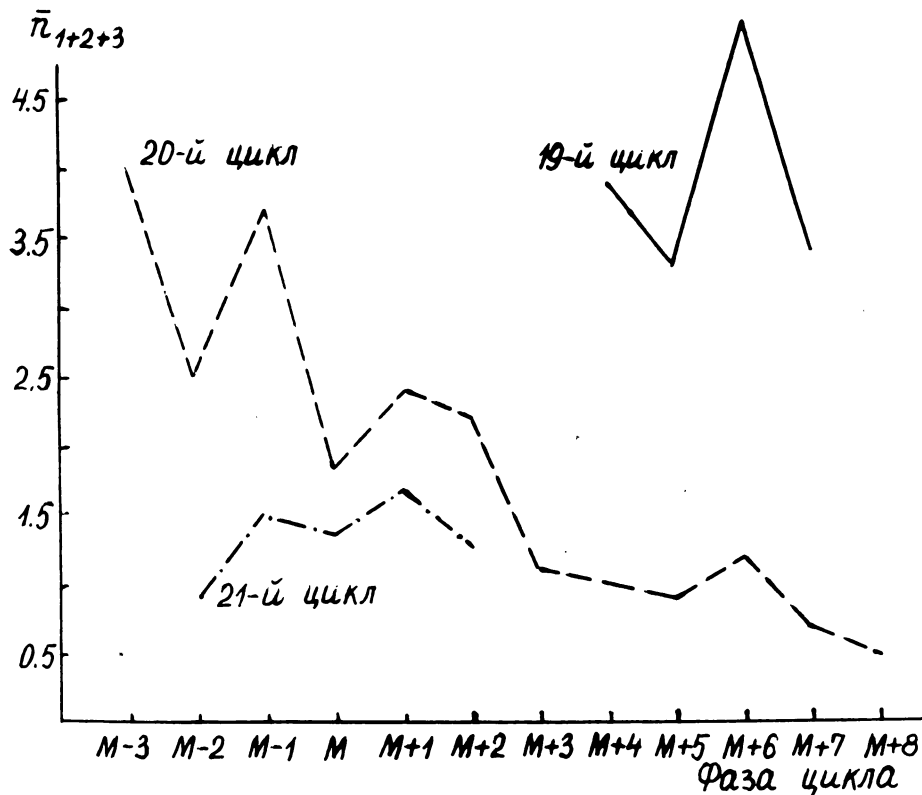


Рис. 3: Среднее число вспышек балла 1 и выше.

площадей групп за оборот Солнца ( $\bar{S}_n$ ) в м.д.п., общее число вспышек балла 1 и выше ( $n_{1+2+3}$ ) и балла 2 и выше ( $n_{2+3}$ ), среднее число вспышек балла 1 и выше и балла 2 и выше за оборот Солнца (соответственно  $\bar{n}_{1+2+3}$  и  $\bar{n}_{2+3}$ ), общее взвешенное число вспышек ( $\tilde{n}_{1+2+3} = n_1 + 2n_2 + 3n_3$ , где  $n_1, n_2, n_3$  - число вспышек соответственно баллов 1, 2, 3) и где среднее значение за оборот Солнца ( $\tilde{\bar{n}}_{1+2+3}$ ) максимальная протяженность кальциевого флоккула ( $\Delta \lambda_{\text{фл}}$ ) в градусах.

Ради краткости мы здесь приводим в графической форме результаты только тех из перечисленных основных характеристик активных областей, которые наиболее четко представляют полученные выводы. Что же касается результатов для активных областей с различной продолжительностью существования и различных классов согласно классификации Витинского, то они будут описаны лишь качественно. Отметим, наконец, что длительность длюккульной стадии областей определяется с точностью до одного оборота Солнца. Поэтому в тех случаях, когда кальциевый флоккул выходит из-за края или заходит за край солнечного диска, мы добавляли к ней один оборот. В этом смысле полученные результаты следует считать предварительными.

