

## **1. Авторы**

Жукова Е. И., Малова Х. В., Попов В. Ю., Григоренко Е. Е., Петрукович А. А., Зеленый Л. М.

## **2. Название**

УСКОРЕНИЕ И ПЕРЕНОС ЧАСТИЦ В БЕССТОЛКНОВИТЕЛЬНОЙ ПЛАЗМЕ В ПРОЦЕССЕ ДИПОЛИЗАЦИИ И НЕСТАЦИОНАРНОЙ МАГНИТНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

## **3. Ссылка на публикацию**

Статья готовится к публикации в журнал КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, 2017, том 55, № 6, с. 1–9

## **4. Общая формулировка проблемы. Актуальность.**

В процессе спутниковых исследований в хвосте магнитосферы Земли обнаруживаются потоки частиц высоких энергий, происхождение которых не всегда ясно, а механизмы ускорения требуют детального исследования. Несмотря на длительную историю изучения процессов ускорения и переноса плазмы в общей энергетике магнитосферы, многие механизмы ускорения частиц до сих пор остаются не раскрытыми. Поскольку ускоряемые частицы обладают электрическим зарядом и распространяются от источников до места регистрации не по прямой линии, а меняя свое первоначальное направление, отклоняясь в магнитных полях Земли, часто оказывается трудным определить источники высокоэнергичных частиц. По этой причине исследование механизмов ускорения является очень актуальным.

## **5. Конкретная решаемая в работе задача и ее значение.**

Построение численной модели, описывающей формирование высокоэнергичной популяции частиц за счёт действия трех различных механизмов ускорения: (1) плазменной турбулентности; (2) магнитной диполизации; (3) их одновременного действия, а также определение особенностей процессов ускорения электронов  $e^-$  и ионов разных масс ( $H^+$ ,  $O^+$ ), которые позволят объяснить появление в хвосте магнитосферы Земли частиц с энергиями порядка сотен кэВ.

## **6. Используемый подход, его новизна и оригинальность.**

Задавшись общей целью исследования разных механизмов ускорения частиц в космической плазме, в настоящей работе исследовано ускорение магнитосферной плазмы в период магнитосферных суббурь, когда в хвосте магнитосферы Земли происходит магнитная диполизация, сопровождаемая магнитной турбулентностью. С помощью численной модели оценены относительные вклады каждого из возможных механизмов в формирование энергетических спектров частиц после начала диполизации в системе. До сих пор диполизация и турбулентность рассматривались как отдельные независимые механизмы. В предложенной модели рассмотрено их влияние на ускорение плазмы по отдельности и совместно.

## **7. Полученные результаты и их значимость.**

В рамках предложенной численной модели, удалось оценить вклад разных механизмов ускорения частиц многокомпонентной плазмы в хвосте магнитосферы Земли. Проведенное моделирование позволило также дать ответ на вопрос о том, какие компоненты плазмы при прохождении через тонкий токовый слой достигают наибольших энергий. Показано, что тяжелые ионы кислорода наиболее сильно реагируют на наличие в токовом слое турбулентности магнитного и электрического полей. В то же время электроны оказываются нечувствительны к данному механизму ускорения. Индуктивное электрическое поле диполизации ускоряет как электроны, так и более тяжелые частицы – протоны и ионы кислорода. Однако наиболее эффективным оказывается комбинированный механизм диполизации с турбулентностью, который нелинейным образом влияет на ускорение протонов и ионов кислорода. Таким образом, учет турбулентности, как правило сопровождающей магнитную диполизацию в токовом слое хвоста магнитосферы, может объяснить появление в хвосте магнитосферы ускоренных до сотен кэВ частиц плазмы, а построенная теоретическая модель способна адекватно описать формируемые спектры высокоэнергичных частиц в процессе геомагнитных возмущений.