ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ

XL, № 3
1965

Խմբագրական կոլեգիա

Է. Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, կենսաբանական գիտությունների թեկնածու, Ա. Թ. ԲԱԲԱՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Մ. ԹԱՌԱՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ թղթակից-անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, կենսաբանական գիտությունների դոկտոր (պատ. խմբագրի տեղակալ), Գ. Մ. ՂԱՐԻԲՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ թղթակից-անդամ, Ս. Հ. ՄԻՐԶՈՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ թղթակից-անդամ, Ս. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս, Մ. Մ. ՋՐԲԱՇՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր), Օ. Մ. ՍԱՊՈՆՋՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ թղթակից-անդամ:

Редакционная коллегия

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Э. Г. АФРИКЯН, кандидат биологических наук, А. Т. БАБАЯН, чл.-корресп. АН АрмССР, Г. М. ГАРИБЯН, чл.-корресп. АН АрмССР, М. М. ДЖРБАШЯН, академик АН АрмССР (отв. редактор), В. О. КАЗАРЯН, доктор биологических наук (зам. отв. редактора), С. А. МИРЗОЯН, чл.-корресп. АН АрмССР, С. С. МКРТЧЯН, академик АН АрмССР, А. Г. НАЗАРОВ, академик АН АрмССР, О. М. САПОНДЖЯН, чл.-корресп. АН АрмССР, В. М. ТАРАЯН, чл.-корресп. АН АрмССР

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆ
ЕРЕВАН

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

էջ

Մեխանիկա

Ա. Գ. Բագդոեվ — *Հարվածային ալիքի ազդեցության տակ գտնվող սեղմելի հեղուկի կիսատարածության շարժման խնդիրը* 129

Առաձգականության տեսություն

Ս. Մ. Սահակյան — *Կողքային նիստերով ամրակցված ուղղանկյան հաստ սալի ծռումը* 137

Ֆիզիկա

Ն. Ս. Քոչարյան, *Հայկական ՍՍՌ ԳԱ թղթակից-անդամ*, Խ. Բ. Փայտոյան, Ն. Ա. Նալբանդյան և Հ. Ա. Ահարոնյան — *Զգված պոլիմեթիլմեթակրիլատի ֆիզիկական հատկությունները* 145

Ա. Բ. Հակոբովա — *Ամրացնողների ազդեցությունը գերձայնային տատանումներով միջուկային էմուլսիայի մշակման վրա* 151

Ցու. Մ. Այվազյան — *Կամայական ձևով շարժվող մասնիկի դաշտի դիֆրակցիան կիսահարթության վրա* 155

Քիմիական ֆիզիկա

Կ. Տ. Հովհաննիսյան, Ա. Բ. Նալբանդյան, *Հայկական ՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս* և Ն. Ի. Պորսամյան — $H+C_2H_5OH$ *ռեակցիայի արագության հաստատունի որոշումը* 159

Ֆիզիկական քիմիա

Ս. Կ. Գրիգորյան, Հ. Հ. Զալբիկյան և Ն. Մ. Բեյլերյան — *Ամինների կառուցվածքի ազդեցության ուսումնասիրությունը ջրային լուծույթում կումոլի հիդրոպերօքսիդի քայքայման արագության վրա* 165

Բիոքիմիա

Մ. Ա. Տեր-Կարապետյան, *Հայկական ՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս*, և Ա. Ա. Էլիազյան — *Եմորասնկերի աղապտացիան l- արաբինոզի նկատմամբ* 169

Ա. Շ. Գալստյան — *Ջերմաստիճանի ազդեցությունը հողի ֆերմենտների ակտիվության վրա* 177

Օդերևութաբանություն

Գ. Դ. Զուբյան — *Ցուրտ օդային զանգվածների Հայաստան ներխուժման աերոլոգիական հետազոտություն* 183

Միկրոբիոլոգիա

Հ. Կ. Փանոսյան, *Հայկական ՍՍՌ թղթակից-անդամ*, և Գ. Ա. Բաբայան — *Սևանա լճի ջրից մեկուսացված հողաղբունտների ֆոսֆատազային ակտիվությունը* 189

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Механика

А. Г. Багдоев — Решение задачи о движении идеального жидкого полупространства под действием ударной волны 129

Теория упругости

С. М. Саакян — Изгиб прямоугольной толстой плиты с заделанными краями 137

Физика

Н. М. Кочарян, чл.-корр. АН Армянской ССР, *Х. Б. Пачаджян*, *Н. А. Налбандян* и *А. А. Агаронян* — Физические свойства растянутого полиметилметакрилата 145