Рассмотрим прежде всего изменение основных характеристик активных облас-

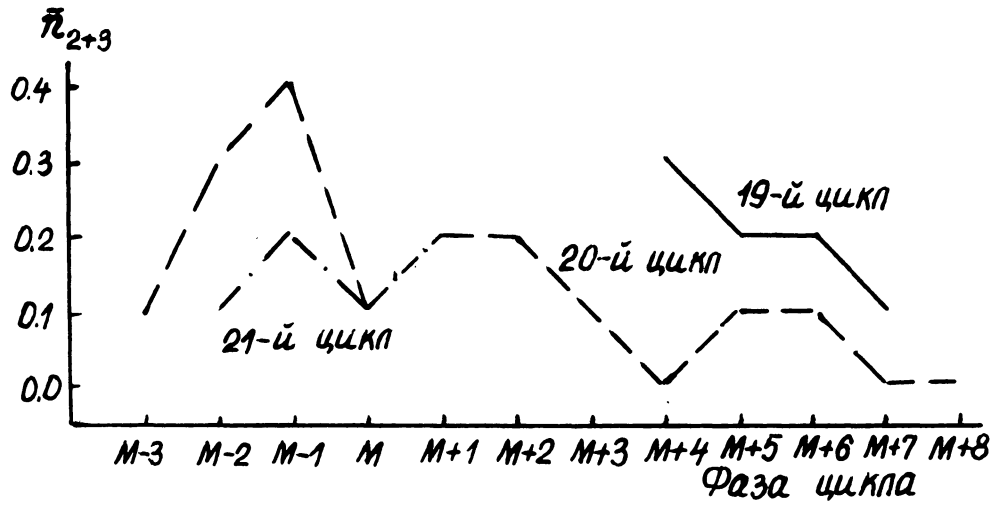


Рис. 4: Среднее число вспышек класса 2 и выше.

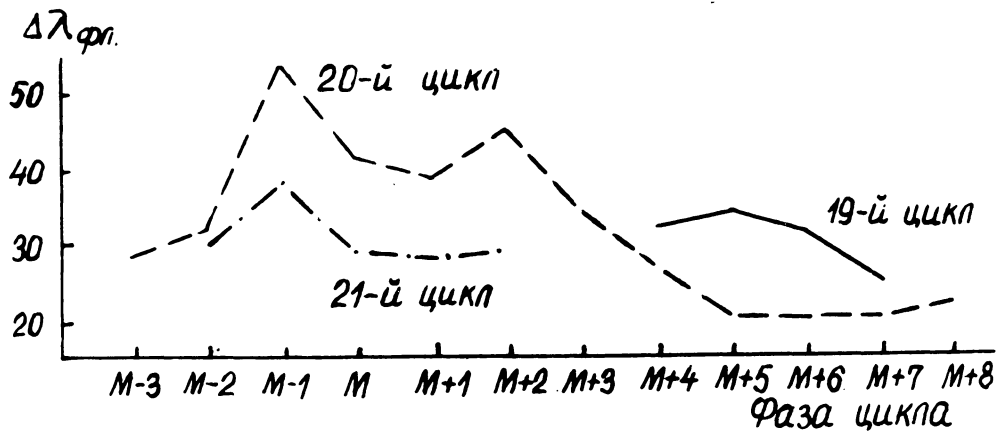


Рис. 5: Максимальная протяженность кальциевого флоккула.

тей с фазой 11-летнего цикла солнечной активности. На Рис. 1 - 5 приведены графики 11-летней вариации  $T$ ,  $\bar{S}_n$ ,  $n_{1+2+3}$ ,  $\bar{n}_{2+3}$  и  $\Delta\lambda_{\text{фп}}$  соответственно для всех активных областей безотносительно к продолжительности их существования и класса раздельно 19-го, 20-го и 21-го циклов. Буквой "М" на оси абсцисс обозначен год максимума цикла. Как следует из этих рисунков, в течение 11-летнего цикла у всех указанных характеристик активных областей четко выделяются два максимума: один на ветви роста циклической кривой чисел Вольфа, а второй в самом начале ее ветви спада. Кроме того, в конце ветви спада, вблизи эпохи минимума чисел Вольфа выделяется третий максимум, который отличается меньшей высотой и устойчивостью. Подобная трехвершинность присуща 11-летней вариации и остальных характеристик активных областей, не представленных на рисунках, в соответствии с концепцией М.Н. Гневнышева (1966).

