

УДК 551.590.21

ВЛИЯНИЕ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА ХОД АТМОСФЕРНО-ЗЕМНЫХ ПРОЦЕССОВ

В. И. Ермаков¹, Ю. И. Стожков

В работе изложена совокупность атмосферно-земных связей, на которые прямо или опосредованно влияют галактические космические лучи. Прямое влияние включает в себя возбуждение, диссоциацию и ионизацию молекул (атомов) воздуха, а также образование изотопов в атмосфере. Опосредованно, через ионизацию, они влияют на грозовые облака, а через них на образование электрического заряда Земли, на погоду и климат, на угловую скорость суточного вращения и сейсмичность Земли, на частоту извержения вулканов, а также на биологические процессы. Приведены результаты наблюдений, подтверждающих это влияние.

1. *Введение.* Из космического пространства на верхнюю границу атмосферы Земли непрерывно падает изотропный поток галактических космических лучей (КЛ). Они состоят преимущественно из протонов ($\sim 85\%$), ядер гелия ($\sim 10\%$) и незначительного количества других ядер. Энергии этих частиц лежат в пределах от 10^6 до $\sim 10^{20}$ эВ. Их поток зависит от геомагнитной широты, солнечной активности и изменяется с течением времени.

КЛ, проходящие через атмосферу, при взаимодействии с молекулами (атомами) воздуха образуют так называемое вторичное излучение, часть которого доходит до поверхности Земли и поглощается в ее поверхностном слое. Обычно КЛ называют вместе взятые первичное и вторичное излучения.

При рассмотрении тех или иных физических процессов, протекающих в атмосфере и земной коре, влиянием КЛ на ход этих процессов обычно пренебрегают. Это

¹Центральная аэрологическая обсерватория Росгидромета. 141700, г. Долгопрудный Моск. обл. ул. Первомайская, д. 3.

связано в основном с тем, что величина потока космических частиц весьма мала ($\sim 1 \text{ частица}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$) по сравнению с потоками других попадающих в атмосферу излучений.

Настоящая работа посвящена изложению совокупности атмосферно-земных процессов, на ход которых прямо или опосредованно (через грозовые облака) влияют КЛ. В основу определения этой совокупности положена физика взаимодействий КЛ с атмосферой Земли. До сих пор такая совокупность атмосферно-земных процессов не рассматривалась.

2. *Прямое влияние КЛ на атмосферу Земли.* Проходя через атмосферу, КЛ взаимодействуют преимущественно с молекулами азота N_2 и молекулами кислорода O_2 , которые являются основными газовыми составляющими воздуха (N_2 занимает $\sim 73\%$, а O_2 занимает $\sim 21\%$ его объема). Свою энергию КЛ расходуют на возбуждение, диссоциацию и ионизацию молекул (атомов) воздуха, а также на ядерные взаимодействия с атомами.

Возбуждение молекул (атомов) воздуха КЛ сопровождается появлением в атмосфере инфракрасного, видимого или ультрафиолетового излучения (вид излучения зависит от уровня возбуждения). В атмосфере существуют другие более мощные источники таких излучений. Поэтому вклад КЛ в общее ИК-, видимое и УФ-излучения является незначительным.

При диссоциации молекул N_2 и O_2 в воздухе появляются атомы азота N и кислорода O , которые при взаимодействии друг с другом и с молекулами O_2 образуют окислы азота NO и NO_2 , а также озон O_3 . Эти окислы и озон могут накапливаться в атмосфере. Однако вклад КЛ в их содержание также является незначительным, так как в атмосфере существуют другие, более мощные источники окислов азота и озона.

В процессе ионизации молекул (атомов) в атмосфере образуются свободные электроны и положительные ионы. Через время $t < 10^{-6} \text{ с}$ электроны прилипают к электроотрицательным молекулам воздуха (это преимущественно молекулы O_2) и образуют при этом отрицательные ионы.

КЛ являются главным глобальным ионизатором атмосферы в диапазоне высот от поверхности Земли до $\sim 50 \text{ км}$. Максимальная концентрация ионов, образуемых КЛ, наблюдается на высотах (15–17) км (см. рис. 1) [1]. Над континентами в слое (0–3) км дополнительным ионизатором воздуха являются радиоактивные газы, поступающие в атмосферу из земной коры.

