

Солнечная активность и жизнь

Большинство научных концепций, с которыми мы имеем дело в повседневной жизни, построены так, словно мы живем на неподвижной Земле, которая к тому же располагается в пустом пространстве. Например, мало кому из медиков, проводящих клинические испытания лекарств, придет в голову учитывать в этой своей работе фазу солнечного или лунного циклов. Точно так же физики, трактуя результаты эксперимента, как правило, не считают необходимым задуматься об уровне солнечной активности во время проведения опыта. Однако на самом деле наша планета стремительно движется по сложной траектории в весьма неоднородном пространстве. Поэтому в среде обитания постоянно происходят изменения — ведь эта самая среда не изолирована полностью от космических процессов. Большинство таких изменений носит циклический характер.

Один из центров изучения закономерностей, связанных с таким циклическим движением, находится в Крыму — в Таврическом университете им. В.И.Вернадского и Крымской астрофизической обсерватории. Именно в Крыму каждые два года проводятся соответствующие конференции. О современном видении проблемы рассказывает ведущий научный сотрудник обсерватории, доктор физико-математических наук **Б.М.Владимирский**.

Общая картина магнитной бури

Рассмотрение влияния Солнца, а точнее, космической погоды на биосферу (и не только на нее) начнем со всем известного явления — влияния солнечных вспышек и порождаемых ими магнитных бурь на здоровье человека.

Комплекс геофизических явлений, называемый магнитной бурей, по давней традиции связывают прежде всего с возмущением геомагнитного поля. Основные события разветвляются в его горизонтальной составляющей (рис. 1).

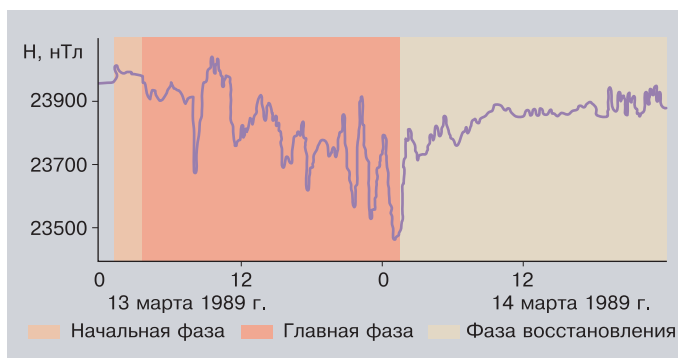
Характерное скачкообразное возрастание индукции поля в начале возмущения — «внезапное начало». Эта деталь — обязательный признак бури рассматриваемого типа (буря с постепенным началом — особый тип возмущений). Развитие «главной фазы» характеризуется уменьшением индукции (на величину порядка десятых долей процента) и возникновением флуктуаций с большими амплитудами. Заключительный этап — фаза восстановления — релаксация измеряемой величины к невозмущенному уровню. Полная продолжительность одиночного события — около 40 часов, но они имеют тен-

денцию появляться сериями. Описанное явление носит глобальный характер. В классических индексах магнитной активности, таких, как трехчасовой планетарный индекс A_p , оно выглядит как эпизод резкого повышения уровня активности: отдельное значение A_p может превышать 100 нТл (уместно напомнить, что этот индекс характеризует не усиление индукции, а увеличение размаха — изменчивости поля за определенное время).

Происхождение бурь с внезапным началом понятно. В некоторый момент времени в активной области на Солнце происходит взрывоподобное выделение энергии, запасенной в солнечных магнитных полях. Как следствие, вещество короны выбрасывается в межпланетное пространство. Это облако плазмы преодолевает расстояние до Земли примерно за сутки. Ударная волна, движущаяся перед облаком, первой достигает земной магнитосферы и вызывает упомянутое внезапное начало. Главная фаза бури соответствует взаимодействию магнитосферы с самим облаком (далее, через несколько суток, это же облако вызывает возмущение магнитосфер Марса и Юпитера — если, конечно, планеты находятся в соединении, то есть примерно на одном луче).

