

# Ветер от Солнца меняет климат Земли

## Климат — понятие динамическое

Когда говорят о катастрофическом изменении климата, то, как правило, имеют в виду деятельность человека: сжигание органического топлива и уменьшение количества лесов, из-за чего в атмосфере планеты растет концентрация углекислого газа. Механизм таков: видимый свет Солнца свободно проникает до поверхности планеты, но атмосферный углекислый газ не пропускает обратное тепловое излучение Земли. В результате количество энергии в системе «поверхность Земли — атмосфера» растет, и возникает парниковый эффект со всеми возможными катастрофическими последствиями вроде таяния ледников и затопления огромных территорий суши. Нельзя отрицать, что деятельность человека меняет окружающую среду, особенно в отдельных регионах. Однако климат всей планеты зависит от многих факторов, и учитывать только антропогенный вряд ли правильно. Выход из этого положения — непредвзято рассмотреть другие факторы, влияющие на околоземное пространство.

История развития нашей планеты показывает, что климат Земли менялся неоднократно. Какова причина этих перемен и какова их периодичность — на эти вопросы мы пока не можем однозначно ответить. Измерения из космоса показывают, что наши прежние знания о процессах, происходящих на Солнце, были весьма ограничены. Накопленный сегодня экспериментальный материал позволил начать поиск новых механизмов передачи солнечной энергии в околоземное пространство. Один из таких механизмов, который может влиять на климат Земли, но который ранее практически не учитывался в климатических исследованиях, — воздействие солнечного ветра.

## Энергия солнечного ветра

Тот факт, что Солнце — главный источник энергии на Земле, очевиден. Так же давно установлено, что колебания солнечной активности определяют изменение глобальных процессов. Однако до недавнего времени изучение ее влияния было ограничено тем, что учитывалась только энергия Солнца в видимой

и ультрафиолетовой области электромагнитного излучения. А ведь активность любой звезды не определяется лишь видимым или ультрафиолетовым излучением.

Солнечную активность принято определять по числу солнечных пятен, которые характеризуют вспышки на Солнце. Во время мощных солнечных вспышек не только усиливается интенсивность излучения, но и выбрасываются потоки высокоэнергичных частиц. Доходя до планеты, они воздействуют на ионосферу и атмосферу Земли в целом. Как показывают многолетние исследования физиков, такие воздействия увеличивают геомагнитную активность, нарушают радиосвязь и способствуют образованию облаков. Мощные вспышки в хромосфере, для которых характерны выбросы высокоэнергичных частиц, происходят нечасто — несколько раз в год.

В отличие от вспышек, солнечный ветер представляет собой постоянное истечение низкоэнергичной плазмы из короны (внешней оболочки) Солнца. Энер-

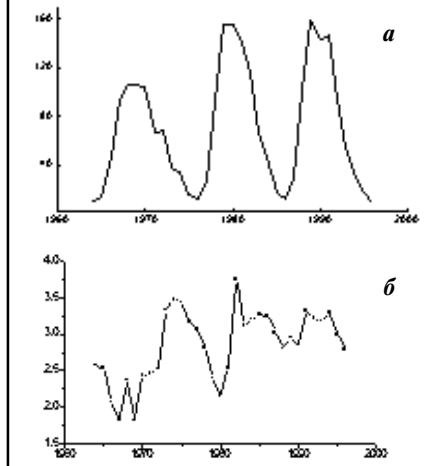
ность, скорость, межпланетное магнитное поле — постоянно меняются во времени. Сталкиваясь с магнитным полем Земли, солнечный ветер передает часть своей энергии в околоземное пространство. При отсутствии возмущений в солнечном ветре граница магнитосферы находится приблизительно на расстоянии 70 тыс. км от центра Земли. При возмущенном солнечном ветре, когда увеличивается его энергия и возрастает давление, граница магнитосферы смещается на 30 тыс. км к Земле. Образуя динамическое давление солнечного ветра играет роль поршня для магнитосферы Земли, сжимая и разжимая ее. По сути, солнечный ветер — действующий постоянно, но изменяющийся со временем вид солнечной энергии, который действует на магнитосферу Земли и, через нее, на планету в целом. Напомним еще раз: ранее во всех исследованиях изменчивости климата Земли энергию солнечного ветра не принимали во внимание.

## Электрические поля и токи в атмосфере

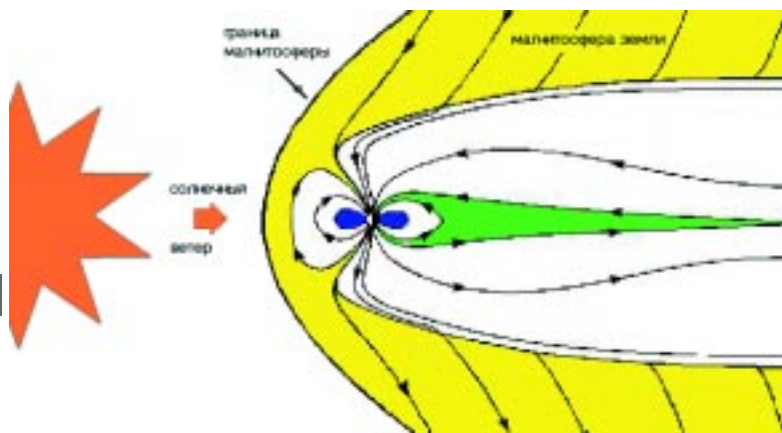
Главная проблема солнечно-земной физики — поиск механизма, способного объяснить, каким образом сравнительно небольшая энергия гелиогеофизических возмущений, возникающих на большом удалении от Земли, управляет куда более энергоемкими процессами в околоземном пространстве. Такой механизм был предложен в отделе геофизики Арктического и Антарктического научно-исследовательского института после анализа многолетних наблюдений за атмосферой приполярных областей. Исследования показали, что при возмущениях солнечного ветра в околоземном пространстве меняется электромагнитная ситуация.

