

общественно-политический



научно-популярный журнал

РОССИЙСКИЙ КОСМОС

№ 1(25)'2008

Первый шаг к Красной планете
Самая секретная профессия в СССР
Космический гороскоп

ИЗДАНИЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА



2399712000001

Космический климат влияет на Землю

Экспансия человечества за пределы границ биосферы носит как пространственный — из-за освоения космического пространства, так и качественный характер — за счет активного использования новых видов энергии и электромагнитных волн. Если комфортные условия для жизни в биосфере обеспечивают в основном близкая к оптимальной величина солнечного излучения и защита магнитосферы и атмосферы от космической радиации, то за их пределами условия космической среды значительно жестче, и не только из-за вакуума.

Существенное влияние на околоземное пространство оказывают составляющие менее 1% вариации потока солнечной энергии, связанные с солнечной активностью. Выделяются несколько основных факторов такой «космической погоды»: нетепловое солнечное электромагнитное излучение (например радио и рентгеновское), солнечные космические лучи, аномальные вариации солнечного ветра и межпланетного магнитного поля, генерирующие магнитные бури, а также фон галактических космических лучей. При этом мощность электромагнитных процессов в магнитосфере Земли может достигать 1012 Ватт. По порядку величины это равно мощности мировой электроэнергетики.

В современном мире необходимость рассмотрения эффектов космической погоды является особенно насущной, так как жизнь человека и общества критически зависит от разнообразных технических средств, а учет долговременных изменений среды обитания становится необходимым элементом планирования.

В XX веке наша цивилизация в своем развитии незаметно переступила очень важный рубеж. Область человеческой деятельности — техносфера расширилась за пределы границ естественной среды обитания — биосферы.

ГРОЗНОЕ СОЛНЦЕ

Впервые на многофакторную роль Солнца для биосферы, техносферы и социосферы Земли обратил внимание известный российский ученый А. Л. Чижевский, 110-летие которого мировая наука отметила в 2007 году. Сейчас к основным практически важным эффектам космической погоды относят: повреждения КА и дозовую нагрузку на космонавтов, связанные с радиационным воздействием космических излучений, электромагнитные помехи в распространении радиосигналов, наводки в протяженных проводниках (ЛЭП, трубопроводы и пр.) на поверхности Земли, воздействие на атмосферу, на людей, другие биологические объекты.

Значительная часть этих явлений относительно хорошо изучена, а средства защиты и мониторинга достаточно отработаны. Исследование научных вопросов этой тематики сейчас активно ведется в ИКИ, других институтах РАН (ИМБП, ИЗМИРАН, ИСЗФ), ИПГ Росгидромета, НИИЯФ МГУ. Остановимся пока только на нескольких новых аспектах, ставших актуальными в последние годы в ходе развития космической техники.

Во-первых, это воздействие космической радиации на экипажи во время межпланетных перелетов. Если на орбитальной станции космонавтов от галактических и солнечных космических лучей экранирует магнитное поле Земли, то при полетах вне магнитосферы, например на Луну или на Марс, единственная защита — корпус космического аппарата. Фон галактических лучей весьма мал, но он присутствует постоянно, и за время полета к Марсу накапливается опасная для жизни доза. В этом смысле более предпочтительным является период максимума солнечного цикла, когда из-за изменения свойств межпланетной среды поток галактической радиации уменьшается примерно в два раза.

Однако в этот период возрастает угроза всплесков солнечных космических лучей. Мощная солнечная вспышка, происшедшая во время выхода в открытый космос может привести к значительному облучению, превышающему порог лучевой болезни. Заметный вклад в дозу на Луне и Марсе вносят и нейтроны, генерируемые косми-

