

3. Швидковский Е. Г., Дургарян А. А. Научные доклады высшей школы, Физико-математические науки, 5, 211 (1958).
4. Осипьян Ю. А., Шихсаидов М. Ш. ФТТ, 15, 3711 (1973).
5. Варданян Р. А., Кравченко В. Я., Осипьян Ю. А. Письма в ЖЭТФ, 40, 248 (1984).

**ԴԻՍԼՈԿԱՑԻԱՆԵՐԻ ԲԱԶՄԱՑՈՒՄԸ CdS ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐՈՒՄ  
ՈՒՆԻՐԱԶԱՅՆԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՏԱԿ**

Հ. Ս. ՄԵԼԿՈՆՅԱՆ, Ա. Հ. ԴՈՒՐԳԱՐՅԱՆ, Բ. Պ. ՎԱՐԴԱՊԵՏՅԱՆ

*Աշխատանքում ուսումնասիրված է CdS բյուրեղներում ուլտրաձայնի ազդեցության տակ դիսլոկացիաների բազմացման երևույթը և «խարձ» դիսլոկացիաների ազդեցությունը ներքին շփման և առաձգականության մոդուլի հարաբերական փոփոխության վրա: Դիսլոկացիաների բազմացումը սկսվում է ուլտրաձայնի ամպլիտուդի  $\sigma^0 \approx 3.107$  դին/սմ<sup>2</sup> արժեքից: Ուսումնասիրված CdS բյուրեղներում դիտվում է բացասական ֆոտոպլաստիկ էֆեկտ:*

**ULTRASONIC MULTIPLICATION OF DISLOCATIONS IN  
CdS SINGLE CRYSTALS**

H. S. MELKONYAN, A. H. DURGARYAN, R. P. VARDAPETYAN

The influence of ultrasonic multiplication of dislocations in CdS single crystals on the attenuation and Young modulus was investigated. During the illumination of CdS samples, the negative photoplasticity effect was observed.

Изв. АН Армянской ССР, Физика, т. 24, вып. 1, 42—46 (1989)

УДК 551.501.8;551.578.2

**АНОМАЛЬНОЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ОТРАЖЕНИЕ  
ОТ ЧАСТИЦ ЛЬДА В ОБЛАКЕ В «ОКНЕ»  
ПРОЗРАЧНОСТИ ЛЬДА 0,3—0,8 мм\***

Г. М. АЙВАЗЯН

Институт радиофизики и электроники АН АрмССР

(Поступила в редакцию 24 октября 1987 г.)

Показано, что возникновение частиц льда в облаке можно обнаружить по радиолокационному отражению в субмиллиметровом диапазоне, где у льда имеется «окно» прозрачности по показателю поглощения для длины волн 0,3—0,8 мм. Расчеты показывают, что «сверхкрупные» капли в облаке при переходе в ледяное состояние увеличивают коэффициент радиолокационного отражения в «окне», более чем на два порядка, что может служить индикатором начала градообразовательного процесса в облаке.

Известно, что у льда нет полосы поглощения в микроволновой области спектра. Имеется только полоса от 1 до 100 км, которую трудно использовать для целей обнаружения льда в облаке. Однако у льда имеется

\* Из доклада автора на Всесоюзном семинаре по физике образования градовых процессов и активных воздействий на них. Нальчик, 15—16 октября, 1987 г.

великолепное «окно» по коэффициенту поглощения—в субмиллиметровом диапазоне, которое, как показывают расчеты [1], можно использовать для этих целей. Очевидно, борьбу с градом необходимо начинать с момента интенсивного роста сверхкрупных капель с переходом этих капель в переохлажденное состояние и покрытием капли ледяной коркой или при переходе сверхкрупных капель непосредственно в лед—ледяную крупу. Оказывается все эти процессы можно зафиксировать, исследуя распространение миллиметровых и субмиллиметровых волн в облаках. Для этих целей следует использовать именно указанные волны, так как размер сверхкрупных капель в облаках соизмерим с длиной волны зондирующего излучения, где резонансные свойства капель проявляются весьма ярко. Наиболее интересным во всем этом процессе является момент перехода сверхкрупных капель в лед и возможность четкой фиксации этого перехода, о чем и пойдет речь в настоящей работе.