А. Б. Акопова — Влияние дубящих веществ на обработку ядерных эмульсий ультразвуковыми колебаниями 151

Ю. М. Айвазян — О дифракции поля произвольно движущейся частицы на полуплоскости 155

Химическая физика

К. Т. Оганесян, *А. Б. Налбандян*, академик АН Армянской ССР, и *Н. И. Парсамян* — Определение константы скорости реакции атома H с молекулой C_2H_5OH 159

Физическая химия

С. К. Григорян, *О. А. Чалтыкян* и *Н. М. Бейлерян* — Исследование влияния структуры аминов на скорость распада гидроперекиси кумола . . 165

Биохимия

М. А. Тер-Карапетян, академик АН Армянской ССР, и *А. А. Элиазян* — Адаптация дрожжей к l- арабинозе 169

А. Ш. Галстян — Влияние температуры на активность ферментов почвы 177

Метеорология

Г. Д. Зубян — Аэрологическое исследование вторжений холодных масс воздуха в Армению 183

Микробиология

А. К. Паносян, чл.-корр. АН Армянской ССР, и *Г. С. Бабаян* — Фосфатазная активность обнаженных грунтов оз. Севан 189

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XL 1965 3

МЕХАНИКА

ПА-5638

А. Г. Багдоев

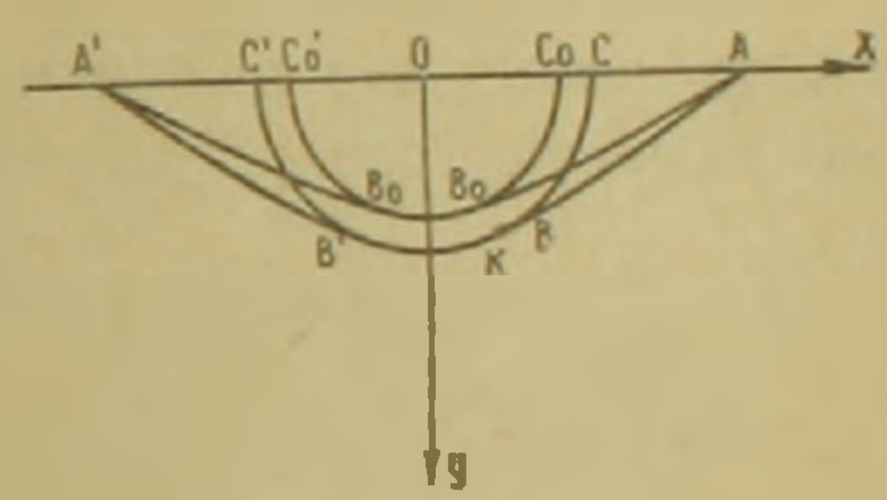
Решение задачи о движении идеального жидкого полупространства под действием ударной волны

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР С. А. Амбарцумяном 1/X 1964)

1. Пусть в некоторой точке O границы жидкого полупространства возникает некоторое давление, которое далее движется по границе ударной волны.

Допустим, что скорость фронта давления по границе V и значение давления во фронте на границе (точка A, фиг. 1) $P_\Phi = P_1$ постоянные.

Предположим, что давление возникает вдоль прямой по поверхности полупространства. Тогда задача будет плоской. Выберем ось Ox по границе невозмущенной жидкости, ось Oy в глубь жидкости, O точка возникновения давления на границе. Граничное условие на границе жидкости имеет вид



Фиг. 1.

$$P(x, y, t) = \begin{cases} P_1 P_a\left(\left|\dfrac{x}{Vt}\right|\right) & |x| < Vt, \\ 0 & |x| > Vt, \end{cases} \qquad (1.1)$$

где t время, $P_a\left(\left|\dfrac{x}{Vt}\right|\right)$ распределение давления за фронтом по границе.

Рассмотрим случай $V > a_0$; a_0—начальная скорость звука. Область возмущенного движения будет ограничена линией $ABB'A'$ фиг. 1, где BB' — участок ударной волны, соответствующий области влияния начальных условий, AB — огибающая граничных возмущений. В линейном случае граница возмущенной области дается линией $AB_0B_0'A$ фиг. 1.

