

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ ЗЕМНОГО МАГНЕТИЗМА, ИОНОСФЕРЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
РАДИОВОЛН

На правах рукописи

БРЕУС Тамара Константиновна

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИОНОСФЕРНОЙ И СОЛНЕЧНОЙ  
ПЛАЗМЫ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ - ВЕНЕРЫ,  
ЗЕМЛИ И МАРСА

(Специальность 01.04.12 - ГЕОФИЗИКА)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Москва, 1974 г.

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ ЗЕМНОГО МАГНЕТИЗМА, ИОНОСФЕРЫ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
РАДИОВОЛН

На правах рукописи

БРЕУС Тамара Константиновна

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИОНОСФЕРНОЙ И СОЛНЕЧНОЙ  
ПЛАЗМЫ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ - ВЕНЕРЫ,  
ЗЕМЛИ И МАРСА

(Специальность 01.04.12 - ГЕОФИЗИКА)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Москва, 1974 г.

Работа выполнена в радиотехническом институте АН СССР и  
Институте Космических Исследований АН СССР.

Научный руководитель - профессор, доктор технических наук  
К.И.Грингауз.

Официальные оппоненты:

1. Доктор физико-математических наук

А.Д.Данилов.

2. Кандидат физико-математических наук

И.В.Ковалевский.

Ведущее учреждение: Государственный Астрономический Институт  
им. П.К.Штернберга при МГУ (г.Москва).

Автореферат разослан 22/III — 1974 г.

Защита диссертации состоится 23/IV 1974 г.

в 10 час.30 мин. на заседании Совета Института Земного Магнетизма,  
ионосферы и распространения радиоволн АН СССР в конференц-зале.

Академический городок Подольского района Московской области.

Проезд - метро станция "Калужская", автобус №531.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИЗМИРАН СССР.

Ученый секретарь Совета  
кандидат физико-математических наук

Б.М.Ляхов

С тех пор как выяснилось, что потоки солнечного ветра непрерывно обтекают планеты, вопрос о структуре околопланетных пространств, физических особенностях атмосфер и ионосфер оказался неразрывно связанным с вопросом взаимодействия планет с солнечным ветром.

В самом деле, известно, что у Земли, защищенной от непосредственного воздействия солнечного ветра сильным магнитным полем, тем не менее, основные особенности строения околоземного пространства определяются солнечным ветром, например, распределение магнитного поля, околоземной плазмы, электрических полей и токов в магнитосфере, формирование тепловой плазменной оболочки Земли (плазмосферы) с резкой верхней границей - "коленом". Изменение характеристик плазмосферы - перемещение ее границы, вариации концентрации и температуры - связаны с вариациями интенсивности солнечного ветра.

У планет, не имеющих сильного магнитного поля, солнечный ветер должен непосредственно взаимодействовать с атмосферами и ионосферами планет и оказывать, по-видимому, еще более значительное влияние на свойства их ионосфер.

До середины 60-х годов представления об ионосферах Марса и Венеры и солнечном ветре в их окрестностях основывались на данных наземных спектроскопических, радиоастрономических и радиолокационных наблюдений и теоретических моделях солнечного ветра. Модели ионосфер были весьма противоречивы. По оценкам различных авторов, электронная концентрация в главном максимуме ионизации Венеры, например, отличалась на несколько порядков и могла превышать концентрацию в области  $F_2$  ионосферы Земли на 3 порядка.

С 1965 г. проведен ряд успешных экспериментов в окрестностях Марса и Венеры на советских и американских космических

аппаратах. Были измерены концентрации и состав нейтральных атмосфер, магнитные поля и характеристики плазмы ионосфер и солнечного ветра вблизи планет. Часть сведений при этом была получена с использованием некоторых упрощенных предположений и различными методами, поэтому возникал вопрос о возможностях и ограничениях методов, о надежности полученных результатов. Неопределенность некоторых результатов (таких, например, как сведения о составе нейтральных атмосфер, высотных профилях электронной концентрации в верхних ионосферах) привела к тому, что было предложено большое число различных моделей ионосфер и взаимодействия солнечного ветра с планетами.