Свойство КЛ ионизовать воздух в страто- и тропосфере является определяющим

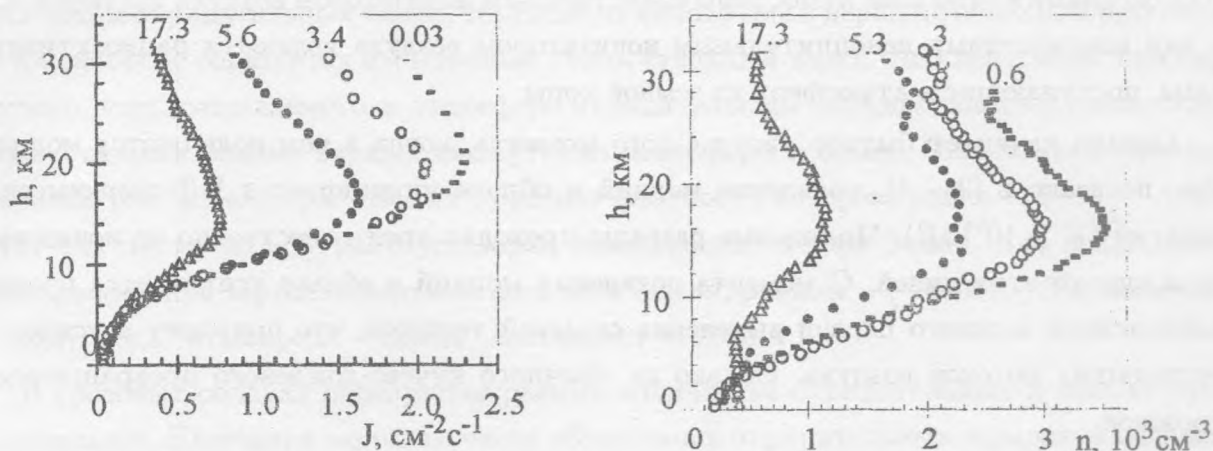


Рис. 1. Высотные зависимости потока космических лучей J и концентрации ионов n в атмосфере Земли на широтах с различными значениями геомагнитного обрезания (цифры у кривых даны в ГВ).

в образовании и развитии грозовых облаков. Через грозовые облака КЛ оказывают влияние на многие атмосферно-земные процессы.

При взаимодействии КЛ с ядрами атомов воздуха появляются как короткоживущие частицы (π^0 , π^- , π^+ – мезоны и др.), так и долгоживущие (протоны, нейтроны). Появившиеся протоны и нейтроны вступают в реакции с молекулами O_2 , N_2 и атомами водорода (последние содержатся в водяном паре), и образуют стабильные изотопы кислорода ^{18}O , дейтерия 2H и трития 3H , а также радиоактивные изотопы бериллия 7Be (время полураспада 53 дня), ^{10}Be (время полураспада 1.5 млн. лет) и углерода ^{14}C (время полураспада 5370 лет). Все эти изотопы образуются преимущественно на высотах (10 – 20) км, где наблюдается максимальная интенсивность космических лучей, и накапливаются там. Во время стратосферных вторжений, когда воздушные массы проникают из стратосферы в тропосферу, они поступают в приземной слой атмосферы. Затем часть изотопов архивируется в земной коре (в полярных льдах, в стволах деревьев, в донных отложениях и др.). Значения концентраций этих изотопов используются для определения потоков КЛ и климата в прошлом.

3. Влияние КЛ на глобальную грозовую активность. В работах [2–4] показано, что КЛ играют одну из ключевых ролей в зарождении и развитии грозовых облаков. Главным условием зарождения грозового облака является наличие достаточно мощного восходящего потока влажного ионизованного воздуха из приземного слоя атмосферы.

Над океанами в этом слое атмосферы единственным ионизатором воздуха являются КЛ, а над континентами дополнительным ионизатором воздуха являются радиоактивные газы, поступающие в атмосферу из земной коры.

Облако начинает быстро расти с того момента, когда в нем появляются молнии. Как показано в [2 – 4], появление молний в облаке инициируется КЛ сверхвысоких энергий ($E > 10^{14}$ эВ). Молниевые разряды проходят преимущественно по ионизованным следам этих лучей. С момента появления молний в облаке усиливается процесс конденсации водяного пара и выделения скрытой теплоты, что приводит к усилению восходящих потоков воздуха. Облако из обычного кучево-дождевого превращается в грозовое.

Электрическая (молниевая) активность и водосодержание (вода + лед) грозового облака тем выше, чем больше электропроводность столба воздуха, находящегося между вершиной облака и ионосферой. На электропроводность этого столба воздуха основное влияние оказывают КЛ, которые ионизуют воздух в его нижней части, где подвижность ионов минимальна.