Корональный выброс часто сопровождается появлением хромосферной вспышки, поэтому ее оптические наблюдения позволяют в принципе предсказать магнитную бурю за сутки: свет движется гораздо быстрее частиц вещества. Когда число активных областей на Солнце велико, то есть когда велик интегральный показатель солнечной активности — число Вольфа, может происходить до нескольких магнитных бурь в месяц. В минимуме солнечной активности подобные события фиксируют крайне редко.

Те вариации геомагнитного поля, которые видны на магнитограмме (рис. 1), обусловлены изменениями в токовых системах, располагающихся в магнитосфере — верхней атмосфере. Они связаны с приходом к Земле плазменного облака — коронального выброса. Скорее всего, эти очень малые изменения не имеют какого-либо экологического значения. Однако во время бури меняются и другие параметры среды обитания. Изменяется уровень ионизирующей радиации: интенсивность галактических космических лучей уменьшается, но возрастает выход из грунта радиоактивного газа радона. Сильно возрастает уровень акустических колебаний неслышимого диапазона (инфразвук). На крайне низких частотах резко усиливаются микробаровариации, связанные с внутренними атмосферными волнами тяжести. Во многие сотни раз увеличивается ам-



1
Так менялась горизонтальная составляющая индукции геомагнитного поля во время типичной магнитной бури на обычной среднеширотной станции Ла Аввила 13 марта 1989 года



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

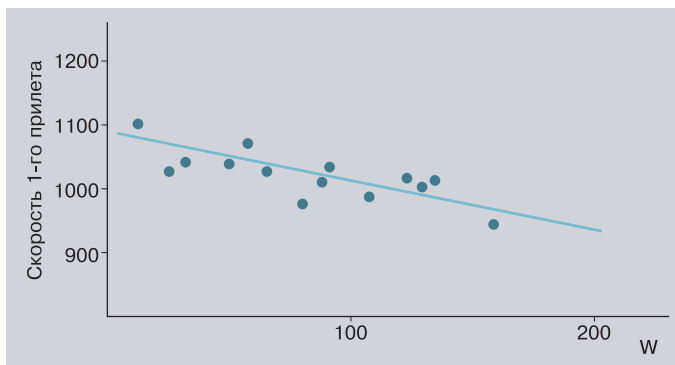
плитуда геомагнитных макропульсаций разного типа — радиоволн очень большой длины (с частотами менее одного герца). В этом последнем случае электромагнитные вариации весьма сложно организованы во времени: эмиссия в некоторой частотной полосе возбуждается преимущественно в определенную фазу бури и сильно зависит от времени суток. Значительно изменяется в это же время фоновый уровень радиоволн и на более высоких частотах. Необычайное богатство конкретных проявлений бури в электромагнитных полях не в последнюю очередь связано с обилием источников излучения: сверхдлинные радиоволны «просачиваются» в среду обитания из межпланетной плазмы, эмитируются магнитосферой, более короткие генерируются в атмосфере — гидросфере.

Магнитные бури и инфаркт миокарда

О том, что частота инфарктов миокарда как-то связана с магнитными бурями, сейчас знают почти все. Но воспринимается эта связь как странный, загадочный, в чем-то сомнительный парадокс. Действительно, явление выглядит весьма необычно: спустя сутки после наступления магнитной бури с внезапным началом одновременно во многих, далеко отстоящих друг от друга пунктах, частота таких видов сердечно-сосудистой патологии, как инфаркт миокарда, стенокардия, острые нарушения мозгового кровообращения, возрастает примерно вдвое. Между прочим, этот феномен известен практикующим медикам не менее столетия — как «закон парных случаев» земских врачей: если в амбулатории появился пациент с нарушением сердечного ритма или стенокардией, непременно появится еще один с однотипной клиникой...

Теперь все это изучено во многих подробностях. Оказывается, эффект магнитных бурь обнаруживается не только в статистике заболеваемости и смертности. Их воздействие на сердечно-сосудистую систему хорошо заметно у практически здоровых людей, пребывающих на своих рабочих местах. Специальными измерениями установлено, что на магнитную бурю реагирует даже сердечно-сосудистая система «сверхздоровых» молодых мужчин — космонавтов, находящихся в орбитальном полете. Подробности этих исследований заинтересованный читатель может отыскать в специальных монографиях.

