

# КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ И ПОГОДА

Г. Ф. Крымский



**Гермоген Филиппович Крымский,**  
 академик РАН, советник РАН,  
 доктор физико-математических наук, ведущий специалист в области физики космических лучей, физики плазмы и солнечно-земных связей.

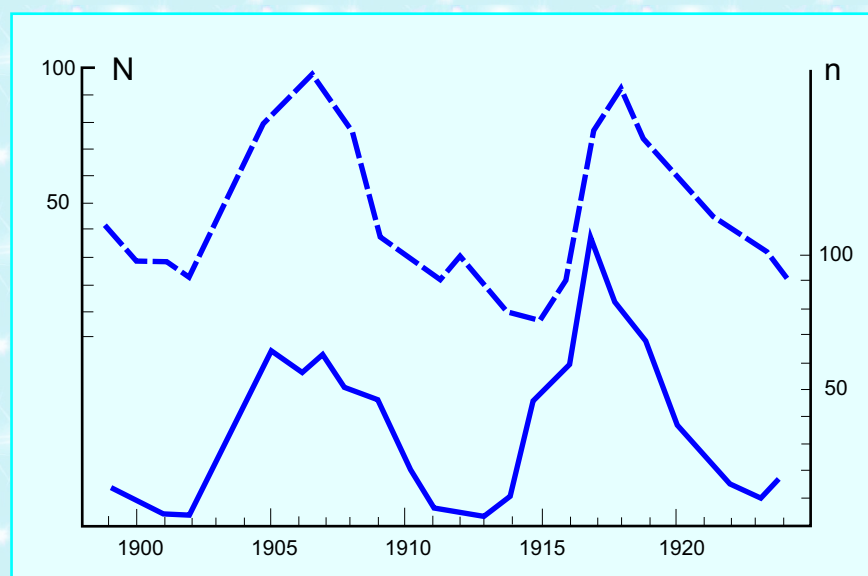
С древних времен люди ищут следы воздействия Космоса на повседневную жизнь. Астрология – «наука» о влиянии планет на людские судьбы – дожила до наших дней. Конечно, с развитием науки и материалистической концепции объяснения мира мифы о внеземных факторах уже не стали восприниматься серьезно, например, интерес к гороскопам начал постепенно угасать. Вместе с этим перестали относиться всерьез и к фактам, говорящим о влиянии Космоса на здоровье человека, климат и биосферу.

В первые десятилетия прошлого века была попытка преодолеть общественный скепсис к подобным явлениям. Речь идет о работах А.Л. Чижевского, в частности, его известной монографии, в которой автор привел многочисленные данные, указывающие на существование связи таких массовых и масштабных явлений, как эпидемии, неурожай, похолодания, засухи и т.п., с изменением активности Солнца [1]. На рис.1 показана частота бурь на Байкале в сопоставлении с солнечной активностью. Вся совокупность фактов,

собранных А.Л. Чижевским, неопровержимо свидетельствует о том, что такие связи реально существуют. Их стали называть солнечно-земными связями.

Следует разъяснить, что мы сегодня знаем о явлениях, именуемых солнечной активностью. Издавна известно, что время от времени на Солнце высыпают пятна, самые крупные из которых можно было бы видеть даже невооруженным глазом. Периоды появления пятен чередуются примерно через 11 лет. Было установлено, что с этим явлением связано увеличение частоты полярных сияний. Отмечалось, что и стрелка компаса в такие периоды иногда ведет себя беспокойно. Эти явления стали называть магнитными бурями.

Оказалось, что пятна на Солнце представляют собой более темные области сгущения магнитных силовых линий, в которых магнитные поля во многие тысячи раз сильнее магнитного поля Земли. Эти поля проникают на большие высоты над поверхностью Солнца – до нескольких солнечных радиусов – и образуют солнечную корону, видимую во время



**Рис. 1. Бурь на Байкале [1, стр. ].**  
 Пунктирная кривая – бури, сплошная кривая – солнечные пятна.  
 Частота: N – бурь, n – солнечных пятен.

полных солнечных затмений. Температура вещества в короне намного выше, чем на поверхности Солнца, где она составляет 6000 К. В короне же температура плазмы больше миллиона градусов. Вещество из короны постоянно вытекает в межпланетное пространство, где оно движется со скоростью 400–600 км/сек и называется солнечным ветром. Он разносится по всей Солнечной системе и проникает даже за ее пределы. Область, охваченная ветром, называется гелиосферой.

