

**НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ
И ОТДЕЛЕНИЯ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ АКАДЕМИИ НАУК СССР
(25-26 ноября 1987 г.)**

25 и 26 ноября 1987 г. в Институте физических проблем им. С. И. Вавилова АН СССР состоялась научная сессия Отделения общей физики и астрономии АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

25 ноября

1. А. А. Чернов. Поверхностное плавление и смачивание.
2. А. П. Леванюк. Несоразмерные фазы в реальном кристалле.

26 ноября

3. Р. А. Сюняев. Сверхновая в Большом Магеллановом Облаке и ее рентгеновское излучение (теория и первые результаты наблюдений).
4. Г. С. Иванов - Холодный. Проблемы солнечно-земной физики и исследования ионосферы.

Ниже приводится краткое содержание одного доклада.

523.9-7(048)

Г. С. Иванов-Холодный. Проблемы солнечно-земной физики и исследования ионосферы. Задача исследования и использования космоса активно решается с применением как автоматически работающих спутников, так и обитаемых космических станций (ОКС). Необходимость хорошего знания состояния ближнего космоса, в котором летают спутники и где осуществляется большинство космических экспериментов и проектов, очевидна. Памятно событие преждевременного схода

с орбиты ОКС «Скайлэб» в разгар спасательных работ по поднятию ОКС на более высокую орбиту и продлению ее жизни. Решение проблемы совершенствования методов прогноза состояния верхней атмосферы и ионосферы тесно связано с развитием основ солнечно-земной физики (СЗФ).

1. Одна из наиболее важных принципиальных проблем — найти физический механизм воздействия солнечных излучений на состояние плазмы ближнего космоса, которое при обычных условиях, как известно, определяется в основном фоновыми потоками солнечного ионизирующего и диссоциирующего излучения и солнечного ветра. При возмущениях, связанных с солнечными вспышками и другими взрывными процессами на Солнце, необходимо учитывать изменения этих потоков, появление в межпланетном пространстве ударных волн, солнечных космических лучей и т. п. Аналогичные задачи встали при исследовании атмосфер планет Марса и Венеры, а также кометы Галлея.

Другая важная проблема — определение тех физических процессов на Солнце, которые вызывают геоактивное излучение при обычных условиях и во время солнечных вспышек. Понятно, что без ее решения не может быть полного решения и первой проблемы. Однако здесь рассмотрим проблемы СЗФ лишь на примере ионосферы, одного из передовых разделов СЗФ, поскольку для нее наиболее ясен механизм образования.

2. Три десятилетия тому назад изучение влияния солнечной активности на ионосферу велось на морфологическом уровне¹ (поиск общих связей и корреляций). Скудные знания о константах процессов и физических параметрах ионосферы не позволяли построить полную непротиворечивую теорию ионосферы. Теперь положение изменилось в трех отношениях:

1) в ряде лабораторий проведены тщательные исследования коэффициентов рекомбинации (особенно диссоциативной рекомбинации, доминирующей в ионосфере) и констант физико-химических реакций с погрешностью менее 10—20 %; получена их зависимость от температуры;

2) после проведения Международного геофизического года (1958 г.) стали поступать материалы по торможению спутников, а также данные с сети ионосферных станций и станций некогерентного рассеяния, которые позволили построить планетарные полуэмпирические модели как нейтральной верхней атмосферы, так и ионосферы на разных высотах при различных гелиогеофизических условиях;

3) с учетом прямых данных измерений потока и спектра ионизирующего излучения Солнца (1—1000 Å) стало возможным точно рассчитать для ионосферы профили скорости ионообразования.

Все это позволило с учетом физико-химических реакций построить теорию образования ионосферы в области ионизационно-рекомбинационного равновесия на высотах 100—200 км, а с учетом процесса амбиполярной диффузии — разработать механизм образования области F2 ионосферы, описать все аномалии в поведении этой части ионосферы. Теория образования ионосферы построена для обычных условий, теперь стоит задача создать ее на период возмущенных условий.

3. Особый интерес представляет распределение ионов в ионосфере. Приведем примеры для различных высот h . На высотах более ~1000 км преобладают ионы H^+ . На рис. 1 представлено распределение концентрации одно- и двукратно ионизованных атомов на высотах 0,5—3 тыс. км (z — приведенная высота, отсчитанная от уровня 1250 км, где принято $[O^+] = [H^+]$). Каждый ион малой составляющей обладает своим максимумом, высота которого зависит от температуры ионосферы и определяется отношением массы иона к его заряду². Концентрация же ионов O^+ и N^+ максимальна на высотах, где максимальна концентрация электронов, т. е. в области F2, высота которой ~300 км меняется в пределах ± 100 км в зависимости от уровня солнечной активности, сезона, времени суток и других условий. Эти изменения описываются современной теорией, основанной на учете процессов амбипо-

лярной диффузии и дрейфов и данных об изменениях температуры и состава нейтральной атмосферы^{3,4}.