Чтобы объяснить полученные результаты, мы предположим, что энергия солнечного ветра вызывает перераспределение электрических полей и токов в атмосфере планеты. Такой модифицированный вариант глобальной электрической цепи, где помимо гроз источником электрического поля служит и солнечный ветер, может разумно объяснить взаимодействие столь удаленных друг от друга сред, как солнечный ветер и земная атмосфера.

Так за три цикла солнечной активности менялись число Вульфа (а) и динамическое давление солнечного ветра (б)



гия частиц солнечного ветра может быть не столь высокой, как у высокоэнергичных частиц, выбрасываемых во время вспышек, но зато их поток непрерывен. В частности, он выносит в космос солнечное магнитное поле, которое образует межпланетное магнитное поле. Параметры солнечного ветра — его плот-



**Солнечный ветер сталкивается с магнитосферой Земли — оболочкой, которую образуют силовые линии магнитного поля планеты**



**ГИПОТЕЗЫ**

Согласно общепринятым представлениям, токи глобальной электрической цепи замыкаются через ионосферу и через поверхность Земли, потому что, как принято считать, что и та и другая — хорошие проводники. Однако представления об идеальной проводимости поверхности земли отнюдь не всегда справедливы. Измерения, проведенные в Арктике и Антарктиде, показали, что при низких температурах проводимость поверхности, покрытой льдом, весьма низ-

пературе порядка градуса в течение суток. Таким образом, можно предположить, что изменения климата на Земле связаны не только с циклическими вариациями вспышечной активности Солнца, а также с изменениями энергии солнечного ветра.

### Связь ветра с климатом

Для того чтобы проследить за поведением солнечного ветра и сделать выво-

раметрами солнечной активности, нетрудно заметить, что годам, соответствующим максимуму вспышечной активности (1969, 1979, 1989), соответствуют годы минимального давления солнечного ветра. В годы минимума солнечной вспышечной активности (1963, 1974, 1984, 1993), наоборот, динамическое давление солнечного ветра возрастает. Получается, что ожидаемое воздействие солнечного ветра на околоземное пространство будет наиболее заметным в годы минимальной ультрафиолетовой радиации, то есть в годы минимума солнечной активности. Причем в последние два десятилетия XX века динамическое давление солнечного ветра было выше, чем в предшествующие годы. Отметим, что некоторые важные метеорологические параметры, например глобальная температура на поверхности Земли, также претерпели резкие изменения после 1980 года.

Экспериментальные данные показывают, что с энергией солнечного ветра связан не только температурный режим атмосферы, но и концентрация озона в стратосфере. Оказывается, озоновая дыра в Антарктиде увеличивается в те годы, когда наблюдаются возмущения в солнечном ветре и его динамическое давление велико, и, наоборот, концентрация озона в Антарктиде возрастает при спокойном солнечном ветре. Развитие озоновой дыры в Антарктиде в последние десятилетия прошлого столетия сопровождалось увеличением динамического давления солнечного ветра в соответствующие месяцы (август–октябрь).

К настоящему времени получены только количественные оценки воздействия энергии солнечного ветра на температурный режим атмосферы Земли. Однако предлагаемый механизм усиления электрических токов в околоземном пространстве при возмущениях солнечного ветра позволяет говорить о глобальном, постоянном характере его воздействия на околоземные процессы, включая циклоническую активность, образование ураганов, провоцирование землетрясений и биологическую устойчивость человеческого организма.

Кандидат физико-математических наук

**Макарова Л.Н.,**

ГНЦ РФ Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт

**Изменения концентрации озона над Антарктидой (а) и динамического давления солнечного ветра (б) связаны друг с другом**



ка, порой она оказывается меньше, чем проводимость атмосферы на уровне стратосферы, то есть на высотах 20–30 км! Это означает, что через стратосферу, так же как через поверхность Земли, могут протекать интенсивные электрические токи, вызывая изменения температурного режима атмосферы. Модельные расчеты показывают, что вклад электрических токов в температурный режим стратосферы при сильных возмущениях в солнечном ветре сопоставим с вкладом солнечного ультрафиолетового излучения, что составляет разницу в тем-

ды о его возможной связи с климатом, подходит такой параметр, как динамическое давление. Это сила, с которой солнечный ветер давит на единицу площади магнитосферы Земли. Динамическое давление можно рассчитать по измерениям со спутников, орбита которых проходит вне магнитосферы Земли, значений плотности и скорости солнечного ветра. Такие регулярные измерения начали проводиться с 1964 года, и с этого момента построена зависимость изменения динамического давления солнечного ветра от времени. Сопоставляя эти данные с па-

**Так в двадцатом веке изменялись значения солнечной радиации (а) и динамического давления солнечного ветра (б)**