Из сказанного выше очевидно, что представляло интерес прежде всего рассмотреть совокупность полученных экспериментальных данных. Автор принимала участие в обработке и интерпретации данных плазменных измерений, проводившихся на советских космических аппаратах "Венера-4, 6", искусственных спутниках Марса - "Марс-2" и "Марс-3", спутнике "Электрон-2" в плазмосфере Земли, поэтому диссертация основана главным образом на результатах этих экспериментов. Кроме собственных данных, в диссертации кратко описаны результаты плазменных и магнитных измерений в солнечном ветре на американских аппаратах серии "Маринер", измерений характеристик ионосфер методом наблюдения радиозатмений этих аппаратов и аппарата "Марс-2"; проводится сопоставление собственных результатов с данными американских исследований, рассматриваются возможности и ограничения методов и критически анализируются модели ионосфер и взаимодействия солнечного ветра с планетами.

Диссертация состоит из 4 глав и 3 приложений.

В Главе I рассматриваются методы измерений. На советских аппаратах для плазменных измерений использовались в боль-

шинстве экспериментов интегральные электронные и ионные ловушки. На аппаратах "Электрон-2", "Венера-4 и 6" были ионные ловушки с плоской и полусферической геометрией и фиксированными потенциалами на управляющей сетке. Это простые приборы, не требующие большого объема телеметрической информации и позволяющие получать такие характеристики плазмы, как потоки и концентрация. На "Марсах-2 и 3" имелись электронные ловушки с изменяющимися потенциалами, позволявшие производить анализ электронной компоненты солнечного ветра методом тормозящих потенциалов и определять температуру и концентрацию электронов. В Главе I получено аналитическое описание коллекторного тока полусферической ловушки [1,2,3] в предположениях максвелловского распределения частиц по скоростям и нулевого потенциала аппарата. Последнее предположение можно считать приемлемым, поскольку из теоретических оценок, экспериментальных измерений потенциалов аппаратов и, косвенно, из данных измерений токов следует, что потенциалы аппаратов во время припланетных сеансов измерений и в ионосфере Земли были малы.

Радиозатменные методы, как и все методы получения локальных характеристик из интегральных измерений, страдают неоднозначностью. Особенно велика неопределенность полученных этими методами результатов при больших наклонах траекторий аппаратов к плоскости эклиптики из-за неучета неоднородностей среды и при использовании одночастотного варианта. Тем не менее, этими методами были получены высотные профили электронной концентрации в ионосферах Марса и Венеры на американских аппаратах и советском аппарате "Марс-2", а неопределенность результатов в некоторых случаях удалось уменьшить, сопоставляя данные радиозатменных методов с данными измерений при помощи ловушек заряженных частиц.

В Главе II диссертации приводятся результаты измерений характеристик ионосфер Марса и Венеры.

В американских экспериментах  $n_e(h)$  - профили были построены по данным наблюдения радиозатмений. На "Венере-1", опущавшейся в ночной атмосфере Венеры, измерения характеристик ионосферы предполагалось проводить при помощи двух полусферических ловушек, имеющих грубую чувствительность, и плоских ловушек, облававших большей чувствительностью [4]. На сетку плоских ловушек подавалось ступенчатое напряжение 0 и +50 в, и по модуляции токов ловушки напряжением +50 в предполагалось оценить вклад ионосферных ионов. Оказалось, однако, что вплоть до 300 км от поверхности токи в плоской ловушке не модулировались напряжением +50 в, т.е. вклад ионосферных ионов в измеряемый ток лежал в пределах разрешения аппаратуры по току, равному  $1 \cdot 10^{-10}$  а. Отсюда для двух значений температур в ионосфере Венеры, 300° и 500°К, были сделаны оценки верхнего предела ионной концентрации  $N_i$  в ночной верхней ионосфере; оказалось, что  $N_i$  по данным плоских ловушек не превышала  $10^3 \text{ см}^{-3}$ . Полусферические ловушки на всем припланетном сеансе измерений не регистрировали токи, и это означало, что  $N_i$  всюду в ионосфере Венеры, в том числе в главном максимуме ионизации, не превышала  $10^4 \text{ см}^{-3}$ . Сопоставление сделанных оценок с американскими результатами дало хорошее согласие. Небольшое отличие на высотах 300-700 км и в максимуме ионизации можно было объяснить неопределенностью радиозатменных данных.

Сопоставление характеристик ионосфер Марса, Венеры и Земли выявило большое сходство  $n_e(h)$  - профилей, а именно, наличие вторичных максимумов ионизации ниже главного максимума и существование у Венеры, как и у Земли, резкой верхней границы - "колена", или плазмопаузы [5,6,7]. Однако плазмопауза в днев-

ной ионосфере Венеры располагается на высоте 500 км, в ночной — на высоте 3000 км, а в ионосфере Земли — на высоте ~20000 км.

