

որ մասնիկները (էրիթրոցիտներ, ֆերոմասնիկներ) խտանում են ձայնի ճնշման հանգույցների մոտակայքում գտնվող հավասարահեն մակերևույթների վրա տեղաբաշխված օղակների և սկավառակների տեսքով: Գտնված են մագնիսական դաշտի զրադիենտի արժեքների այն տիրույթները, որոնց դեպքում տեղի ունի հիշատակված երևույթը:

## MONITORING OF CONCENTRATION OF MAGNETIC PARTICLES IN SUSPENSIONS BY MAGNETIC FIELD IN THE PRESENCE OF STANDING SONIC WAVE

S. V. HARUTYUNYAN, T. N. GAREGINYAN, R. S. HOVANISYAN,  
M. A. PLUZYAN

The effect of magnetic field on the concentration of magnetic particles in suspensions in the presence of standing ultrasonic wave is considered. It is shown that taking into account the viscous force, the acoustic pressure, the buoyancy and the magnetic force, the particles (erythrocytes, ferroparticles) aggregate into annuli and discs on equidistant surfaces located near pressure nodes of the standing sonic wave. The values of magnetic field gradient are found for which the process in question takes place.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 24, вып. 3, 122—126 (1989)

УДК 551.501.771:551.508.7

## ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОГО СОСТАВА ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ ЭФФЕКТ ДОППЛЕРА

А. Г. ГОРЕЛИК

Московский институт машиностроения

Ж. Б. ХАЧАТРЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 24 июля 1988 г.)

В работе рассмотрена возможность определения газового состава верхних слоев атмосферы, с помощью средств активной радиолокации, работающих в оптическом диапазоне, включающем инфракрасную область электромагнитного излучения.

В [1] показана возможность и перспективность применения средств активной радиолокации, работающих в микроволновом диапазоне, для определения содержания «малых» газовых компонент в верхней атмосфере используя эхо-сигналы от отражателя, установленного на борту искусственного спутника Земли, движущегося по круговой орбите.

В основе предложенного метода, так же как и в [2, 3], лежит определение в процессе измерений, формы линии поглощения, которая зависит от распределения исследуемого газа в верхней атмосфере.

За счет движения спутника изменяется частота отраженного сигнала и таким образом осуществляется плавная частотная «перестройка» системы локационного зондирования, что обеспечивает возможность даже при фиксированной частоте излучения находящегося на Земле передатчика

достаточно точно воспроизвести контур линии поглощения исследуемой газовой компоненты.

Отметим, что некоторые газы, содержание которых необходимо определить, либо не имеют линий поглощения в микроволновом диапазоне, либо эти линии настолько слабы, что измерить поглощение в них на современном этапе практически невозможно.

В этом отношении значительно большие возможности, следовательно и перспективы, имеет оптический диапазон, включающий и инфракрасную область спектра электромагнитного излучения.

В оптическом диапазоне практически все газы имеют свои линии поглощения, а интенсивность этих линий значительно выше, чем в микроволновом диапазоне. Однако для того, чтобы получить контур линии поглощения, который используется для определения высотного распределения исследуемого газа по методике, изложенной в [2, 3], необходимо обеспечить спектральное разрешение  $\frac{\Delta\nu}{\nu}$  порядка  $10^{-6}$ , что в оптическом диапазоне, используя традиционные методы, представляет очень сложную техническую задачу, где  $\Delta\nu$  — ширина полосы фильтра, настроенного на частоту  $\nu$ .

Укажем, что применение уникальных интерференционных фильтров позволяет получить разрешение  $10^{-4}$  и непригодно для реализации предлагаемого метода.

Вместе с тем, используя схему измерений, предложенную ранее в [1], и перенося измерения из микроволнового диапазона в оптический, можно существенно упростить и расширить программу исследования вариаций газового состава в верхней атмосфере и более детально исследовать происходящие в ней малоизученные геофизические процессы. Таким образом достигаются те же цели, что и в [4], но при помощи более простой и доступной аппаратуры.

Для того, чтобы показать практическую осуществимость предлагаемого метода, приведем соответствующие оценки. Следуя работам [2, 3], в которых детально обсуждается влияние температуры и давления на форму контура линии поглощения, можно сделать вывод о том, что на высотах 80—85 км основным фактором, определяющим ширину линии, является эффект Доплера, а связанная с ним ширина линии зависит в основном от кинетической температуры воздуха и массы молекул газа:

$$\Delta\nu_g = \sqrt{\frac{2kT}{c}} \nu_0,$$

где  $\nu_0$  — частота излучения атома вещества,  $c$  — скорость света,  $M$  — масса молекул газа,  $k$  — постоянная Больцмана,  $T$  — температура.

