

Дифракционные явления в радиозатменных исследованиях спутников «Венера-15 и -16» северной полярной атмосферы Венеры

*Губенко В.Н., Андреев В.Е., Кириллович И.А.,
Губенко Т.В., Павельев А.А., Губенко Д.В.*

*ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, пл. акад. Б.А. Введенского, дом 1,
141190 Фрязино, Московская обл., Россия*

e-mail: vngubenko@gmail.com



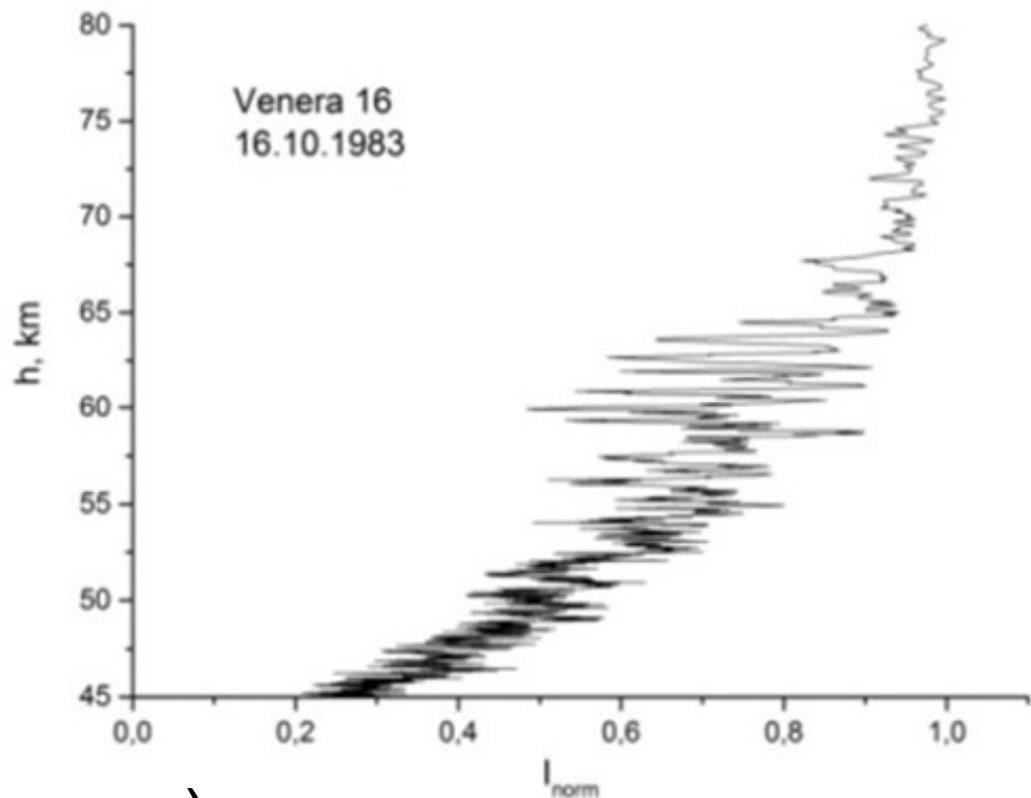
**Двадцатая международная конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»
14 - 18 ноября 2022 г., ИКИ РАН, Москва,**

