

Т. В. ПОКРОВСКАЯ

ОПЫТ ФАЗИРОВКИ СИНОПТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПО СТЕПЕНИ ИХ ЗОНАЛЬНОСТИ В 11-ЛЕТНЕМ ЦИКЛЕ КОРПУСКУЛЯРНОЙ АКТИВНОСТИ СОЛНЦА

Современные гелиогеофизические исследования, проводящиеся в Советском Союзе, характеризуются установкой на выявление корпускулярных, а не волновых носителей солнечных (и вообще космических) воздействий на атмосферу Земли. В гелиогеофизике термин «корпускулярный» используется обычно применительно к частицам солнечного происхождения, обладающим определенной, сравнительно небольшой энергией и совершающим пробег от Солнца до плоскости земной эклиптики за два — четыре дня. Можно трактовать этот термин и расширительно, относя его к космическим частицам любого происхождения (не обязательно солнечного), обладающим более высокой энергией.

Особенно широко в последнее время исследуются корпускулярные воздействия на земную атмосферу в работах Э. Р. Мустеля и Б. И. Сазонова. Мустель изучает корпускулярные потоки, обладающие сравнительно низкой энергией, Сазонов же придает главное значение потокам частиц высокой энергии. Мы в данной работе придерживаемся традиционного, т. е. первого подхода.

В последней, обобщающей работе Мустеля [2] можно найти четкие характеристики корпускулярных потоков, оказывающих влияние на атмосферу Земли. Согласно указанной в этой работе классификации, на Солнце различаются возмущения спорадического типа, создающиеся хромосферными вспышками и называемые поэтому вспыхивающими, и возмущения рекуррентного типа, очагами которых служат активные области Солнца. Те и другие источники возмущений распознаются по фотоснимкам Солнца в определенных участках спектра (спектрогелиограммы). Однако активные области на последних стадиях своего существования устанавливаются не по оптическим, а по магнитным проявлениям.

Потоки корпускул, исходящие из хромосферных вспышек и активных областей, при определенных условиях достигают атмосферы Земли, что устанавливается по геомагнитным возмущениям.

Поэтому активные воздействия Солнца в каталогах Мустеля отобраны или по совместному анализу явлений на Солнце и в геомагнитном поле, или же по одним возмущениям этого поля. Более редко происходит вхождение Земли в потоки высокоэнергичных (субрелятивистских) протонов, порождаемых иногда хромосферными вспышками и вызывающих своеобразную реакцию геофизических явлений, но на этом виде корпускулярного излучения Солнца мы останавливаться не будем.

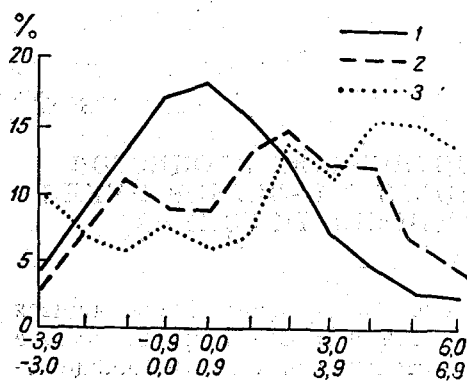


Рис. 1. Ход чисел Вольфа и геомагнитной возмущенности в 11-летнем цикле (относительная шкала).

1 — числа Вольфа, 2 — геомагнитные возмущения с постепенным началом, 3 — рекуррентные геомагнитные возмущения.

Однако максимум K_p сдвинут на более поздние годы по сравнению с максимумом чисел Вольфа W . Это относится не ко всем видам геомагнитных возмущений, о чём указывается в работе Э. Р. Мустеля и особенно подробно в статье А. И. Оля [3]. В связи с тем что физические свойства солнечных корпускулярных потоков и геоактивных областей Солнца, из которых они выбрасываются, неодинаковы, различные геомагнитные возмущения имеют различный 11-летний ход. Некоторые из них, как, например, магнитные бури с внезапным началом, достигают фазы максимума одновременно с числами Вольфа, другие же характеризуются значительным сдвигом. Так, максимум повторяемости слабых возмущений с постепенным началом сдвинут на второй год после максимума W , причем не отмечается большой разницы в их интенсивности в интервале от первого до четвертого года. Еще более сдвинута к фазе минимума кривая геомагнитных возмущений рекуррентного типа, т. е. имеющих тенденцию повторяться в связи с вращением Солнца вокруг своей оси через 27, 54 дня и т. д. Такое повторение типично для слабых возмущений с постепенным началом.

Указанные соотношения проиллюстрированы на рис. 1, построенном по данным, приводящимся в работе Мустеля. Видно, что фаза минимума солнечной активности, устанавливаемая по ходу чисел Вольфа, является весьма активной в некоторых видах геомагнитной возмущенности. Правда, возмущения, приходящиеся на год минимума и предшествующие ему годы, относятся к малоинтенсивным. Появляясь сравнительно редко, они отличаются дискретностью и, раз возникнув, бывают длительными и устойчивыми, рит-

4

мично повторяясь через промежутки, кратные 27 дням. Все эти фактические данные указывают на специфические, весьма интересные свойства геоэффективности солнечных корпускулярных потоков в фазах чисел Вольфа «перед минимумом» и «минимум». Характерен также очень резкий перелом в ходе повторяемости рекуррентных возмущений от фазы минимума к фазе «после минимума».

