

навигации и радиосвязи, но и на кабельную связь (телекс и телефон), работу линий электропередач, нефте- и газопроводов и т. п.

В климатологии и метеорологии получены доказательства статистич. связи между частотой засух и 22-летним *солнечным циклом*, изменением приземного давления и мощностью солнечного ветра, поведением др. метеопараметров и уровнем геомагн. возмущённости в целом (солнечно-тропосферные связи). Эти эффекты географически обусловлены (горы, граница суша — океан и т. п.) и связаны с распределением аномалий геомагн. поля, с областями неустойчивости атмосферы.

Статистически установлена циклич. связь (рис. 4) между уровнем солнечной и геомагн. активности и ходом ряда процессов в биосфере Земли — динамикой популяции животных, эпидемий, эпизоотий и т. п. (солнечно-биосферные связи). Показано также, что колебания геомагн. поля могут вызывать ответную реакцию

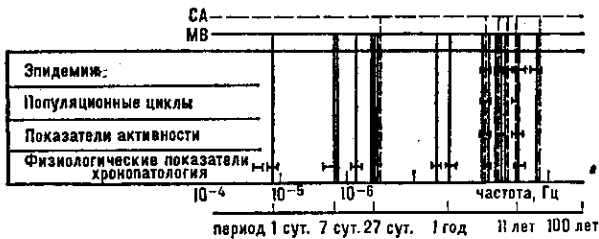


Рис. 4. Сопоставление периодов некоторых биологических макроритмов с основными гармониками солнечной активности (СА) и магнитной возмущённости (МВ).

центральной нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой и кровеносной систем человека, влияя на его общее состояние. Наиб. вероятной причиной такой реакции являются НЧ-колебания эл.-магн. поля Земли.

Электрич. состояние атмосферы также сильно меняется во времени и пространстве (в частности, под действием космич. лучей), причём осн. изменения в цепи *атмосферного электричества* между ионосферой и поверхностью Земли происходят, по-видимому, на высотах стратосферы и в тропосфере. Из-за близости этих оболочек к поверхности Земли роль атм. электричества очень важна (особенно в солнечно-тропосферных и солнечно-биосферных связях). Однако в нек-рых случаях (напр., в крупных городах и промышленных районах) связь между геомагн. колебаниями, электрич. состоянием атмосферы и биол. процессами может быть затухаема влиянием мощных эл.-магн. полей искусств. происхождения.

Триггерный (спусковой) механизм имеет особое значение для процессов в атмосфере Земли. Показано, в частности, что при вхождении Земли в усиленный поток солнечного ветра заметно меняется картина распределения приземного давления, растёт нестабильность тропосферы и изменяется интенсивность циркуляции, причём совокупность свойств этих явлений указывает на триггерный механизм их происхождения. Не исключено, что и др. атм. процессы (ураганы, циклоны и т. п.) на нек-рых этапах их формирования и развития подтверждены слабым энергетич. воздействием, обусловленным возмущениями в солнечном ветре и магнитосфере.

В изучении механизмов С.-з. с. важное место занимает лаб. моделирование таких процессов, как солнечная вспышка (пересоединение магн. полей в плазме и ускорение частиц) или обтекание магнитосферы Земли солнечным ветром. Не меньший интерес представляют активные эксперименты в магнитосфере и ионосфере по моделированию эффектов, вызываемых солнечной активностью: нагрев ионосферы мощным радиозлучением от наземного передатчика, инжекция электронных или ионных пучков с борта ИСЗ, выброс с борта ракет

химически активных веществ, резко изменяющих электронную концентрацию в данной области ионосферы, и т. д. Гл. преимущество лабораторных и натуральных экспериментов — возможность контролировать нек-рые нач. условия и параметры.