Как можно заключить из дальнейшего анализа, это сходство структурных особенностей ионосфер планет является, по-видимому, чисто внешним, а процессы, ответственные за их формирование, и природа этих особенностей существенно различаются. Структура внешних границ ионосфер связана с характером взаимодействия планет с солнечным ветром и существованием или отсутствием у планет собственного магнитного поля.

В Главе III рассматриваются результаты исследований взаимодействия Венеры и Марса с солнечным ветром, проводившихся при помощи аппаратов "Венера-4, 6", "Марс-2, 3" и американских аппаратов "Маринер-4 и 5."

По данным "Венеры-4", полученным 8 октября 1967 г., подтвержденным через день результатами измерений на "Маринере-5", а в мае 1969 г. — данными "Венеры-6", вблизи Венеры существует возмущение, связанное с обтеканием Венеры солнечным ветром. При приближении "Венеры-4 и 6" [8] к планете происходило резкое возрастание потоков и, синхронно с ним, возрастание амплитуды и флуктуаций модуля магнитного поля, измеряемого магнитометром, установленным на аппарате "Венера-4."

Возмущение было отождествлено с ударной волной, лобовое расстояние которой от центра планеты по оценкам, сделанным в соответствии с газодинамическими соотношениями и в предположении, что препятствием является ионосфера планеты (т.к. собственное магнитное поле у Венеры не было обнаружено авторами магнитных измерений), равно  $\sim 0,3 R_B$  ( $\sim 2000$  км от поверхности) при числе Маха  $M_{M3} = 5$ .

Вблизи Марса, как по данным измерений электронно-ловушкой [9, 10, 11], так и по данным измерений магнитометром и элек-



тростатическими анализаторами, проводившимися другими группами авторов, также была зарегистрирована ударная волна. Критерием пересечения аппаратом фронта ударной волны по результатам измерений электронной ловушкой служило резкое изменение вида кривых торможения, состоявшее в возрастании максимальных токов, соответствующих нулевому потенциалу торможения, появлении "надтепловых хвостов" функции распределения, т.е. больших значений потенциалов полного торможения. Температура и концентрация электронов за фронтом ударной волны, рассчитанная по кривым торможения, существенно возрастали от значений  $(60 \pm 120) \cdot 10^{30} \text{К}$  и  $3 \pm 6 \text{ см}^{-3}$  в спокойном солнечном ветре на орбите Марса до  $\sim 300 \cdot 10^{30} \text{К}$  и  $\sim 20 \text{ см}^{-3}$  за фронтом околопланетной ударной волны.

При полете аппаратов "Марс-2 и 3" к планете и на орбитах искусственных спутников на расстояниях  $> 10000 \text{ км}$  были зарегистрированы возмущения, также характеризующиеся резким возрастанием  $T_e$  и  $n_e$  до значений  $\sim 300 \cdot 10^{30} \text{К}$  и  $\sim 20 \text{ см}^{-3}$ , коррелирующие с наблюдавшимися на Земле магнитными бурями. Эти возмущения отождествлены с межпланетными ударными волнами.

Среднее положение фронта околопланетной ударной волны, рассчитанное по полученным данным, оказалось  $\sim 0,7 R_M$  для числа Маха  $M_{H3} = 8$ . Лобовое расстояние от границы препятствия, останавливающего солнечный ветер, до поверхности Марса, оцененное по этому среднему положению фронта, составляло  $\sim 1400 \text{ км}$ , причем минимальное расстояние было  $\sim 600 \text{ км}$ , а максимальное —  $2600 \text{ км}$ . Если предположить, что препятствием является собственное магнитное поле Марса дипольного типа, то его магнитный момент должен быть  $\sim 2,4 \cdot 10^{22} \text{ гс} \cdot \text{см}^3$ , что не противоречит оценкам, сделанным авторами магнитных измерений на том же аппарате.

Свидетельством в пользу существования у Марса собственного магнитного поля является сопоставление данных одновременных

магнитных и плазменных измерений вблизи перицентров "Марса-2 и 3" и сравнение наблюдавшейся здесь картины с тем, что происходило вблизи Венеры и Земли при приближении космических аппаратов к этим планетам: у Венеры потоки плазмы и магнитное поле за фронтом одновременно уменьшались, а у Земли в магнитосфере начался плавный и значительный рост магнитного поля и уменьшение потоков. Картина вариаций этих параметров вблизи Марса напоминала картину, наблюдавшуюся вблизи Земли.

В связи с полученными результатами о положении фронтов ударных волн и границах препятствий, останавливающих солнечный ветер, представляло интерес рассмотреть природу препятствий и структуры ионосфер.