Тезисы доклада

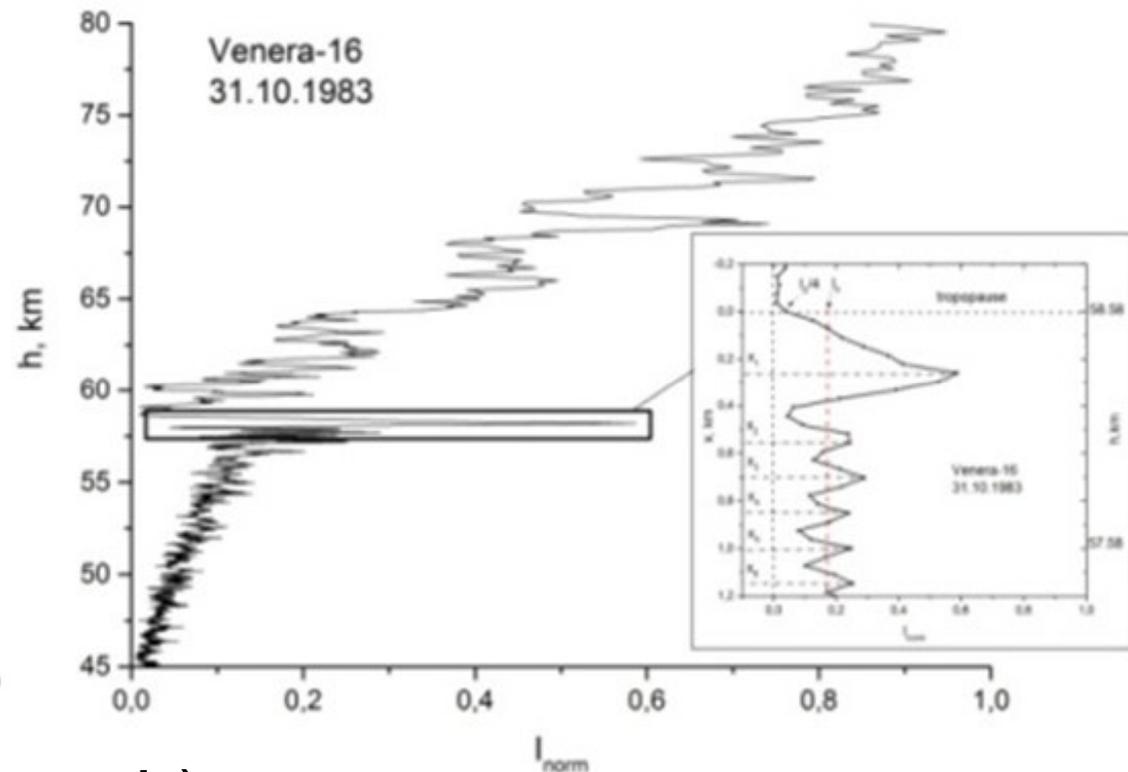
- В период с октября 1983 по сентябрь 1984 года с помощью спутников "Венера-15" и "Венера-16" были проведены радиозатменные измерения в атмосфере Венеры [Gubenko et al., 2008]. В результате радиоволнового зондирования атмосферы спутниками, заходящими за планету в диапазоне высот от 80 до 45 км, наблюдалось закономерное падение интенсивности дециметрового (длина волны ~ 32 см) сигнала с уменьшением высоты перигея луча.
- В отдельных радиозатменных сеансах измерений (северная полярная атмосфера Венеры) на экспериментальных профилях рефракционного ослабления в зависимости от высоты перигея луча наблюдается резкое падение интенсивности уровня дециметрового сигнала и выделяется яркая особенность в диапазоне от 60 до 56 км вблизи тропопаузы. Установлено, что сильные изменения мощности радиоволн происходят в области перехода от изотермической полярной атмосферы к адиабатической атмосфере, где наблюдаются резкие всплески вертикального градиента температуры.
- Анализ профилей интенсивности дециметрового сигнала, полученных при радиозондировании северной полярной атмосферы Венеры вблизи тропопаузы, свидетельствует о том, что в этих сеансах условия были такими, как для формирования дифракционной картины при падении света на край непрозрачной полуплоскости. Нижний край этой полуплоскости расположен вблизи уровня тропопаузы планеты на высотах от 58.2 до 58.7 км от поверхности Венеры. С учетом влияния атмосферной рефракции и с помощью спирали Корню показано, что наблюдаемые особенности распространения радиоволн обусловлены дифракцией Френеля дециметрового сигнала в зоне, которая стартует от нижнего края непрозрачной полуплоскости.

Введение

В период с октября 1983 по сентябрь 1984 года с помощью спутников Венера-15 и -16 были проведены сеансы радиозатменных измерений в атмосфере Венеры. Орбиты спутников были такими, что заходы за планету осуществлялись в Северном полушарии, а выходы – в Южном. По результатам анализа этих измерений определялись параметры атмосферы и ионосферы Венеры [1]. При радиопросвечивании атмосферы спутниками, заходящими за планету, наблюдалось регулярное падение уровня дециметрового сигнала (длина волны ~ 32 см) с уменьшением высоты перигея луча в интервале от ~ 80 до ~ 45 км. Такое изменение уровня сигнала обусловлено рефракцией радиоволн в атмосфере Венеры. Типичное поведение нормированной интенсивности радиоволн I_{norm} в зависимости от высоты перигея луча показано на рис. 1 (панель а).



