

# Солнечная активность и прохождение

Автор – Paul Harden, NA5N, опубликовано QRP-ARCI 2005

## Взаимосвязь Солнца и Земли.

В конце 1800-х годов было отмечено влияние солнечной активности на линии телеграфной связи и, позднее, на радиосвязь. Однако эта связь не была научно доказана. В 1920-х и позднее радиолюбители установили четкую взаимосвязь прохождения на КВ и МПЧ с солнечным циклом. Однако опять это не было научно доказано. Астрономы и физики знали о существовании взаимосвязи между Солнцем и Землей, но без данных непосредственного наблюдения это оставалось недоказанной научной теорией.

Научное обоснование не было приведено до сравнительно недавнего времени – в основном до космической эры – когда мы впервые смогли взглянуть на Солнце из-за пределов нашей защитной атмосферы. В 1970-х космические корабли серии «Вояджер» впервые подтвердили существование солнечного ветра. После запуска «Скайлаб» впервые было обнаружено увеличение излучения Солнца и солнечного ветра при появлении вспышек на Солнце и выбросе корональных масс. Взаимосвязь Солнца и Земли стала научным фактом.

С этого момента многочисленные спутники и наземные приборы наблюдают за Солнцем и геомагнитным полем в режиме реального времени. Сегодня радиолюбители и энтузиасты QRP имеют такое изобилие информации о солнечной активности в сети Интернет, которое не имели профессиональные астрономы десятилетие назад. Данная статья, в частности, описывает, как толковать эти данные и термины, встречающиеся в ежедневных отчетах и данных о солнечной активности от NOAA (Национальное управление океанических и атмосферных исследований). Значительная часть понятий из области физики Солнца, встречающихся в данной статье, появилась в астрофизике в течение последних 15 лет и встречается в основном только в научных журналах.

## Излучение Солнца

Если Солнце излучает только как нагретое тело, наблюдаемая яркость будет изменяться напрямую в зависимости от частоты – от ультрафиолетового излучения и видимого света до радиочастот. Эта зависимость определяется законом Планка для спектральной плотности мощности излучения абсолютно чёрного тела. Оптические наблюдения для разных длин волн соответствуют излучению абсолютно черного тела, подтверждая термическую природу видимого и оптического излучения Солнца. Однако излучение в радиочастотном диапазоне не соответствует излучению абсолютно черного тела, подтверждая, что радиоизлучение от Солнца получается благодаря процессам, отличным от нагревания, как показано на рис. 1

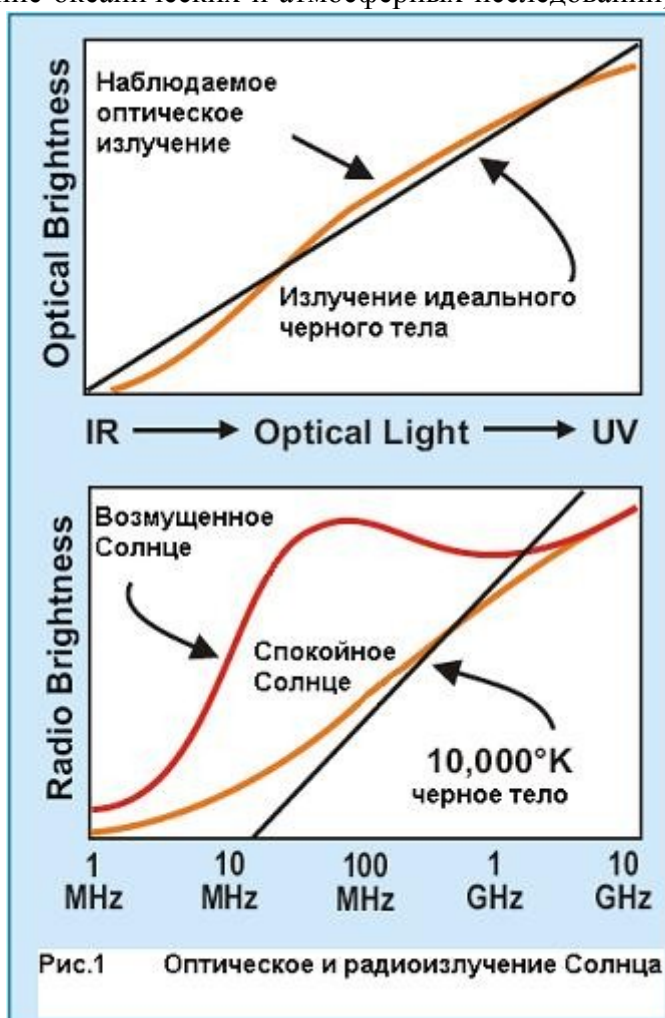


Рис.1 Оптическое и радиоизлучение Солнца

## Солнечный поток

Глубоко в ядре Солнца огромный термоядерный реактор производит энергию очень высокой частоты и очень малой длины волны (гамма- и рентгеновское излучение). По мере прохождения этой энергии к поверхности солнца, длина волны увеличивается или растягивается до радиочастотного диапазона, образуя при этом фоновое излучение солнца, называемым солнечным потоком (Solar flux, SF). Поток измеряется несколькими обсерваториями и ежедневно публикуется Национальным управлением океанических и атмосферных исследований (NOAA) на сайте <http://www.sec.noaa.gov/today.html>. Солнечный поток слаб при спокойном Солнце ( $SF < 100$ ) и увеличивается при активном Солнце ( $SF > 100$ ). Кратко, солнечный поток – мера ионизирующего излучения Солнца и индикатор плотности электронов в нашей атмосфере. Чем выше плотность электронов, тем больше ионосфера отражает ВЧ сигналы, и тем выше Максимально Применимая Частота (МПЧ или MUF).