Ниже $h \approx 200$ км устанавливается ионизационно-рекомбинационное равновесие и преобладают молекулярные ионы NO^+ и O_2^+ , двойной максимум концентрации которых днем приходится на высоты ~ 170 км (область F1) и ~ 110 км (область E). Эти максимумы обусловлены максимумами скорости образования ионов под действием солнечного ионизирующего излучения³.

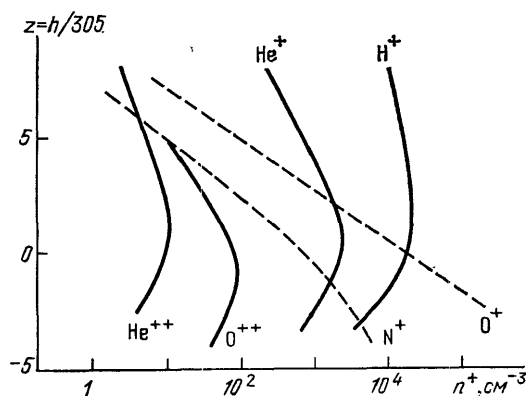


Рис. 1 Распределение по высоте концентрации ионов в области 0,5—3 тыс. км

В области F1 сравнительно высокий коэффициент рекомбинации и другие свойства плазмы определяются относительно высокой долей молекулярных ионов. В области высот ~ 110 км более низкое значение коэффициента рекомбинации и многие особенности слоя E обусловлены наличием максимума концентрации возбужденных ионов NO^{+5} . Таким образом, на каждой высоте в ионосфере протекают свои физико-химические процессы, определяющие ионный состав и другие физические свойства.

4. По данным спутника ИК-19, несущего на борту ионосферную станцию для зондирования ионосферы сверху, можно построить карту распределения критических частот $f_0 F$ 2-слоя по большей части земной поверхности для определенного момента местного времени (LT). На рис. 2 представлен пример такой карты для 22 мая 1980 г. в 16 ч LT. На ней штриховкой отмечены характерные зоны аномально пониженных f_0 (на геомагнитном экваторе) и повышенных f_0 (параллельно экватору при магнитном наклонении ± 15 — 25°). Подобные зоны ионосферы в экваториальном поясе обнаружены для

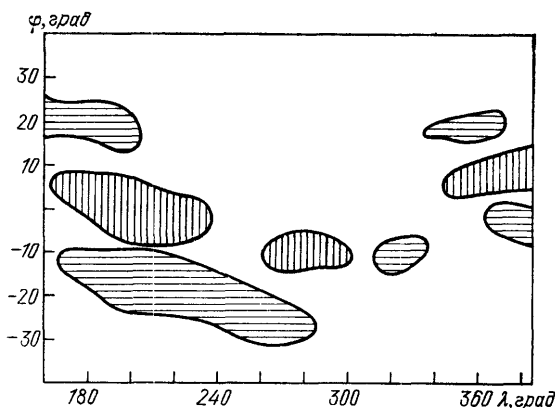


Рис. 2. Карта распределения с широтой φ и долготой λ зон пониженных (вертикальная штриховка) и повышенных (горизонтальная штриховка) значений критических частот по данным спутника ИК-19 за 22 мая 1980 г. в 16 ч LT

любого времени суток и сезонов, они, как правило, группируются вблизи определенных долгот⁶. Предполагается, что источником зон могут служить солитоны волн Россби в нейтральной атмосфере⁷.

В заключение подчеркнем, насколько важны эти исследования. Построение связной физической картины процессов в плазме ближнего космоса нацелено не только на удовлетворение естественно-научного интереса, но важно и в практическом отношении при освоении новой среды, в которой движутся спутники и обитаемые космические станции, особенно в эпоху, когда использование околоземного космического пространства становится жизненно необходимым для развития человечества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. М у с т е л ь Э. Р., Солнце и атмосфера Земли.— М.: Гостехиздат, 1957.
2. И в а н о в - Х о л о д н ы й Г. С., К а л и н и н Ю. К.//Геомagn. и аэроном. 1985. Т. 25. С. 400.
3. И в а н о в - Х о л о д н ы й Г. С., Н и к о л ь с к и й Г. М. Солнце и ионосфера.— М.: Наука, 1969.
4. И в а н о в - Х о л о д н ы й Г. С., М и х а й л о в А. В. Прогнозирование состояния ионосферы (детерминированный подход).— Л.: Гидрометеониздат, 1980.
5. А н т о н о в а Л. А., И в а н о в - Х о л о д н ы й Г. С.//Геомagn. и аэроном. 1985. Т. 25. С. 203, 900.
6. Г и в и ш в и л и Г. В., И в а н о в - Х о л о д н ы й Г. С., М и г у л и н В. В. и др.//ДАН СССР. 1987. Т. 295. С. 1330.
7. И в а н о в - Х о л о д н ы й Г. С., П е т в и а ш в и л и В. И., Ф е л ь д - ш т е й н А. Я., Ю д о в и ч Л. А.//Геомagn. и аэроном. 1987. Т. 27. С. 393.