По указанным выше причинам электрическая (молниевая) активность и водосодержание грозовых облаков, а также количество выпадающих из них осадков, зависят от интенсивности КЛ. В связи с тем, что КЛ приходят на Землю изотропно, т.е. со всех направлений, они управляют активностью всех присутствующих в атмосфере грозовых облаков. Как показывают наблюдения, на всем земном шаре одновременно в атмосфере находится (1500 – 2000) электрически активных облаков. Эти облака генерируют (50 – 100) молний в секунду [2].

4. Опосредованное влияние КЛ на ход атмосферно-земных процессов. КЛ, ионизуя атмосферу, управляют глобальной грозовой активностью и через нее следующим образом влияют на ход атмосферно-земных процессов.

Грозовые облака – генераторы молний. Внутри облака в сильно разветвленных разрядных каналах молний рождается большое количество отрицательных и положительных (электроны и положительные ионы) зарядов. Восходящими потоками эти заряды разделяются таким образом, что в нижней части облака остаются отрицательные заряды, а в верхней части – положительные. Из нижней части облака отрицательные заряды молниями и осадками сбрасываются в поверхностный слой Земли. Благодаря молниям и осадкам Земля заряжена отрицательно, средняя величина ее заряда равна ~ -600000 Кл [2].

Положительный заряд, находящийся в верхней части облака, частично компенсиру-

ется током отрицательных ионов, текущим из ионосферы к вершине облака. В результате в ионосфере образуется избыточный положительный заряд. Под действием электрического поля, создаваемого в атмосфере отрицательным зарядом поверхностного слоя Земли, положительные заряды движутся из ионосферы к Земле. Они создают положительный ток "атмосфера – Земля", средняя плотность которого равна $\sim 2 \cdot 10^{-12} \text{ А/м}^2$. Этот ток частично нейтрализует заряд поверхностного слоя Земли. Как показывают наблюдения, при заряде поверхностного слоя Земли, равном $\sim (-600000) \text{ Кл}$, величина полного тока "атмосфера – Земля" составляет $\sim 2000 \text{ А}$ [2].

В грозовых облаках образуются равные количества отрицательных и положительных зарядов. Благодаря молниям часть образуемых отрицательных зарядов оказывается в поверхностном слое Земли, а равная ей по величине часть положительных зарядов остается в атмосфере. При усилении электрической (молниевой) активности грозовых облаков оба этих заряда одновременно возрастают.

На Земле существуют три крупных грозовых очага – Индонезийский, Африканский и Американский. Максимальная грозовая активность в каждом из этих очагов наблюдается в (15 – 16) часов местного времени. Грозовая активность от этих очагов, просуммированная по всему земному шару, наблюдается в ~ 19 часов мирового времени. В это время электрический заряд Земли имеет максимальное значение. Амплитуда его суточной вариации составляет $\sim 20\%$. Заряд Земли также зависит от солнечной активности и интенсивности космических лучей. Его изменения могут достигать 50% и более [5]. Благодаря молниям на земном шаре работает глобальная электрическая токовая цепь. В результате ее работы Земля заряжена отрицательно, а атмосфера – положительно.

Грозовые облака – мощные преобразователи скрытой теплоты. Со всей поверхности Земли каждую секунду испаряется ~ 10 тонн воды. На испарение одного кг воды расходуется тепловая энергия $2.256 \cdot 10^6 \text{ Дж}$. Энергия, расходуемая на испарение, вместе с паром уходит в атмосферу, где находится в виде скрытой теплоты. При образовании облаков происходит конденсация водяного пара. В процессе конденсации скрытая теплота, носителем которой является пар, выделяется в атмосферу.

Выделение скрытой теплоты происходит при образовании любого облака. Однако наиболее мощно этот процесс протекает в грозовых облаках. Это связано с тем, что в грозовых облаках, благодаря наличию молний, процесс конденсации пара происходит наиболее интенсивно. За время менее 1 часа в одном грозовом облаке успевает сконденсироваться (200 – 300) тысяч тонн пара. При этом в объеме облака выделяется $\sim (5 - 8) \cdot 10^{14} \text{ Дж}$ тепловой энергии, которая была запасена в паре.

