

Влияние космической пыли на климат Земли

В. И. Ермаков¹, В. П. Охлопков^{2а}, Ю. И. Стожков³

¹Центральная аэрологическая обсерватория Росгидромета, г. Долгопрудный Московской обл.

²Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В. Скобелцына (НИИЯФ МГУ).

Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2. E-mail: ^аokhlopkov@taspd.sinp.msu.ru.

³Долгопрудненская научная станция Физического института имени П. Н. Лебедева РАН.

Россия, 141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Научный пер., д. 1

Из космоса в атмосферу Земли непрерывно поступают потоки материальных частиц, которыми являются космические лучи и космическая пыль (частицы с размерами от 0.001 мкм до десятков–сотен мкм). В работе показано, что с космическими лучами связаны основные параметры атмосферного электричества, а с космической пылью связаны глобальная облачность, альbedo и климат Земли..

PACS: 96.50.Dj, 96.50.Sf.

Ключевые слова: космическая пыль, космические лучи, глобальный климат Земли, сферическое альbedo Земли. Статья поступила 04.09.2008, подписана в печать 18.12.2008.

Введение

Космические лучи (КЛ) были открыты почти 100 лет тому назад, а космическую пыль люди наблюдают с древнейших времен. Светящиеся следы метеоров, наблюдаемые в атмосфере Земли, образуются наиболее крупными частицами космической пыли. Хотя КЛ и космическая пыль известны давно, изучение их влияния на земную атмосферу стало проводиться в последние десятилетия.

В работе кратко изложены результаты изучения КЛ в атмосфере и их влияние на атмосферное электричество, а также результаты изучения влияния пыли, поступающей в атмосферу из космоса, на климат Земли.

Космические лучи и их влияние на атмосферу

Космические лучи — поток заряженных частиц высоких энергий (приблизительно от $\sim 10^5$ до 10^{20} эВ), в основном изотропно падающий из космического пространства на верхнюю границу атмосферы Земли (первичное излучение). Поток этого излучения составляет приблизительно 1 част./см².с). Проходя через атмосферу, эти частицы сталкиваются с атомами воздуха и порождают вторичное излучение. Обычно под КЛ понимают и первичное и вторичное излучение.

В атмосфере Земли КЛ образуют ядерную и электронно-фотонную компоненты. Наиболее важную роль в атмосферных процессах играет электронно-фотонная компонента, которая является наиболее интенсивной. Она производит ионизацию, диссоциацию и возбуждение молекул (атомов) воздуха. Наибольшее влияние на атмосферу КЛ оказывают благодаря ионизации воздуха.

КЛ являются главным ионизатором атмосферы в диапазоне высот от 0 до 60 км. При этом они производят так называемую колонную ионизацию, при которой ионы и электроны распределены вдоль следа, оставленного ионизирующей частицей. Толщина следа в течение первых 100 мкс не превышает 0.1 мм. С течением времени ионизованные колонны разрастаются в ширину и тем самым обеспечивают общую ионизацию воздуха.

Благодаря ионизации воздуха КЛ играют одну из главных ролей в атмосферном электричестве. Они обеспечивают электропроводность атмосферы в диапазоне высот от 0 до 60 км. Без них невозможна работа так называемой глобальной электрической токовой цепи и образование отрицательного электрического заряда на поверхности Земли величиной порядка 600000 Кл.

Ионизируя атмосферу, КЛ играют одну из основных ролей в образовании грозовых облаков, а производя колонную ионизацию, они участвуют в образовании ступенчатых и стреловидных лидеров молний. Линейные молниевые разряды проходят преимущественно по ионизованным следам КЛ.

Некоторые результаты изучения КЛ в атмосфере Земли изложены в работах [1, 2]. В свою очередь результаты изучения роли КЛ в атмосферном электричестве и физике грозовых облаков изложены в [3–5].

Грозовые облака являются электрическим генератором глобальной токовой цепи. На земном шаре одновременно гремит около 2000 гроз. Они питают глобальную электрическую цепь током около 2000 А. Во время работы глобальной токовой цепи накапливаемый молниями на поверхности Земли отрицательный заряд частично нейтрализуется глобальным положительным током, текущим из атмосферы на поверхность Земли.