Солнечный поток измеряется на частоте 2880 МГц (10 см), на которую не оказывают большое влияние вспышки на Солнце, и которая хорошо пропускается атмосферой. В отдельных случаях большая вспышка на Солнце может увеличить солнечный поток на частоте 2880 МГц. NOAA сообщает об этом случае, как о **ten-flare**, что означает увеличение значения солнечного потока на волне 10 см за счет вспышки на Солнце. Большинство людей игнорирует информацию об увеличении солнечного потока за счет ten-flare. Однако это означает, что Земля подверглась повышенной ионизирующей радиации от вспышки на Солнце – ионизации слоев E и F выше нормального значения солнечного потока.

**Совет по QRP-прохождению:** Стоит следить за улучшением прохождения на высокочастотных диапазонах в течение нескольких часов после вспышки на Солнце или сообщении о ten-flare в связи с увеличением ионизации слоев E/F, т.к. возможно временное увеличение МПЧ.

## Ионизация

В светлое время суток ионизирующее излучение Солнца воздействует на молекулы, находящиеся в верхних слоях атмосферы, вырывая из них электроны. Эти свободные электроны увеличивают плотность электронов в ионосфере, образуя слои, называемые D, E и F. Слои E и F отражают ВЧ сигналы частотой ниже МПЧ обратно к Земле, что обеспечивает связь на большое расстояние. Обычно это называется скачковым распространением. ВЧ сигналы также должны проходить сквозь слой D, ближайший к земной поверхности. Этот слой называется поглощающим. Фактически часть ВЧ сигнала поглощается слоем D дважды – во время прохождения к слоям E и F, и после отражения от них, при этом потери сигнала достигают 2-6 dB.

Ночью излучение Солнца перестает воздействовать на атмосферу, и свободные электроны возвращаются в содержавшие их молекулы. Слой D полностью исчезает, и потери ВЧ сигнала прекращаются. Слои E и F сливаются в один слой, который остается отражающим для ВЧ сигналов. Однако этот комбинированный слой имеет меньшую плотность электронов, чем слои в светлое время суток, что понижает МПЧ.

Астрономы называют эти ионизирующие слои плазменными слоями, и минимальную частоту ВЧ сигнала, который свободно проходит в космическое пространство, плазменной частотой ( $f_p$ ). Радиолюбители смотрят на это наоборот – какова максимальная частота ВЧ сигнала, который отражается обратно к поверхности Земли? Мы называем это Максимально Применимой Частотой (МПЧ, MUF). В действительности плазменная частота и МПЧ – одно и то же.

Во время активного Солнца плазменная частота Земли порядка 18 МГц (ночью) и выше 30 МГц (днем), а во время спокойного Солнца колеблется от 10 МГц (ночью) до примерно 20 МГц

(днем). Интересно, что плазменная частота Солнца колеблется от 300 до 1000 МГц. Единственный период времени, когда сильное ВЧ излучение покидает пределы Солнца – солнечные вспышки. И когда они происходят, это называется солнечной бурей.

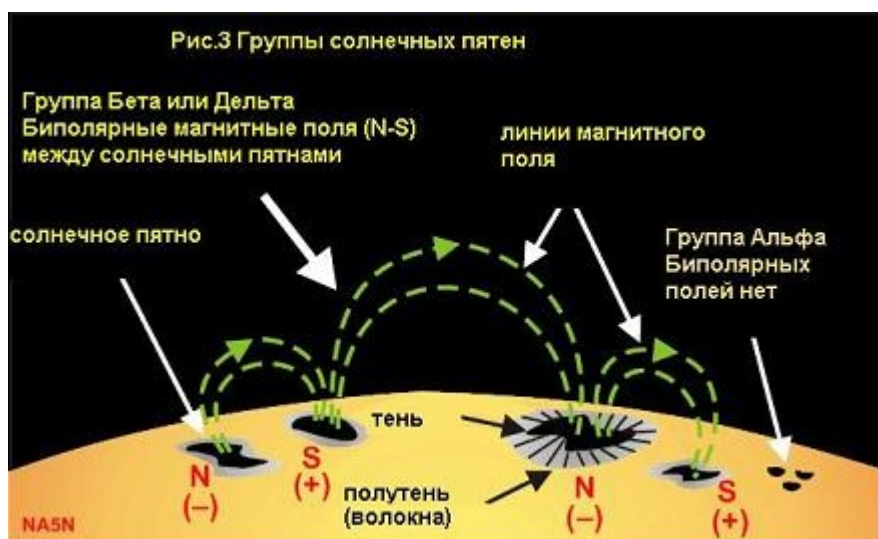
### Солнечные пятна и солнечный цикл.

Наличие солнечного цикла было отмечено при наблюдении, как солнечные пятна появляются и исчезают в течение периода 7-11 лет. Солнечные пятна – более холодные зоны на поверхности Солнца. Не так давно солнечные пятна были определены, как зоны с сильными магнитными полями, называемыми группами Альфа, Бета и Дельта, как указано в табл. 2 и показано на рис. 3. Эти активные зоны внимательно изучаются на предмет возможной активности, связанной с солнечными вспышками.

Группа солнечных пятен Альфа не содержит биполярные магнитные поля и редко является причиной солнечных вспышек. Если между солнечными пятнами обнаруживаются биполярные магнитные поля (с поляризацией N-S или +/-), такая группа называется группой Бета. Когда группа Бета становится особенно интенсивной, с сильными биполярными магнитными полями между пятнами, она называется группой Дельта. Как правило, NOAA сообщает о вспышках на Солнце при появлении групп солнечных пятен типа Дельта. Основная масса солнечных вспышек будет происходить из групп Бета или Дельта, но не все группы Бета или Дельта порождают вспышки.