На земном шаре одновременно в небе находится (1500 – 2000) электрически активных грозовых облаков. При общем времени жизни грозового облака от момента зарождения до распада ~ 1 часа время его электрической активности составляет ~ 0.5 часа. Поэтому общее количество грозовых облаков на Земле, образуемых за 1 сутки, составляет $\sim 10^5$. За 1 сутки на земном шаре при образовании грозовых облаков выделяется в атмосферу $(5-8) \cdot 10^{19}$ Дж скрытой теплоты (для сравнения – кинетическая энергия одного циклона порядка 10^{18} Дж).

Выделение скрытой теплоты при образовании грозовых облаков существенно влияет на термодинамику атмосферы, а через нее – на погоду и климат Земли.

Грозовые облака – мощные воздушные насосы. Наличие молний в грозовом облаке приводит к увеличению числа активных ядер конденсации, усилению процессов конденсации водяного пара и выделения скрытой теплоты. Благодаря усиленному выделению скрытой теплоты при развитии грозового облака усиливаются восходящие потоки воздуха. Вертикальная скорость этих потоков в среднем равна $(10 - 20)$ м/с и может достигать значений 50 м/с и более.

Благодаря наличию мощных восходящих потоков при развитии грозового облака из приземного слоя на большую высоту, иногда до $(15 - 20)$ км, заносится большая масса воздуха, а вместе с ней – большое количество водяного пара. Скорость поступления пара в облако такова, что за время менее 1 часа водосодержание облака достигает значений $(200 - 300)$ тысяч тонн.

Объем воздуха, перекачиваемый из приземного слоя атмосферы наверх во время образования грозового облака, можно оценить следующим образом. Количество водяного пара, содержащегося в 1 м³ воздуха в приземном слое, порядка одного десятка граммов. Небольшая (примерно одна десятая) часть этого пара конденсируется в облаке. Отсюда следует, что при образовании грозового облака с влагосодержанием $(200 - 300)$ тысяч тонн из приземного слоя атмосферы за время ~ 1 час перекачивается $(200 - 300)$ км³ воздуха. В глобальных масштабах при образовании грозовых облаков из приземного слоя атмосферы перекачивается вверх $(2 - 3) \cdot 10^7$ км³ воздуха. Перекачка воздуха грозовыми облаками обеспечивает вертикальную циркуляцию воздушных масс и влияет на погоду и климат.

Грозовые облака – источники ливневых осадков. Из всех существующих типов облаков грозовые облака имеют самую большую вертикальную протяженность. Большая часть этих облаков находится выше нулевой изотермы. Поэтому там вода присутствует как в жидкой, так и в твердой (лед) фазах. Падая с большой высоты, капли и льдинки

растут в процессе столкновений с другими каплями и льдинками. В результате из грозовых облаков, как правило, выпадают ливневые осадки, состоящие из крупных капель, крупы и града.

Из одного грозового облака выпадает столько осадков, сколько сконденсировалось в нем воды. Всего за 1 сутки из грозовых облаков по всему земному шару выпадает $(2 - 3) \cdot 10^{10}$ тонн осадков.

За 1 год из всех облаков на Землю выпадает $\sim 6 \cdot 10^{14}$ тонн атмосферных осадков, а за сутки их выпадает $\sim 1.6 \cdot 10^{12}$ тонн. Из этого количества осадки, выпадающие из грозовых облаков, составляют $\sim 2\%$.

По земному шару осадки из грозовых облаков распределены весьма неравномерно. Большинство их выливается в тропической зоне, а также в горных районах, где наблюдается максимальная сейсмическая активность.

С ливневыми осадками связано механическое воздействие грозовых облаков на земную кору. Скорость падения капель из грозовых облаков порядка 8 м/с , крупы – порядка 16 м/с , а скорость падения градин достигает 40 м/с и более. Можно положить, что средняя скорость выпадения осадков из грозовых облаков $\sim 10 \text{ м/с}$. Масса осадков, выпадающих из грозового облака, равна $(200 - 300)$ тысяч тонн. При указанных значениях массы и скорости кинетическая энергия осадков равна $(1 - 2) \cdot 10^{10} \text{ Дж}$. Практически вся эта энергия в виде удара передается земной коре. За 1 сутки земная кора воспринимает примерно 10^5 таких ударов $[2 - 3]$. Через ливневые осадки грозовые облака влияют на сейсмичность Земли и частоту извержений вулканов.

На земную кору механически воздействуют также осадки, выпадающие из негрозовых облаков. Таких осадков значительно больше, но скорость их выпадения существенно меньше.