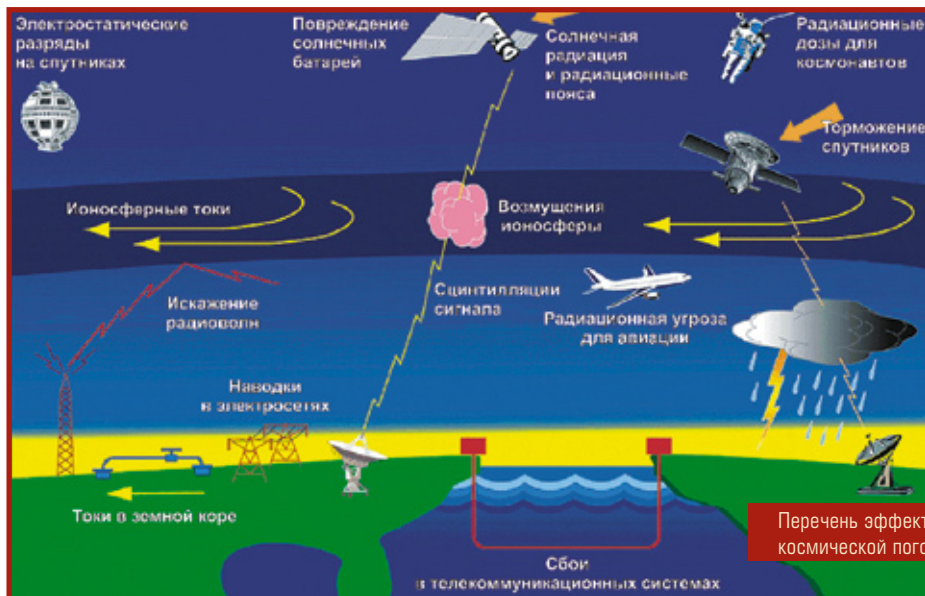
ческими лучами при взаимодействии с поверхностью. Хотя комбинацией различных мер облучение экипажа можно снизить в несколько раз, радиационная угроза все равно остается одним из основных ограничивающих факторов межпланетных космических полетов.

Главные задачи с точки зрения науки — это прогноз ожидаемых уровней радиационных потоков и предупреждения о всплесках солнечных космических лучей. К сожалению, последние — наиболее плохо предсказываемый сейчас параметр «космической погоды», а большинство спутников-мониторов находятся у Земли, так что для прогноза обстановки у Марса в силу существенно неизотропного характера распространения частиц в гелиосфере их использовать нельзя.

Еще один интересный вопрос (до последнего времени представлявший лишь чисто научный интерес) — это долгосрочный прогноз солнечной активности, определяющей уровень галактического фона. По современным представлениям, примерно каждые сто лет (последний раз в начале XX века) интенсивность циклов солнечной активности существенно снижается, что может привести к значительной недооценке фактора галактической радиации, если в ходе планирования проектов будут использованы модели стандартного цикла.

СЛОЖНОСТИ НАВИГАЦИИ

Одним из ярких технологических достижений последних лет стало распространение систем спутниковой навигации. Даже в гражданском секторе наряду с бытовыми применениями, сейчас внедряются автоматические системы, например управляющие посадкой самолетов, которые требуют уровня точности порядка одного метра с вероятностью сбоя менее одной миллионной доли. Для обеспечения таких высоких требований необходимо учитывать и воздействие геофизических факторов. Изменение скорости электромагнитной волны в плазме ионосферы и плазмосферы является главным источником ошибок в определении дальности и соответственно положения, которые могут достигать 5–40 м и более.



трусментом глобального мониторинга состояния ионосферы, атмосферы, движений земной коры и пр.

КАК ПОЙМАТЬ СОЛНЕЧНЫЙ ВЕТЕР

Основным методом проведения целевых исследований космической погоды является мониторинг с борта космических аппаратов. Отдельный специализированный спутник требуется для наблюдения за Солнцем. Многие задачи в околоземном пространстве можно решить с помощью микроспутников — своего рода «метеостанций». В ионосфере, на низких орбитах могут быть использованы микроспутники «Чибис», создаваемые сейчас в ИКИ РАН, а также схожие разработки других российских организаций. Во внутренней магнитосфере и радиационных поясах будут работать спутники проекта «Резонанс», готовящиеся к запуску в рамках федеральной космической программы совместно с НПО им С. А. Лавочкина. Здесь возможно и использование попутных экспериментов на космических аппаратах прикладного назначения.