Детальное рассмотрение 11-летней вариации активных областей различной продолжительности существования и различных классов показывает, что трехвершинность циклической кривой, как правило, присуща активным областям с  $T \geq 5$  оборотам Солнца и классов  $T_{gf}$  и  $L_{gf}$ , т.е. с  $T \geq 3$  оборотам Солнца и со вспышками балла 2 и выше. Что же касается областей с  $T = 1-3$  оборотам, то для них показатели вспыхивающей активности в 21-м цикле не показывали максимума на ветви роста цикла, тогда как в 20-м цикле этот максимум присутствовал. Следует отметить также, что хотя в общем для большинства классов активных областей со вспышками характерны три максимума в течение 11-летнего цикла солнечной активности, их расположение относительно эпохи максимума не всегда одинаково.

Как видно из рис. 1-5, изменения всех представленных на них характеристик активных областей показывают полное сходство в первые пять лет 20-го и 21-го циклов. Такое же сходство обнаруживается в изменениях доли различных классов областей по классификации Витинского в этих циклах. Это свидетельствует о физическом единстве четного и нечетного 11-летних циклов солнечной активности в соответствии с правилом Гневнышева-Оля (Гневнышев, Оля, 1948).

С другой стороны, эти же рисунки достаточно четко обнаруживают вековое изменение основных характеристик активных областей при рассмотрении их безотносительно к продолжительности существования и классу. Оно выражается в постепенном уменьшении этих характеристик, за исключением  $\bar{S}_n$  (а также  $S_n$ , не показанной на рисунках), от ветви спада 19-го цикла к эпохе максимума 21-го цикла. Особенно ясно оно проявляется в многолетних изменениях  $T$  и  $\bar{n}_{1+2+3}$ . Следует отметить, что подобное изменение характерно и для других вспыхивающих характеристик активных областей. Менее четко вековое изменение проявляется для активных областей с различным временем существования и различных классов, но особенно ясно оно проявляется в областях с сильными вспышками. Все это согласуется с концепцией векового цикла Копецкого (1967).

Вековое изменение проявляется и в характеристиках долгого распределения активных областей. Во-первых, оно становится все более случайным от 19-го к 21-му циклу при рассмотрении годовых интервалов времени. Во-вторых, оно выражается в постепенном уменьшении величины показателя степени концентрации числа активных областей в активных долготах, от 1.4 на ветви спада 19-го цикла солнечной активности до 1.0 на ветви роста и в максимуме 21-го цикла. Если учесть, что активные долготы определяются прежде всего долгосуществующими об-

ластями с сильными вспышками (Витинский, 1983), становится ясным, что в таком вековом изменении долготной расчлененности проявляется прежде всего уменьшение доли областей этого класса.

Итак, временные изменения основных характеристик активных областей связаны прежде всего с их средней мощностью и поэтому наиболее ясно проявляют второй максимум мощности 11-летнего цикла Гневнышева и великой цикл, в соответствии с концепцией Копецкого (1967).

#### ЛИТЕРАТУРА

- Витинский Д.И.: 1965, Изв. ГАО, № 178, 45.  
Витинский Д.И.: 1966, Морфология солнечной активности. М.-Л., Наука.  
Витинский Д.И.: 1968, Изв. ГАО, № 184, 66.  
Витинский Д.И.: 1971, Изв. ГАО, № 189-190, 10.  
Витинский Д.И.: 1975, Изв. ГАО, № 193, 28.  
Витинский Д.И.: 1977, Изв. ГАО, № 195, 113.  
Витинский Д.И.: 1983, Солн. данные, № 8, 80.  
Гневнышев М.Н.: 1966, УФН, 90, 291.  
Гневнышев М.Н., Оль А.И.: 1948, Астрон. ж., 25, 18.  
Копецký М.: 1967, Adv. Astron. Astrophys., 5, 189.