Все виды осадков переносят воду из атмосферы на поверхность Земли, и тем самым меняют ее момент количества движения или угловую скорость.

Грозовые облака влияют на ход атмосферно-земных процессов посредством молний, через теплоту, выделяемую в атмосфере при их формировании, через восходящие и нисходящие воздушные потоки, образуемые в процессе развития и распада облака, а также через осадки. На рис. 2 изображена схема связей между Солнцем, космическими лучами, грозовыми облаками и атмосферно-земными процессами. Ниже приведено описание связей, изображенных на схеме.

Солнце принимает непосредственное участие в образовании как негрозовых, так и грозовых облаков. Под действием его лучистой энергии происходит испарение влаги с

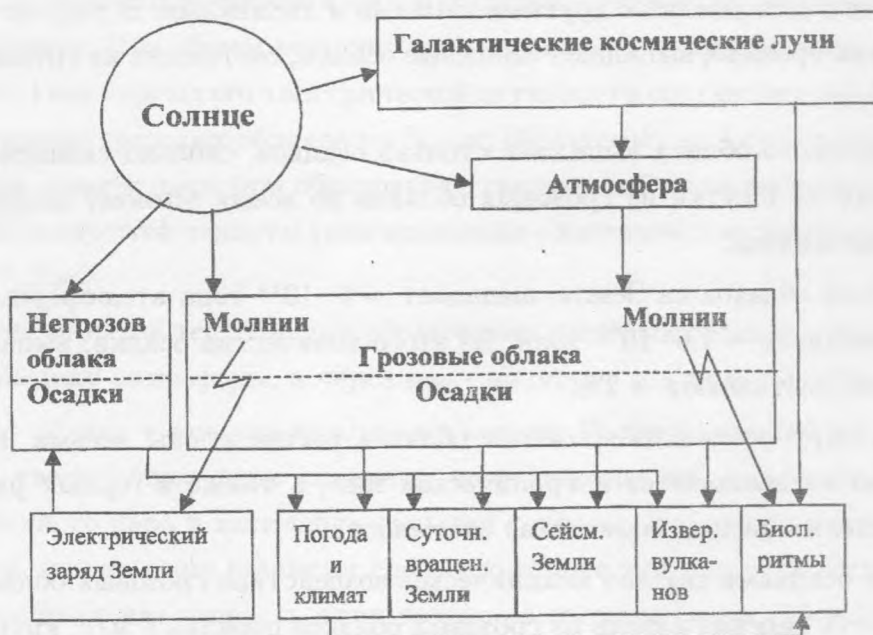


Рис. 2. Схема влияния Солнца и космических лучей на атмосферно-земные процессы.

поверхности Земли, которая затем конденсируется в облаках. Солнце также управляет интенсивностью галактических КЛ, которые, в свою очередь, управляют электрической (молниевой) активностью и водосодержанием грозовых облаков. На грозовую активность влияют и ультрафиолетовое и рентгеновское излучения Солнца, а также высокоскоростной солнечный ветер [5].

Одним из главных связующих звеньев в схеме на рис. 2 являются грозовые облака. Именно через них космические лучи и Солнце оказывают свое влияние на ход всех показанных на схеме процессов.

Грозовые облака влияют на осадки, выпадающие из негрозовых облаков. Это влияние осуществляется следующим образом. При усилении грозовой активности увеличиваются электрические заряды Земли и ее атмосферы, а вместе с ними увеличивается ток, текущий через негрозовые облака. В результате внутри негрозовых облаков ускоряется образование заряженных аэрозолей, которые являются эффективными ядрами конденсации водяного пара, усиливается рост капель, усиливается выделение скрытой теплоты, рост капель и выпадение осадков.

На погоду и климат как грозовые, так и негрозовые облака влияют через теплоту, выделяемую при конденсации в них пара, через восходящие и нисходящие воздушные потоки, возникающие при развитии и распаде облаков и через выпадающие из облаков

охлажденные осадки.

На выпадающие из облаков осадки действует сила Кориолиса, которая передается атмосфере и через нее твердой Земле. Это приводит к ускорению суточного вращения Земли. При увеличении осадков уменьшается масса атмосферы, что также приводит к ускорению суточного вращения Земли. Здесь, конечно, речь идет не о глобальном ускорении вращения Земли, а о кратковременных флуктуациях [11].

Механические импульсы, передаваемые осадками земной коре, способствуют усилению сейсмичности, а в некоторых случаях могут инициировать преждевременное начало извержения того или иного вулкана.