В работе [5] изложен физический механизм образования грозовых облаков, в котором одну из ключевых ролей играют КЛ. Обычно развитие грозового облака делят на три стадии: зарождение, развитие (зрелость) и распад

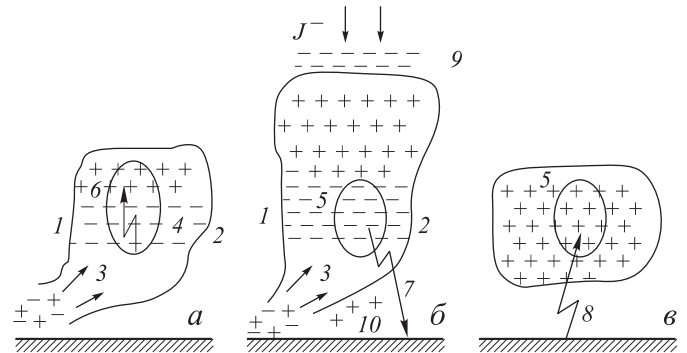


Рис. 1. Схема зарождения, развития и распада грозового облака: а — фаза зарождения облака; б — фаза зрелости облака; в — распад облака; J^- — ток отрицательных ионов из ионосферы к вершине облака; 1 — теплый фронт; 2 — холодный фронт; 3 — восходящие потоки влажного воздуха; 4, 5 — широкие атмосферные ливни, образуемые частицами с $E > 10^{13}$ эВ; 6 — разряды внутри облака; 7 — нисходящие молниевые разряды; 8 — восходящие молниевые разряды; 9 — отрицательный заряд у вершины облака; 10 — положительный заряд на нижней границе облака

(рис. 1). Стадия зарождения характеризуется наличием достаточно мощных восходящих потоков ионизованного теплого влажного воздуха и появлением первых молний. Молнии проходят преимущественно по ионизованным следам КЛ. Начала молниевых разрядов инициируют широкие атмосферные ливни (ШАЛ). ШАЛ представляют собой мощный поток вторичных заряженных частиц в земной атмосфере, образуемый одной частицей КЛ сверхвысокой энергии ($E > 10^{15}$ эВ). В стадии развития грозового облака усиливаются электрическая активность, восходящие потоки в нем и его влагосодержание, а в стадии распада наблюдаются затухание восходящих движений воздуха, уменьшение электрической активности и выпадение осадков.

Космическая пыль в атмосфере Земли

При годовом обращении вокруг Солнца Земля движется внутри зодиакального пылевого облака. Это облако расположено между Солнцем и орбитой Марса и сконцентрировано в плоскости эклиптики. Главным поставщиком пыли в это облако являются кометы. При приближении к Солнцу на расстояние менее 3–4 астрономических единиц (а.е.) образуются хвосты комет, поскольку последние сбрасывают с себя намерзшие на них «шубы» из пыли и газа. Рассеянный на пылинках солнечный свет носит название зодиакального света.

При орбитальном движении Земли в зодиакальном облаке, а также под действием силы тяготения в ее атмосферу поступает космическая пыль. Наиболее крупные пылинки при столкновении с атмосферой разрушаются, образуя метеорные следы.

Поступающая в атмосферу космическая пыль с течением времени выпадает на поверхность Земли. По разным наблюдениям, количество выпадающей пыли лежит в пределах от 10^2 т/сут (спутниковые наблюдения, в которых не регистрируются наиболее мелкие пылинки) до 10^4 т/сут (по наблюдениям на баллонах, в морских и ледовых отложениях, которые характеризуют общее количество пыли) [6, 7].

В космических пылинках присутствуют в больших количествах такие элементы, как железо, магний, сера, алюминий, кальций и натрий. Пылинки, содержащие атомы магния, серы и натрия, являются эффективными ядрами конденсации находящегося в атмосфере водяного пара. На них образуются облачные капельки.

Чем больше космической пыли поступает в атмосферу, тем больше образуется капелек и тем мощнее облачный покров Земли. Облака рассеивают обратно в космос

идущую от Солнца радиацию. Поэтому с увеличением количества поступающей в атмосферу космической пыли доходящий до поверхности Земли поток солнечной радиации уменьшается. Это приводит к похолоданию климата.

Влияние космической пыли на климат Земли

Количество поступающей в атмосферу космической пыли зависит от взаимного расположения планет, которые своим гравитационным полем оказывают управляющее действие на движение комет. В зависимости от их расположения число комет, попадающих в ту часть зодиакального облака, через которую проходит орбита Земли, с течением времени изменяется. Поэтому в вариациях космической пыли и климата Земли должны наблюдаться периодичности, которые имеют место во взаимном расположении планет. Периодичности в расположениях различных пар планет точно рассчитываются, так как орбиты движения планет точно определены.