Табл. 2 Классификация солнечных пятен и активных зон		
Класс солнечных пятен	Описание активной зоны	Вероятность появления солнечных вспышек
Альфа	Неорганизованные, неполярные магнитные поля	Небольшая, но ожидается последующий рост
Бета	Биполярные магнитные поля между солнечными пятнами	Вспышки класса С, возможны вспышки класса М
Дельта	Сильные плотные биполярные магнитные поля между солнечными пятнами	Высокая вероятность сильных вспышек класса М или Х

Среди терминов, используемых NOAA в рапортах, есть понятие **тени** (umbra). Центральная часть солнечного пятна окружена внешней зоной с волокнистой структурой, называемой **полутенью** (penumbra). Предполагается, что волокнистая структура полутени формирует рисунок магнитных полей, излучаемых солнечным пятном. Часто NOAA сообщает о быстром росте группы Бета в полутени. Это означает, что линии магнитного поля солнечного пятна быстро развиваются вероятнее всего в группу Дельта, повышая вероятность сильной вспышки.





## Физика солнечной вспышки.

До недавнего времени физические процессы солнечной вспышки были мало изучены. Это огромный выброс солнечной энергии в широком диапазоне – от ВЧ до оптического, гамма- и рентгеновского.

Во многом солнечная вспышка похожа на ядерный взрыв. Представьте, что вы являетесь свидетелем взрыва атомной бомбы, например, испытаний Trinity, Нью-Мехико, 16 июля 1945 года. Вы находитесь в главном бункере (рис.5 и рис.6), и окружены электронным оборудованием, чтобы определить, каково будет воздействие взрыва в диапазонах КВ и УКВ.

В 5:49 утра была взорвана первая в мире атомная бомба. Вы видите очень яркую вспышку света, датчики гамма- и рентгеновского излучения мгновенно начинают работать, и вы слышите оглушающий шум, исходящий из вашего радиоприемника. Свет, ионизирующая радиация и радиоволны – первый вид энергии, достигающий бункера мгновенно. Эта энергия распространяется с релятивистской скоростью – научное название скорости света.

В течение первых нескольких секунд вы видите огромный сверкающий шар плазмы и сгорающих газов. Всё внутри этого шара испарилось от воздействия сверхвысокой температуры (Рис. 6, время  $t+0.05$  сек.). Через несколько секунд гамма- и рентгеновское излучение начинает уменьшаться. Примерно через 10 секунд поднимающееся газовое облако начинает принимать знакомую форму гриба. (Рис. 6, время  $t+15$  сек.). Это горячие сгорающие газы, электроны, протоны и обломки, поднимающиеся примерно со скоростью звука, или звуковой скоростью. Вдоль поверхности земли вы можете видеть стену обломков, сметаемую от эпицентра ударной волной.



Рис.4 Главный бункер испытаний Тринити всё еще существует (кроме кабелей)



Рис.5 Радиооборудование главного бункера



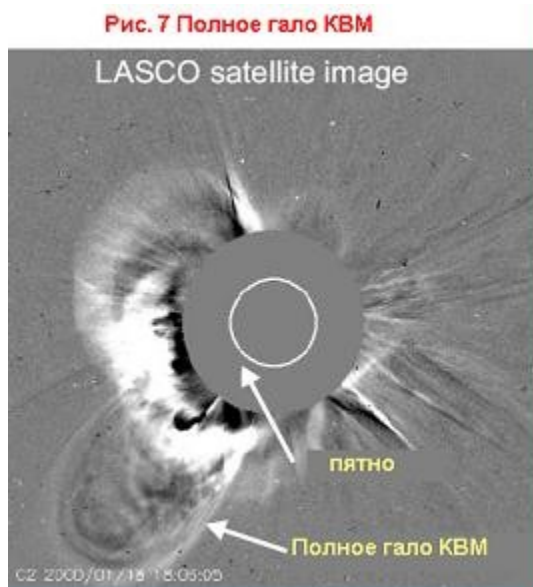
Через несколько секунд после взрыва вы слышите грохот воздушной ударной волны. Через несколько минут наземная ударная волна достигает бункера. Это волна горячего воздуха, распространяющаяся со скоростью выше 150 км/ч, и переносящая пыль, камни и другие обломки, захваченные по пути распространения.

Солнечная вспышка не имеет больших отличий. В то время как механизм возникновения вспышки точно не известен, предполагается, что линии сильных магнитных полей, исходящие из солнечных пятен, становятся настолько устойчивыми, что горячие сгорающие газы, истекающие из Солнца, внезапно захватываются полем и выбрасываются вдоль линий возмущенного магнитного поля в виде взрыва. Пока солнечное вещество выбрасывается из солнечного пятна, гамма- и рентгеновское излучение может генерироваться и распространяться с релятивистской скоростью. Этот взрыв создает ударную волну, распространяющуюся со сверхзвуковой скоростью, обычно около 1200-2000 км/с. При скорости свыше 350 км/с эта ударная волна при распространении от Солнца выбрасывает некоторое количество горячей солнечной массы в открытый космос.

Эта ударная волна и поднимающееся облако газообразной солнечной массы, выброшенные из Солнца, называются корональным выбросом массы (КВМ, СМЕ). Выброс распространяется со сверхзвуковой скоростью, и может достичь Земли, если траектория их движения пересекается. Некоторая часть горячей массы захватывается силовыми линиями магнитных полей возмущения, образуя светящееся кольцо или гало, называемые также полным гало КВМ (Рис.7).

Ключевой момент - солнечная вспышка высвобождает несколько видов энергии, которые могут влиять на распространение радиоволн диапазонов КВ и УКВ на Земле:

1. Ионизирующая радиация, электроны и протоны, распространяющиеся с релятивистской скоростью (достигают Земли немедленно и в течение существования солнечной вспышки)
2. Сверхзвуковая ударная волна, распространяющаяся с солнечным ветром.
3. Плотные частицы, следующие за ударной волной.  
(п.п. 2 и 3 достигают Земли через 2-3 дня после солнечной вспышки).