Хорошо известно, что в год минимума происходит скачкообразное изменение гелиографической широты солнечных пятен, которые в течение солнечного цикла постепенно «сползают» к экватору и в фазе перед минимумом располагаются на наименьшей широте. В год минимума наряду с этими низкоширотными образованиями появляются и высокоширотные, знаменующие начало нового 11-летнего цикла. Низкоширотность солнечных пятен и других образований на солнечном диске служит одной из очень существенных причин геоактивности этой фазы 11-летнего цикла. Вследствие близости плоскости эклиптики к плоскости солнечного экватора и радиальности распространения потока корпускул Земля захватывается только низкоширотными потоками (точнее, исходящими из центра видимого диска Солнца). Разрыв в широте солнечных пятен, возникающих в начальной фазе 11-летнего цикла, весьма наглядно иллюстрирует особые свойства года минимума чисел Вольфа. Строго говоря, не следует отождествлять понятия «минимум чисел Вольфа» и «минимум солнечной активности».

В современной гелиогеофизике обращают большое внимание не только на солнечные и геофизические характеристики, но и на заполненность частицами солнечного газа и напряженность магнитных полей, несомых этими частицами, пространства между Солнцем и Землей. В настоящее время уже составляются карты так называемой космической погоды. В частности, весьма интересно, что и в межпланетном пространстве обнаруживается резкий переход от одного состояния к другому вблизи минимума солнечных пятен. Данные «Маринер-4» (29 ноября 1964 г. — 20 сентября 1965 г.) и ряд других подтверждают, что до самого минимума солнечной активности (в конце 1964 г.) магнитное межпланетное поле сохраняло такую же структуру, которая была обнаружена раньше при помощи космического зонда IMP-1 (27 ноября 1963 г. — 15 февраля 1964 г.). Но уже в начале 1965 г. общая картина изменилась и сделалась менее четкой, что, с нашей точки зрения, согласуется с меньшей упорядоченностью и меньшей длительностью солнечных корпускулярных потоков наряду с их общим ослаблением в начале нового цикла.

После высказанных выше вводных положений обратимся непосредственно к эффектам, вызываемым корпускулярными вторжениями в барическом поле Земли. Не останавливаясь на имеющейся обширной литературе, рассмотрим результаты отдельных работ, наиболее близко примыкающих к указанной концепции.

Эффект отдельных, тщательно отобранных солнечных возмущений, установленных по геомагнитным данным, показан Мусте-

лем [2]. Воспроизведем карту из работы [2], показывающую изменение давления у поверхности Земли на четвертый день после геомагнитного возмущения (рис. 2). Карта эта составлена по материалам свыше 800 случаев спорадических и рекуррентных возмущений за период 1890—1967 гг.

Автор правильно подчеркивает меридиональный характер барического поля, формирующегося в результате корпускулярных

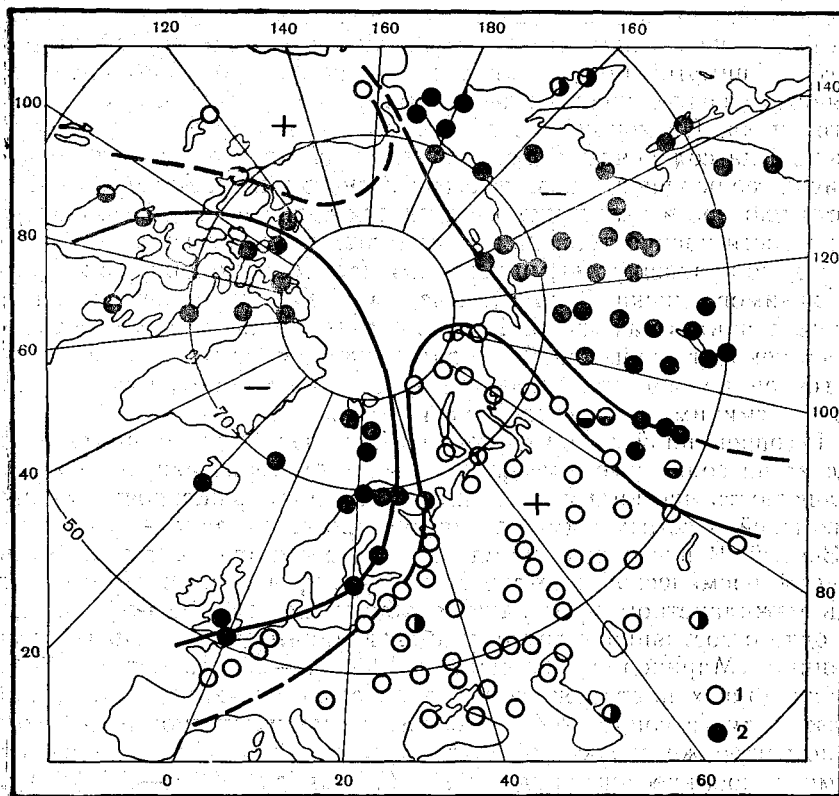


Рис. 2. Знак изменения атмосферного давления после вторжения корпускулярных потоков.
1 — рост, 2 — падение.

вторжений, и полное сходство меридиональных процессов в атмосфере по С. П. Хромову и на карте-схеме. Э. Р. Мустель видит в характере изменения давления проявление закона акцентации, а наблюдающиеся отклонения связывает с распределением суши и моря. Это представляется нам правильным, и именно в силу большого возмущающего влияния земной поверхности естественно обратиться к картине барического поля на высотах, тем более что

солнечный эффект должен быть направлен сверху вниз. На поверхности 500 мб основными барическими образованиями являются две ложбины, направленные от района полюса,— одна на Восточную Сибирь, другая на Северную Америку и Гренландию. Как раз под этими ложбинами и происходит падение давления на уровне земной поверхности в результате вторжения корпускул. Под акцентацией в данном случае мы понимаем углубление основных образований — высотных ложбин, вызывающее падение давления у земной поверхности при наличии там низких антициклонов.