a)



b)

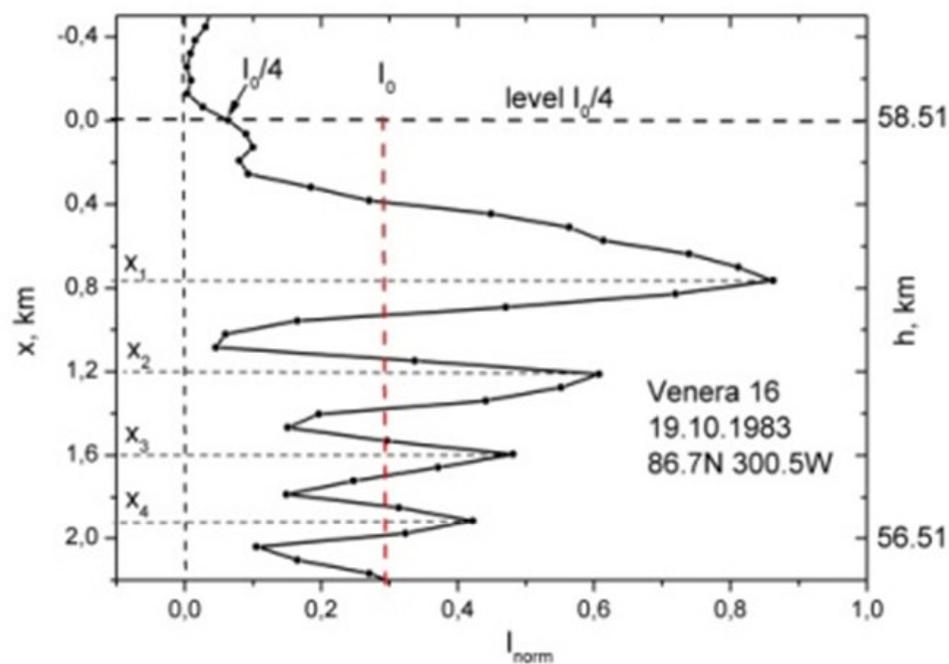
Рис. 1. Примеры рефракционного ослабления нормированной интенсивности радиоволн I_{norm} в зависимости от высоты перигея луча во время заходов спутника «Венера-16» за планету. На панели а) показан типичный для многих сеансов высотный профиль; на панели б) наблюдается яркая особенность в области тропопаузы, которая имела место в отдельных сеансах при радиопросвечивании северной полярной атмосферы Венеры. На вставке панели б) показан увеличенный фрагмент выделенной части.

Введение (продолжение)

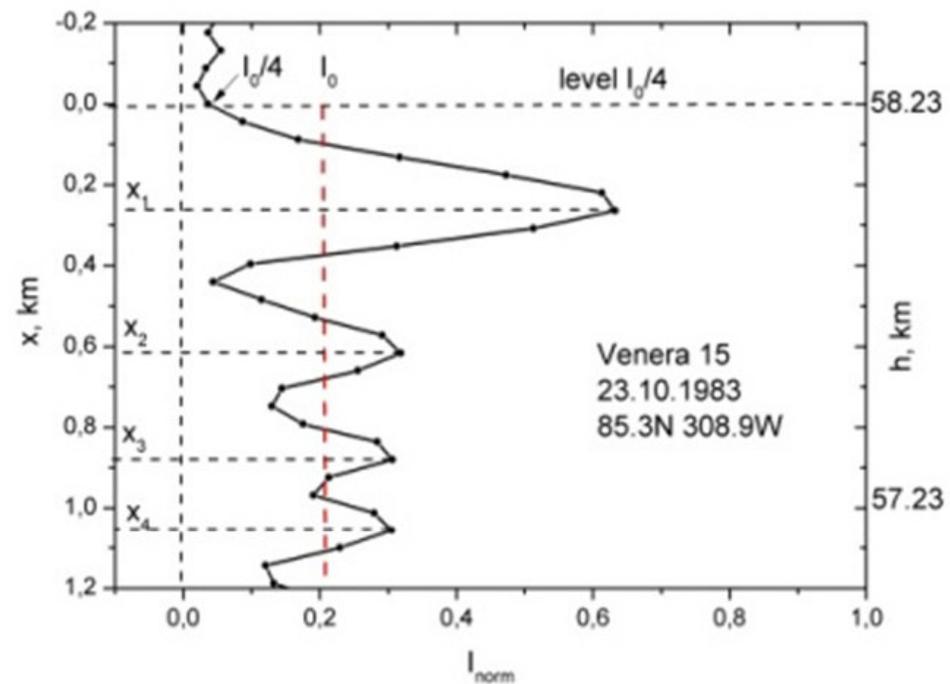
В то же время, в отдельных радиозатменных сеансах, на экспериментальных зависимостях рефракционного ослабления интенсивности от высоты луча видно резкое падение интенсивности радиоволн и выделяется яркая особенность в интервале высот от 60 до 56 км. Здесь наблюдается чередование глубоких минимумов и резких максимумов напряженности поля. Типичное поведение нормированной интенсивности радиоволны I_{norm} по мере погружения луча в атмосферу планеты в сеансах с особенностью, показано на рис. 1 (панель b). Обнаружено, что сильные изменения уровня дециметрового сигнала происходят в районе тропопаузы, где наблюдаются переход от изотермической к адиабатической полярной атмосфере и резкое изменение градиента температуры [Gubenko et al., 2008].

