

# БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В РАЗВЕДЕННЫХ РАСТВОРАХ ПОЛЯРНЫХ ВЕЩЕСТВ В НЕПОЛЯРНЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

Э.Р. КАСИМОВ, Ч.О. КАДЖАР

*Институт Фотозлектроники АН Азербайджана  
370141, г. Баку, ул. Ф. Агаева, 555 квартал*

Ш.Г. ГАСАНОВ, Р.М. КАСИМОВ, Э.М. МАМЕДОВ

*Институт теоретических проблем химической технологии им. М.Ф. Нагиева АН Азербайджана  
370143, Баку, пр. Г. Джавида, 27*

Исследованы условия возникновения избирательного безотражательного поглощения микроволнового излучения в разведенных растворах полярного вещества в неполярном растворителе и проведена оценка полосы концентраций вблизи их избирательных значений, в пределах которой модуль коэффициента отражения волны остается ниже заданной граничной величины.

В работах [1,2] показана возможность проявления эффекта безотражательного поглощения микроволнового излучения в бинарных растворах полярных веществ в неполярных растворителях. Было установлено, что в области частот, где имеет место дисперсия волн у полярного вещества, в его растворах в неполярном растворителе существует индивидуальный, характерный для выбранной бинарной системы спектр концентраций, при которых возникает полное поглощение падающего на систему электромагнитного излучения. Получаемый спектр концентраций наиболее четко наблюдается в разбавленных растворах полярного вещества, что делает перспективным использование данного явления в аналитических задачах.

Для теоретического описания явления полного поглощения электромагнитного излучения в разбавленных растворах полярных молекул рассмотрим задачу отражения волн от двухслойной плоской системы диэлектрик-металл. При наличии поглощения в слое диэлектрика зависимость модуля коэффициента отражения волны  $\rho$  от толщины слоя вещества представляет собой осциллирующую затухающую кривую, экстремальные значения которой реализуются при толщинах слоя вещества близкими, но не кратными  $\lambda_g/4$ , где  $\lambda_g$  - длина волны в диэлектрике [1]. Согласно [3], безотражательное поглощение электромагнитного излучения в рассматриваемой системе возникает в точке одного из минимумов функций  $\rho(l)$  при достижении  $\rho$  нулевого значения. Этому условию соответствует уравнение вида:

$$\pi(2N - 1) + \operatorname{arctg} \frac{2ny}{n^2(1 + y^2) - 1} - \frac{1}{2y} \ln \frac{(1 + n)^2 + (ny)^2}{(1 - n)^2 + (ny)^2} = 0 \quad (1)$$

где  $n$  и  $y$  - коэффициент преломления и фактор диэлектрических потерь вещества, соответственно;  $N$  - порядковый номер минимума функции  $\rho(l)$ , при котором  $\rho = 0$  [3].

Ограничимся случаем разбавленных растворов полярного вещества в неполярном растворителе, в которых полярный компонент обладает, в отличие от растворителя, поглощением волн при выбранных частоте и температуре измерения. Будем считать, что в разбавленных растворах величина фактора диэлектрических потерь  $y$  достаточно мала, а значение коэффициента преломления  $n$  слабо зависит от состава раствора и близко по величине к коэффициенту преломления  $n_0$  неполярного растворителя. Учтем, что безотражательное поглощение электромагнитного излучения в разбавленных растворах полярных молекул возникает при высоких  $N$  [2]. В этих случаях второй член уравнения (1) оказывается достаточно малым по сравнению с остальными членами этого уравнения. Тогда, принимая в уравнении (1)  $n = n_0$  и пренебрегая, ввиду малости, членами, содержащими  $y^2$ , получим в первом приближении следующее уравнение:

$$2\pi(2N - 1)y = \ln \frac{(1 + n_0)}{(1 - n_0)} \quad (2)$$

Так как, в разбавленных растворах полярных молекул, как правило, соблюдается линейная зависимость фактора диэлектрических потерь  $y$  от концентрации  $\varphi$  полярного компонента раствора, уравнение (2) трансформируется к виду:

$$\varphi_0 = k \frac{1}{2N - 1} \quad (3)$$

где  $\varphi_0$  - концентрация полярного компонента раствора, соответствующая условию полного поглощения им падающего электромагнитного излучения.

Входящий в уравнение (3) постоянный коэффициент  $k$  зависит от диэлектрических свойств компонентов раствора при выбранных частоте и температуре измерения.

Таким образом, в разбавленных растворах полярных молекул должна соблюдаться инвариантность произведения  $\varphi_0(2N - 1)$ . Найденная закономерность подтвер-

ждается экспериментальными данными, полученными в работах [2,4] при исследовании безотражательного поглощения электромагнитного излучения бинарными растворами ацетон-бензол и формамид-диоксан при длине

волны  $\lambda=1,5$  см и температуре  $T=20$  °C (см. таблицу). Как следует из таблицы, произведение  $\varphi_0(2N-1)$  с ростом концентрации растворителя уменьшается и в дальнейшем стабилизируется.

Таблица. Значения избирательных концентраций  $\varphi_0$  и приведенной относительной полосы концентраций избирательного поглощения волн  $(1/\rho_r) / (\Delta\varphi/\varphi_0)$  раствора ацетон-бензол и формамид-диоксан при  $\lambda=1,5$  см и  $T=20$  °C. Концентрации полярного компонента раствора в весовых %.