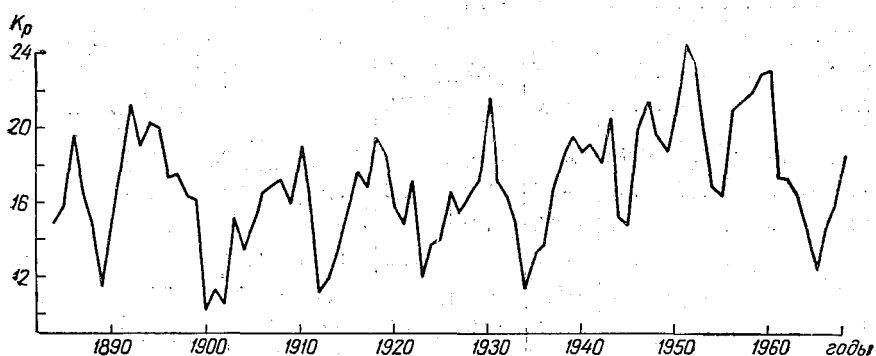


Рис. 3. Ход геомагнитного индекса K_p за 1884—1968 гг.

Карту Мустеля следует считать достоверной, так как он составил ее по большому числу случаев. Кроме того, Мустель специально проверял статистическую надежность особенностей в ходе кривых давления после вспышек на Солнце и геомагнитных возмущений.

При анализе гелиогеофизических связей для нужд климатологии и долгосрочных прогнозов необходимо использовать не только результаты обобщения данных отдельных случаев, пример чего был выше рассмотрен, но и осредняемые по месяцам, сезонам, годам характеристики гелиофизических, геофизических и метеорологических процессов. Нами были использованы сезонные барико-циркуляционные характеристики первого естественного синоптического района по Л. А. Вительсу [1]. Прослеживалось изменение их по фазам 11-летнего хода геомагнитного индекса K_p за период 1900—1967 гг. Геомагнитные данные были взяты по каталогу Оля [3] с предоставленными им дополнениями за последние годы. Максимумы K_p приходятся на 1910, 1918, 1930, 1943, 1951, 1960 гг. (6 лет), минимумы — на 1900, 1912, 1923, 1934, 1945, 1955, 1965 гг. (7 лет). К годам максимума был добавлен 1947 г., когда наблюдался резко выраженный вторичный максимум K_p , и 1959 г., поскольку значения K_p за 1959 и 1960 гг. различаются только на 0,2. Ход индекса по годам представлен на рис. 3. Весьма существенной особенностью

Таблица I

Барико-циркуляционные характеристики (отклонения от нормы числа дней с антициклонической циркуляцией) для районов 1—8 (по Л. А. Вительсу) по фазам геомагнитного индекса

Сезон	Районы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Минимум (1900, 1912, 1923, 1934, 1944, 1955, 1965 гг.)								
Зима	4,6	1,9	3,1	-3,1	1,7	1,6	0,9	2,3
Весна	5,0	-0,1	2,0	-2,9	4,3	4,3	0,4	2,0
Лето	4,3	-7,7	-0,7	5,4	4,0	-0,3	0,4	4,9
Осень	1,7	2,7	2,9	-3,4	0,7	3,6	2,4	-1,7
Год	15,6	-3,2	7,3	-4,0	10,7	9,2	4,1	7,5
После минимума (1901, 1913, 1924, 1935, 1946, 1956, 1966 гг.)								
Зима	-1,2	3,2	3,6	-3,6	-16,0	-3,1	-2,3	-2,3
Весна	-2,3	1,9	0,0	-1,1	-0,4	0,9	4,0	-0,9
Лето	-3,2	7,8	-4,0	3,7	5,0	-0,1	6,9	1,5
Осень	-2,4	0,0	1,5	-2,4	-4,9	-1,5	2,0	1,0
Год	-9,1	12,9	1,1	-3,4	-16,3	-3,8	10,6	-0,7
После минимума, с исключением двух особо высоких циклов (1901, 1913, 1924, 1935, 1966 гг.)								
Зима	-3,4	3,8	4,4	-7,0	-15,2	2,4	-1,8	-2,0
Весна	-2,8	2,8	0,6	-2,6	-0,8	1,6	4,2	1,4
Лето	-7,2	3,2	-4,2	6,2	3,0	3,2	5,2	4,8
Осень	-4,0	0,2	1,4	-1,2	-5,8	-0,8	5,4	5,2
Год	-17,4	10,0	2,2	-4,6	-18,8	6,4	13,0	9,4
Перед максимумом (1909, 1917, 1929, 1942, 1950, 1958 гг.)								
Зима	3,1	-0,6	-2,0	0,7	1,1	-3,3	5,4	2,3
Весна	3,3	1,6	-2,7	-5,3	-6,3	-0,7	1,9	-0,3
Лето	-1,0	4,7	-2,9	-1,3	1,3	-0,1	3,7	2,2
Осень	-2,8	3,6	3,6	-3,6	4,7	0,3	1,5	-2,4
Год	2,6	9,3	-4,0	-9,5	0,8	-3,8	12,5	1,8
Максимум (1910, 1918, 1930, 1943, 1947, 1951, 1959, 1960 гг.)								
Зима	1,5	-1,1	2,9	-1,0	2,3	-0,2	-0,6	1,8
Весна	0,1	-2,0	-5,6	4,6	0,9	-1,6	1,3	-2,0
Лето	-3,8	1,9	-2,4	0,8	0,5	-1,0	2,4	-3,0
Осень	2,0	1,1	-4,4	6,6	1,6	-6,1	0,2	2,0
Год	-0,2	-0,1	-9,5	11,0	5,3	-8,9	3,3	-1,2
То же без 1947 и 1959 гг.	-10,0	3,7	-14,4	5,7	10,0	-22,2	9,2	1,2