Экспериментальные данные

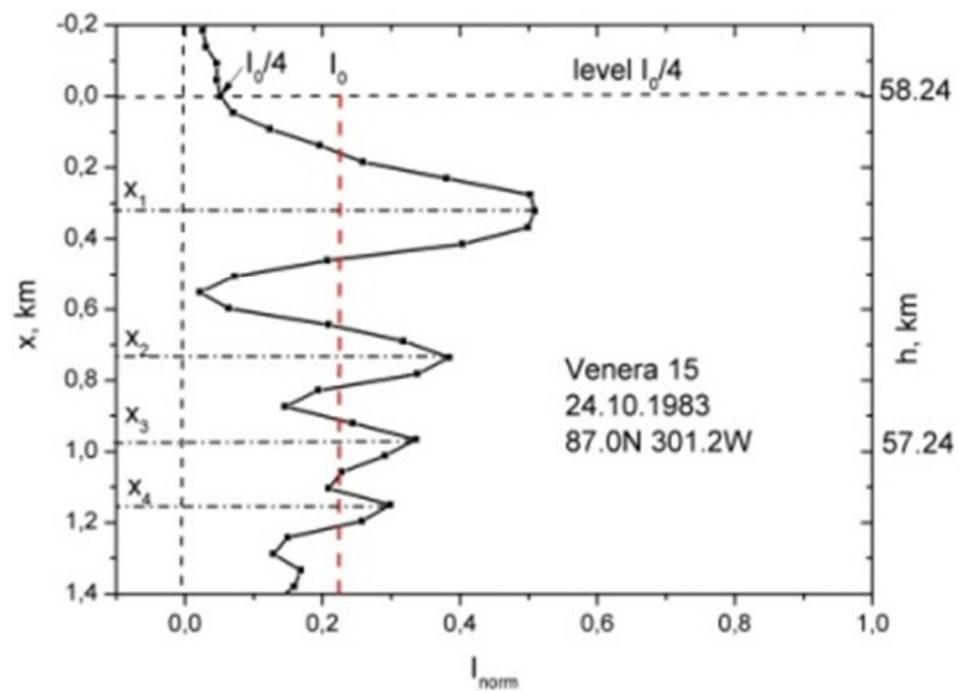
Выше отмечалось, что при радиозондировании полярной атмосферы Венеры в области тропопаузы на высотах от 60 до 56 км наблюдались сильные изменения уровня дециметрового сигнала. Эти изменения проявлялись в следующем: интенсивность радиоволн падала почти до нулевых значений на высоте около 59 км, затем, по мере опускания луча она резко увеличивалась и переходила на затухающее волнообразное поведение на одном и том же среднем уровне на высотах вблизи 57 км. При дальнейшем погружении луча в атмосферу планеты интенсивность сигнала падала характерным образом, свойственным для рефракции радиоволн в более плотных слоях атмосферы. Описанное поведение интенсивности дециметровых радиоволн на указанном интервале высот в пяти сеансах приведены на рис. 2.