5. *Влияние космических лучей и молний на биологические ритмы.* Человеческий или любой другой живой организм состоит из клеток. Поперечные размеры клеток порядка нескольких мкм. Каждая клетка представляет собой самостоятельную структуру практически со всеми функциями живого организма и является началом начал. При определенных условиях из одной клетки путем деления может развиваться новый организм, обладающий теми же свойствами, что были заложены в исходной клетке.

Структура клетки очень сложная. Снаружи клетка окружена мембраной, а внутри клетки кроме всего прочего находится ядро, где размещен весь ее "управленческий аппарат". Это, прежде всего ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота), которая предназначена для хранения и передачи информации при делении клетки.

Живые клетки работают, строят, размножаются, а для этого требуется энергия. Главным поставщиком энергии в клетке является глюкоза. Процесс превращения глюкозы в углекислоту, при котором выделяется энергия, идет с участием электрически заряженных частиц – ионов. Поэтому можно сказать, что энергия в клетке производится по электрохимической технологии.

Космический луч (быстродвижущаяся заряженная частица) – самый длинный и самый тонкий медицинский скальпель. Он проходит через тело человека, животного или любого другого организма. Диаметр этого скальпеля порядка поперечного размера атома и не превышает нескольких Ангстрем ($1\text{А} = 10^{-8}\text{ см}$). С помощью таких скальпелей Природа производит медицинские операции внутри живых организмов. Чем выше интенсивность космических лучей, тем больше этих скальпелей и тем больше прооперированных ими клеток.

На вещество клетки космический луч действует своей массой и электрическим зарядом. Проходя через клетки, он ионизует их вещество и может разрушить существующие в них связи или наоборот образовать новые, изменить проницаемость их биологических

мембран, что может сбить ход клеточных биохимических часов, которые регулируют деление клеток. В результате могут появляться прооперированные клетки, отличающиеся от исходных и обладающие отличными от них наследственными свойствами. По-видимому, этим можно объяснить тот факт, что часто дети не похожи на родителей. Кроме того, могут появляться быстро размножающиеся злокачественные клетки.

На человеческий организм влияют не только космические лучи, но и молнии, частотой следования которых управляют космические лучи. Молниевый разряд, длина которого достигает 5 км и более, возбуждает сферический резонатор "ионосфера – проводящая поверхность Земли". В результате возбуждения в резонаторе возникают электромагнитные волны, которые распространяются от места разряда по разным направлениям и огибают всю поверхность Земли по несколько раз. В результате интерференции прямых и обратных волн образуются так называемые шумановские резонансы на частотах около 8, 14, 20, 26, 32 Гц, которые представляют собой низкочастотные импульсы колоколообразной формы [6].

Как отдельные клетки, так и вся нервная система человека управляется с помощью электрических процессов. В них имеются разности электрических потенциалов, заряженные частицы и текут электрические токи. Главным управляющим звеном всей нервной системы и клеток является человеческий мозг.

Мозг человека вырабатывает электрические импульсы в диапазоне частот от долей Гц до нескольких десятков Гц. В этом диапазоне различают следующие биоритмы мозга (в Герцах): дельта-ритм (0.5 – 3); тета-ритм (4 – 7); альфа-ритм (8 – 13); бета-ритм (14 – 35) и гамма-ритм (36 – 55). Амплитуды электрических импульсов мозга человека могут достигать значений до 500 мкВ и сравнимы с амплитудами шумановских резонансов. Электрические импульсы мозга по нервным волокнам передаются к клеткам, из которых состоит организм. Они изменяют электропроводность мембран и тем самым влияют на работу клеток [7].

Человеческий организм – система электромагнитная, а на такую систему влияют внешние электромагнитные колебания. Наибольшее влияние на него оказывают электромагнитные колебания, частоты которых совпадают с биоритмами мозга. К таким колебаниям относятся вышеуказанные шумановские резонансы, которые всегда наблюдаются в атмосфере. Частота появления этих резонансов прямо связана с глобальной грозовой активностью или с частотой появления молний. Как известно, глобальная грозовая активность усиливается во время магнитных бурь. Именно в это время люди чувствуют недомогания, у них обостряются хронические заболевания.

КЛ оказывают прямое влияние на живые клетки и опосредованное влияние (через молнии) на людей. Поэтому от интенсивности КЛ зависит психическое состояние и одного человека, и группы людей, и даже человеческого общества. В конечном итоге КЛ могут влиять на социальные процессы, происходящие в обществе.