Продолжение табл. 1

Сезон	Районы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
После максимума (1911, 1919, 1931, 1944, 1948, 1952, 1961 гг.)								
Зима	5,1	-0,7	-6,6	-3,4	2,0	4,9	5,6	-1,1
Весна	6,1	0,9	0,9	0,0	-1,6	7,0	-2,0	-1,3
Лето	7,7	3,1	1,9	-2,7	5,7	7,0	2,0	5,4
Осень	4,7	0,3	2,1	1,3	2,3	-3,4	2,4	-5,0
Год	23,6	3,6	1,7	-4,8	8,4	15,5	8,0	-2,4
Перед минимумом (1911, 1922, 1933, 1944, 1954, 1964 гг.)								
Зима	5,5	-2,7	-6,0	-3,3	-2,8	-2,8	-2,8	1,3
Весна	6,7	1,5	3,8	0,0	-0,7	4,2	-4,2	4,3
Лето	-1,7	2,3	-2,5	0,5	2,2	1,2	2,7	2,8
Осень	0,8	-2,5	-6,2	-0,4	2,2	-4,8	1,8	-2,5
Год	11,3	-1,4	-10,9	-3,2	0,9	-2,2	7,7	5,9

является значительное увеличение K_p в циклах № 18 и 19 (1945—1964 гг.). Цикл № 20 начался в 1965 г. и идет пока на прежнем «нормальном» уровне. При наличии большего ряда наблюдений можно было бы выключить из обработки два указанных резко аномальных цикла.

Фазы геомагнитной активности были выделены следующие: минимум, после минимума, перед максимумом, максимум, после максимума, перед минимумом. Эти шесть фаз считались основными; из каждого геомагнитного 11-летнего цикла в каждую из них отбиралось по одному году, «лишние» же годы отбрасывались. Средние барико-циркуляционные характеристики для каждой фазы приведены в табл. 1.

С учетом изложенного в начале статьи и в выводах ранее выполненной работы [5] главное внимание было обращено на следующие четыре фазы геомагнитной активности из указанных шести: минимум, максимум, после минимума, после максимума.

Сезонные барико-циркуляционные характеристики сопоставлялись с годовыми значениями K_p . Зима относилась к декабрю того года, на который приходилась соответствующая фаза K_p (например, максимуму K_p соответствуют барико-циркуляционные характеристики за зимы 1910/11, 1918/19 гг. и т. д.). Если будем отсчитывать фазы от середины года максимума или минимума, т. е. от 1 июля, то получим следующие сдвиги сезонных характеристик от этой фазы для взятых нами случаев после максимума и после минимума, в месяцах:

Весна	Лето	Осень	Зима
9	12	15	18

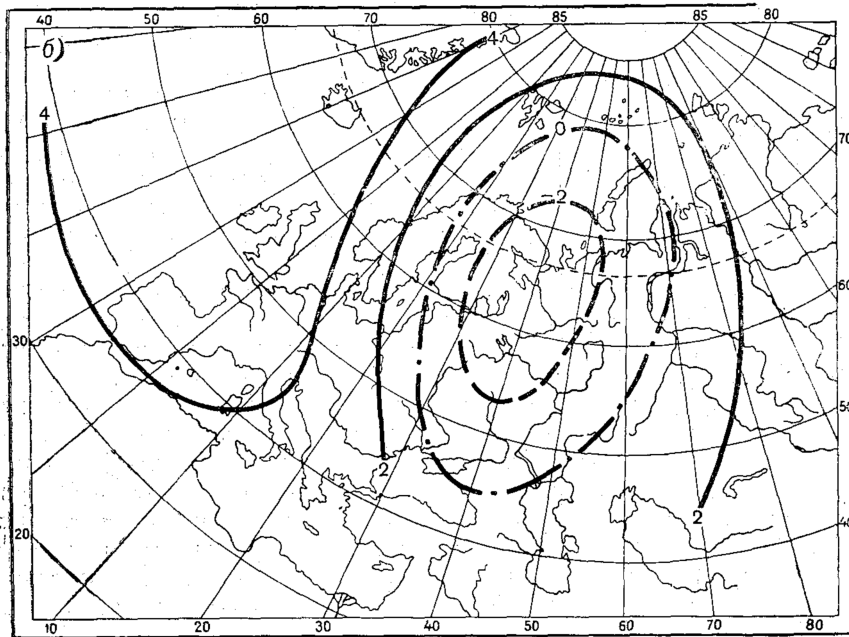
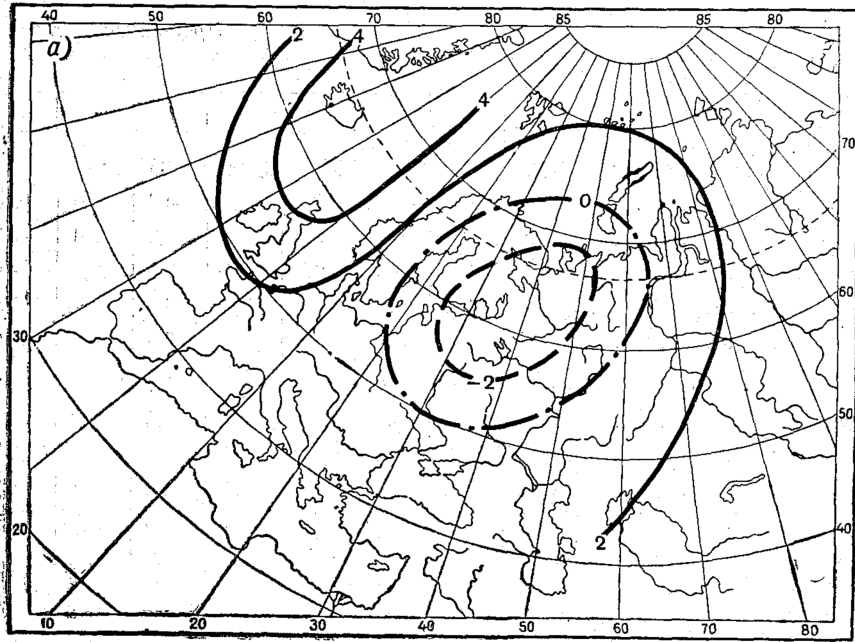


Рис. 4. Аномалии барического режима в годы минимума.
 а — зима, б — весна.

