

изменений солнечной активности и процессов на Земле, но и для количественной оценки доли солнечнообусловленных колебаний последних. В ряде случаев эта доля оказывается весьма высокой. Например, из рисунка 4 видно, что в течение 1838—1962 гг. 47 раз менялся знак приращений уровней Каспийского моря. Из них 27 могут считаться солнечнообусловленными, т. е. доля последних составляет 57,5 %. Для прироста деревьев (см. рис. 5) она равна 38 %. Аналогичные данные могут быть получены и в других случаях.

Таким образом, в результате проведенного анализа можно сделать заключение о том, что предположение о возможности ударных воздействий солнечной активности на ход геофизических процессов в многолетнем разрезе в общем подтверждается натуральными данными, а доля солнечнообусловленных изменений хода геофизических процессов оказывается относительно высокой. Все это дает основание сделать вывод о том, что прогноз изменений солнечной активности может рассматриваться как один из источников информации о предстоящих колебаниях геофизических процессов.



Н. П. Цимахович

ВМЕСТО ЧИСЕЛ ВОЛЬФА — РАДИОПОТОК



работах по установлению солнечно-земных связей в качестве первого этапа обычно производится сопоставление земных событий с одновременными процессами на Солнце. Какие же явления, происходящие на поверхности Солнца, привлекают внимание естествоиспытателя? В первую очередь, это пятна, появление которых на дневном светиле запечатлено во многих древних хрониках. Пятна явились также тем объектом, регулярная регистрация которого привела к установлению 11-летнего цикла солнечной активности. Главенствующая роль солнечных пятен обусловлена тем обстоятельством, что из всех оптических эффектов солнечной активности пятна легче всего наблюдаются — их можно увидеть даже в бинокль. Остальные же проявления солнечной активности доступны лишь наблюдателю, вооруженному специальными инструментами.

Пятна также являются единственным видом образований, по которым имеется много наблюдений. Регулярные ежедневные наблюдения пятен были начаты еще в 1826 году любителем астрономии Генрихом Швабе. В 1859 году астроном Рудольф Вольф из Цюриха ввел для характеристики количества пятен так называемое относительное число солнечных пятен, или, как это число часто называют теперь, число Вольфа (W). По данным хроник ему удалось восстановить

картину изменений солнечной активности до 1610 года! Число Вольфа определяется на основе оптических наблюдений Солнца как сумма количества пятен на видимом диске Солнца, сложенная с удвоенным количеством групп пятен. Благодаря своей простоте и наглядности, а также тому, что в настоящее время уже имеется длинный ряд чисел Вольфа, оно стало самым распространенным индексом солнечной активности, особенно при изучении солнечно-земных связей.

Число Вольфа, однако, имеет и свои недостатки. Главным является то, что W не может служить количественной мерой уровня солнечной активности. Действительно, если на Солнце имеются две группы пятен, причем одна состоит из 2, а другая — из 3 пятен, то в этом случае W равно 25. Если же на Солнце имеется только одна группа, но состоящая из 15 пятен, то W равно тоже 25. Однако второй случай гораздо более геоэффективен, чем первый, ибо уровень солнечной активности определяется в большей мере сложностью групп пятен, чем их количеством. Поэтому были введены и другие индексы солнечной активности, в частности суммарная площадь пятен.

Однако все индексы, для вычисления которых используются пятна, имеют один общий недостаток: они характеризуют главным образом ультрафиолетовую составляющую солнечной активности, в то время как для биофизики большее значение имеет корпускулярная составляющая, в значительной мере обусловленная хромосферными вспышками. Индексы корпускулярной активности еще почти не разработаны, поэтому в случае достаточно больших промежутков времени для исследований обычно берется все то же число Вольфа, как характеристика суммарного эффекта всей солнечной деятельности. Такая замена оправдана для промежутков времени порядка нескольких месяцев, поскольку как пятна, так и корпускулярные потоки имеют общую первооснову и в периоды повышенной активности возрастают. Однако при рассмотрении меньших периодов соответствие нарушается.

В силу этих причин ходу W хорошо соответствуют

среднегодовые значения многих биологических процессов, в частности численность эпидемий чумы, холеры и др. В то же время солнечно-земная связь якобы нарушается при рассмотрении меньших интервалов времени. Так, например, количество функциональных лейкопений, по данным Н. А. Шульца, точно следует за среднегодовыми числами Вольфа в период с 1954 по 1959 год. Сопоставление же числа случаев лейкопений с числами Вольфа по месяцам в ряде месяцев показывает большие расхождения. Так, в 1960 году в феврале и марте W уменьшилось по сравнению с январем, а число лейкопений возросло, в июле же W начало резко расти, а число лейкопений уменьшилось. В июне 1961 года W возросло, а число лейкопений уменьшилось.