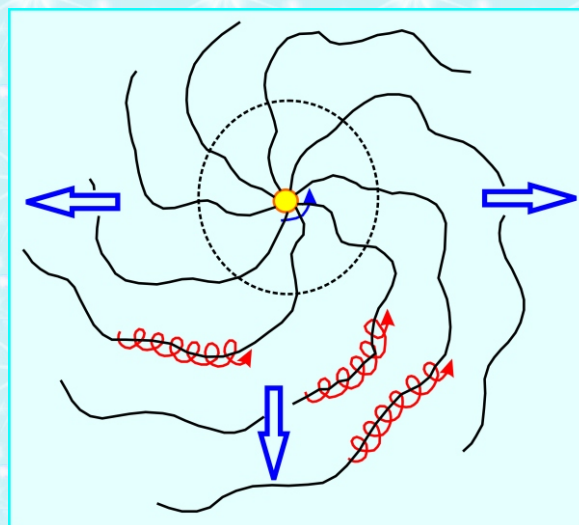
Сильные магнитные поля в короне временами дают мощные разряды – солнечные вспышки, при которых в гелиосферу выбрасывается вещество с большей скоростью и плотностью. Когда Земля попадает в такие потоки, на ней происходят магнитные бури, приводящие к возмущению ионосферы. Это часто мешает распространению радиоволн. В протяженных проводных линиях и трубо-проводах в такие периоды возникают сильные электрические наводки, а навигационное оборудование самолетов, электронные приборы спутников Земли дают сбои и даже могут выйти из строя.

Несмотря на широкомасштабные последствия солнечной активности на Земле, их общая энергетика невелика. Она в десятки миллионов (!) раз меньше той, которая необходима, чтобы изменить, например, ход метеорологических процессов. Вместе с тем солнечная активность определенно влияет на погоду и климат. Этот парадокс долгое время давал опору скептикам в отрицании солнечно-земных связей. Следовательно, чтобы объяснить подобные причинно-следственные связи, необходимо было найти механизм, увеличивающий воздействие солнечной активности во многие миллионы раз.

Во второй половине прошлого века предпринимались многочисленные попытки изучения разнообразных солнечно-земных связей с привлечением длинных рядов инструментальных наблюдений в разных регионах Земли. Опубликовано огромное количество оригинальных работ. Даже простое перечисление обзорных статей и монографий по этой тематике заняло бы слишком много места. Интересна, например, работа [2], авторы которой профессионально занимаются гелиобиологией – новой отраслью науки о солнечно-земных связях.

Многие исследователи независимо отмечают, что погодные явления связаны с интенсивностью галактических космических лучей (ГКЛ) гораздо более тесно, чем с другими проявлениями солнечной активности.

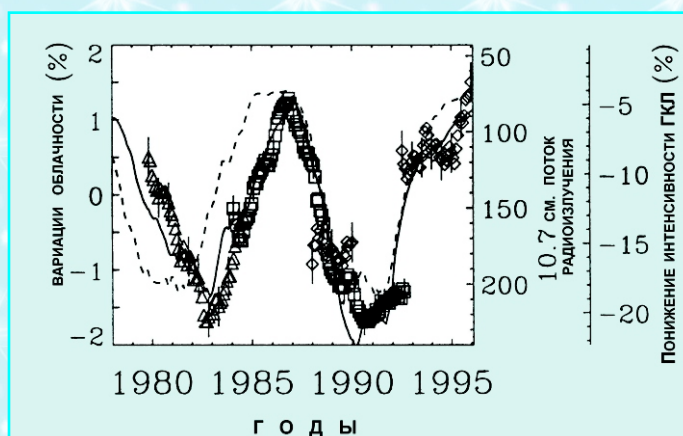
Космические лучи – это в основном ядра водорода (протоны), ускоренные в космосе до чудовищных энергий. В Солнечную систему они приходят из нашей Галактики и при этом подвергаются воздействию магнитных полей солнечного ветра. На рис. 2 изображена схема, иллюстрирующая такое воздействие – модуляцию космических лучей. Возмущенное магнитное поле затрудняет распространение частиц космических лучей, а его движение от Солнца «выметает» космические лучи из гелиосферы. Поэтому в периоды высокой солнечной активности космических лучей становится меньше. Так как ветер из-за больших размеров гелиосферы распространяется до ее границ дольше года, модуляция космических лучей отстает по времени от солнечной активности.