Исходя из сказанного выше о развитии меридиональных процессов циркуляции в результате вхождения Земли в корпускулярные потоки рассмотрим прежде всего фазы минимума и после минимума.

В годы минимума возможны длительные и устойчивые воздействия солнечных корпускул на атмосферу Земли, отличающиеся упорядоченностью в том смысле, что они не накладываются друг на друга (по причине редкости возникновения) и имеют тенденцию к ритмическому повторению. В связи с этим в годы минимума K_p естественно ожидать еще преобладания меридиональных процессов в атмосфере Земли, что и обнаруживается по нашим данным для всех четырех сезонов года (табл. 1). В качестве иллюстрации приводим карты для зимы и весны (рис. 4). На меридиональности атмосферных процессов в годы минимума может сказываться также их инерционность, поскольку они должны быть развиты в годы перед минимумом.

Непосредственно после года минимума наступает, как было сказано, резкое изменение в «обстановке» на Солнце, межпланетном и околоземном пространстве. В этот период корпускулярные потоки при малой их интенсивности еще редко задевают Землю и свойство упорядоченности их теряется. Атмосферная циркуляция может развиваться по собственным законам, без вмешательства извне. Следует ожидать поэтому уменьшения повторяемости меридиональных переносов и перехода к процессам зональной циркуляции атмосферы. Учитывая особенности двух последних закончившихся циклов солнечной активности (№ 18 и 19), нами для карты барикоциркуляционных характеристик в фазе после минимума (рис. 5) были исключены 1946 и 1956 гг. в связи с нетипичными для этой фазы высокими значениями K_p .

Карты на рис. 5 наглядно показывают значительное усиление зональности циркуляции в атлантико-европейском секторе — классической области переноса с запада на восток. Следовательно, с переходом к новому типу солнечных и межпланетных процессов происходит переход и к другому типу атмосферной циркуляции.

С приближением к фазе максимума увеличивается доля меридиональных процессов, и в этой фазе преобладание их по сравнению с нормой обрисовывается вполне определенно (рис. 6). После года максимума это преобладание выражено еще сильнее, что показано на рис. 7. Как следует из нашей общей установки, усиление меридиональности, происходящее вместе с падением индекса K_p после года максимума, можно объяснить тем, что при общем высоком еще уровне геомагнитной возмущенности становятся более характерными длительные, устойчивые, хотя и менее интенсивные, корпускулярные вторжения. Опять-таки, может иметь место инерция атмосферных процессов после года максимума геомагнитной возмущенности.

Таким образом, качественная сторона изменений барического поля по фазам геомагнитной активности оказалась вполне определенной. Приведем некоторые данные для оценки количественной

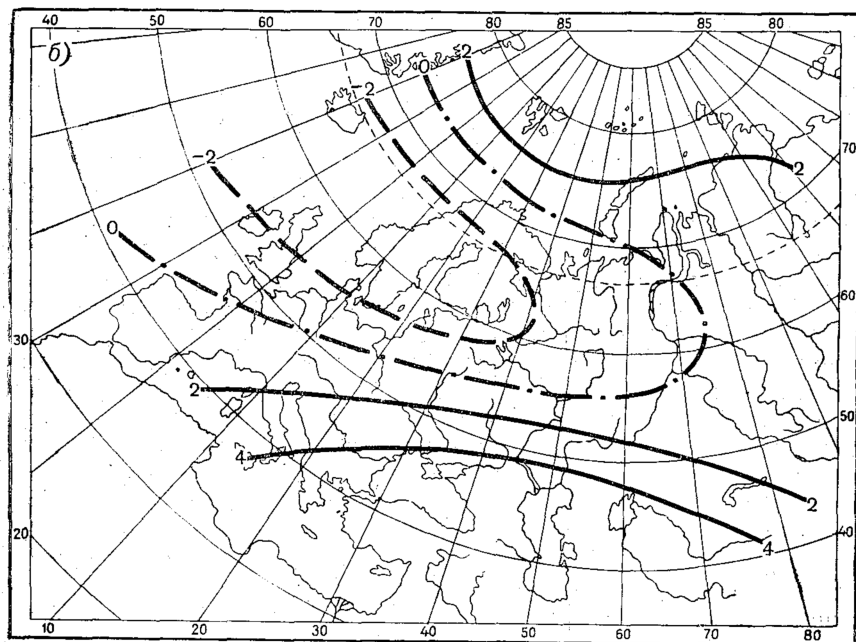
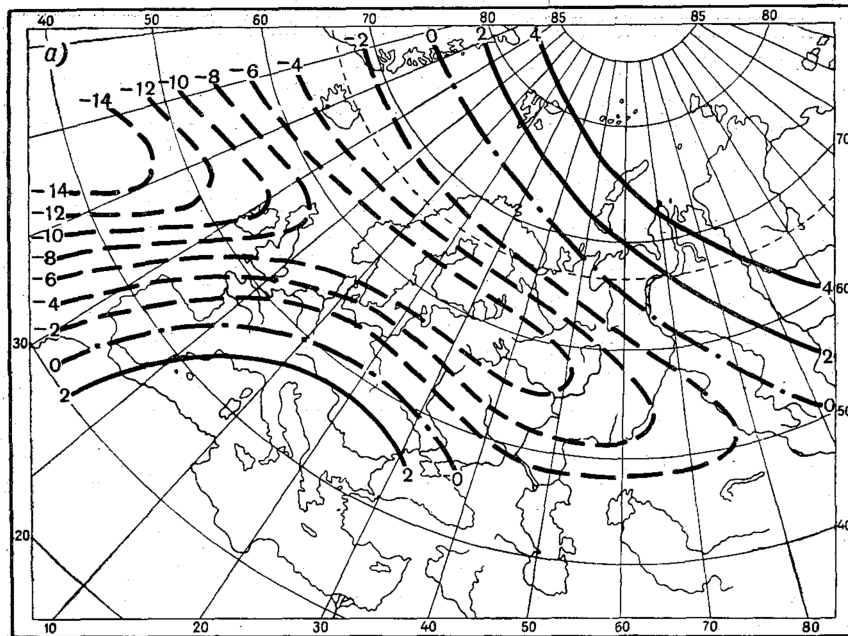