Номер N нулевого минимума $\rho$	Ацетон-бензол			Формамид-диоксан		
	$\varphi_0$	$\varphi_0(2N-1)$	$(1/\rho_r) / (\Delta\varphi/\varphi_0)$	$\varphi_0$	$\varphi_0(2N-1)$	$(1/\rho_r) / (\Delta\varphi/\varphi_0)$
1	47.6	47.6	4.9	10.4	10.4	4.6
2	12.5	37.5	5.3	3.4	10.2	5.3
3	6.8	34.0	5.9	2.0	10.0	5.8
4	4.6	32.2	6.0	1.4	9.8	5.9
5	3.5	31.5	6.3	1.1	9.9	5.8
6	2.7	29.7	5.9	0.9	9.9	5.8
7	2.3	29.9	6.1	0.8	10.4	5.9
8	2.0	30.0	6.0	-	-	-

Так как безотражательное поглощение электромагнитного излучения носит избирательный характер, представлял определенный практический интерес анализ изменения величины коэффициента отражения волны  $\rho$  вблизи избирательных значений концентраций  $\varphi_0$  раствора. Для этого запишем известное выражение для модуля коэффициента отражения волны  $\rho$  в следующем виде:

$$\rho = \sqrt{\frac{(P - 1)^2 + Q^2}{(P + 1)^2 + Q^2}} \quad (4)$$

$$P = \frac{1}{n(1 + y^2)} \frac{sh(4\pi xy) - y \sin(4\pi x)}{ch(4\pi xy) + \cos(4\pi x)}$$

$$Q = \frac{1}{n(1 + y^2)} \frac{\sin(4\pi x) - ysh(4\pi xy)}{ch(4\pi xy) + \cos(4\pi x)}$$

$x=l/\lambda g$ ,  $l$  - толщина слоя вещества.

Ограничимся рассмотрением области малых изменений концентраций полярного компонента  $\varphi$  вблизи их избирательных значений  $\varphi_0$ . Тогда, при сохранении принятых для разбавленных растворов полярных молекул допущений получим следующее выражение для приведенной относительной полосы избирательного поглощения волн

$$(1/\rho_r)/(\Delta\varphi/\varphi_0) = \frac{8n_0}{(n_0^2 - 1) \ln[(n_0 + 1)/(n_0 - 1)]} \frac{1}{\sqrt{1 + A^2}} \quad (5)$$

где  $A = 2n_0 \frac{1 + n_0 \ln[(n_0 + 1)/(n_0 - 1)]}{\pi(2N - 1)(n_0^2 - 1)}$

$\rho_r$  - значение модуля коэффициента отражения волны на границах выбранной полосы изменения  $\varphi$ ;  $\Delta\varphi$  - полоса

изменения  $\varphi$  вблизи избирательного значения  $\varphi_0$ , в пределах которой выполняется условие  $\rho \leq \rho_r$ .

При  $N \geq 3$  входящий в уравнение (5) член  $A \ll 1$  и им можно пренебречь. Тогда для разбавленных растворов полярных молекул уравнение (5) упрощается и приводится к виду

$$(1/\rho_r)/(\Delta\varphi/\varphi_0) = \frac{8n_0}{(n_0^2 - 1) \ln[(n_0 + 1)/(n_0 - 1)]} \quad (6)$$

Из уравнения (6) вытекает, что в случае разбавленных растворов полярных молекул приведенная относительная полоса избирательного поглощения электромагнитного излучения  $(\rho \leq \rho_r) / (\Delta\varphi/\varphi_0)$  остается неизменной при всех избирательных концентрациях  $\varphi_0$  полярного компонента раствора. Указанный вывод подтверждается расчетами, полученными по экспериментальным данным ра-

бот [2,4] на примере разбавленных растворов ацетон-бензол и формамид-диоксан (см. таблицу). В этих растворах при больших значениях  $N$  приведенная относительная полоса концентраций избирательного поглощения волн остается в пределах ошибок измерения постоянной и близкой к вычисляемой по уравнению (6) величине.

[1] Р.М. Касимов, М.А. Калафи, Ч.О. Каджар и др. Инженерно-физической журнал, 1998, т. 71, № 2, с.282.

[2] Э.Р. Касимов, Ч.О. Каджар, М.А. Калафи. Физика, 1995, т. 1, № 2, с.37.

[3] Э.Р. Касимов, С.Т. Азизов, Р.М. Касимов и др. Известия АН Азербайджана, сер. физ.-техн. и мат. наук, 1995, т. 16, №5-6, с.22.

[4] Э.Р. Касимов, С.Т. Азизов, Р.М. Касимов и др. Физика, 1998, т. 4, № 1, с. 30.

E.R. Qasimov, Ç.O. Qacar, R.M. Qasimov, Ş.H. Həsənov, E.M. Məmmədov

### **POLYAR MADDƏLƏRİN QEYRİ-POLYAR HƏLLEDİCİLƏRDƏKİ DURU MƏHLULLARINDA MİKRODALĞA ŞÜALANMASININ ƏKS OLUNMAYAN UDULMASI**

Polyar maddələrin qeyri polyar həlledicilərdəki duru məhlullarında mikrodalğaların seçici əks olunmayan udulmasının əmələ gəlmə şəraiti öyrənilmişdir. Əksolunan dalğanın modul əmsalının verilmiş sərhəd qiymətinin aşağı həddlərində onların seçici kəmiyyətlərində qatılığın qiyməti təyin edilmişdir.

E.R. Kasimov, Ch.O. Qadjar, R.M. Kasimov, Sh.G. Gasanov, E.M. Mamedov

### **REFLECTIONLESS ABSORPTION OF MICROWAVE RADIATION IN MIXTURE SOLUTIONS OF POLAR SUBSTANCES IN NON-POLAR SOLVENTS**

The uprising conditions of selective reflectionless absorption of microwave radiation in mixture solutions of polar substance in non-polar solvents were investigated. The estimate of concentrations strip value near their selective quantities in limits of that the module of wave reflection coefficient is below of given boundary value was carried out.

*Дата поступления: 02.08.99*

*Редактор: Д.Ш. Абдинов*