Устранить ошибку дальности можно, используя разницу во времени распространения сигналов на двух рабочих частотах навигационной системы. Второй метод — так называемая дифференциальная коррекция. Сигнал со спутников принимается на сети базовых станций, координаты которых известны, что позволяет вычислять реальные ошибки и передавать информацию о них потребителю. Хотя номинально этот метод позволяет довести точность до величин порядка метра, его применимость зависит от близости приемника к базовой станции и при наличии резких градиентов структуры ионосферы или многолучевого распространения (во время магнитных бурь), точность может резко снизиться до обычной.

Другой фактор воздействия на навигационную систему — мелкомасштабные ионосферные неоднородности (в основном, в приполярных и экваториальных широтах), при прохождении радиоволн через которые создается динамическая интерференционная картина, приводящая к изменениям мощности сигнала в зоне приема — мерцаниям. Из-за удаленности источника (спутника) принимаемый на Земле навигационный сигнал достаточно слаб, по сравнению, например, с сигналом в сетях сотовой связи, и провалы мощности во время мерцаний могут приводить к полной потере сигнала на несколько секунд. Последствия этого зависят от алгоритма, заложенного в приемник. Хотя параметры системы ГЛОНАСС, а также GPS второго и

третьего поколений делают их более устойчивыми по отношению к таким помехам, в частности за счет некоторого увеличения мощности сигнала и использования более совершенных алгоритмов кодирования и обработки, это не может устранить проблему кардинально.

Еще один источник помех — генерируемые в ходе солнечных вспышек всплески солнечного радиоизлучения, кратковременно заглушающие полезный сигнал сразу на всей дневной стороне Земли. Этот эффект был обнаружен совсем недавно, и сейчас идет его активное исследование.

Таким образом, ключевую роль при обеспечении достоверности навигационных данных играют оперативный прогноз, своевременное выявление ионосферных структур и оценка вероятностей их возникновения. Со своей стороны спутниковые навигационные системы при наличии разветвленной сети стационарных и орбитальных приемников являются мощным ин-

струментом глобального мониторинга состояния ионосферы, атмосферы, движений земной коры и пр.

Необходимо отметить, что если низкие орбиты освоены микроспутниками достаточно хорошо, то такие запуски на высокоапогейные орбиты сейчас затруднены, в первую очередь из-за меньшей доступности средств выведения.

На «верхнем этаже» системы должен находиться спутник-монитор солнечного ветра. Такой мониторинг обеспечивает еще один относительно новый вид оперативного предупреждения. «Классический» прогноз магнитных бурь за 1-3 дня по солнечным данным (вспышкам) имеет качественный

Характеристики «космической погоды» отнюдь не являются постоянными в долговременном плане из-за эволюции магнитного поля Земли.

Главные задачи науки — прогноз ожидаемых уровней радиационных потоков и предупреждения о всплесках солнечных космических лучей

характер с достоверностью порядка 50%. Это связано прежде всего с неоднозначностью динамики возмущения в межпланетной среде по пути к Земле. В то же время во многих приложениях необходимы более точные прогнозы.

Чудес здесь не бывает и для улучшения прогноза необходимо частично пожертвовать заблаговременностью. Измерив характеристики солнечного ветра и межпланетного магнитного поля (позднее взаимодействующих с магнитосферой Земли) с помощью спутника, находящегося «перед» Землей, и передав информацию по радиоканалу, можно достаточно точно рассчитать состояние магнитосферы и ионосферы Земли.

Наиболее удобное расположение спутника — в так называемой передней точке либрации системы Солнце — Земля (см. схему). Здесь на расстоянии около 1,5 млн км от Земли силы притяжения Земли и Солнца уравниваются (с учетом центробежной силы),

и спутник может удерживаться без больших затрат топлива. Оперевание прогноза формируется за счет разницы скоростей радиосигнала и солнечного ветра, составляя примерно час. Необходимо также учесть, что развитие магнитной бури носит инерционный характер, что позволяет увеличить интервал прогноза на несколько часов.