Как известно, во всем микроволновом диапазоне действительная часть комплексного показателя преломления  $n$  льда постоянна и равна 1,78. Что касается мнимой части  $\chi$ , то в длинноволновой части микроволнового диапазона она определяется релаксационной поляризуемостью и рассчитывается по известным формулам Дебая. Релаксационная поляризуемость очень сильно зависит от температуры. С переходом в субмиллиметровый диапазон влияние релаксационной или ориентационной поляризуемости постепенно уменьшается, вместе с тем уменьшается и стремится к нулю величина  $\chi$ . Если функция  $\chi(\lambda)$ , где  $\lambda$ —длина волны, определялась бы только релаксационной поляризуемостью, то никакого «окна»  $\chi(\lambda)$  у льда не наблюдалось бы. Но с переходом в субмиллиметровый диапазон начинает уже играть роль резонансная поляризуемость, и на формирование  $\chi(\lambda)$  начинают оказывать влияние полосы поглощения льда в ИК области спектра (наиболее сильны полосы при 62,0 и 44,8 мкм). Резонансная поляризуемость приводит к тому, что величина  $\chi$ , максимальная в далекой ИК области, постепенно уменьшается с переходом в субмиллиметровую область спектра и опять стремится к нулю. Сложение двух вышеуказанных кривых  $\chi(\lambda)$  (резонансной и релаксационной) приводит к тому, что у кривой  $\chi(\lambda)$  в области 0,3—0,8 мм образуется «окно», изменяющееся с температурой из-за релаксационной поляризуемости и не зависящее от температуры со стороны резонансной поляризуемости.

Используя методику расчета, приведенную в [2], мы рассчитали кривые  $\chi(\lambda)$  льда для диапазона 0,1—10 мм и трех значений температуры: 0°, —10° и —20°C (см. рис. 1). Как следует из рисунка, минимальное значение  $\chi$  в «окне» имеет место при  $t = -20^\circ\text{C}$  и равно  $\chi = 3,678 \cdot 10^{-5}$ . Для  $\lambda = 0,1$  мм имеем  $\chi = 1,059 \cdot 10^{-1}$ , а для  $\lambda = 10$  мм —  $\chi = 1,064 \cdot 10^{-3}$ . Таким образом, различие в величинах  $\chi$ , в «окне» и при  $\lambda = 0,1$  мм, составляет более четырех порядков, а по сравнению с  $\lambda = 10$  мм—около двух порядков. Это различие существенно сказывается при расчетах радиолокационного отражения и ослабления по дифракционной теории Ми. Для сравнения по методике, изложенной в [3, 4], мы рассчитали  $n(\lambda)$  и  $\chi(\lambda)$  для воды в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах.

Используя рассмотренные выше  $n(\lambda)$  и  $\chi(\lambda)$  для льда и воды, распределение капель по размерам для основных типов облаков (всего 14

типов) и двух фракций размеров капель (от 1 до 20 мкм и от 85 до 1500 и более мкм [5—7]), по точным формулам Ми [8, 9] мы рассчитали спектральные коэффициенты: ослабления —  $\Gamma_0(\lambda)$ , рассеяния —  $\Gamma_p(\lambda)$ , поглощения —  $\Gamma_n(\lambda)$  и радиолокационного отражения —  $\Gamma_{рл}(\lambda)$  для 11 значений длин волн из диапазона 0,1 — 10 мм и температур от +20°C до -20°C, через каждые 10°.

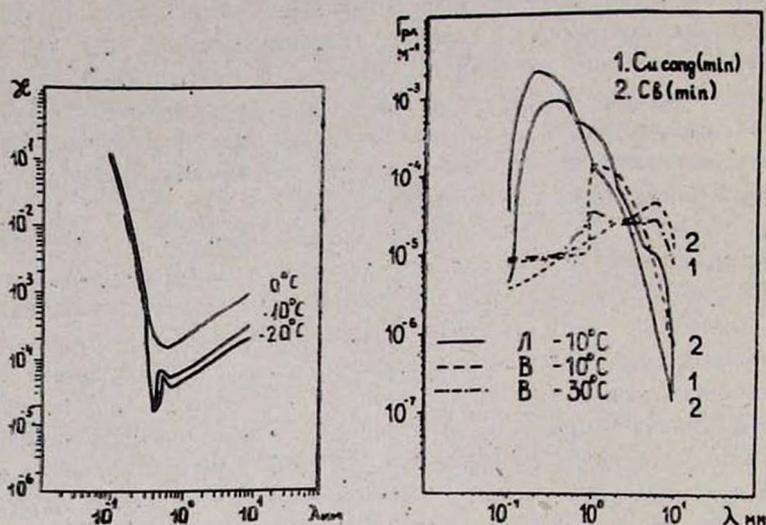


Рис. 1.

Рис. 1. Зависимость мнимой части  $\chi(\lambda)$  комплексного показателя преломления льда от длины волны в субмиллиметровом и миллиметровом диапазонах.

Рис. 2.

Рис. 2. Функция  $\Gamma_{рл}(\lambda)$  для сверхкрупных капель в конвективных облаках в переохлажденном (В) и ледяном (Л) состояниях.