6. Наблюдения, подтверждающие влияние космических лучей на ход атмосферно-земных процессов. Выше были изложены физические механизмы прямого и опосредованного влияния КЛ лучей на ход ряда атмосферно-земных процессов. Можно не сомневаться в том, что такое влияние существует. Однако весьма важным является вопрос о том, насколько заметным оно является. Обычно в объяснении большинства перечисленных выше процессов КЛ не принимаются во внимание. На многие из этих процессов сильно влияют другие факторы. Нами была сделана оценка влияния КЛ на ход перечисленных выше атмосферно-земных процессов, которая состояла в следующем.

В начале нами был проведен спектральный анализ данных многолетних наблюдений за изменениями всех электромагнитных и корпускулярных излучений, падающих из космоса на верхнюю границу атмосферы. Анализу были подвергнуты вариации рентгеновского, ультрафиолетового и радиоизлучения Солнца, солнечной постоянной, скорости и направления солнечного ветра, межпланетного магнитного поля и галактических КЛ [8]. В результате было обнаружено, что в вариациях КЛ присутствует 22-х летний цикл. Ни в одном другом из рассмотренных видов излучений, а также в числах Вольфа, этот цикл не проявляется.

На рис. 3 приведены среднемесячные данные потоков КЛ в максимуме кривой поглощения в стратосфере Земли, полученные в Физическом институте им. П. Н. Лебедева РАН в многолетних баллонных наблюдениях.

Из рис. 3 видно, что соседние 11-летние циклы КЛ отличаются друг от друга по форме. Одни из них имеют треугольную форму, а другие – трапецидальную. Циклы с треугольной или трапецидальной формой, а также соседние (треугольный + трапецидальный) циклы повторяются с периодом ~ 22 года. В то же время в вариациях чисел Вольфа 22-летний цикл не обнаружен.

Были собраны также данные об амплитудно-частотных спектрах тех атмосферно-земных процессов, которые могут быть прямо или косвенно связаны с вариациями космических лучей. Сбор данных проводился с целью отыскания в их спектрах 22-летнего цикла.

Анализ собранных данных показал, что 22-летний цикл присутствует в вариациях глобальной температуры приземного слоя атмосферы [9], в повторяемости сильных

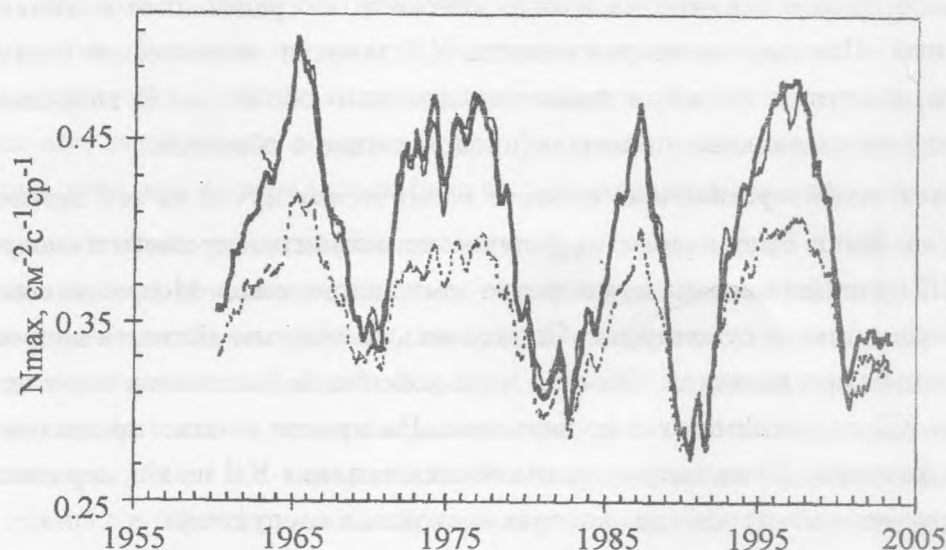


Рис. 3. Временные изменения потоков космических лучей в атмосфере Земли, измеренные в Арктике (верхняя жирная кривая, геомагнитная жесткость обрезания $R_c = 0.5$ ГВ), в Антарктиде (верхняя тонкая кривая, $R_c = 0.04$ ГВ) и на средних широтах (нижняя пунктирная кривая, $R_c = 2.4$ ГВ).