## Оптическое излучение

Излучение солнечной вспышки в оптическом (видимом) диапазоне показано на рис.8 для случаев краткосрочной и длительной вспышки. Также показан реальный график яркости вспышки, построенный при помощи счетчика фотонов, установленного на спутнике. Это оптическое подтверждение вспышки, которую в реальности очень трудно обнаружить на фоне поверхности Солнца нормальной яркости. По этой причине в данное время вспышки определяют не оптически, а по наличию рентгеновского излучения, обнаруживаемого с борта спутников GEOS, LASCO и SOHO.

Оптические характеристики вспышки не особо важны для радиолобителя кроме самого факта вспышки, показывающего наступление последующих событий.

## Рентгеновское и гамма излучение Солнца.

На рис. 8 также представлен график рентгеновского излучения солнечной вспышки. Жесткие рентгеновские лучи энергией свыше 30 кЭв – ионизирующее излучение, достигающее атмосферы Земли. Жесткое рентгеновское излучение длится минуту или две, в то время как мягкое рентгеновское излучение может длиться от нескольких десятков минут и более часа, все это время подвергая атмосферу Земли ионизации. Рентгеновское излучение от очень сильной вспышки может также проникать сквозь атмосферу вплоть до поверхности Земли, очень сильно ионизируя слой D, и вызывая полное прекращение прохождения радиоволн на несколько десятков минут после вспышки. Это происходит очень редко, всего несколько раз за солнечный цикл.

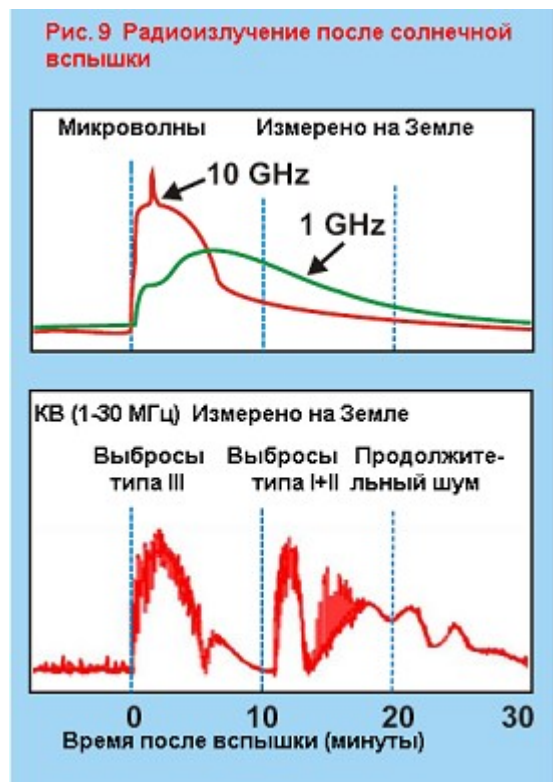
**Совет по QRP-прохождению:** Если Вы проводите радиосвязь, когда большая солнечная вспышка приводит к полному прекращению прохождения, это редко длится более часа. Если вы работаете в соревнованиях, этот совет может быть полезен – прервитесь, но не делайте QRT!

Рентгеновское излучение приводит к повышенной ионизации слоев E/F, что приводит к улучшению отражения и повышению МПЧ. Извлекайте пользу из солнечной вспышки.

**Совет по QRP-прохождению:** Хорошие DX связи возможны сразу после солнечной вспышки и до захода Солнца, благодаря улучшению отражения слоев E/F (лучшее соотношения сигнал/шум для QRP сигналов) и повышению МПЧ, приводящему к открытию высокочастотных диапазонов, особенно во время минимума солнечной активности.

## Излучение Солнца в радиочастотном диапазоне.

Излучение Солнца в микроволновом диапазоне (рис. 9) подобно ионизирующему излучению. В течение нескольких минут после вспышки может вырабатываться большое количество энергии в радиочастотном диапазоне, иногда нарушая спутниковую и УКВ связь. Радиотелескопы используют частоту 2-10 ГГц (диапазоны S, C и X) для построения точных карт солнечной вспышки. 1.4 ГГц – спектральная линия водорода (диапазон L) также наносится на карту для указания уровней ионизации водорода во время вспышки, что





показывает уровень ионизации и рекомбинации вблизи поверхности Солнца. Это интересно с научной точки зрения, но не обязательно для радиолюбителя.

Реальный интерес для радиолюбителя заключается в том, что происходит на КВ диапазонах. Выброс радиочастотной энергии при вспышке может привести к периодическому увеличению уровня шума, искажениям звука, внезапному ослаблению сигнала, длительному увеличению уровня шума, и (в редких случаях) к временному полному прекращению радиосвязи. Примерно через 30 минут после вспышки уровни шума КВ диапазонов и условия прохождения возвращаются к нормальным.

**Совет по QRP-прохождению:** О солнечной вспышке важно помнить следующее – воздействие на КВ диапазон продолжается только на период существования вспышки (20-60 минут) и редко распространяется на частоты ниже 10 МГц.