На высотах 80—85 км температура воздуха составляет в среднем около 200 К, колеблясь для различных сезонов от 180 до 220 К. Это обстоятельство приводит к относительному доплеровскому уширению линии поглощения  $\frac{\Delta\nu_g}{\nu_0} \sim 10^{-6}$  при относительной естественной ширине линии порядка  $10^{-8}$ . На высотах ниже 80 км ширина линии поглощения обусловлена в основном эффектом соударения молекул и на высоте 50 км относи-

тельное уширение линии, связанное с этим эффектом, согласно [4], составляет  $\frac{\Delta\nu_c}{\nu_0} \sim 10^{-4}$ . Аналитические соотношения, связывающие плотность газа, температуру и давление, достаточно сложны и приведены в ряде работ, например, в [5, 6].

На спутнике установлен отражатель (рис. 1), представляющий набор соответствующим образом подобранных призм, который отражает падающее на них излучение в направлении источника, причем частота отраженного сигнала смещена относительно излучения на  $F_g = \frac{2v}{c} \nu \cos\theta_c$ , где  $\nu$  — частота излучения оптического источника,  $v$  — скорость движения спутника по орбите,  $\theta_c$  — угол между вектором скорости спутника и направлением зондирования. Частоту передатчика, согласно [2], следует сместить относительно центра линии поглощения исследуемого газа приблизительно на  $1/3$  ее ширины, соответствующей высоте 50 км. Отметим, что частотный диапазон «перестройки» активной локационной системы зондирования в два раза больше, чем частотный диапазон системы зондирования, описанной в [2].

Стабильность частоты лазерного передатчика должна быть такой, чтобы обеспечить надежную регистрацию уширения линии поглощения, обусловленного эффектом Доплера, т. е. относительный уход частоты  $\frac{\Delta\nu}{\nu}$  должен быть порядка  $10^{-6}$ , что на современном этапе не является очень жестким требованием.

Приведем энергетические оценки, которые укажут те технические характеристики, которые должен иметь оптико-локационный комплекс, предназначенный для подобного рода измерений.

Согласно [7], величину отраженного от системы угловых отражателей, установленных на спутнике, сигнала можно связать с техническими характеристиками локатора при помощи следующего соотношения:

$$P_{np} = \frac{P_t S}{(4\pi R^2)^2} \frac{4\pi}{\theta^2} k\sigma_{эф}\rho_0\rho_a(\nu), \quad (1)$$

где  $P_t$  — мощность излучения оптического источника,  $R$  — наибольшее расстояние от спутника, на котором проводятся измерения,  $\theta$  — угловая расходимость пучка передающей лазерной системы,  $S$  — площадь приемной системы оптического локатора,  $\sigma_{эф}$  — эквивалентная отражающая способность отражателя.

Влияние фонового излучения атмосферы на работу системы не учитываем.  $\rho_0$  — коэффициент пропускания приемной оптической системы, а  $\rho_a$  — атмосферы.

Для угольного отражателя с линейным размером  $a$

$$\sigma_{эф} = \frac{4\pi a^4}{3l^2}.$$

Используя соотношение (1) можно определить тот минимальный лучистый поток, который должен поступать на приемник излучения для того, чтобы он был зарегистрирован приемной системой оптического лока-

тора. Задача приемной системы состоит в том, чтобы при движении спутника непрерывно регистрировать и воспроизводить контур линии поглощения или пропускания атмосферы вблизи ее центра.

Оптическое излучение, падающее на приемную площадку приемника, создает фототок  $i_{\text{ф}}$ , величина которого должна превышать сумму темнового и фонового токов.

Пусть высота орбиты спутника 400 км, диапазон дальности, в котором производятся измерения, составляет 1000 км от надира, измерения выполняются в ночное время. Это позволяет не учитывать ток, создаваемый рассеянным атмосферой солнечным излучением, если применять в качестве приемника излучения малошумящий фотоземель, темновой ток которого составляет  $10^{-6}$  мкА/Гц<sup>1/2</sup>, а полосу частот —  $10^9$  Гц. Такую величину отраженного сигнала можно обеспечить при следующих параметрах лазерного локатора: оптическая мощность излучения 10 Вт, угловая расходимость передатчика 1', площадь отражающего рефлектора приемной системы 1 м<sup>2</sup>, площадь углового отражателя, установленного на спутнике, 1 м<sup>2</sup>, коэффициент пропускания оптической системы  $\rho_0 = 0,4$  и атмосферы 0,7, время накопления сигнала 10 сек.