Для планет, не имеющих собственного магнитного поля, имеются, как известно, три модели взаимодействия их с солнечным ветром — модель прямого взаимодействия солнечного ветра с атмосферой и ионосферой, модель тангенциального разрыва, в которой считается, что на границе ионосферы динамическое давление солнечного ветра равно кинетическому давлению ионосферы, и модель магнитного барьера, в которой предполагается, что солнечный ветер индуцирует в ионосфере токи, образующие псевдомагнитосферу. Высота, на которой ионосфера Марса останавливает солнечный ветер, во всех этих моделях проходит вблизи главного максимума ионизации и не превышает 350–400 км, что значительно меньше, чем полученные значения высоты препятствия в лобовой точке. У Венеры взаимодействие солнечного ветра с ионосферой может быть описано моделями тангенциального разрыва или магнитного барьера.

Как следует из Приложения I, в котором обсуждается предложенная группой американских авторов модель ионосферы Венеры, кинетическое давление ионосферы при экспериментально полученных

значениях  $n_e \sim 10^4 \text{ см}^{-3}$  и  $T_p \sim 700^\circ \text{К}$  недостаточно для поддержания баланса на плазмопаузе, и необходимо предположить, что в ионосфере Венеры существует небольшое горизонтальное магнитное поле  $\sim 10 \gamma$  (такое поле было измерено аппаратом "Венера-4" на высоте 200 км), образованное, возможно, наведенными токами. Это поле уменьшает теплопроводность верхней ионосферы Венеры, что позволяет приписать ионосфере вблизи плазмопаузы высокие плазменные температуры  $T_p = T_e + T_i \approx 5500^\circ \text{К}$ , и, тем самым, удовлетворять балансу давлений на верхней границе ионосферы.

Если у Марса имеется собственное магнитное поле и препятствием, останавливающим солнечный ветер, является собственная магнитосфера Марса, то картина распределения плазмы в ней может быть подобной картине распределения плазмы в магнитосфере Земли. В одной из моделей ионосферы Марса, описанной в обзоре, помещенном в Приложении I, предполагается, что и у Марса должна быть плазмопауза, которая не заметна на  $n_e(h)$ -профилях из-за больших флуктуаций значений  $n_e$  (напомним, что  $n_e(h)$  - профили получены радиозатменными методами, имеющими ряд ограничений).

Формирование плазмопаузы в магнитосфере Марса, по-видимому, может происходить таким же путем, как в магнитосфере Земли. Поэтому в Главе IV делается обзор теоретических моделей происхождения плазмосферы и плазмопаузы у Земли, а затем некоторые особенности поведения характеристик плазмосферы иллюстрируются результатами измерений в плазмосфере, проведенных на аппарате "Электрон-2" при помощи трехэлектродной полусферической ловушки.

Как известно, формирование плазмопаузы у Земли обусловлено тем, что плазма, совершающая конвективные движения во внешних областях магнитосферы под влиянием электрических полей, возникающих при обтекании магнитосферы солнечным ветром, не

может попадать в область с сильным дипольным полем на расстоянии ближе, чем  $\sim 4,5 R_3$ . Эта область вблизи диполя заполняется тепловой плазмой ионосферного происхождения. Взаимодействие энергичной плазмы магнитосферы с плазмосферой может вызывать разогрев тепловой плазмы. Усиление конвекции, связанное с ростом магнитной активности, может вызывать сжатие плазмосферы.

Из обзора теоретических работ, посвященных происхождению плазмосферы и плазмопаузы Земли, следует, что их результаты в целом согласуются с экспериментальными данными, несмотря на различный подход к решению проблемы и противоречия, содержащиеся в этих работах. К числу таких противоречий можно отнести вопрос об уличении плазмы при вращении Земли и роли этого явления в формировании плазмопаузы.

В Главе IV предложен метод распределения температуры и концентрации ионов в плазмосфере, основанный на наличии модуляции токов ловушки из-за вращения неориентированного в пространстве аппарата "Электрон-2" для тех его витков, где была определена ориентация ловушки относительно вектора скорости аппарата. При известных ориентации и скорости аппарата выражение для тока в полусферической ловушке, полученное в Главе I, является функцией двух неизвестных  $N_i$  и  $T_i$ . Эти параметры можно рассчитать, усредняя токовую кривую по быстрому вращению и таким образом получая второе уравнение для определения двух неизвестных [2]. Для оценки можно также использовать два близких по расстоянию значения тока, предположив, что либо  $N_i$  и  $T_i$  не изменяются в выбранных точках траектории, либо один из этих параметров изменяется по известному закону, например, что концентрация в плазмосфере уменьшается как  $1/R^3$  и  $1/R^4$  [1,2].