На рис. 2 приводятся рассчитанные нами зависимости  $\Gamma_{рл}(\lambda)$  для конвективных облаков Cu cong (min) и Cb (min), для плотностей  $n^*(r)$  распределения капель по размерам в случае сверхкрупных капель [5—7], находящихся в переохлажденном состоянии при  $t = -10^\circ\text{C}$ , и таких же сверхкрупных капель, превратившихся в лед при  $t = -10^\circ\text{C}$ :  $n = 1,78$ , а  $\chi(\lambda)$  взята из рис. 1. Как следует из рис. 2, кривые  $\Gamma_{рл}(\lambda)$  льда имеют максимумы в области 0,3—0,8 мм и величина  $\Gamma_{рл}$  в максимуме более чем на два порядка превышает аналогичные значения  $\Gamma_{рл}$  для переохлажденной воды. Если сравнить с результатами подобного перехода в сантиметровом диапазоне [4], там это различие не превышает одного порядка. В отличие от сантиметрового диапазона  $\Gamma_{рл}(\lambda)$  в субмиллиметровом диапазоне имеет явно выраженный максимум.

Аналогичное различие наблюдается для дождящих облаков Д-10 и Д-50 [10] (см. рис. 3), в которых размер сверхкрупных капель несколько велик по сравнению с размерами капель для кривых на рис. 2. Как показывают расчеты [1], наибольшее различие перехода вода—лед имеет место в случае, когда максимум  $n^*(r)$  распределения капель по размерам совпадает со значением  $\lambda$  в «окне» прозрачности.

Как известно, в облаке наряду с радиолокационным отражением имеет место поглощение: водяным паром ( $\Gamma_n H_2O(l)$ ), сверхкрупными час-

тицами льда ( $\Gamma_{\text{пал}}(l)$ ), сверхкрупными каплями воды ( $\Gamma_{\text{пвт}}(l)$ ) и водяными каплями с размерами 1—20 мкм ( $\Gamma_{\text{пвл}}(l)$ ). На рис. 4 приводятся кривые  $\Gamma_{\text{рл}}(l)$  уже с учетом поглощения вышеуказанными фракциями облаков для  $D=10$  и  $D=50$  при температуре  $-10^\circ\text{C}$  и облака  $C=5$  (размеры 1—20 мкм). Сплошные кривые соответствуют присутствию в облаке сверхкрупных частиц льда, а пунктирные — сверхкрупных капель воды.

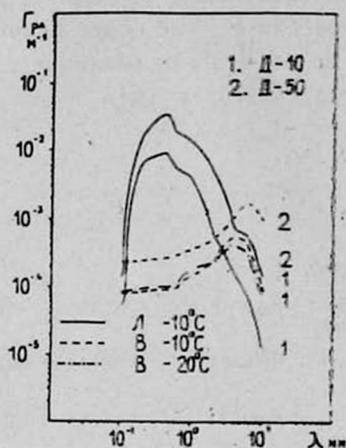


Рис. 3.

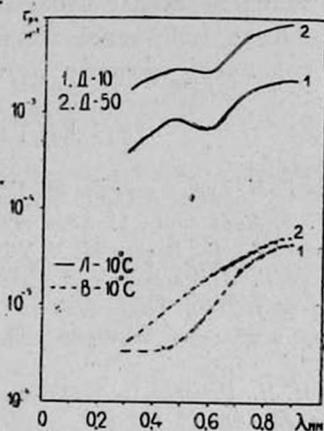


Рис. 4.

Рис. 3. Функция  $\Gamma_{\text{рл}}(\lambda)$  для сверхкрупных капель в дождящих облаках  $D=10$  и  $D=50$  в переохлажденном (В) и ледяном (Л) состояниях.

Рис. 4. Функция  $\Gamma_{\text{рл}}(\lambda)$  с учетом поглощения в облаке: 1 —  $D=10$ , 2 —  $D=50$  и сверхкрупных частиц льда (Л) — сплошная кривая, сверхкрупных капель воды (В) — пунктирная кривая.

Известно, что поглощение радиолокационного отражения только в облаке учитывается по формуле  $\Gamma_{\text{рл}} = \Gamma_{\text{рл}}^* \cdot \exp(-2\Gamma_{\text{п}}(l)l)$ , где  $\Gamma_{\text{рл}}^*$  — коэффициент радиолокационного отражения без поглощения в единицах  $M^{-1}$ ,  $\Gamma_{\text{п}}(l)$  — обобщенный коэффициент поглощения в тех же единицах,  $l$  — длина пути проникновения излучения в облако (в метрах). В качестве  $\Gamma_{\text{п}}(l)$  в случае сплошной кривой взято  $\Gamma_{\text{п}}(l) = (\Gamma_{\text{пвл}}(l) + \Gamma_{\text{пв}20}(l) + \Gamma_{\text{пвл}}(l))$ , а в случае пунктирной —  $\Gamma_{\text{п}}(l) = (\Gamma_{\text{пвл}}(l) + \Gamma_{\text{пв}20}(l) + \Gamma_{\text{пвл}}(l))$ . Для  $l$  взято 300 м, что соответствует длительности импульса радиолокатора в 1 мкс. Как показывает сравнение кривых 1 для  $D=10$ , различие в радиолокационном отражении опять составляет более двух порядков, но это различие больше, чем на рис. 3, где приводятся соответствующие кривые без учета поглощения. Аналогичная картина наблюдается и для облака  $D=50$  (кривые 2), где различие из-за поглощения еще больше. Следовательно, учет поглощения в облаке приводит к увеличению явления аномального радиолокационного отражения. Правда, остается неясным вклад общего рассеяния сверхкрупными каплями и частицами в аномальное радиолокационное отражение, что вместе с учетом поглощения вне облака будет сделано в отдельной работе.

