

АТМОСФЕРНО-ИОНОСФЕРНЫЕ СВЯЗИ И КЛИМАТ

Е.А. Мареев

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
mareev@ipfran.ru

ATMOSPHERE—IONOSPHERE COUPLING AND CLIMATE

E.A. Mareev

Crimean Astrophysical Observatory of RAS, Nauchnyi, Russia
mareev@ipfran.ru

Аннотация. Представлен краткий обзор проблем, связанных с изучением атмосферно-ионосферных связей в условиях изменяющегося климата (земного и космического). Последние экспериментальные и теоретические работы привели к более глубокому пониманию физических процессов, определяющих взаимодействие геосферных оболочек, и возможной роли космических факторов (в первую очередь, солнечной активности) в формировании погоды и климата Земли. В настоящей лекции дан обзор последних экспериментальных и теоретических достижений в данной области.

Основное внимание уделено следующим вопросам:

1. Современное описание глобальной электрической цепи (ГЭЦ), связывающей воедино области грозы и хорошей погоды и непосредственно отражающей как состояние климатической системы Земли, так и влияние факторов космического окружения.

1а. ГЭЦ постоянного тока (DC-circuit). Энергетика глобальной электрической цепи.

1б. Глобальные электромагнитные резонансы Земля—ионосфера. ГЭЦ переменного тока (AC-circuit).

2. Модели земной системы и глобальной электрической цепи. Учет обратных связей между электрическими явлениями, изменениями состава и радиационным балансом.

2а. Параметризация грозовой активности и ионосферного потенциала в моделях прогноза погоды и климата.

2б. Роль глобальных климатических мод, включая ЭНЮК и осцилляцию Маддена—Джулиана.

3. Высокоэнергичные события в атмосфере и ближнем космосе, связанные с грозовой активностью, включая транзиентные светящиеся явления (TLE) — спрайты, джеты и др., а также потоки энергичных частиц (Terrestrial Gamma Flashes, TGF; Thunderstorm Ground Enhancements, TGE).

4. Глобальные биогеохимические циклы. Эволюция газового и аэрозольного состава атмосферы.

Кратко обсуждаются также внутренние гравитационные волны в атмосфере и их источники как важный фактор атмосферно-ионосферных связей.

Следует отметить, что результаты, достигнутые за последние годы, позволяют поставить новую задачу по разработке такой модели ГЭЦ, которая будет сочетать интерактивные электрический, биогеохимический и аэрозольный блоки. В электрическом блоке должны быть параметризованы молниевые вспышки, сторонние токи глобальной цепи, глобальные электромагнитные резонансы. В биогеохимическом блоке должны быть учтены источники и стоки парниковых газов для экосистем суши и океана. Аэрозольный блок должен учитывать антропогенные и естественные источники аэрозольных частиц и их роль как ядер конденсации и ядер льдообразования в облаках. Такая модель даст возможность единым образом учитывать эффекты земной и космической погоды, а также давать прогноз различных сценариев динамики системы биосфера — глобальная электрическая цепь с учетом обратных связей в этой системе.

Ключевые слова: атмосфера, ионосфера, климат, глобальная электрическая цепь, высокоэнергичные события, космическая погода.

Abstract. The lecture presents a brief overview of the problems associated with the study of atmosphere-ionosphere relations in a changing (terrestrial and space) climate. Recent experimental and theoretical work has led to a deeper understanding of the physical processes that determine the interaction of geospheric shells and the possible role of cosmic factors (particularly solar activity) in the formation of the Earth's weather and climate. This lecture provides an overview of the latest experimental and theoretical advances in this field. The main attention is paid to the following issues:

1. A modern description of the global electric circuit (GEC), linking together the areas of thunderstorms and fair weather and directly reflecting both the state of the Earth's climate system and the influence of space environment factors.

1a. Direct current GEC (DC-circuit). Energetics of the global electrical circuit.

1b. Global electromagnetic resonances Earth-ionosphere. Alternating current GEC (AC-circuit).

2. Models of the Earth system and the global electrical circuit. Accounting for feedbacks between electrical phenomena, changes in composition and radiation balance.

2a. Parameterization of thunderstorm activity and ionospheric potential in weather and climate forecast models.

2b. Role of global climate modes, including the ENSO and the Madden-Julian oscillation.

3. High-energy events in the atmosphere and near space associated with thunderstorm activity, including transient luminous phenomena (TLE) — sprites, jets, etc., as well as energetic particle fluxes (Terrestrial Gamma Flashes, TGF and Thunderstorm Ground Enhancements, TGE).

4. Global biogeochemical cycles. Evolution of the gaseous and aerosol composition of the atmosphere.

Internal gravity waves in the atmosphere and their sources are also briefly discussed as an important factor in atmosphere-ionosphere relations.

It should be concluded in particular that the results achieved in recent years make it possible to set a new task of developing such a GEC model that will combine interactive electrical, biogeochemical, and aerosol units. Lightning flashes, charging currents of the global circuit, global electromagnetic resonances must be parameterized in the electrical unit. The biogeochemical unit should take into account sources and sinks of greenhouse gases for land and ocean ecosystems. The aerosol unit should take into account anthropogenic and natural sources of aerosol particles and their role as condensation nuclei and ice formation nuclei in clouds. Such a model will make it possible to take into account the effects of terrestrial and space weather in a unified way, as well as to predict various scenarios for the dynamics of the biosphere-global electrical circuit system, taking into account feedbacks in this system.

Keywords: atmosphere, ionosphere, climate, global electrical circuit, high-energy events, space weather.