Но что происходит в сердечно-сосудистой системе, когда наступает магнитная буря? Каков физиологический механизм ее воздействия? Основные черты этого механизма удалось выяснить в специальных экспериментах с классическими лабораторными животными — кроликами. Здесь очень помог счастливый случай. В лаборатории физиологии московского Университета дружны народов им. Патриса Лумумбы проводили долговре-

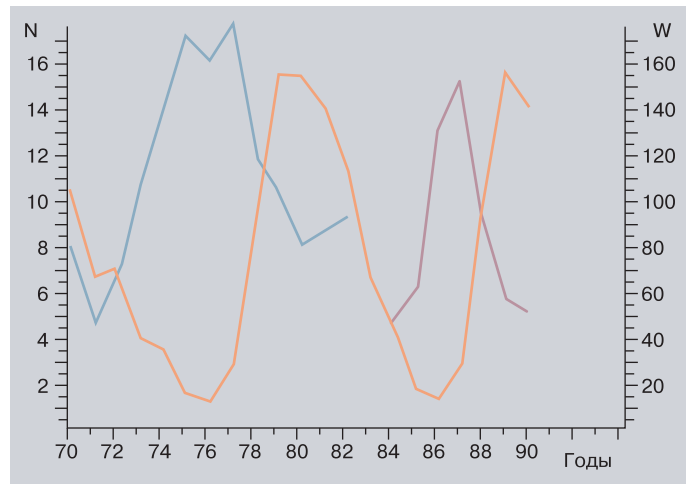


2

С увеличением солнечной активности ухудшается работа навигационного аппарата голубей. По вертикальной оси — скорость прилета первой особи данной партии на родную голубятню после выпуска птиц из некоторого удаленного пункта. Наблюдения 1957–1976 гг., из работы Б. Шрайбера и О. Росси (1979 год)

менные исследования сезонных изменений в функционировании сердечно-сосудистой системы.

Опыты шли по заранее намеченному расписанию: непрерывно в течение трех суток через каждые три часа у группы животных измеряли множество показателей. При этом исследователи применяли весьма информативные сложные методики, позволявшие получить данные о динамике физиологической картины, включая электронную микроскопию тканей сердечной мышцы. Во время очередного опыта, в сентябре 1984 года, произошли одна за другой две сильные магнитные бури. У всех подопытных животных синхронно наступили глубокие функциональные изменения. После подробного анализа большого массива данных, собранных в этом и других экспериментах, авторы сделали два основных вывода. Во-первых, магнитная буря вызывает серьезные сдвиги во всей временной организации работы сердца (такое полное разрушение биологической ритмики в специальной литературе называется десинхронизмом). Во-вторых, на клеточном уровне воздействие магнитной бури частично выводит из строя энергогенерирующие органеллы — митохондрии.



3

Итальянский микробиолог П.Фараоне в 1995 году закончил серию многолетних ежедневных наблюдений бактериальных колоний, общее число которых превысило четыре миллиона. Из его данных видно, что число аномальных колоний в культурах воздушной аэрофлоры (синий) и золотистого стафилококка (лиловый) изменяется в противофазе с числом Вольфа (оранжевый). По вертикальной оси слева — процент аномальных колоний, справа — числа Вольфа

В рамках статьи невозможно коснуться важных частных заключений этой работы. Но самое главное, что совокупность данных, накопленных в экспериментах на животных и в наблюдениях над человеком, позволяет построить связную картину физиологических изменений, наступающих в сердечно-сосудистой системе организма при воздействии магнитной бури.

Сейчас большинство исследователей считают, что важнейший физический фактор, вызывающий глубокие физиологические изменения в сердечно-сосудистой системе человека и животных во время магнитных бурь, — это и есть те низкочастотные электромагнитные поля, о которых шла речь в начале статьи. Такой вывод делается прежде всего на основе экспериментов со сверхслабыми низкочастотными полями, проведенных в лаборатории на животных. Такие опыты про-