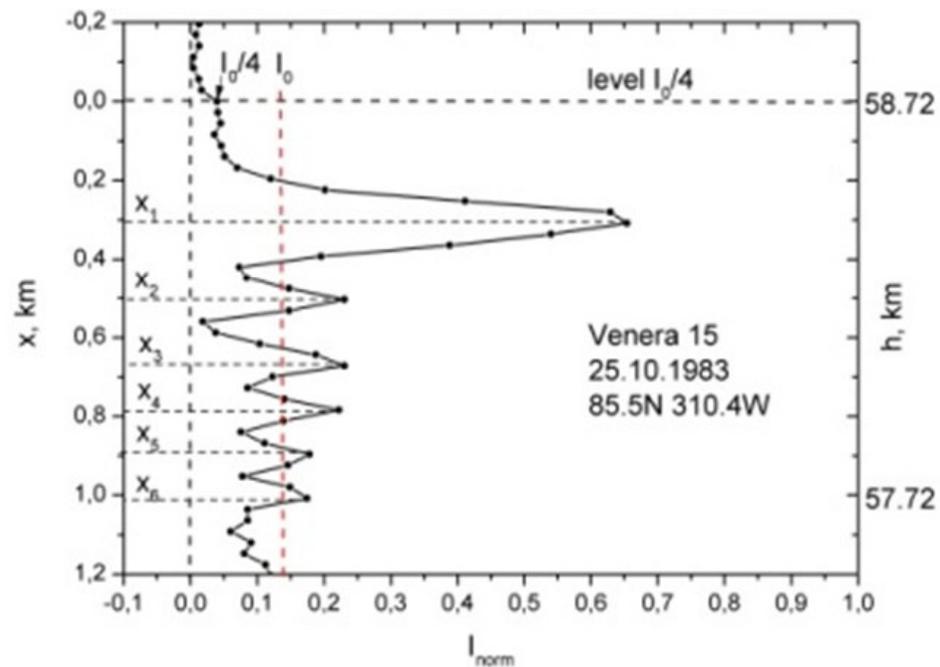
a)



b)



c)



d)