Таким образом, расчеты показали, что при наличии в облаках сверхкрупных капель, когда поглощающие особенности льда в субмиллиметровом диапазоне («окно» по  $\chi$  при 0,3—0,8 мм) и дифракционные

особенности капель рассчитывается по точной формуле Ми, переход капель из жидкого состояния в ледяное или покрытие переохлажденной каплей ледяной коркой приводит к увеличению коэффициента радиолокационного отражения более, чем на два порядка. Этого вполне достаточно для уверенной фиксации перехода жидких капель в лед и установления начала градообразовательного процесса в облаке. Существующие до сих пор методы, основанные на наблюдениях в сантиметровом диапазоне, позволяли при таких переходах наблюдать изменения  $\Gamma_{рл}$  не более одного порядка, что было явно недостаточно, тем более, что это различие следует ожидать при очень крупных размерах гидрометеоров [4].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян Г. М. Опт. и спектр., 61, 577 (1986).
2. Ray. P. S. Appl. Opt., 11, 1836 (1972).
3. Малышенко Ю. И., Ваксер М. Х. УФЖ, 15, 1496 (1970).
4. Розенберг В. И. Рассеяние и ослабление электромагнитного излучения атмосферными частицами. Гидрометеоздат, Л., 1972.
5. Радиация в облачной атмосфере. Под ред. Е. М. Фейгельсон. Гидрометеоздат, Л., 1981.
6. Мазин И. П., Шметер С. М. Облака, строение и физика образования. Гидрометеоздат, Л., 1983.
7. Pruppacher H. R., Klett. I. D. Microphysics of clouds and precipitation. D. Reidel Publish. Co., 1978.
8. Шифрин К. С. Рассеяние света в мутной среде. Гостехиздат, М., 1951.
9. Дейрменджан Д. Рассеяние электромагнитного излучения сферическими полидисперсными частицами, Изд. Мир, М., 1971.
10. Кондратьев К. Я., Биненко В. И. Влияние облачности на радиацию и климат. Гидрометеоздат, Л., 1984.

### ԱՄՊԵՐՈՒՄ ՍԱՌՈՒՅՑԻ ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻՑ ԱՆՈՄԱԼ ՌԱԴԻՈԼՈԿԱՑԻՈՆ ԱՆԿՐԱԿԱՐՁՈՒՄԸ ՍԱՌՈՒՅՑԻ ԹԱՓԱՆՑԵԼԻՈՒԹՅԱՆ «ՊԱՏՈՒՀԱՆՈՒՄ» 0,3—0,8 մմ-ի ՎՐԱ

Հ. Մ. ԱՅՎԱԶՅԱՆ

Ցույց է տրված, որ ամպերում սառույցի մասնիկների առաջացումը կարելի է հայտնաբերել ըստ ռադիոլոկացիոն անդրադարձման ենթամիլիմետրանոց տիրույթում, որտեղ սառույցը ունի թափանցելիության «պատուհան» ըստ կլանման գործակցի 0,3—0,8 մմ երկարության ալիքների համար: Հաշվարկները ցույց են տալիս, որ գերխոշոր կաթիլները ամպերում սառույցի վիճակին անցնելիս մեծացնում են ռադիոլոկացիոն անդրադարձման գործակիցը «պատուհանում» ավելի քան երկու կարգով, որը և կարող է ծառայել ամպերում կարկառու լայցման պրոցեսի սկզբնավորման ինդիկատոր:

### ABNORMAL RADAR BACKSCATTERING FROM ICE PARTICLES IN A CLOUD IN ICE TRANSPARENCY „WINDOW“ RANGING FROM 0.3 TO 0.8 mm

H. M. AJVAZIAN

It is shown, that the formation of ice particles in clouds could be detected by radar backscattering in the submillimeter band 0.3—0.8 mm, where the ice has a transparency „window“ for the absorption coefficient. Calculations show, that at the transition of super-large droplets into ice, the factor of radar backscattering in the transparency „window“ increases by more than two orders of magnitude, and this may serve as an indication of hail formation in the cloud.