**Рис. 2. Модуляция космических лучей солнечным ветром (вид со стороны Северного полюса).**

*Круговой стрелкой показано направление вращения Солнца (в центре). Сплошные линии – магнитные силовые линии в солнечном ветре. Синие стрелки – направление солнечного ветра. Винтовые линии – траектории частиц космических лучей. Пунктирная окружность – орбита Земли.*

Когда поток от солнечной вспышки охватывает Землю, возникает магнитная буря. Интенсивность космических лучей понижается – «эффект Форбуша». Это длится несколько суток. В такие дни на Земле уменьшается облачность. Подобное наблюдается и в годы высокой солнечной активности. На рис. 3 видно, что вариации облачности происходят синхронно с изменением интенсивности космических лучей и отстают от вариаций радиоизлучения Солнца, связанных с солнечной активностью [3].



**Рис. 3. Космические лучи и облачность.**

*Пунктир – солнечное радиоизлучение, сплошная линия – интенсивность космических лучей, значки – облачность по спутниковым наблюдениям [3, стр. 219].*



Чтобы разобраться с причинами такой связи, достаточно представить явления, происходящие в камере Вильсона\*. В этом приборе создается переохлажденный водяной пар – прозрачный бесцветный газ, который под влиянием ионизирующих частиц конденсируется на производимых ими ионах. Мельчайшие капельки вдоль трека такой частицы позволяют следить за космическими лучами в объеме камеры Вильсона или частицами, пришедшими из ускорителя – специальной машины, которая производит частицы высоких энергий (рис. 4).

Следы образуются потому, что переохлажденному водяному пару необходимы так называемые ядра конденсации, чтобы образовать капельки воды. Ими могут быть и частицы обыкновенной пыли. В атмосфере выше одного километра пыли немного, мала и радиоактивность, которая могла бы ионизировать воздух. В то же время в воздухе содержится достаточно большое количество молекул водяного пара.

Именно космические лучи производят ионизацию на высоте облаков и способствуют образованию там капелек воды. Этим и объясняется тесная связь облачности с космическими лучами. Можно сказать, что земная атмосфера представляет собой громадную «камеру Вильсона».

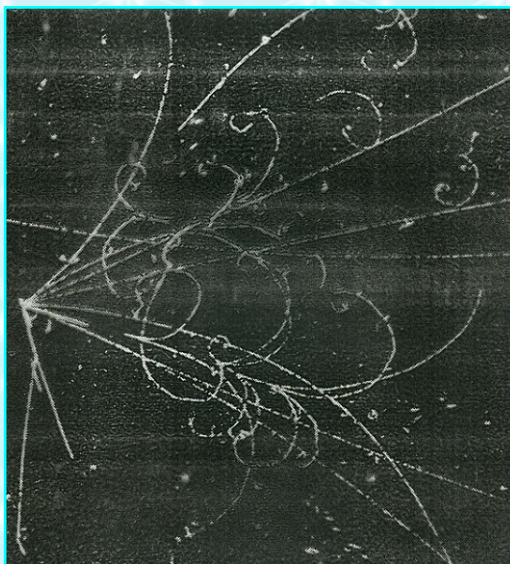
Надо заметить, что идея о роли космических лучей в облакообразовании высказывалась еще до обнаружения соответствующих связей [4]. В 1960 г. ее предложил Е.А. Пономарев (ИКФИА), но, к сожалению, его соображения не были опубликованы.

Описанный выше механизм воздействия космических лучей на атмосферу усиливает «сигнал солнечной активности» примерно в 100 миллионов раз. Как работает такой усилитель сигналов? На рис. 5, а представлена его упрощенная схема. Усилитель представляет собой «кран», регулирующий поток энергии от «резервуара» к «потребителю». Чтобы открыть и закрыть подобный кран, энергии много не требуется, а включаемый-выключаемый поток может быть большим. На рис. 5, б представлена аналогичная схема действия этого механизма. Его можно представить в виде двухкаскадного усилителя. В первом каскаде используется энергия переохлажденного пара, а второй каскад регулирует поступление к Земле солнечной энергии. Именно такое «устройство» позволяет обеспечить фантастический коэффициент усиления!