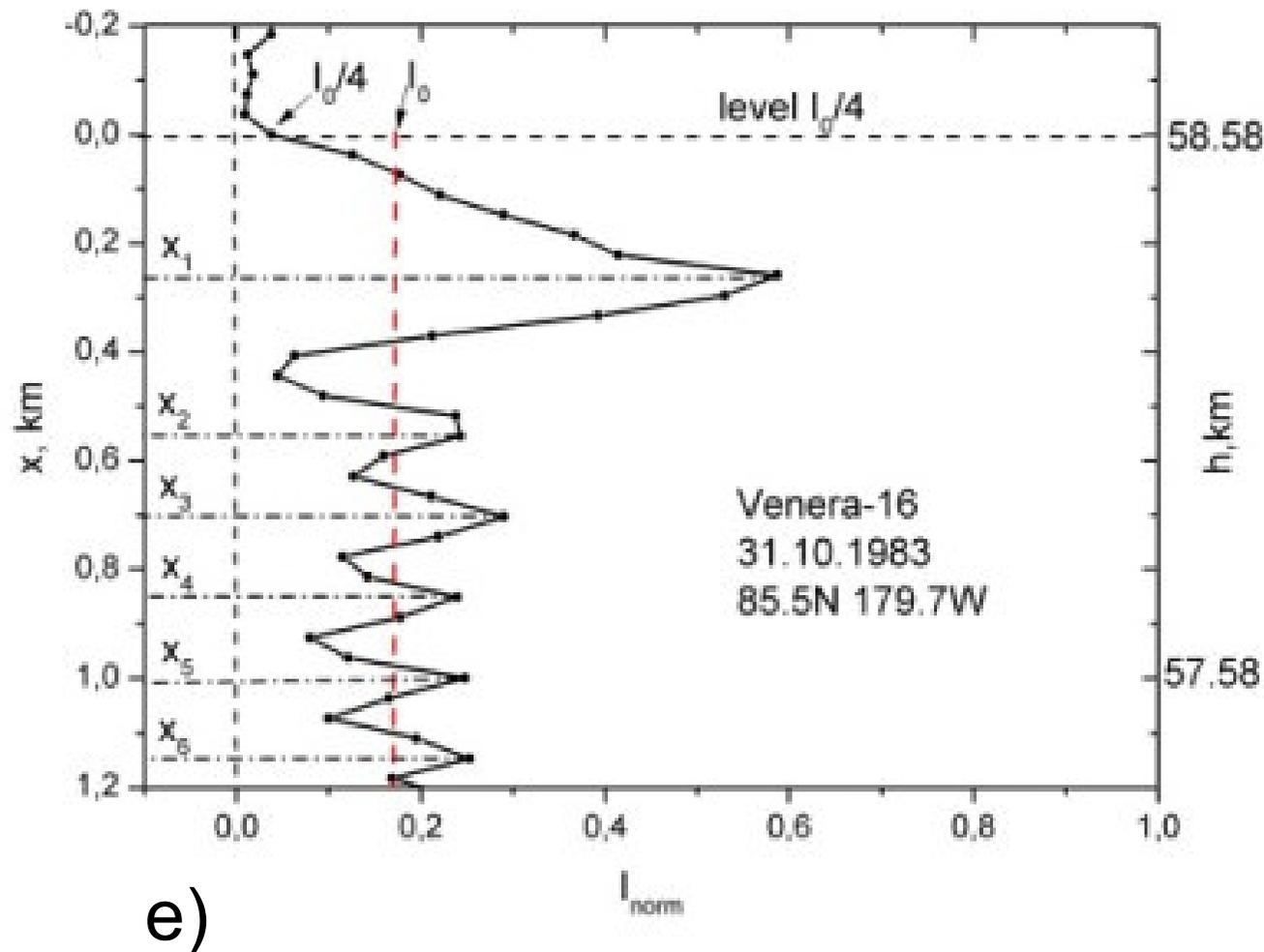


Рис. 2 (а–е). Экспериментальные данные об интенсивности дециметровых радиоволн в области тропопаузы, полученные при радиозондировании полярной атмосферы Венеры спутниками Венера-15, -16 в октябре 1983 года. На рисунках указаны широты и долготы районов просвечивания.

Экспериментальные данные (продолжение)

На левых вертикальных осях панелей а)...е) на рис. 2 отмечены положения максимумов кривых $I_{\max} - x_1 \dots x_6$. Отсчёт этих величин ведётся от положения уровня $I_0/4$ (он показан на рисунке горизонтальной штриховой линией). На правых вертикальных осях указаны высоты перигея радиолуча. Вертикальными штриховыми линиями отмечены: нулевой уровень I_{norm} и средний уровень I_0 , на котором наблюдаются волнообразные осцилляции I_{norm} . На горизонтальных осях отложены значения нормированной интенсивности I_{norm} . В сеансах, приведённых на рис. 2, радиозондирование проводилось в интервале широт $85.3^\circ\text{N} - 87.0^\circ\text{N}$. Известно, что высота района тропопаузы в атмосфере Венеры сильно зависит от широты и изменяется от 55 км на экваторе до 62 км на широте 75°N , а ближе к полюсу снова понижается до 57 км. Поведение вертикальных профилей интенсивности дециметровых радиоволн при радиозондировании северной полярной атмосферы Венеры, показанное на рис. 2, позволяет предположить, что в этих сеансах сложились условия, аналогичные условиям формирования дифракционной картины при падении света на край непрозрачной полуплоскости.

Заключение

Анализ профилей интенсивности дециметрового сигнала (длина волны ~ 32 см), полученных при радиозондировании северной полярной атмосферы Венеры вблизи тропопаузы, свидетельствует о том, что в этих сеансах условия были такими, как для формирования дифракционной картины при падении света на край непрозрачной полуплоскости. Нижний край этой полуплоскости расположен вблизи уровня тропопаузы планеты на высотах от 58.2 до 58.7 км от поверхности Венеры. С учетом влияния атмосферной рефракции и с помощью спирали Корню показано, что наблюдаемые особенности распространения радиоволн обусловлены дифракцией Френеля дециметрового сигнала в зоне, которая стартует от нижнего края непрозрачной полуплоскости.

Работа выполнена в рамках государственного задания.

Литература

[1] Gubenko V.N., Andreev V.E., Pavelyev A.G..
Detection of layering in the upper cloud layer of
Venus northern polar atmosphere observed from
radio occultation data // J. Geophys. Res. 2008. V.
113. E03001, doi: 10.1029/2007JE002940.

Спасибо за внимание!