Циклы нашей системы

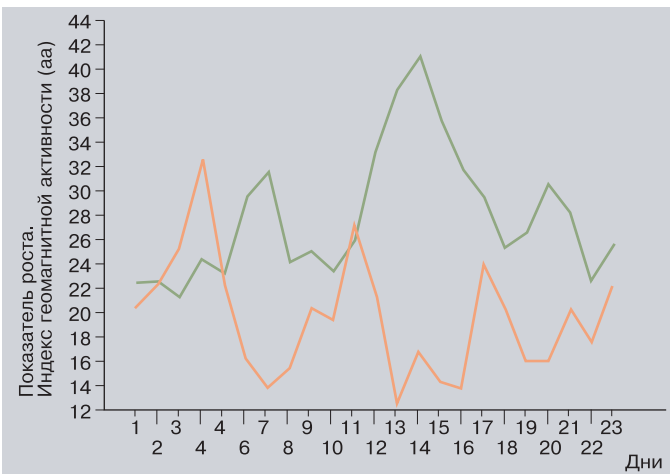
Самый большой период, о котором имеет смысл говорить, — это период обращения Солнечной системы вокруг центра Галактики. Он составляет около 180 млн. лет — Земля существует всего-то 25 галактических лет, а млекопитающие на ней появились в «прошлом» году... Еще один важный период — колебания Солнца относительно плоскости Галактики: мы пересекаем эту плоскость каждые 30 млн. лет.

Хорошо известны циклы с «человеческим» масштабом: сутки, лунные циклы, период осевого вращения Солнца. Особое значение имеет цикличность солнечной активности. Как правило, выделяют 11-летний период, однако на самом деле здесь имеется целый набор (спектр) периодов. Самый длительный из известных ныне — около 2400 лет. Самый короткий — период собственных колебаний Солнца: около 5 минут.

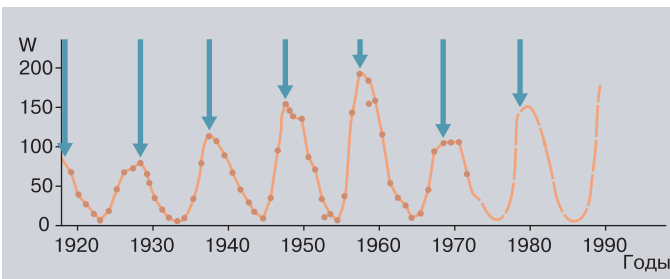
Зная об этих сложных движениях, становится понятным, что нельзя построить полную картину биологической эволюции, если не учитывать перемещения планеты в Галактике: Солнечная система, вероятно, проходила через газопылевые облака (возможно, это одновременно и области повышенной концентрации галактических комет) или через горячие остатки вспышек сверхновых. Экологические эффекты процессов, протекающих в пределах Солнечной системы, — космической погоды — интенсивно изучают начиная со второй половины XX века. В результате воздействия вариаций солнечного ультрафиолетового (рентгеновского) излучения на ионосферу, а солнечного ветра — на магнитосферу могут существенно меняться некоторые факторы, которым прежде не придавали значения: инфразвук, электрическое поле, переменное электромагнитное поле (радиоволны) низких частот, изменения уровня радиоактивности. Эти новые экологические параметры астро-

физики измеряют, однако систематически такую работу проводят лишь в нескольких обсерваториях. Поэтому при изучении влияния космической погоды на биосферу по-прежнему широко применяются классические космофизические индексы, например числа Вольфа (число пятен и их групп на диске в данный день) или индексы магнитной активности (A_p — диапазон флуктуаций поля в данные сутки).

Из новых индексов весьма интересны особо выделенные дни прохождения близ планеты границ секторов межпланетного магнитного поля (ММП). Напомним, что ММП — это вытянутое плазменное магнитное поле короны Солнца, которое заполняет Солнечную систему. В проекции на плоскость земной орбиты оно напоминает свастику: чередующиеся секторы, где силовые линии поля направлены к Солнцу («минус») или от него («плюс»). Когда граница между секторами проходит через Землю, магнитосфера перестраивается, и все электромагнитные индексы резко меняются.