Рис. 5. Аномалии барического режима в годы после минимума.
 а — зима, б — весна.

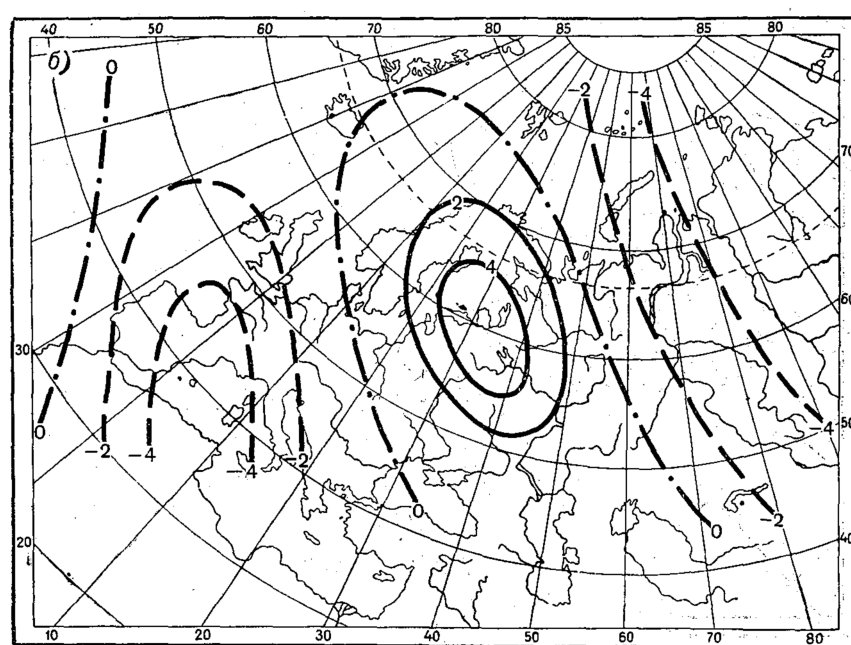
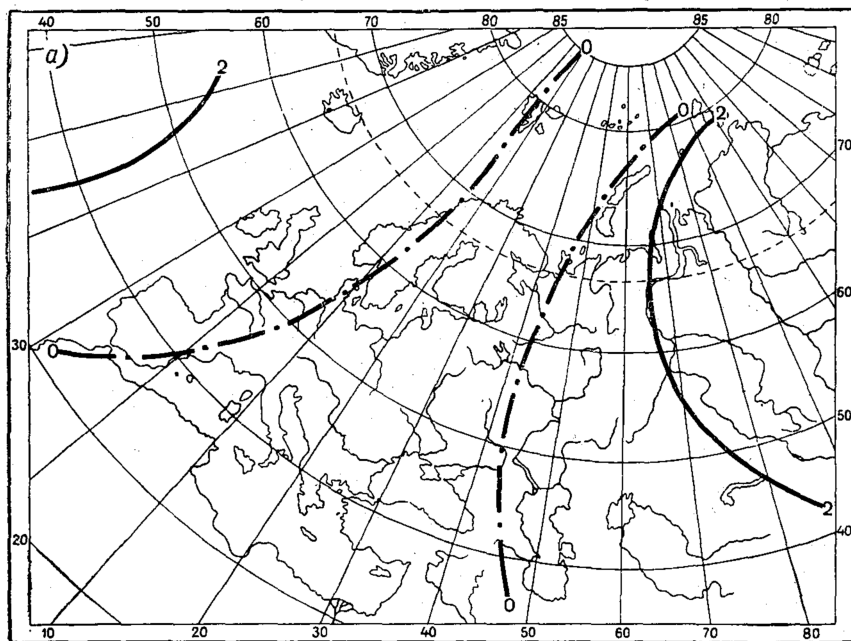


Рис. 6. Аномалии барического режима в годы максимума.
а — зима, *б* — весна.