Решение линейной задачи вблизи линии BB' имеет вид ([1]),

$$\frac{P}{P_1} = f(\theta)\frac{\sqrt{t - \frac{r_1}{a_0}}}{\sqrt{\frac{r_1}{a_0}}}, \tag{1.2}$$

где введены полярные координаты r_1, θ, и в случае $P_0 = 1$

$$f(\theta) = \frac{2}{\pi}\sin\theta\sqrt{2}\,\frac{M}{1 - M^2\cos^2\theta}, \qquad M = \frac{V}{a_0}. \tag{1.3}$$

Во втором приближении решение вблизи BB' найдется заменой линейных характеристик уточненными ([2])

$$\frac{P}{P_1} = f(\theta)\frac{\sqrt{y_1}}{\sqrt{\frac{r_1}{a_0}}}, \tag{1.4}$$

$$t = \frac{r_1}{a_0} - \beta(r_1)\sqrt{y_1} + y_1, \tag{1.5}$$

где $\beta(r_1) = \frac{1}{a_0}\frac{h+1}{2}\frac{P_1}{Bn}\sqrt{r_1}\sqrt{a_0}\,2f(\theta)$, $\quad Bn = \rho_0 a_0^2$, $\quad y_1$ мало.

На ударном фронте BB_1 имеем $\sqrt{y_1} = \frac{3}{4}\beta$,

$$\frac{P}{P_1} = \frac{3}{2}\frac{n+1}{2}f^2(\theta)\frac{P_1}{\rho_0 a_0^2}. \tag{1.6}$$

Нами показано, что решение (1.4), (1.5) соответствует точному частному решению газовой динамики

$$r_1 = a_0 t\left(1 + \frac{n+1}{2}\frac{P_1}{Bn}\delta\right), \qquad \frac{P}{P_1} = \mu, \tag{1.7}$$

$$\delta = 2\mu + C\mu^2, \tag{1.8}$$

полученному академиком Л. И. Седовым ([3]).

Решение (1.4), (1.5) будет малой второго порядка, но имеет конечные производные по r_1 — короткая волна.

Рассмотрим решение вблизи точек B, B' соединения областей эллиптичности $BCC'B'$ и гиперболичности ABC, $A'B'C'$ уравнений в переменных $\zeta = \frac{x}{t}$, $\eta = \frac{y}{t}$ на ударной волне. В линейном случае точка соединения B_0 имеет координату $\cos\theta_0 = \frac{a_0}{V}$. Решение (1.4), (1.5) будет справедливо для точек BB', $\theta - \theta_0 \sim \delta\left(\frac{P_1}{Bn}\right)^{\alpha}$, $\alpha < \frac{1}{2}$, причем в решении порядок давления $\left(\frac{P_1}{Bn}\right)^{2-2\alpha}$. При $\alpha = \frac{1}{2}$ нельзя пользоваться одномерными характеристиками. Решение в окрестности

точки B будет двумерной короткой волной, которую можно построить методом С. А. Христиановича и О. С. Рыжова ([4]).

Введем переменные*

$$r_1 = a_0 t\left(1 + \frac{n+1}{2} M_0 \delta\right), \qquad v_{r_1} = M_0 a_0 \mu,$$

$$\theta - \theta_0 = \sqrt{\frac{n+1}{2} M_0}\, Y, \qquad v_\theta = M_0^{\frac{3}{2}} a_0 \sqrt{\frac{n+1}{2}}\, \nu, \tag{1.9}$$

$$M_0 = \frac{P_1}{Bn}, \qquad \frac{P}{Bn} = M_0 \tau_1,$$

где v_{r_1} радиальная, а v_θ трансверсальная составляющие скорости. Решение уравнений коротких волн можно взять зависящим от трех констант ([4])

$$\delta = -\frac{1}{2}\frac{d\varphi}{d\mu}(Y - Y_B)^2 + F(\mu), \qquad \nu - \nu_B = \varphi(\mu)(Y - Y_B), \tag{1.10}$$