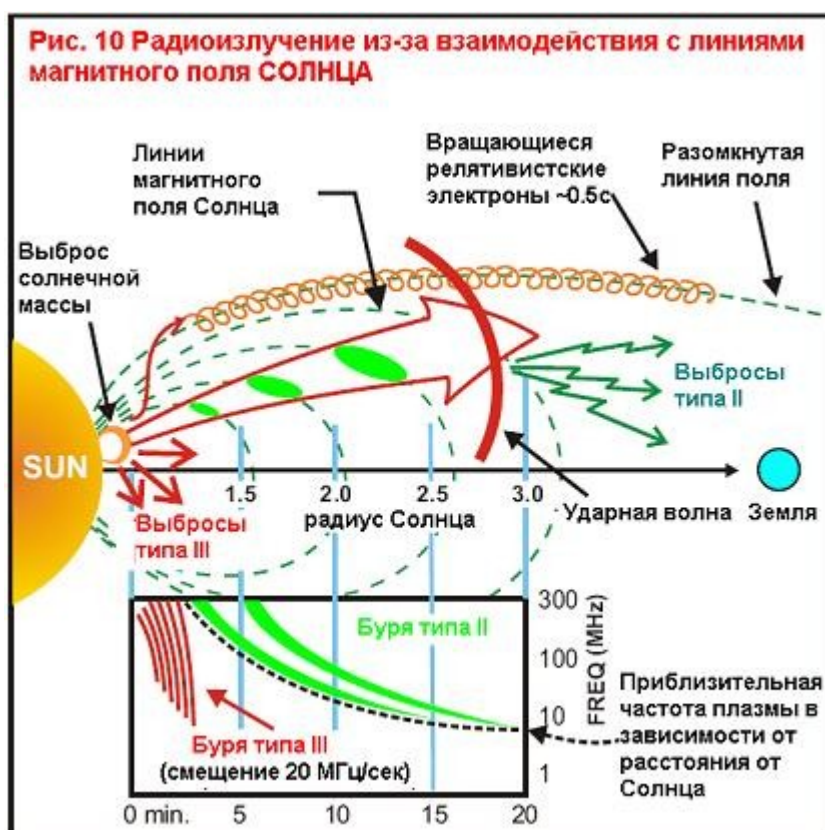
Наибольший разрушающий эффект солнечной вспышки на самом деле – прибытие ударной волны 2-3 дня спустя, вызывающее геомагнитную бурю. Об этом будет сказано чуть позже (см. Геомагнитные бури).

Следующие подробности солнечной вспышки предложены только для полноты картины. Это относительно новая теория раздела солнечной физики, представленная из соображений, что эти данные доступны только в специализированных астрономических журналах, и не публиковались ранее в любительской литературе.

### Излучение в радиодиапазоне, вызываемое электронами

Первый выброс энергии, достигающий Земли сразу после вспышки – резкая буря типа III, длящаяся 5-6 минут после начала вспышки. Это электроны на релятивистской скорости, испускаемые вспышкой, и распространяющиеся вдоль магнитных полей Солнца (рис. 10).

Выброс энергии начинается в районе 300 МГц, и его частота понижается со скоростью примерно 20 МГц в секунду. По звуку он похож на помехи от зажигания быстро вращающегося двигателя, иногда жужжание, перемещающееся по частоте. Эти помехи очень редко слышны на частотах ниже 10 МГц. Некоторые электроны перемещаются вдоль открытых линий поля, двигаясь по спирали также со скоростью, примерно равной скорости света, вызывая непрерывный шум в широком диапазоне частот (10-300 МГц).



## Излучение в радиодиапазоне, вызываемое ударной волной

Т.к. ударная волна распространяется сквозь линии магнитного поля Солнца, электрические токи и резкие выбросы энергии в радиодиапазоне происходят благодаря динамо-эффекту, что соответствует буре типа II. Частота плазмы Солнца понижается с увеличением расстояния. Таким образом, частота выброса энергии в радиодиапазоне становится все ниже и ниже с удалением ударной волны от Солнца, как показано на рис. 10. Это важно для астрономов. Измеряя период времени, при котором частота помехи изменяется от одной частоты к другой, более низкой, можно определить скорость ударной волны.

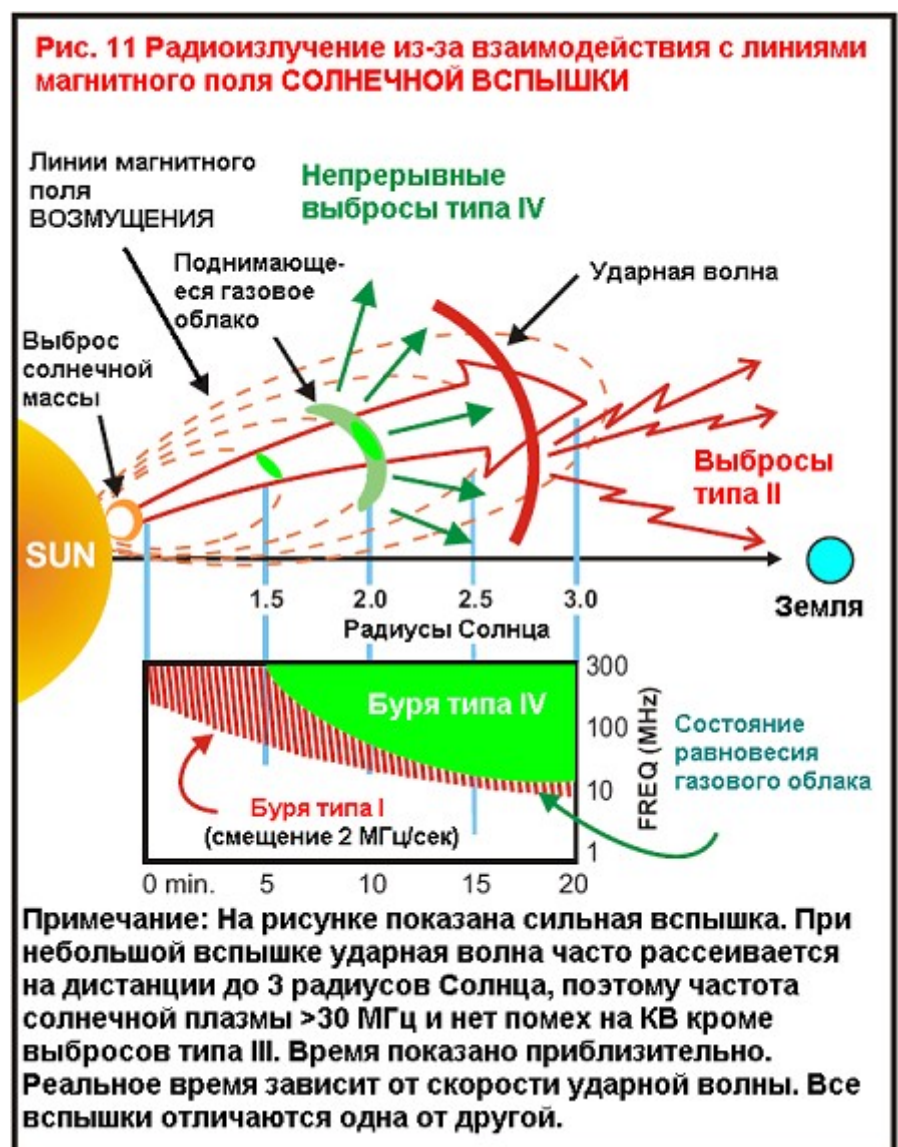
Для определения скорости могут использоваться выбросы типа II и типа III, что может быть показано в сообщениях NOAA как:

1810 UTC M7.8 solar flare

1822 UTC Type II sweep 1450 km/sec

NOAA использует эту информацию для определения времени достижения ударной волной Земли, и интенсивности геомагнитной бури. Вы тоже можете сделать это. Ударная волна постепенно уменьшает свою скорость, т.к. она распространяется с солнечным ветром. В среднем значение составляет 70% от первоначального для выбросов типа II и III. Т.е. волна, движущаяся со скоростью 1450 км/ч, замедляется приблизительно до 1000 км/ч, или 625 миль/ч. При расстоянии до Солнца около 93 миллионов миль, время достижения волной Земли составляет приблизительно 149 000 секунд, или около 41 часа. При нормальной скорости солнечного ветра около 350 км/с, увеличение ее до 600 км/с обычно вызывает слабую геомагнитную бурю, около 1000 км/с – умеренную бурю, и много больше этого значения – сильную бурю. Это, конечно, грубые приближения.

Ударная волна распространяется также сквозь линии сильных возмущенных магнитных полей (Рис. 11), в которых электроны и частицы захватываются закрытыми магнитными линиями. Это также производит выбросы радиоизлучения, называемые бурей типа I. Частота выброса понижается со скоростью примерно 2 МГц/с и по звуку похожа на помеху от зажигания автомобиля, работающего на холостых оборотах. Буря типа I может





распространяться приблизительно до 10 МГц и продолжаться в течение 20-30 минут после сильной вспышки.

### Излучение в радиодиапазоне, вызываемое облаком газа.

За ударной волной находится облако газа, состоящее из частиц, произведенных вспышкой, и генерирующих широкополосный шум, называемый непрерывной (сплошной) бурей типа IV. Шум начинается от частоты примерно 1 ГГц. Чем выше поднимается облако газа, тем ниже по частоте будет шум, производимый Солнцем (в соответствии с поведением частоты солнечной плазмы). Эти частицы будут подниматься, пока давление облака газе не сравняется с давлением атмосферы Солнца. В этот момент (около 15-30 минут после вспышки) частицы становятся неподвижными и генерируют шум в диапазоне до 10-20 МГц, в зависимости от высоты установившегося равновесия. Буря типа IV может продолжаться в течение нескольких часов после вспышки и повышать общий уровень шума на КВ. Точный механизм возникновения шума от облака газа на данный момент слабо изучен.

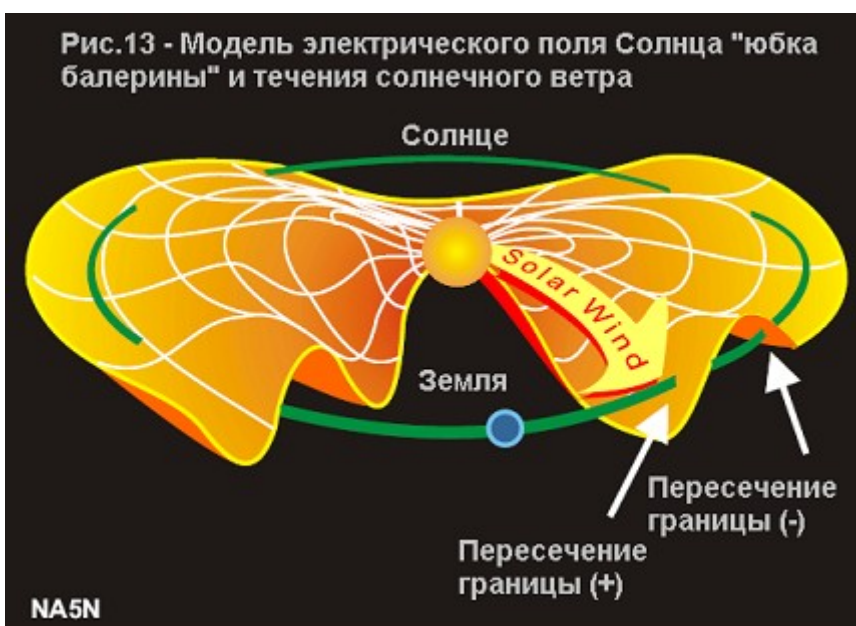
### Геомагнитные бури

#### Солнечный ветер

Вмешательство в поток солнечного ветра со стороны солнечной вспышки или коронального выброса может привести к серьезным помехам на КВ из-за возникающей геомагнитной бури. Солнечный ветер – постоянное истечение газов, электронов и частиц из Солнца, распространяющихся в эклиптической плоскости, как показано на рис. 12.