В ИКИ ведется проработка перспективных проектов такого рода: создание аппаратуры, алгоритмов и методов прогноза. Прототипы нескольких систем будут опробованы на запускаемом в 2008 году космическом аппарате «Спектр-Р», на котором устанавливается приборный комплекс для мониторинга солнечного ветра.

Ясно, что для увеличения заблаговременности спутник должен находиться как можно дальше от Земли и быть вблизи линии Земля — Солнце, чтобы достоверность прогноза была велика. Поэтому другой, более амбициозный проект, который мы назвали «Клиппер», предполагает расположе-

растать в связи с бурным развитием различных спутниковых технологий, телекоммуникационных систем, а также, что особенно важно для России, с экспансией экономической активности на приполярные территории, которые наиболее подвержены воздействию факторов солнечной активности. Кроме того, характеристики космической погоды («космический климат») отнюдь не являются постоянными в долговременном плане, например из-за эволюции магнитного поля Земли.

До последнего времени геомагнитный полюс был смещен относительно географического почти на 15 градусов широты к американскому континенту, что привело к соответственному смещению зоны наибольшего воздействия космической погоды (условно

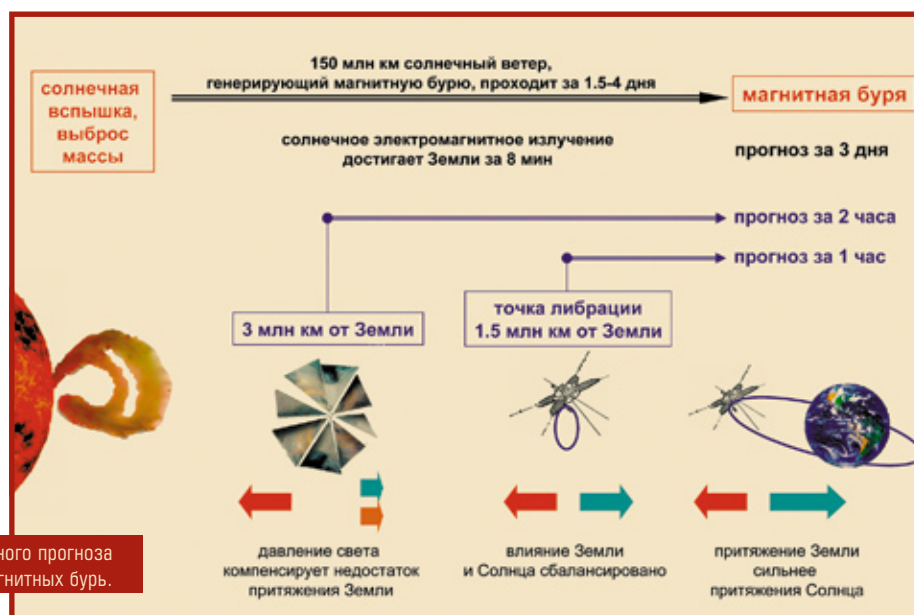


Схема краткосрочного прогноза магнитных бурь.

ние группировки микроспутников вблизи линии Солнце — Земля на расстоянии 3-4 млн км от Земли в сторону Солнца (в два раза дальше, чем точка либрации), что даст дополнительный выигрыв по времени. Стабилизацию спутников на таком удалении предполагается осуществить с помощью солнечного паруса большой площади. «Избыточное» притяжение Солнца будет компенсироваться силой давления солнечного света на парус.

УСПЕТЬ ЗА ИЗМЕНЕНИЯМИ

С течением времени актуальность подобной проблематики будет воз-

в пределах 60 градуса геомагнитной широты) от российской Арктики в сторону Канады и севера США. Однако в последние 10 лет геомагнитный полюс начал устойчивое движение в сторону России, достигнув в 2007 году 85 градуса с.ш. Таким образом, в среднесрочной перспективе в случае продолжения этой тенденции значительная часть российской территории окажется в значительно большей степени, чем сейчас, подверженной факторам космической погоды, самым безобидным из которых является северное сияние.

Лев Зеленый,
Анатолий Петрукович