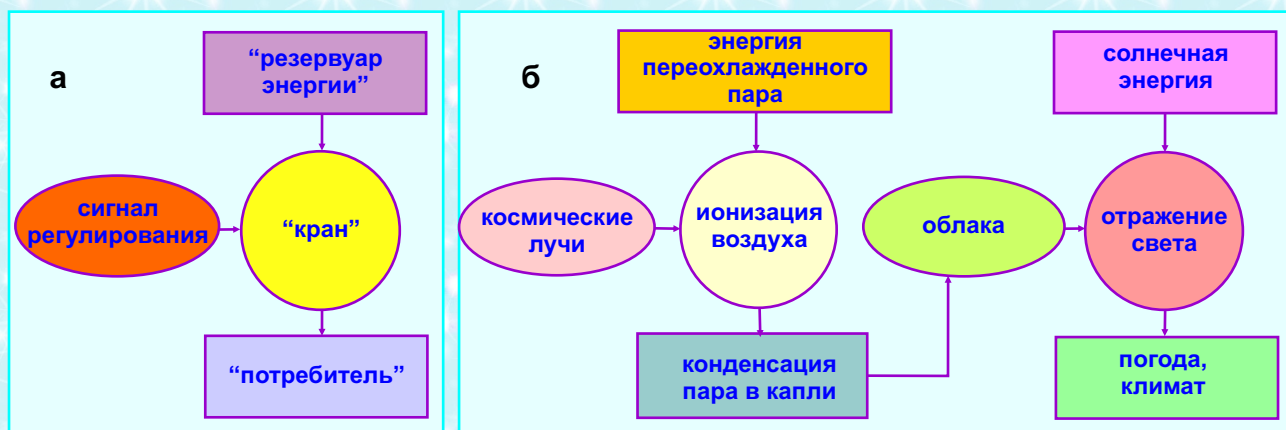
Космические лучи в околоземном пространстве воздействуют также на циркуляцию атмосферы [5]. Рассказ о влиянии космических лучей на земную метеорологию будет далеко не полным, если не упомянуть о механизме грозовой

активности [6].

В момент, когда капелька облака уже образовалась и растет, она способна захватывать отрицательные ионы. Дело в том, что молекулы воды можно схематически представить как мельчайшие «гантели», концы которых заряжены положительно и отрицательно. Поверхностный слой капли ориентирует молекулы таким образом, что они прикрепляются к капле своими положительными



**Рис. 4. Следы заряженных элементарных частиц в камере Вильсона.**



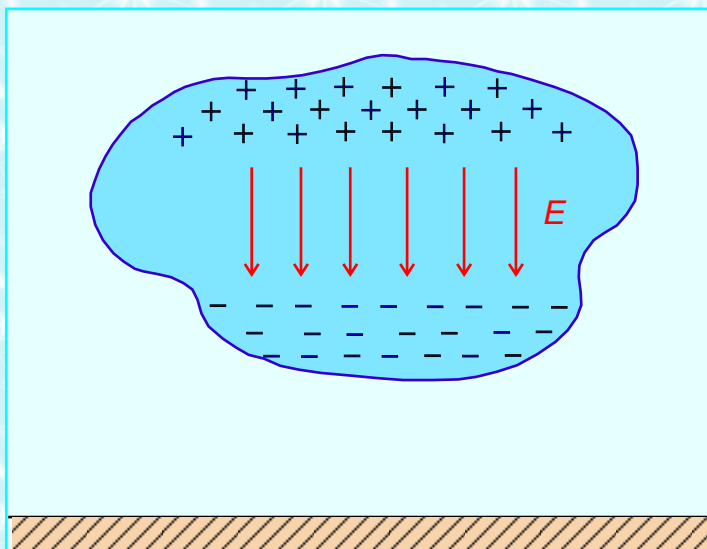
**Рис. 5. Схема воздействия космических лучей на атмосферу: а – принципиальная схема усилителя сигналов; б – схема двухкаскадного «усилителя» Космические лучи-Погода.**

\* Камера Вильсона – трековый детектор заряженных частиц.