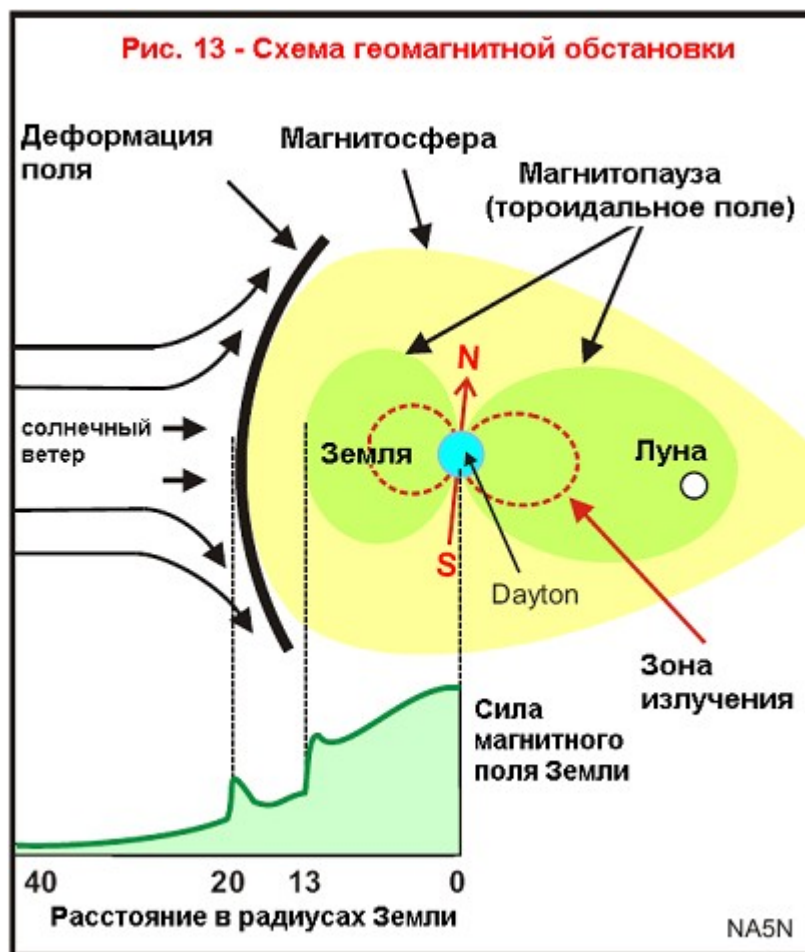
Долго считалось, что солнечный ветер имеет постоянную скорость истечения из Солнца, приблизительно 350 км/с. Сейчас мы знаем, что солнечный ветер крайне изменчив, и имеет скорость от 350 км/ч до 2000 км/ч и выше, вследствие сильной солнечной вспышки. После нескольких лет обработки данных, поступающих со спутников, мы выяснили, что электрическое поле Солнца неравномерно, и выглядит скорее как «юбка балерины», как представлено на рис. 13.

Когда орбита Земли входит или выходит из полы, это называется пересечением границы (boundary



crossing), что часто публикуется в сообщении NOAA. Резкие изменения скорости и направления течения солнечного ветра могут вызвать геомагнитную бурю. Пересечение границы с отрицательным знаком вызывает более сильную бурю, чем пересечение со знаком плюс. Однако эти бури редко сильные и длятся всего несколько часов. На рис. 13 показано, почему солнечный ветер постоянно меняется, вызывая слабые геомагнитные бури даже при очень спокойном Солнце.

Солнечный ветер оказывает давление на магнитное поле Земли, искажая его тороидальную форму, как показано на рис. 14. Если это давление внезапно изменится, например, при достижении Земли ударной волны солнечной вспышки, наше магнитное поле в ответ резко изменит свою форму, что в свою очередь в результате динамо-эффекта вызовет сильный электрический ток, распространяющийся вдоль магнитных линий Земли высоко над нашими головами. И этот ток, соответственно, приведет у появлению шума на КВ диапазонах. Пока происходит процесс искажения магнитного поля Земли, часто появляется сильный волнообразный шум, или статический треск. Когда геомагнитная буря начинает утихать, шум возвращается к обычному нормальному уровню.



**Совет по QRP-прохождению:** Часто после сильной магнитной бури магнитное поле Земли становится очень спокойным на 12-24 часа. Это отличное время для работы в диапазонах 40-160 м, т.к. уровень шума становится очень мал.

### Индексы К и А

Магнетометры на Земле измеряют характеристики нашего магнитного поля. Изменения поля (или его искажения) усредняются и сообщаются NOAA каждые 3 часа как Индекс-К (K-Index). K-Index имеет значения от 0 до 9, соответствующих условиям от спокойных до сильного возмущения. Усредненный за 24 часа K-index формирует Индекс-А (A-Index), характеризующий глобальное состояние геомагнитного поля на указанный момент времени. A-Index имеет значения от 0-20 для спокойных условий, и до 400 для экстремального состояния поля. Таблица соответствия между Индексами К и А для уровня шума диапазона КВ представлена на рис. 16.

**Совет по QRP-прохождению:** Используйте текущее значение Индекса К из данных WWV или полученных из Интернет, для определения текущих геомагнитных характеристик. Индекс А на самом деле отражает характеристики за прошедший день, и не определяет текущие условия.