где

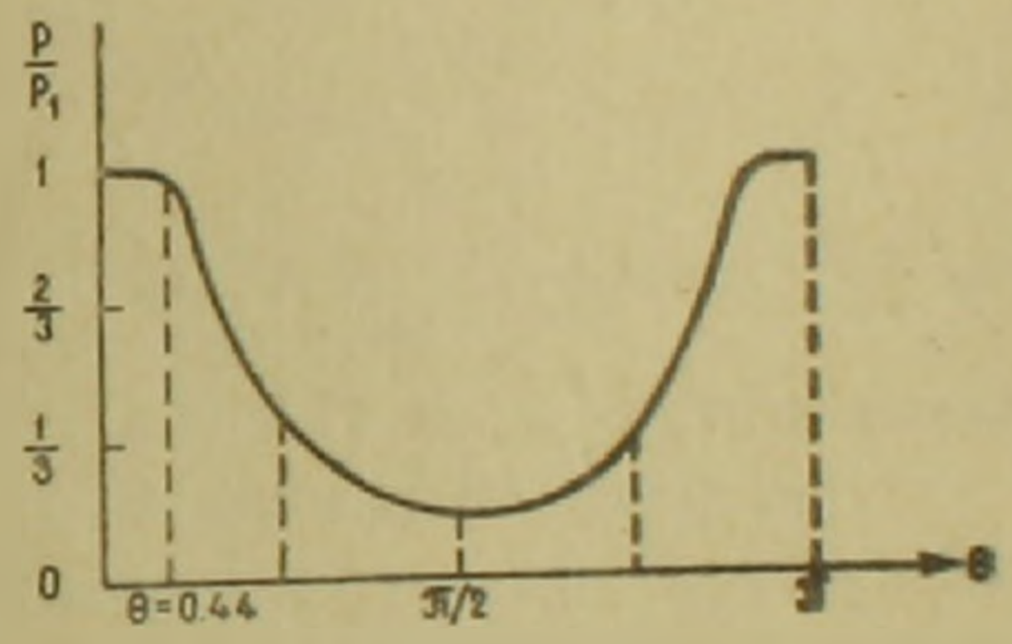
$$\varphi(\mu) = \frac{1}{c}\, thc\,(\mu - a) - \mu, \qquad F(\mu) = \mu + \frac{1 + e^{-2c(\mu - a)}}{2c} -$$

$$- \frac{k}{2c}\,(ch2c\,(\mu - a) - 1).$$

Вдоль линии BC имеем вблизи точки соединения B $\delta = 1$, $\nu = 1$, причем в точке B

$$\mu_B = \nu_B = \delta_B = 1, \qquad Y_B = -1. \tag{1.11}$$

Нетрудно найти из конечности $\left(\frac{\partial\mu}{\partial Y}\right)_B$, взятой вдоль линии BB', $a = 1$, $\left(\frac{\partial\mu}{\partial Y}\right)_B = -\frac{1}{2}$. Приближенная зависимость $\frac{P}{P_1}$ от θ дана на фиг. 2, где средняя часть графика $\theta \sim \frac{\pi}{2}$ рассчитана по (1.6), постоянное решение смыкается с (1.6) посредством решения (1.9), (1.10).



Фиг. 2.

Для определения решения в области эллиптичности $CBB'C'$ можно ввести по методу Лайтхилла ([5])

$$r = R + r_1(\theta) + r_2(\theta), \tag{1.12}$$

где $r_1 = 0$ для области BB' и $r_1(\theta) = v_{r_1} + \frac{n-1}{2}\frac{P_1}{Bn}$ на BC. Тогда,

* В работе ([6]) также даны уравнения типа ([1]). Частное решение ([6]), однако, не удовлетворяет всем условиям в B.

если записать уравнение для второго приближения в независимых переменных R, θ и перейти к переменным Чаплыгина, можно получить граничную задачу для уравнения Лапласа с правой частью в полукруге $R=1$, $0<\theta<\pi$, причем в окрестности точки B решение r_1 следует взять из (1.10).

Решение для второго приближения можно искать также в переменных x, y, t. Если потенциал скоростей φ искать в виде

$$\varphi = \gamma\varphi_1(u, x, y) + \gamma^2\varphi_2(u, x, y), \tag{1.13}$$

$$t = u + \gamma t_1(u, x, y), \tag{1.14}$$

где $\gamma = \frac{p_1}{\rho_0 a_0^2}$, то получим для φ_1 и φ_2 уравнения

$$\frac{\partial^2\varphi_1}{\partial u^2} - a_0^2\frac{\partial^2\varphi_1}{\partial x^2} - a_0^2\frac{\partial^2\varphi_1}{\partial y^2} = 0, \tag{1.15}$$

$$\frac{\partial^2\varphi_2}{\partial u^2} - a_0^2\frac{\partial^2\varphi_2}{\partial x^2} - a_0^2\frac{\partial^2\varphi_2}{\partial y^2} = 2\frac{\partial^2\varphi_1}{\partial u^2}\left(\frac{\partial t_1}{\partial y} + \frac{n-1}{2a_0^2}\frac{\partial\varphi_1}{\partial u}\right) -$$

$$-2\frac{\partial^2\varphi_1}{\partial x\,\partial u}\left(a_0^2\frac{\partial t_1}{\partial x} + \frac{\partial\varphi_1}{\partial x}\right) - 2\frac{\partial^2\varphi_1}{\partial y\,\partial u}\left(a_0^2\frac{\partial t_1}{\partial y} + \frac{\partial\varphi_1}{\partial y}\right) +$$

$$+\frac{\partial\varphi_1}{\partial u}\left(\frac{\partial^2 t_1}{\partial u^2} - a_0^2\frac{\partial^2 t_1}{\partial x^2} - a_0^2\frac{\partial^2 t_1}{\partial y^2}\right). \tag{1.16}$$