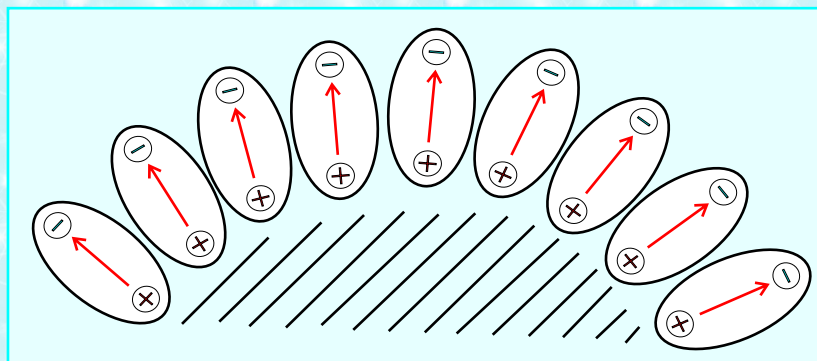
концами (рис. 6). На поверхности капли в результате образуется двойной электрической слой. Отрицательные ионы, попадающие в слой, притягиваются к капле, а положительные – выталкиваются наружу. Отрицательно заряженные капли по мере роста оседают в нижней части облака, а положительные ионы остаются в верхней части. Так возникает грозное электричество. Чтобы получить сильное электрическое поле, нужно обеспечить интенсивный рост капель и их быстрое оседание под действием силы тяжести. В противном случае положительные ионы будут успевать вслед за каплями. Грозные облака действительно формируются очень быстро – обычно менее чем за один час.

Напряженность электрического поля ( $E$ ) в грозных облаках (рис. 7), достигает 2-3 кВ/см и почти никогда не бывает больше. Однако физики знают, что разряд в сухом воздухе происходит при напряженности, составляющей 20-30 кВ/см. Опять парадокс!

И снова в игру вступают космические лучи. Электроны вторичных космических лучей, дви-



**Рис.7. Электрическая схема грозного облака.**



**Рис.6. Схематическое изображение поверхностного слоя водяной капли.**

*Овалы – молекулы воды. Стрелки – направление электрического поля в слое.*

жущиеся в атмосфере, теряют энергию на ионизацию воздуха и тем больше, чем меньше их энергия. Когда кинетическая энергия электронов велика, – 500 КэВ или выше – потери снижаются до постоянной величины 2 МэВ на каждый г/см<sup>2</sup>\*. Умножая эту величину потерь на плотность воздуха, которая в тысячу раз меньше плотности воды, получаем потери, равные 2 кэВ на 1 см пути. При напряженности электрического поля 2 кВ/см, электрон наберет столько же энергии, сколько потеряет на ионизацию. В поле же напряженностью 3 кВ/см электрон станет ускоряться и на пути в 10 метров получит 1 МэВ энергии, что в 2 раза больше энергии покоя!

Электроны такой энергии способны выбивать из атомов «дельта-электроны» – частицы высоких энергий, которые также будут ускоряться. В результате возникает электронная лавина – молния! Этот процесс возможен, если так называемый «затравочный» электрон уже обла-

дает кинетической энергией, сравнимой с энергией покоя. Такие электроны порождаются космическими лучами. Исследователи, обнаружившие этот процесс, назвали его «пробоем на убегающих электронах» [7]. Он «защищает» грозные облака от чрезмерного накопления зарядов и возникновения полей с напряженностью, намного большей 2 кВ/см.

Таким образом, космические лучи способствуют облакообразованию, создают отрицательные ионы и «поджигают» молнии.

### Литература

1. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь – М.: Мысль, 1973. – 349 с.
2. Владимирский Б.М., Нарманский В.Я., Темурьянц Н.А. Космические ритмы в магнитосфере-ионосфере, в атмосфере, в среде обитания, в биосфере-ноосфере, в земной коре. – Симферополь, 1994. – 176 с.
3. Svensmark H. // Space Sci. Rev. – 94(2000). – P. 215-230.
4. Ney E.R. // Nature. – 183(1959). – P. 451-542.
5. Крымский Г.Ф. Космические лучи и околоземное пространство // Солнечно-земная физика. – ИСЗФ СО РАН. – Иркутск, 2002. – Вып. 2 (115). – С. 42-45.
6. Ермаков В.И., Стожков Ю.И. Физика грозных облаков / Препринт. ФИАН. – № 2. – 2004. – 21 с.
7. Гуревич А.В., Зыбин К.П. // Успехи физических наук. – 171. – 11. – 2001. – С. 1177.

\* В таких единицах выражается толщина проходимого электронами вещества; 1 г/см<sup>2</sup> – это толщина, соответствующая прохождению 1 см воды.