В связи с этим мы предлагаем использовать в качестве индекса солнечной активности плотность потока радиоволн от Солнца. Радиоволны излучаются солнечной короной, причем более короткие волны излучаются более глубокими слоями солнечной короны, а более длинные — внешними слоями короны. В связи с тем, что земная атмосфера прозрачна лишь для ограниченного интервала длины волн, в нашем распоряжении имеются данные лишь о длинах волн от 3 см до 30 м. Из этого диапазона наиболее длинный ряд непрерывных наблюдений имеется для длин волн порядка 1,5 м, т. е. 200 Мгц. Эти длины волн излучаются на высотах сотен тысяч километров над фотосферой Солнца. При появлении на поверхности Солнца центров активности находящиеся над ними области короны начинают излучать более интенсивный поток радиоволн. Возрастание потока происходит за счет двух компонентов: во-первых, это длительный поток, исходящий из уплотнений короны над центрами активности. Эта часть радиопотока существует сравнительно долго — в течение всего времени существования центра активности, т. е. недели и даже месяцы. Во-вторых, если в центре активности происходят нестационарные процессы, связанные с хромосферными вспышками, то из Солнца выбрасываются потоки корпукул. На своем пути через солнечную корону эти потоки генерируют мощные импульсы радиоволн.

На записи потока радиоизлучения Солнца тогда появляются так называемые радиовсплески. Таким образом, внезапное возрастание потока солнечных радиоволн служит прямым указанием на испускание Солнцем геoeffективных корпускул.

Поток солнечных радиоволн регистрируется многими обсерваториями мира. На частоте 200 Мгц, а также на частотах 3000 и 600 Мгц (длина волны, соответственно, 10 и 50 см) наблюдения ве-

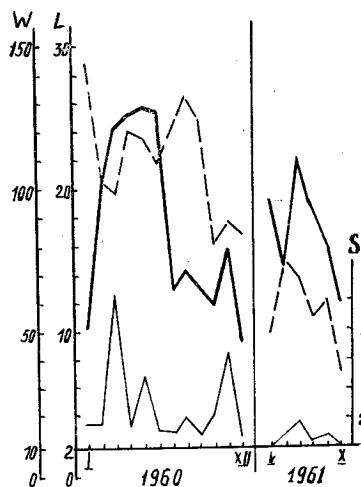


Рис. 1. Изменение количества случаев лейкопений (*L*) (жирная линия), чисел Вольфа (*W*) (пунктир) и плотности потока радиоволн на частоте 200 Мгц (*S*) (светлая линия).

дутся в общей сложности круглые сутки. Данные наблюдений публикуются в регулярных изданиях обсерваторий, а также в специальных каталогах солнечных данных. Наиболее полными являются два издания: ежемесячный бюллетень «Солнечные данные», издаваемый Пулковской обсерваторией, и квартальный бюллетень «The Quarterly Bulletin on Solar Activity» в Цюрихе. Цюрихский бюллетень выходит с запозданием на два-три года, однако он содержит сводные таблицы плотности потока солнечных радиоволн на частоте 200 Мгц за все 24 часа суток каждого дня. Данные усреднены по 3-часовым интервалам. Таким образом, на каждый день имеется 8 значений. Сводные суточные таблицы для других частот не публикуются. В бюллетене «Солнечные данные» уровень радиоизлучения дается для интервалов от 1 до 3 часов, за период суток летом 21 час, зимой — 17 часов.

Внезапные возрастания потока солнечных радио-

волн даются во всех бюллетенях в виде отдельного списка так называемых необычных событий в радиодиапазоне. Разнообразие событий здесь очень велико, однако «путеводной звездой» может служить обстоятельство, что наиболее эффективны те события, которые имеют продолжительность не менее десяти минут и захватывают весь интервал частот — от сантиметровых до метровых волн. Кроме того, следует обращать внимание главным образом на начало события, которое всегда очень близко к моменту испускания корпускул.

В качестве примера рассмотрим ход кривых количества случаев функциональных лейкопений по данным Н. А. Шульца* и среднемесячных потоков радиоволн на частоте 200 Мгц. Данные о радиопотоке взяты из «The Quarterly Bulletin on Solar Activity» №№ 133—140 за 1960 и 1961 гг. Как видно из рисунка 1, ход лейкопений лучше согласуется с ходом потока радиоволн, чем с ходом чисел Вольфа. Так, в феврале и марте 1960 года радиопоток резко увеличился, а в июле возрос очень незначительно. Аналогично ведет себя и кривая числа лейкопений. Летом 1961 года максимум лейкопений был в июле — на месяц позже максимума *W*, но одновременно с максимальным среднемесячным значением потока радиоволн.

Таким образом, радиопоток можно использовать в качестве показателя для временного сопоставления процессов в биосфере с изменениями уровня солнечной активности.



* См. бюллетень «Солнечные данные», 1965, 1, стр. 73.