

Аннотация
цикла работ, состоящего из 3-х статей, опубликованных в 2017 г.

1. *Авторы:* Лукьянова Рената Юрьевна (инженер отд. 54 ИКИ РАН, д.ф.-м.н.) в соавторстве с сотрудниками Геофизического Центра РАН, Санкт-Петербургского университета путей сообщения и Парижского института физики Земли.

2. *Название цикла:* Исследование F-области полярной ионосферы с помощью моделирования и спутниковых измерений

3. *Публикации:*

(1) Lukianova R.Yu., Uvarov V.M., and P. Coisson, High-latitude F region large-scale ionospheric irregularities under different solar wind and zenith angle conditions // *Advances in Space Research*, V. 59, pp. 557–570, 2017.

(2) Лукьянова Р.Ю., Богоутдинов Ш.Р., Крупномасштабные неоднородности зимней полярной верхней ионосферы по данным спутников *SWARM* // *Космические исследования*, Т. 55, № 6, 2017, (в печати).

(3) Лукьянова Р.Ю., Электрический потенциал в ионосфере Земли: численная модель // *Математическое моделирование*, Т. 29, № 5, сс. 122-132, 2017.

4. *Научная проблема и ее актуальность:*

Вследствие воздействия на высокоширотную ионосферу процессов, происходящих в магнитосфере и нейтральной атмосфере, в F-области ионосферы формируется ряд крупномасштабных неоднородностей электронной концентрации (N_e), которые оказывают значительное влияние на распространение радиоволн. В связи с ограниченным количеством пунктов наземных регулярных наблюдений в высоких широтах эмпирические модели (например, IRI) не обеспечивают адекватного описания трехмерной структуры полярной ионосферы. В этой связи актуальной задачей является разработка и использование физико-математических моделей, которые позволяют получить необходимую информацию о состоянии полярной ионосферы. Непосредственные измерения N_e в верхней ионосфере выше максимума F слоя осуществляются низколетящими спутниками с полярной орбитой. В настоящее время единственные действующие космические аппараты такого рода – это группировка спутников *Swarm* Европейского космического агентства. Проект *Swarm* предназначен в первую очередь для картографирования магнитного поля Земли, и анализ данных магнитных измерений проводился неоднократно. Кроме магнитометров на спутниках также установлена аппаратура для измерения параметров плазмы. Эти данные использовались для исследования структуры верхней ионосферы средних и низких широт. В то же время, работ, посвященных комплексному анализу измерений параметров плазмы в полярной ионосфере, пока практически нет.

5. *Конкретная решаемая задача и ее значение:*

В цикл входят три работы, объединенные темой исследования формирования F-области полярной ионосферы при различных гелио-геофизических условиях. В одной из работ решается задача численного моделирования глобального распределения ионосферных электрических полей магнитосферного происхождения, возбуждаемых продольными токами. В другой работе моделируется трехмерная структура крупномасштабных неоднородностей в F-области. В третьей работе по данным спутниковых измерений анализируется развитие языка ионизации в северной полярной шапке. Значение

решаемой задачи состоит в разработке моделей и программных средств для диагностики полярной ионосферы и получении количественных оценок эволюции N_e .

6. Подход, новизна, оригинальность:

Впервые проанализированы измерения вдоль траекторий трех спутников Swarm с целью получения двумерных распределений N_e в полярной шапке. Для интерпретации полученных результатов привлечены картины конвекции по данным радаров SuperDARN, измерения скорости дрейфа ионосферной плазмы по данным спутников DMSP и результаты моделирования. Подход к моделированию параметров полярной ионосферы является оригинальным. В блоке расчета электрических полей траектории конвекции моделируются в зависимости от входных параметров: межпланетного магнитного поля и солнечного зенитного угла. Модель позволяет получить глобальное распределение электрического потенциала в сопряженных ионосферах противоположных полушарий. В ионосферном блоке рассчитывается высотное распределение N_e в трубке, конвектирующей под действием электрических полей от начальной точки, которая определяется при расчете траектории конвекции по времени назад.

7. Полученные результаты и их значимость:

Анализ измерений N_e вдоль траекторий пролетов в высокоширотной области северного полушария в зимних условиях показывает, что основной структурой, наблюдаемой спутниками *Swarm*, является язык ионизации, который наиболее развит в вечерние часы UT. Наблюдения и численное моделирование распределения N_e подтверждают существенную роль электрического поля магнитосферной конвекции в формировании крупномасштабных неоднородностей полярной ионосферы. Модель адекватно воспроизводит основные крупномасштабные ионосферные неоднородности в F слое и позволяет проследить их эволюцию. Расчеты дают численные оценки проникновения электрического поля от высокоширотного источника в средние широты. Разработанные модели и результаты анализа измерений спутников *Swarm* могут быть использованы для оперативного расчета структуры высокоширотной ионосферы при различных гелио-геофизических условиях.