Для определения временных периодичностей, присутствующих в изменениях глобального климата Земли, нами были использованы температурные данные глобальной сети метеорологических станций за 1880–2007 гг. Спектральный анализ этих данных показал, что их спектр линейчатый, а главными в нем являются периоды 195.9, 64.5, 33.1 и 21.0 года. Им соответствуют периоды в расположениях следующих пар планет: 197.9 (Нептун–Плутон), 62.7 (Уран–Плутон), 33.4 (Сатурн–Плутон) и 20.7 года (Юпитер–Уран). Расхождения между этими двумя рядами периодов лежат в пределах 1–3 %.

Найденные в температурных данных периодичности были использованы нами для прогноза изменения глобального климата Земли на ближайшие полвека. Этот прогноз представлен на рис. 2. На нем изображены среднемесячные температурные данные глобальной сети метеорологических данных за 1880–2007 гг. и плавная кривая, построенная по сумме вышеназванных четырех спектральных линий, найденных в этих данных. Суммирование этих линий проводилось с учетом найденных значений их амплитуд, периодов и фаз. Суммарная кривая продлена на время ~50 лет. Из рисунка видно, что в ближайшие полвека должно произойти похолодание глобального климата. Этот вывод противоречит прогнозам об антропогенном потеплении климата в будущем [8].

Наблюдения показывают, что с 1998 г. потепление прекратилось, рост температуры остановился и идет пока что незначительное похолодание. Работы о влиянии космической пыли на климат Земли опубликованы в [9, 10].

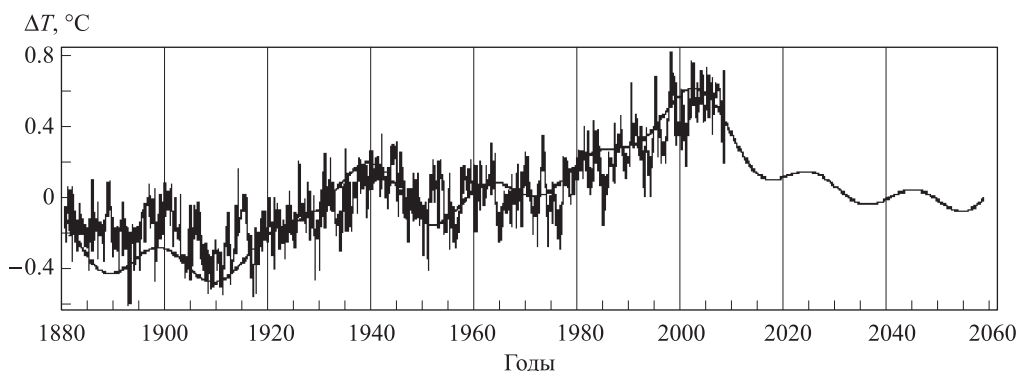


Рис. 2. Прогноз изменения климата Земли на 50 лет. Среднемесячные значения изменений глобальной приземной температуры и сумма (плавная кривая) основных (четырёх) гармоник, рассчитанная до 2050 г.

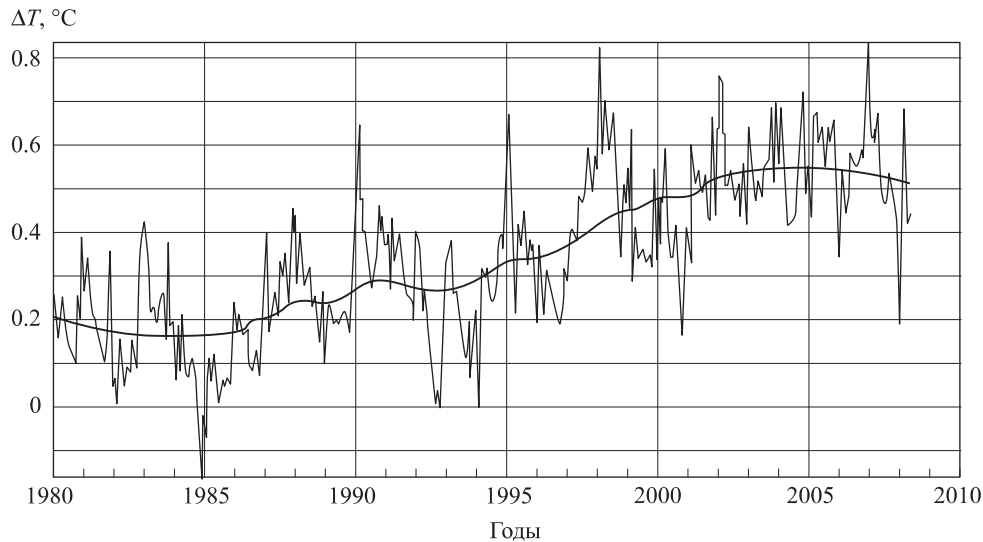


Рис. 3. Вариации глобальной приземной температуры в последние годы. Плавная кривая — сглаженные данные скользящим полиномом 2-й степени по 150 точкам