засух и осадков на территориях разных географических районов [10], в изменчивости уровня озер, в вариациях угловой скорости суточного вращения Земли [11], в частоте извержения вулканов [12], в уловах лососевых рыб [13] и др.

Полученные результаты можно объяснить тем, что на ход перечисленных выше атмосферно-земных процессов оказывают влияние КЛ. Это влияние является не прямым, а опосредованным. Оно осуществляется через грозовые облака. Других агентов (кроме КЛ), которые могли бы одновременно влиять на ход указанных процессов на Земле, в космосе не найдено. Окончательный вывод о влиянии КЛ на ход обсуждаемых атмосферно-земных процессов можно будет сделать лишь после детального изучения связей между вариациями КЛ и ходом указанных процессов.

Заключение. В работе рассмотрено прямое и опосредованное влияние галактических КЛ на ход ряда атмосферно-земных процессов. Прямое влияние КЛ лучей на атмосферу Земли заключается в возбуждении, диссоциации и ионизации молекул (атомов) воздуха, в образовании продуктов ядерных реакций.

КЛ являются основным ионизатором атмосферы в диапазоне высот от поверхности Земли до 50 – 60 км, где происходит зарождение и развитие грозовых облаков.

Активность грозовых облаков прямо связана со степенью ионизации воздуха на этих высотах.

Опосредованное влияние КЛ на ход таких атмосферно-земных процессов как образование электрического заряда Земли и электрического заряда ее атмосферы, на погоду и климат, на угловую скорость вращения Земли, на сейсмичность и частоту извержения вулканов осуществляется через глобальную грозовую облачность (точнее через молнии и осадки), которой космические лучи управляют. КЛ прямо и опосредованно через молнии могут влиять на биологические ритмы, а через них и на ход социальных процессов.

Многолетние наблюдения за изменениями вышеперечисленных атмосферно-земных параметров указывают на то, что влияние КЛ на ход этих процессов является заметным. Наиболее явно это влияние проявляется в наличии 22-х летних циклов в вариациях КЛ и вышеперечисленных атмосферно-земных процессов.

Авторы благодарят сотрудников Долгопрудненской научной станции им. академика С.Н. Вернова за данные по космическим лучам, полученные в многолетних баллонных наблюдениях.

Работа была выполнена при финансовой поддержке Министерства промышленности, науки и технологий РФ (тема N 14 "Влияние гелиокосмических излучений на процессы в атмосфере"), Российской академии наук и Российского фонда фундаментальных исследований (гранты N 02-02-16262, N 04-02-17380 и N 04-02-31007).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ермаков V. I., Basilevskaya G. A., Pokrevski P. E., Stozhkov Y. I. J. Geophys. Research, **102**, N D19, 23413 (1997).
- [2] Ермаков В. И., Стожков Ю. И. Препринт ФИАН N 2, М., 2004.
- [3] Ермаков В. И., Стожков Ю. И. Краткие сообщения по физике ФИАН, N 1, 23 (2003).
- [4] Ермаков В. И., Стожков Ю. И. Краткие сообщения по физике ФИАН, N 9, 43 (2003).
- [5] Ермаков В. И., Стожков Ю. И. Краткие сообщения по физике ФИАН, N 3, 9 (2003).
- [6] Блюх П. В. Шумановские резонансы. В кн: Физическая энциклопедия, М., Изд-во "Большая Российская энциклопедия", 1998, т. 5, с. 480.

- [7] Мизун Ю. В., Мизун Ю. Г. Тайны будущего. М., "Вега", 2001.
- [8] Ермаков В. И., Охлопков В. П., Стожков Ю. И. Краткие сообщения по физике ФИАН, N 10, 18 (2002).
- [9] Башкирцев В. С., Машнич Г. П. Геомагнетизм и аэрономия, **43**, N 1, 132 (2003).
- [10] Солнечно-земные связи, погода и климат. Пер с англ. М., Мир, 1982, 382 с. (Solar – Terrestrial Influences on Weather and Climate. Dordrecht: Holland/Boston 1978).
- [11] Сидоренков Н. С. Физика нестабильностей вращения Земли. М., Физматгиз, 2002.
- [12] Гамбургцев А. Г., Гамбургцева Н. Г. Извержения вулканов. В кн: Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 2, М., Научный мир, 1998, с. 140.
- [13] Собко В. Г. Динамика численности популяции тихоокеанских лососевых. В кн: Атлас временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов. Т. 3, М., Янус-К, 2002, с. 432.

Поступила в редакцию 20 апреля 2004 г.