4
Антикорреляция показателя роста растительных клеток в фитотроне (зеленый) и геомагнитного aa-индекса (оранжевый). По горизонтальной оси — календарные дни. Из работы Г. Томассена, 1992 год



5
Связь солнечной активности с наступлением пандемий гриппа — вертикальные стрелки. Эта связь прослеживается в XIX веке и, возможно, во второй половине XVIII века, то есть на протяжении не менее чем 17 циклов. Причины этой связи остаются неизвестными, имеет ли место влияние космической погоды на мир вирусов — неясно. Из заметки Ф. Хойла и Н. Викрамасиндга, 1990 год

ходили в Крыму (Н.А.Темурьянц, В.С.Мартынюк, частота 8 Гц), в Томске (А.М.Опалинская, Л.П.Агулова, частота 0,1 Гц). В последние годы самые красивые эксперименты со сверхнизкими частотами были поставлены в Пушино-на-Оке (В.В.Леднев, Н.А.Белова). Подобные опыты проходят и сейчас — ведь в этой области существует множество белых пятен.

Но если причина влияния магнитной бури на сердечно-сосудистую систему — одновременно возникшее возмущение в электромагнитных полях — радиоволнах, то от нее возможна защита. Инструментальные наблюдения над пациентами, помещенными в подобное «убежище», проводил известный московский медик профессор Ю.И.Гурфинкель. Как только поступало сообщение о магнитной буре, пациентов, состояние которых внушало некоторое опасение, переводили в особую палату. От обычной палаты она отличалась только одним: представляла собой замкнутый электромагнитный экран. Оказалось, что пациенты, «переждавшие» в ней магнитную бурю (около трех суток), чувствовали себя лучше — и по объективным, и по субъективным показателям. Между прочим, длительная изоляция от возмущенного электромагнитного фона приводит к неблагоприятным физиологическим последствиям.

Для кардиологов надежное установление того факта, что магнитные бури служат фактором риска для возникновения сердечно-сосудистой патологии, представляет собой обстоятельство интересное, но в некотором смысле заурядное. Ведь таких факторов риска известно не так уж

мало, и упомянутые бури — определенно не самый важный из них (если бы бури вообще не существовало, инфаркты все равно бы случались). Но при взгляде поверх междисциплинарных границ делается очевидным, что данный факт имеет значение фундаментальное.

Подход к гелиобиологии

Среди гигантского многообразия биологических явлений нарушение нормальной работы сердечно-сосудистой системы млекопитающих из-за взрыва на Солнце — феномен ничем решительно не выдающийся. Магнитная буря должна, очевидно, влиять и на другие биологические процессы. С другой стороны, эти самые магнитные бури — только одно из проявлений солнечной активности, существуют и многие другие. Не следует ли отсюда, что факт, обсуждавшийся выше, свидетельствует о том, что биосфера в целом открыта эффектам солнечной активности, то есть вариациям космической погоды?

В наши дни нет сомнений, что ситуация именно такова. За вторую половину XX века усилиями многих отечественных и зарубежных исследователей самых разных специальностей в доказательство этого тезиса собран огромный материал. Во многих случаях его убедительность никак не меньше, чем для связи «магнитные бури — инфаркт миокарда». Данные охватывают всю биологическую систематику — бактерии и клеточные культуры, мир растений, мир насекомых, птицы, обитатели гидросферы, млекопитающие.

На рисунках 2—5 приведено несколько интересных примеров. Систематический обзор всего этого материала сделан в нескольких монографиях, перечисленных в конце статьи. Из большого набора экспериментальных данных следует, что в общем все без исключения биологические процессы в той или иной степени чувствительны к вариациям солнечной активности. Первым, кто сформулировал этот основополагающий тезис, был замечательный отечественный ученый А.Л.Чижевский (1897—1964). Он же предложил для данного направления исследований емкий термин — «гелиобиология». Смысл этого термина состоит в том, что солнечная активность влияет на все без исключения биологические процессы на нашей планете — всегда и в глобальном масштабе. Какой бы биологический показатель ни был выбран, его зависимость от солнечной активности будет непременно обнаружена, если проводить наблюдения аккуратно и достаточно долго, чтобы застать разные фазы солнечного цикла.

Что еще можно почитать о гелиобиологии

В.В.Александров. Экологическая роль электромагнетизма. Изд-во Политехнического университета. СПб., 2006.

Б.М.Владимирский, Н.А.Темурьянц. Влияние солнечной активности на биосферу. Изд-во МНЭПУ. М., 2000.

С.М.Чибисов, Л.К.Овчинникова, Т.К.Бреус. Биологические ритмы сердца и «внешний» стресс. М., 1998.