На рис. 3 показаны изменения климата, происшедшие в последние годы. Для лучшего представления динамики процесса на рисунке дана сглаженная кривая скользящим полиномом второй степени по 150 среднемесячным значениям. Из этих данных видно, что происшедшее в XX в. потепление климата прекратилось.

Заключение

Поступающие в атмосферу Земли из космоса материальные частицы — космические лучи и космическая пыль — влияют не только на атмосферные процессы, но и на всю жизнь на Земле. С ними связаны как медленные изменения глобального климата Земли, так и кратковременные аномальные явления, в первую очередь грозы, которые всегда сопровождают ураганы, штормы, тайфуны.

Нами показано, что в ближайшие полвека должно происходить похолодание глобального климата, а не потепление, как это следует из гипотезы об антропогенном влиянии на климат Земли.

Для прогнозирования изменений климата необходимо проводить мониторинг метеорных потоков и зодиакального света.

Список литературы

1. Чарахчьян А.Н., Базилевская Г.А., Стожков Ю.И., Чарахчьян Т.Н. // Тр. ФИАН. 1976. **88**. С. 3.
2. Стожков Ю.И., Свиржевский Н.С., Базилевская Г.А. и др. // Сб. Арктика и Антарктика. 2004. № 3 (37). С. 114.
3. Ermakov V.I. // Proc. 9-th Intern. Conf. on Atmospheric Electricity. St. Petersburg, 1992. P. 485.
4. Ермаков В.И. // Наука и жизнь. 1993. № 7. С. 92.
5. Ермаков В.И., Стожков Ю.И. Физика грозových облаков. Препринт ФИАН. № 2. С. 38. М., 2004 (<http://ellphi.lebedev.ru/6/index.htm>).
6. Parkin D.W., Tilles D. // Science. 1968. **159**. P. 936.
7. Wincler G., Anderson R.F., Fleisher M.Q. et al. // Science. 2008. **320**. P. 93.
8. Lambert F., Delmonte B., Petit J.R. et al. // Nature. 2008. **452**. P. 616.
9. Ермаков В.И., Охлопков В.П., Стожков Ю.И. // Краткие сообщения по физике. ФИАН. 2006. № 3. С. 41.
10. Ермаков В.И., Охлопков В.П., Стожков Ю.И. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 2007. № 5. С. 41. (<http://www.phys.msu.ru/rus/research/vmuphys/archive/>)

Action of cosmic dust on the Earth climate

V. I. Ermakov, V. P. Okhlopov, Yu. I. Stozhkov

¹Central Aerological Observatory of Roshydromet, Dolgoprudnyi City, Moscow Region, Russia. ²Skobel'tsyn State Institute of Nuclear Physics, M. V. Lomonosov Moscow State University, Moscow 119991, Russia. ³Lebedev Institute of Physics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

E-mail: ^aokhlopov@tasped.sinp.msu.ru.

From space the fluxes of cosmic rays and cosmic dust (particles with sizes from 0.001 to tens-hundreds microns) come permanently to the Earth's atmosphere. In the paper it is shown that cosmic rays define the main characteristics of the atmospheric electricity and cosmic dust defines global cloudiness, albedo, and climate of the Earth.

PACS: 96.50.Dj, 96.50.Sf.

Keywords: cosmic dust, cosmic rays, global climate of the Earth, spherical albedo of the Earth.

Received 4 September 2008.

English version: *Moscow University Physics Bulletin* 2(2009).

Сведения об авторах

1. Ермаков Виктор Иванович — к. ф.-м. н., вед. научн. сотр.; тел.: 408-61-16.

2. Охлопков Виктор Петрович — к. ф.-м. н., ст. научн. сотр.; тел.: 939-50-97, e-mail: okhlopov@tasped.sinp.msu.ru.

3. Стожков Юрий Иванович — д. ф.-м. н., профессор, зав. научной станцией ФИАН; тел.: 485-42-63, e-mail: stozhkov@fian.fian.dns.mipt.ru.