Изучение С.-з. с. не только является фундам. науч. проблемой, но и имеет большое прикладное значение. В частности, доказана возможность создать искусственный радиац. пояс Земли, изменить свойства ионосферы и генерировать эл.-магн. НЧ-излучение над заданным районом. Диагностика и прогноз радиац. обстановки в космосе, магнитосферных и ионосферных возмущений крайне необходимы для решения практич. задач в области космонавтики и радиосвязи, транспорта, энергетики и нефтегазовой пром-сти, метеорологии и климатологии, сельского хозяйства, биологии и медицины. Выяснилась связь солнечно-земной физики с глобальными экологич. проблемами и долговрем. изменениями в окружающей среде.

Лит.: Витинский Ю. И., Солнечная активность, 2 изд., М., 1983; Чижевский А. Л., Земное эхо солнечных бурь, 2 изд., М., 1976; Акасофу С.-И., Чепмен С., Солнечно-земная физика, пер. с англ., ч. 1—2, М., 1974—75; Витинский Ю. И., Оль А. И., Сазонов Б. И., Солнце и атмосфера Земли, Л., 1976; Гордиец Б. Ф., Марков М. Н., Шелепин Л. А., Солнечная активность и Земля, М., 1980; Мирошниченко Л. И., Солнечная активность и Земля, М., 1981; Сидякин В. Г. и др., Космическая экология, К., 1985; Комаров Ф. И. и др., Геогеофизические факторы и их воздействие на циклические процессы в биосфере, М., 1989.

СОЛНЕЧНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ — потоки ускоренных заряж. частиц, эпизодически появляющиеся в межпланетном пространстве на фоне галактических *космических лучей* (ГКЛ) после нек-рых солнечных вспышек. Способность Солнца испускать ускоренные частицы впервые обнаружена в 1942 С. Форбушем (S. Forbush) и др., зарегистрировавшими резкое увеличение потока частиц после солнечной вспышки. Факт ускорения частиц на Солнце подтверждается, помимо регистрации С. к. л. в межпланетном пространстве, наблюдениями рентг. и радиоизлучения Солнца, а также регистрацией γ -лучей и нейтронов, возникающих во время солнечных вспышек в результате ядерных реакций ускоренных частиц в атмосфере Солнца.

В состав С. к. л. входят протоны, более тяжёлые ядра и электроны. Относит. содержание ядер в области энергий $\epsilon > (1-3) \cdot 10^7$ эВ совпадает с их распространённостью в солнечной короне (см. Солнце). В области меньших энергий потоки С. к. л. часто обогащены тяжёлыми ядрами. Наиб. заметные отклонения от состава солнечной атмосферы связаны с изотопом гелия ^3He . Зарегистрированы события с аномально большим содержанием ^3He , в нек-рых из них отношение содержания $^3\text{He}/^4\text{He}$ в области энергий порядка неск. МэВ/нукл. в 10^3-10^4 раз превышает солнечное.

Поток С. к. л. состоит из частиц более низких по сравнению с ГКЛ энергий. Величина пороговой (минимальной) энергии, с к-рой начинается устойчивое ускорение частиц, не установлена. В межпланетном пространстве в С. к. л. наблюдаются электроны с мин. энергией 2 кэВ, ядра — с энергией в десятки кэВ/нукл. Макс. наблюдавшаяся энергия протонов С. к. л. $\approx 2 \cdot 10^{10}$ эВ (вспышка 23 февраля 1956). Во всём интервале наблюдаемых энергий спектр С. к. л. падающий, с более быстрым уменьшением числа частиц в области больших энергий. Обычно форма дифференц. спектров, измеренных в межпланетном пространстве, описывается степенной ф-цией $\epsilon^{-\gamma}$. Характерная величина γ в событиях, когда измеренные спектры наиб. близки к спектрам в источнике, составляет 2—4 ($10 \leq \epsilon \leq 100$ МэВ).

Потоки С. к. л. меняются от вспышки к вспышке на неск. порядков величины. Частота появлений С. к. л. коррелирует с уровнем *солнечной активности* в 11-летнем *солнечном цикле*. Циклы различаются по мощности генерации С. к. л. Наиб. активным был 19-й цикл (1954—64), когда суммарный поток протонов с $\epsilon > 10^7$ эВ составил $7,2 \cdot 10^{10}$ см $^{-2}$. В 20-м (1964—70) и 21-м (1976—