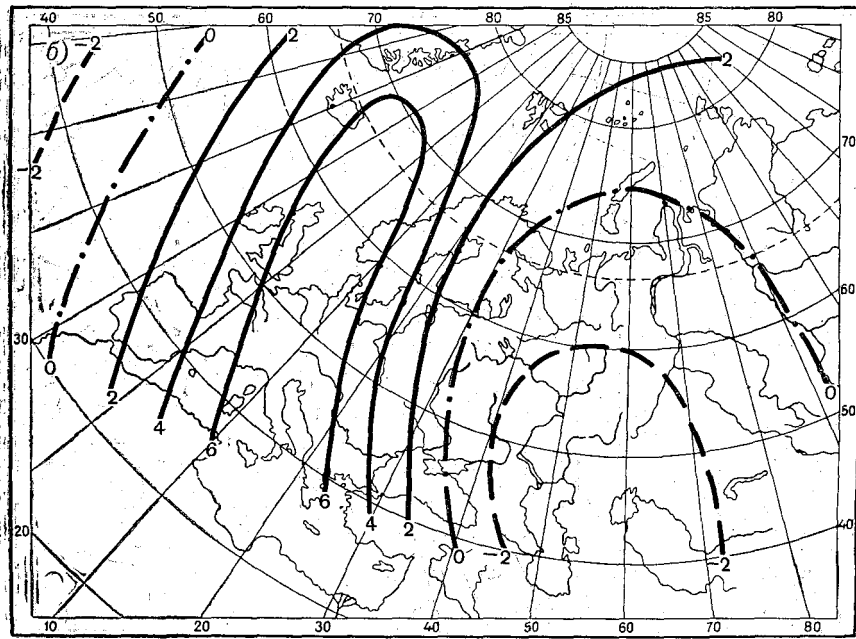
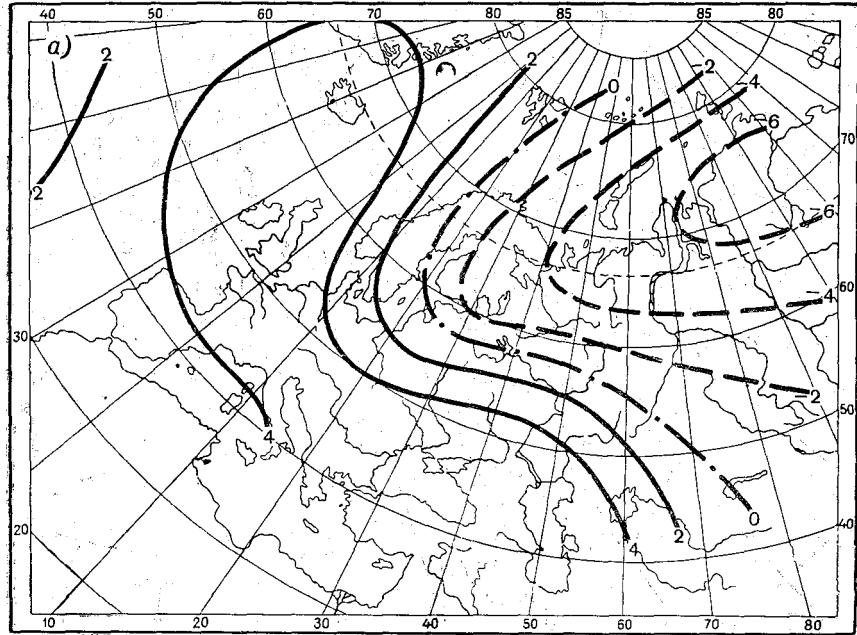


Рис. 7. Аномалии барического режима в годы после максимума.
а — зима, *б* — весна.

стороны. Принимая среднее сезонное число дней с антициклонической циркуляцией в каждом из восьми районов равным 45 (по 15 дней в месяце), мы выразили барико-циркуляционные аномалии, приведенные в табл. 1, в процентах к 45. В табл. 2 показаны средние проценты по восьми районам (1) и две наибольшие цифры из восьми (2 и 3).

Таблица 2

Аномалии барико-циркуляционных характеристик по фазам геомагнитного 11-летнего цикла

Сезон	Максимум			После максимума			Минимум			После минимума		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Зима	3	6	5	5	8	12	5	10	7	11	34	16
Весна	5	12	10	6	16	14	6	11	10	5	9	6
Лето	4	8	7	10	17	16	8	17	12	10	16	14
Осень	7	15	14	6	11	10	5	8	8	7	13	12

Как видно по данным табл. 2, фазы после максимума и после минимума характеризуются более значительными барико-циркуляционными аномалиями, чем основные фазы (это согласуется с принятыми нами установками). Часто встречаются аномалии 10—15% и более, что составляет заметный вклад в месячные особенности барического режима и что можно считать только нижним пределом возможного эффекта, так как обработка основана была на крайне общих и приближенных предположениях (фаза геомагнитной возмущенности определялась с точностью до года, внутрисезонный и внутримесячный ход геомагнитных и барических характеристик не учитывался и т. п.).

Подобрать критерии статистической достоверности указанных цифр не удалось. Это связано с тем, что для каждого сезона имелось только по 5—8 лет наблюдений, объединение же сезонов не приводит к улучшению результатов, поскольку очаги больших аномалий меняют свое положение в течение года. Так, ось ложбины, характеризующей зональный перенос в годы после минимума, при переходе от лета к зиме закономерно перемещается с севера на юг, что показано на рис. 8. Аргументы в пользу высказанных предположений носят на данном этапе качественный характер.

Заметим еще, что не следовало ожидать хорошего соответствия карты на рис. 2, составленной по индивидуальным случаям корпускулярных вторжений, и месячных карт меридионального типа циркуляции (рис. 4 и 7). Первая из указанных карт (построенная Муштелем) отражает кратковременные и чисто отобранные процессы. Они составляют малую долю всех возмущений, которые накладываются друг на друга и эффект которых суммируется при месячных

и сезонных осреднениях. Анализ таких перекрывающихся возмущений является дальнейшей, весьма сложной задачей. Сейчас же можно только констатировать общность выводов наших, Мустеля и целого ряда других авторов относительно перестройки атмосферной циркуляции на меридиональный тип в результате корпускулярных вторжений.