Предложенным методом были сделаны оценки  $N_i$  и  $T_i$  на высотах 5000-17000 км для нескольких оборотов "Электрона-2".

На больших высотах оценки не делались из-за значительных ошибок в определении ориентации.

Оказалось, что на низких высотах в периоды обращения "Электрона-2" плазмосфера, характеризующаяся повышенной магнитной активностью, была плотнее, чем при низких Кр-индексах. Температура ионов в плазмосфере изменялась от нескольких тысяч градусов на высотах  $\sim 5000$  км до нескольких десятков тысяч градусов на больших высотах, что, по-видимому, объясняется взаимодействием плазмосферы с энергичной плазмой, совершающей конвективные движения в магнитосфере.

Итак, внешние границы ионосфер планет и структура ионосфер выше главного максимума ионизации непосредственно или косвенно определяются взаимодействием планет с солнечным ветром и наличием у планеты собственного магнитного поля. Модели верхних ионосфер планет учитывают эти факторы.

В Приложении I, как уже упоминалось, дается обзор физических и аэрономических моделей верхних ионосфер Марса и Венеры и ионосфер этих планет вблизи главных максимумов ионизации [6,7] .

Модели, описывающие области вблизи главных максимумов ионизации, основываются на данных измерений состава и концентрации частиц в нейтральных нижних атмосферах и строятся по типу земных областей E, F I и F 2 таким образом, чтобы объяснить полученные в экспериментах  $N_e(h)$ -профили. Оказывается, что главные максимумы ионизации в ионосферах Венеры и Марса удовлетворительно описываются моделью типа модели земного слоя F I и образуются ионами  $\text{CO}_2^+$  и  $\text{O}_2^+$ . В связи с тем, что в верхних атмосферах планет практически отсутствуют продукты диссоциации основного компонента  $\text{CO}_2$ , остаются пока нерешенными вопросы о механизме

устранения O и CO из верхних атмосфер и о причине отсутствия в них областей типа F 2.

В ряде работ высказывается предположение о том, что атмосферы планет сильно турбулизированы ( $K_{\text{турб}} \sim 10^6 \text{ см}^2 \text{ сек}^{-1}$ ), в результате чего продукты диссоциации  $\text{CO}_2$  быстро переносятся вниз в область, где происходит их рекомбинация при тройных соударениях. Однако предположение о высокой турбулизованности атмосферы Венеры не согласуется с результатами оценок содержания атомарного водорода в верхней атмосфере, полученных на основании данных наблюдений свечения в линии  $L_{\alpha}$ , проводившихся на аппарате "Маринер-5". Для объяснения этого эксперимента требуется, чтобы  $K_{\text{турб}}$  было порядка  $10^5 \text{ см}^2 \text{ сек}^{-1}$ . В одной из описываемых моделей предполагается, что  $K_{\text{турб}} \sim 10^6 \text{ см}^2 \text{ сек}^{-1}$  и основным компонентом верхней ионосферы являются ионы гелия. Эта модель является наиболее согласованной из всех предложенных, так как в ней модель верхней ионосферы строится с учетом ее взаимодействия с солнечным ветром. Главный максимум ионизации в ночной ионосфере в этой модели объясняется перезарядкой  $\text{CO}_2$  с ионами гелия, диффундирующими в ночную ионосферу с освещенной стороны планеты. Существование ночного максимума ионизации в ионосфере Венеры на измеренных высотах, вообще говоря, трудно объяснить с точки зрения источников ионизации и большой скорости рекомбинации ионов.

В Приложениях II и III получены выражения, описывающие при некоторых допустимых для рассматриваемых экспериментов предположениях коллекторные токи полусферической ловушки.