**Совет по QRP-прохождению:** Четыре сайта с данными о Солнце, солнечных пятнах, Индексах К и А и солнечном ветре:

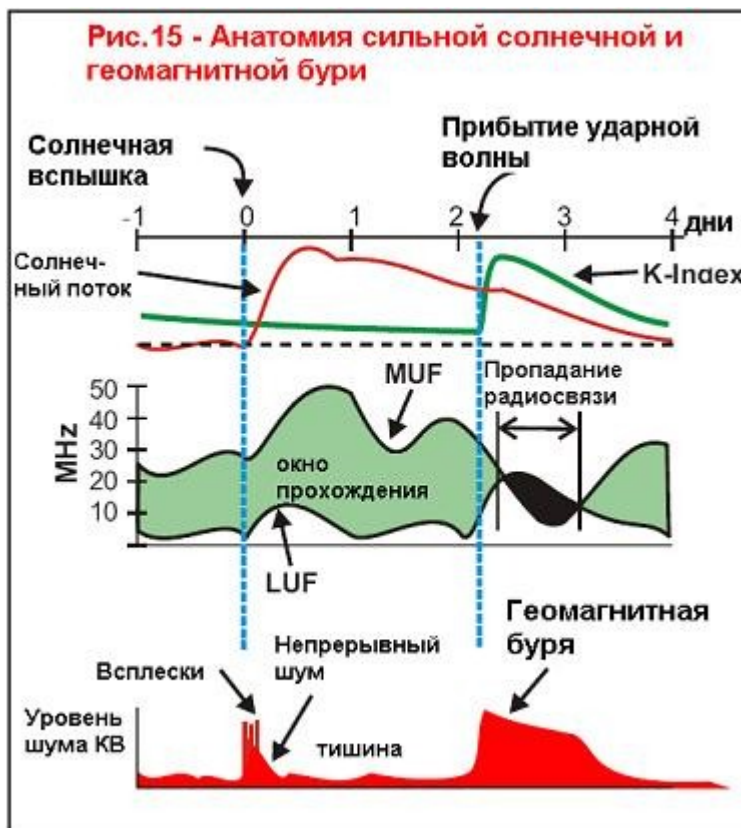
<http://www.sec.noaa.gov/today.html>  
<http://www.spaceweather.com>

<http://www.dxlc.com/solar>  
<http://umtof.umd.edu/pm>

### Анатомия солнечной/геомагнитной бури.

Если сложить всё вместе, типичная солнечная и геомагнитная бури показаны на рис. 15. Солнечная вспышка происходит в момент времени 0 и отмечается на Земле спустя 10-30 минут всплесками шума (выбросы типов I, II, III) и увеличением общего уровня шума. Практически немедленно ионизирующее излучение повышает МПЧ (во всяком случае увеличивается солнечный поток). Через 30 или более минут после вспышки уровень шума в диапазоне КВ возвращается к нормальному значению.

**Совет по QRP-прохождению:** Период времени сразу после вспышки – отличный момент для любителя QRP. Как только солнечная буря прекращается, шум в диапазоне КВ стихает, МПЧ повышается, и это состояние длится до заката. В ночное время условия прохождения на 80-40м могут быть превосходными. На следующий день МПЧ в светлое время суток также может повыситься.



По истечении двух дней, ударная волна достигает Земли, искажая магнитное поле и вызывая сильную геомагнитную бурю. Уровень шума в диапазоне КВ немедленно возрастает, и в некоторых случаях может наблюдаться полное пропадание радиосвязи. Электроны ударной волны достигают земных полюсов, вызывая поглощение сигналов или полное прекращение радиосвязи на высоких широтах. Последующий 3-часовой Индекс-К будет высоким (6-9), возможно авроральное прохождение. Сильная геомагнитная буря ( $K > 6$ ) может длиться 12-24 часа. Когда она, наконец, утихает, магнитное поле Земли часто становится очень спокойным, что приводит к очень малому уровню шума на КВ.

**Совет по QRP-прохождению:** Еще один удачный период времени для любителей QRP – момент прекращения геомагнитной бури. В ночное время уровни шума в диапазоне 40-80м могут быть очень низкими.



**Табл. 16 – Геомагнитные индексы и условия**

	Индекс-К	Индекс Ap	Геомагнитные условия	Шум на КВ	Аврора
Обычные условия	0	0-2	Очень тихо	S1-S2	Нет
	1	3-5	Тихо	S1-S2	Нет
	2	6-9	Тихо	S1-S2	Очень слабая
	3	12-19	Возмущенные	S2-S3	Очень слабая
	4	22-32	Активные	S2-S3	Слабая
Буря	5	39-56	Слабая буря	S4-S6	Сильная
	6	67-94	Сильная буря	S6-S9	Очень сильная
	7	111-154	Серьезная буря	S9+	Очень сильная
	8	179-236	Серьезная буря	Нет связи	Экстремальная
	9	300-400	Экстремальные	Нет связи	Экстремальная

**Табл. 17 – Классификация солнечных вспышек**

Класс вспышки	Тип вспышки	Влияние на КВ (10-30м)	Геомагнитная буря (<20м)
A	Очень слабая	Нет	Нет
B	Слабая	Нет	Нет
C	Средняя	Слабое поглощение	До Слабой
M	Сильная	Сильное поглощение	Слабая-Сильная
X	Экстремальная	Возможно пропадание связи	Сильная - Серьезная

#### Несколько мыслей напоследок

1. Солнечный поток, определяющий уровень ионизации, оказывает влияние на КВ прохождения *выше* примерно 10 МГц. Солнечный поток не влияет на условия диапазона 40м и ниже, т.к. МПЧ редко падает ниже 10 МГц. Поэтому низкочастотные диапазоны *всегда* открыты.
2. Индекс-К, показывающий геомагнитную обстановку, определяет уровень шума на КВ в основном *ниже* примерно 10 МГц, за редким исключением. Во время магнитной бури высокий уровень шума на 40м не означает автоматически высокий уровень шума на 20м.
3. 30М – любительский диапазон, расположенный между двух миров. Влияние на него могут оказывать как солнечный поток, так и Индекс-К. С другой стороны, чаще на это диапазон *не оказывает* влияние ни один из них. Хороший диапазон независимо от солнечного цикла.
4. Каждая солнечная вспышка и вызванная ею буря не похожа на другую, поэтому нельзя точно предсказать заранее, какими они будут.
5. Никогда не доверяйте полностью публикуемой информации о солнечных вспышках и геомагнитных бурях. Лучший способ ее проверить – работать в эфире. См. п.5
6. п.5 также относится к анализу прохождения от NA5N в рефлекторе qgr-1.