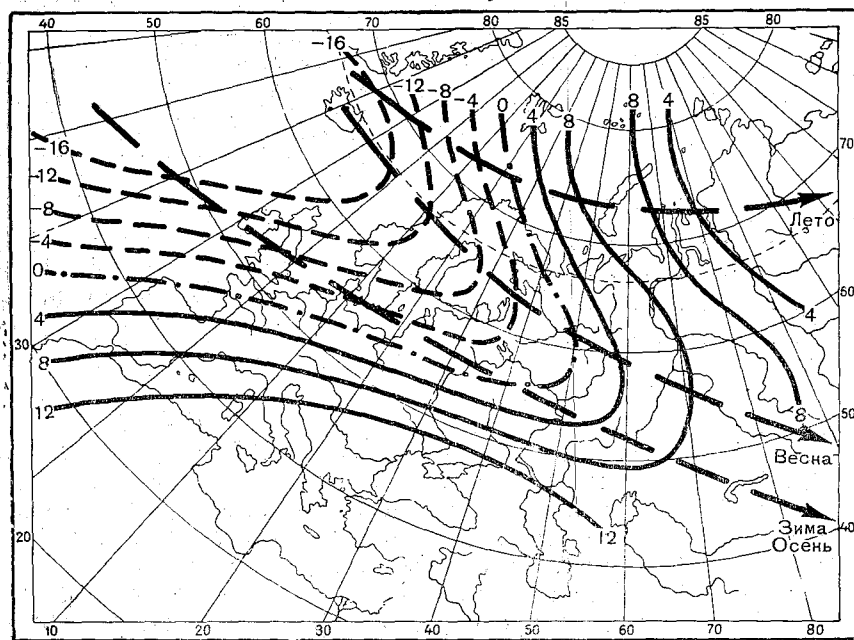


Рис. 8. Аномалии барического режима в годы после минимума (среднее за год) и оси ложбин отрицательных аномалий в разные сезоны.

Коснемся вопроса о сопоставлении разобранных выше карт с аналогичными картами, составленными применительно к 11-летнему циклу солнечных пятен. Годовые выводы по фазам чисел Вольфа приведены в табл. 3. Сопоставление с соответствующими данными табл. 2 показывает, что барико-циркуляционные аномалии, отнесенные к фазам геомагнетизма, в целом несколько больше аномалий, отнесенных к числам Вольфа. Одна из основных отмеченных нами закономерностей — зональность атмосферной циркуляции в фазе после минимума при использовании чисел Вольфа выражена слабее, причем заметно смещение на фазу перед максимумом, что увязывается с общим сдвигом геомагнитных явлений на более поздние сроки по сравнению с видимой по солнечным пятнам активностью Солнца. Для фазы минимум чисел Вольфа отмечается явная меридиональность атмосферных процессов, хотя и с невысокими количественными показателями. Наиболее интересна карта

Таблица 3

Барико-циркуляционные характеристики за год (отклонения от нормы числа дней с антициклонической циркуляцией) для районов 1—8 по фазам чисел Вольфа

Фаза	Районы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Минимум, (1901, 1913, 1923, 1933, 1944, 1954, 1964 гг.)	+1,1	-4,2	-5,0	-4,3	+10,4	+6,1	-5,7	-1,8
После минимума (1902, 1914, 1924, 1934, 1955, 1965 гг.)	+1,7	+0,9	-5,9	-7,9	-17,2	+8,4	+6,6	+2,2
Перед максимумом (1904, 1916, 1927, 1936, 1946, 1956, 1967 гг.)	-8,8	+5,7	+3,3	-4,5	-6,2	-9,3	+3,3	+8,0
Максимум (1905, 1917, 1928, 1937, 1947, 1957 гг.)	+4,2	+6,3	+4,3	-9,5	-13,7	-10,1	-15,3	-6,3
После максимума (1906, 1918, 1929, 1938, 1948, 1958 гг.)	-14,5	-4,2	-5,7	+2,0	-4,5	+9,2	-2,3	+1,5
Перед минимумом (1900, 1912, 1922, 1932, 1943, 1953, 1963 гг.)	+2,3	+4,7	-2,2	+4,4	+15,1	+8,0	+10,3	+12,6

для фазы максимума чисел Вольфа, четко выявляющая дефицит воздушных масс в умеренных и субтропических широтах при избытке в высоких широтах. Это вполне увязывается с выводом Виллета для всего северного полушария [6].

Настоящая работа была доложена на конференции по общей циркуляции атмосферы в Тбилиси в октябре 1968 г. Вычисления выполнены ст. техником Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова Н. Д. Смирновой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вительс Л. А. Характеристики барико-циркуляционного режима. Гидрометеоздат, Л., 1965.
2. Мустель Э. А. Происхождение солнечного ветра и его астрофизические аспекты. Данные о корпускулярных потоках, которые могут быть использованы для изучения солнечно-атмосферных связей. Солнечные корпускулярные потоки и их воздействие на атмосферу Земли. Сб. «Научные информации», вып. 10. Астр. совет АН СССР, М., 1968.
3. Оль А. И. Об 11-летнем циклическом изменении магнитной возмущенности. Проблемы Арктики и Антарктики, № 16, 1964.
4. Оль А. И. Возмущенность магнитного поля Земли и ее изменения в 11-летнем цикле. Труды ГГО, вып. 245, 1969.
5. Покровская Т. В. Синоптико-климатологические и гелиогеофизические долгосрочные прогнозы погоды. Гидрометеоздат, Л., 1969.
6. Willett H. C. Solar-Climatic relationships in the Light of standardized climatic data. J. of the Atm. Sci, № 2, 1965.

БИБЛИОТЕКА
Ленинградского
Гидрометеорологического
Института