Несмотря на большой объем полученной в последние годы информации о плазме, магнитных полях в окрестностях планет и об их нейтральных атмосферах, имеется еще целый ряд вопросов, на которые пока нельзя ответить однозначно. Например, не совсем понятно,

каким образом обеспечивается баланс давления на границе ионосферы Венеры, какова концентрация электронов и шкала высот, т.е. вид  $n_e(h)$ -профиля в верхней ночной ионосфере Венеры, какой источник ионизации создает главный максимум в ночной ионосфере Венеры, какие процессы приводят к устранению продуктов диссоциации  $\text{CO}_2$  из верхних атмосфер планет и предотвращают образование областей типа  $F_2$ , какие ионы определяют состав верхних ионосфер (ионы гелия или ионы водорода), какова степень турбулизованности атмосфер планет и, наконец, является ли собственное магнитное поле Марса полем дипольного типа, существует ли плазмопауза в ионосфере Марса. Этот далеко не полный перечень вопросов можно продолжить, однако и из приведенного очевидно, что для их решения требуются новые измерения характеристик плазмы, магнитного поля и нейтральной атмосферы на аппаратах, спускаемых в атмосферах планет, или на спутниках, имеющих низкие перицентры.

Диссертация содержит 144 страницы основного текста и 79 рисунков. Список библиографических ссылок содержит 226 наименований.

Основные результаты докладывались на Всесоюзном и Международном симпозиумах по физике Луны и планет в Киеве, в октябре 1968 г. и в октябре 1972 г., Всесоюзной конференции по физике ионосферы во Львове в октябре 1970 г., на 9-ом симпозиуме КОСИАР в Токио в 1969 г., на сессии КОСИАР в Мадриде в 1972 г. и изложены в следующих работах:

Г. К.И. Грингауз, В. В. Безруких, Т. К. Бреус. "Способ определения ионной температуры по изменениям тока ионной ловушки, вызванным вращением спутника и оценка верхнего предела ионной

температуры на высотах  $\leq 10000$  км по данным Электрона-2", *Космические исследования*, 5, № 2, 246-250, 1967.

2. В.В.Безруких, Т.К.Бреус, К.И.Грингауз. "Оценки верхнего предела температуры ионов на высотах 7000-30000 км по данным измерений на спутнике "Электрон-2", *Космические исследования*, 5, № 5, 798-799, 1967.

3. В.В.Безруких, Т.К.Бреус. "Оценки ионной температуры на геоцентрических расстояниях до  $3 R_z$ ", Тезисы докладов на Всесоюзной конференции по физике ионосферы, Львов, октябрь 1970 г., стр.14.

4. К.И.Грингауз, В.В.Безруких, Л.С.Мусатов, Т.К.Бреус. "Плазменные измерения, проведенные вблизи Венеры на космическом аппарате "Венера-4", *Космические исследования*, 6, № 3, 411-419, 1968.

5. Т.К.Бреус, К.И.Грингауз. "Плазма вблизи Венеры. Сопоставление результатов, полученных при помощи "Венеры-4" и "Маринера-5". Труды Международного симпозиума, Киев, 1968 г. Сб. "Физика Луны и планет", изд-во "Наука", 1972 г., 279-283.

6. К.И.Грингауз, Т.К.Бреус. "Сравнительные характеристики ионосфер планет земной группы - Марса, Венеры и Земли", *Космические исследования*, 7, № 6, 871-890, 1969.

7. К.И.Грингауз, Т.К.Бреус. "Comparative characteristics of the ionospheres of the planets of the terrestrial group: Mars, Venus and the Earth", *Space Science Review*, 10, 743-769, 1970.

8. К.И.Грингауз, В.В.Безруких, Г.И.Волков, Л.С.Мусатов, Т.К.Бреус. "Возмущения межпланетной плазмы вблизи Венеры по данным, полученным на космических аппаратах "Венера-4" и "Венера-6", *Космические исследования*, 8, № 3, 431-436, 1970.

9. К.И.Грингауз, В.В.Безруких, Г.И.Волков, Т.К.Бреус, Л.С.Мусатов, Л.П.Навкин и Г.Ф.Слутченков. "Preliminary results on plasma electrons from Mars-2 and Mars-3", *Icarus*, 18, 54-58, 1973.

10. К.И.Грингауз, В.В.Безруких, Г.И.Волков, Т.К.Бреус, Л.С.Мусатов, Л.П.Навкин, Г.Ф.Слутченков. "Results of solar plasma electron observations on "Mars-2 and Mars-3 spacecraft", *J. Geoph. Res.*, 78, 5808-5811, 1973.



II. К.И.Грингауз, Т.К.Бреус. "Исследование электронной компоненты солнечного ветра при обтекании планеты Марс", Доклад на Всесоюзном симпозиуме по физике Луны и планет, Киев, 2-8 октября, 1972 г.

---

Отпечатано на роталпринте в ИКИ АН СССР

---

Т - 05249    Подписано к печати 13.03.74

---

Заказ 1975    Тираж 120    Объем 0,3 уч.-изд.л.