

РИТМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ИОНОСФЕРЕ

По современным представлениям магнитно-ионосферные возмущения являются результатом сложного комплекса процессов, разыгрывающихся в ионосфере, особенно на высоких широтах, во время вторжений заряженных частиц из шлейфа (или хвоста) магнитосферы. Магнитно-ионосферное, или авроральное, возмущение состоит из магнитной бури, полярного сияния и из ионосферного возмущения, складывающегося из усиления ионизации в нижней части ионосферы и падения плотности ионизации в верхней ионосфере. Все эти явления, особенно сильные в зонах полярных сияний, окружающих магнитные полюса Земли, обнаруживают связь с активностью Солнца, т. е. первопричиной их являются, несомненно, солнечные корпускулярные потоки. Однако непосредственно в ионосферу эти потоки не проникают. Сравнительно слабые потоки частиц, всегда испускаемые Солнцем, даже в невозмущенных условиях (так называемый солнечный ветер) «сдувают» силовые линии магнитного поля Земли в антисолнечном направлении, образуя магнитосферу с далеко вытянутым шлейфом. В шлейфе постепенно запасается значительное количество магнитной энергии, для освобождения которой бывает достаточно незначительного толчка. Таким толчком может оказаться либо усиление солнечного ветра, связанное, например, с выбросом облака плазмы из солнечной вспышки, либо прохождение через Землю одной из границ секторной структуры межпланетного магнитного поля, вращающейся вместе с Солнцем. В результате этого в шлейфе магнитосферы возникает бурное пересоединение противоположно направленных силовых линий, пересоединившиеся линии сокращаются и увлекают плазму, находившуюся внутри шлейфа, по направлению к Земле, одновременно ускоряя ее. Заряженные частицы движутся вдоль силовых линий, оканчивающихся в зонах полярных сияний, и вызывают там авроральные возмущения.

Магнитно-ионосферные возмущения по ряду свойств разделяются на два типа: вспышечные и рекуррентные. Первые связаны с появлением на Солнце ярких хромосферных вспышек, вторые — с возникновением устойчивой секторной структуры слабых солнечных магнитных полей, выносимых солнечным ветром в межпланетное пространство. Устойчивость секторной структуры на Солнце приводит к появлению 27-дневной повторяемости, характерной для рекуррентных возмущений, тогда как вспышечные возмущения такой повторяемости не обнаруживают. Чаще всего на Солнце имеются либо два, либо четыре сектора с противоположно направленными магнитными полями, что приводит к возникновению 13—14- и 6—7-дневных ритмов в ионосферных явлениях, обнаруживающихся, так же как и 27-дневный ритм, во многих тропосферных процессах.

Вспышечные магнитно-ионосферные возмущения возникают наиболее часто на фазе максимума пятнообразовательной деятельности Солнца и практически исчезают в годы минимума. Иначе ведут себя рекуррентные возмущения. Они достигают максимального развития на ветви спада 11-летнего цикла солнечной активности и наиболее интенсивны за 2—3 года до минимума чисел Вольфа. Поэтому, если какое-либо геофизическое явление возникает при встрече Земли с потоками обоих типов, т. е. вспышечными и рекуррентными, то это явление обнаруживает 5—6-летний ритм, так как расстояние между фазами максимального развития на Солнце вспышечной и рекуррентной активности составляет 5—6 лет. Если же геофизическое явление обусловлено каким-либо определенным типом активности, то оно будет обнаруживать 11-летний ритм. Наблюдения показывают, что для магнитно-ионосферных возмущений, четко разделяющихся на вспышечные и рекуррентные, наиболее характерным является 11-летний ритм, тогда как в тропосфере наблюдаются оба вида ритмов — и 5—6-летний, и 11-летний.

В солнечной активности обнаруживается еще 22-летний цикл, проявляющийся как в распределении магнитных полей солнечных пятен, так и в своеобразном чередовании 11-летних циклов солнечной активности. Был установлен закон объединения соседних 11-летних циклов, оказалось, что физически связаны между собой четный и следующий за ним нечетный (по цюрихской нумерации) циклы, тогда как четный и предыдущий нечетный циклы такой связи не обнаруживают. Оказалось, что в некоторых метеорологических и гидрологических параметрах (например, в атмосферном давлении и уровнях некоторых озер) 22-летний цикл прослеживается весьма отчетливо.

Имеются указания на то, что в ряде геофизических явлений (например, в смене типов атмосферной циркуляции) выявляется и хорошо известный «вековой» (80—90-летний) цикл солнечной активности.

Исследование связи между возмущенностью магнитного поля Земли и солнечной активностью за довольно большой промежуток времени (1884—1968 гг.) привело к важному как в принципиальном, так и в практическом отношении выводу: средняя интенсивность рекуррентных магнитных возмущений в данном 11-летнем цикле оказалась чрезвычайно тесно ($r = +0,95$) связанной с числом Вольфа в максимуме следующего 11-летнего цикла. Это позволило высказать предположение о том, что 11-летний цикл состоит из двух фаз, причем в первой фазе цикла, начинающейся еще на середине ветви спада предыдущего цикла, на поверхности Солнца развиваются униполярные магнитные области, тесно связанные с секторной структурой межпланетного магнитного поля, тогда как во второй фазе развиваются биполярные магнитные области (группы солнечных пятен).

Таким образом, полная длина цикла солнечной активности составляет около 15 лет. С другой стороны, обнаруженная связь позволяет осуществлять уверенный долгосрочный прогноз солнечной активности — максимальное число Вольфа в каком-либо цикле может быть предсказано за 2—3 года до наступления максимума.