Следует указать, что время нахождения спутника в зоне действия локатора составляет около 20 минут, а максимальная скорость изменения частоты приходится на диапазон углов, близких к надиру. Опираясь на результаты расчетов, выполненных в [8], можно показать, что для высоты орбиты спутника 400 км в диапазоне «рабочих» углов скорость изменения  $\frac{\Delta \nu}{\nu}$  составляет  $\sim 10^{-7}$  сек<sup>-1</sup>, и для того, чтобы перекрыть полосу частот линии поглощения, обусловленную эффектом Доплера и составляющую около  $10^{-6}$   $\nu$ , можно располагать временем накопления сигнала порядка 15—20 секунд, что при соответствующей наземной обработке сигнала обеспечивает улучшение отношения сигнал/шум приблизительно в 4 раза.

Для реализации метода в дневное время, при значительном рассеянном фоновом излучении, необходимо повысить технические характеристики оптического локатора приблизительно на порядок и применять специальные системы, обеспечивающие выделение сигнала, поступающего от «точечного» источника, который представляет из себя угловой отражатель спутника, на фоне протяженного источника, представляющего рассеянное излучение атмосферы.

Таким образом, приведенные выше оценки показывают, что предлагаемый метод можно реализовать при сравнительно скромных параметрах лазерного локатора и получить достаточно полные и надежные данные о вариациях газового состава в верхней атмосфере.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хачатрян Ж. Б. ДАН АрмССР, 89, 1, 16 (1989).
2. Barrett A. H. Chang V. K. J. Of Geoph. Res., 67, 4259 (1962).
3. Горелик А. Г., Хачатрян Ж. Б. Изв. АН СССР, ФАО, 21, 824 (1985).  
В кн.: XIII Всесоюзная конференция по распространению радиоволн. Л., 1984.
4. Radford H. E. et al. J. Of Geoph. Res., 82, 5166 (1977).

5. Борин В. П., Наумов А. П. Радиотехника и электроника, 24, 824 (1985).
6. Кондратьев К. Я., Тимофеев Ю. М. Термическое зондирование атмосферы. Гидрометеоздат, Л., 1974.
7. Скольник М. Н. Справочник по радиолокации. Изд. Сов. радио, М., 1972.

ՄԹՆՈԼՈՐՏԻ ՎԵՐԻՆ ՇԵՐՏԵՐԻ ԳԱԶԱՅԻՆ ԲԱՂԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՄԱՆ  
ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴԸ ԴՈՊԼԵՐԻ ԷՖԵԿՏԻ ՄԻՋՑՈՎ

Ա. Գ. ԳՈՐԵԼԻԿ, Ժ. Բ. ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ

*Քննարկված է մթնոլորտի վերին շերտերի գազային բաղադրիչների որոշման հնարավորությունը ակտիվ ռադիոլոկացիայի միջոցներով, որոնք աշխատում են էլեկտրամագնիսական ճառագայթման օպտիկական տիրույթում՝ ներառյալ ինֆրակարմիր տիրույթը:*

OPTICAL DETERMINATION OF GAS CONTENT IN UPPER  
ATMOSPHERE BASED ON DOPPLER EFFECT

A. G. GORELIK, ZH. B. KHACHATRYAN

We consider the possibility of determining the gas content in the layers of upper atmosphere using methods of active radiolocation in optical range including the infrared region of electromagnetic radiation.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 24, вып. 3, 126—131 (1989)

УДК 539.219.1

РЕЗОНАНСНОЕ ПРОХОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ СКВОЗЬ  
ТОНКУЮ ПЛЕНКУ, НАХОДЯЩУЮСЯ В ПРОДОЛЬНОМ  
МАГНИТНОМ ПОЛЕ

З. А. КАСАМАНЯН, М. А. ЧАЛАБЯН, А. В. ПЕТРОСЯН

Ереванский политехнический институт

(Поступила в редакцию 3 ноября 1988 г.)

Вычислено сопротивление тонкой полупроводниковой пленки, находящейся в магнитном поле, направленном вдоль плоскости пленки. При приложении напряжения в направлении, перпендикулярном плоскости пленки, проходящий ток имеет осцилляционный характер, обусловленный осцилляционной зависимостью сопротивления образца от положения уровня Ферми.

Поведение электронов в слоистой системе в магнитном поле, направленном вдоль плоских границ, имеет интересные особенности. При движении электронов по классическим орбитам они могут пересекать границу раздела и оказаться в подсистеме с другими характерными параметрами (эффективной массой, величиной потенциальной энергии и т. д.). При квантовомеханическом рассмотрении это приводит к изменению энергетического спектра электрона, что может привести к наблюдаемым на опыте