В окрестности $r_1 = a_0 t$ правая часть (1.16), где φ_1 находится из (1.3), имеет особенность; выберем t_1 из условия обращения в нуль при $r_1 = a_0 t$ коэффициентов при $\frac{\partial^2\varphi_1}{\partial u^2}$, $\frac{\partial^2\varphi_1}{\partial x\,\partial u}$, $\frac{\partial^2\varphi_1}{\partial y\,\partial u}$

$$t_1 = -\frac{n-1}{2}t - \frac{r_1}{a_0}\cos(\beta - \theta), \tag{1.17}$$

где β угол нормали к AB с Ox, причем $v_{r_1} = \frac{p_1}{\rho_0 a_0}\cos(\beta - \theta)$. Очевидно, что формулы (1.14), (1.17) и (1.18) дают одинаковый результат.

Для решения задачи во втором приближении во всей области $ABB'A'$ для произвольного давления на поверхности используем рассмотрения частных случаев работы ([7]).

Здесь снова применяется представление (1.13), (1.14), где $t_1(u, x, y)$ находится из условия равенства нулю потенциала φ_2 при $u = \tau_1$, $t = \tau_1(x, y)$ уравнение линии AB_0; полученное при этом значение γt_1 совпадает со значением нелинейного добавка к уравнению ударной волны AB_0, полученного нами методом замены линейных характеристик уточненными ([8]); далее можно решать волновое уравнение с правой частью (1.16) в переменных u, x, y в полупространстве*.

2. Задача § 1 по математической постановке совпадает с задачей по коническим течениям, имеющим место при обтекании под малым углом атаки α' низа треугольного и края низа прямоугольного крыла

* Давление на ударной волне во втором порядке найдется в конечном виде.

Для случая треугольного крыла со сверхзвуковыми кромками, с углом полураствора β, обтекаемого в направлении оси Oz со сверхзвуковой скоростью V, возмущенная область дается на фиг. 1, где в сечении z $OA = z \operatorname{tg} \beta$, $OB_0 = \dfrac{z}{\sqrt{\dfrac{V^2}{a_0^2} - 1}}$. Пусть v_x, v_y, $V + v_z$ составляющие скорости по осям.

Вблизи линии BB' решение подобно (1.2) § 1

$$\frac{v_y}{V\alpha'} = f_2(\theta) \sqrt{\frac{z - r\sqrt{\dfrac{V^2}{a_0^2} - 1}}{z}}, \tag{2.1}$$

где

$$f_2(\theta) = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \frac{\sin\theta \operatorname{tg}\beta \sqrt{\dfrac{V^2}{a_0^2} - 1}}{1 - \operatorname{tg}^2\beta \left(\dfrac{V^2}{a_0^2} - 1\right) \cos^2\theta}, \qquad v_r = -\sqrt{\frac{V^2}{a_0^2} - 1}\, v_x,$$

r, θ полярные координаты в плоскости

Если использовать метод замены линейных характеристик точными, найдем решение вблизи BB'

$$v_z = -A(\theta) \frac{\sqrt{y_1}}{\sqrt[4]{\dfrac{V^2}{a_0^2} - 1}\sqrt{r}}, \qquad A(\theta) = \frac{f_2(\theta) \operatorname{tg}\beta V\alpha'}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\beta \left(\dfrac{V^2}{a_0^2} - 1\right) - 1}},$$

$$\sqrt{y_1} = \frac{q(r) + \sqrt{q^2(r) + 4\left(z - r\sqrt{\dfrac{V^2}{a_0^2} - 1}\right)}}{2}, \tag{2.2}$$

$$q(r) = (n+1) \frac{V^3}{a_0^4} \sqrt{r} \frac{A(\theta)}{\left(\dfrac{V^2}{a_0^2} - 1\right)^{\frac{3}{4}}}.$$

Исключая $\sqrt{y_1}$, найдем решение, найденное Лайтхиллом другим способом ([9]). На ударном фронте BB' имеем

$$v_r = \frac{3}{4} A^2(\theta) \frac{V^3}{a_0^4} (n+1) \frac{1}{\left(\dfrac{V^2}{a_0^2} - 1\right)^{\frac{1}{2}}}, \tag{2.3}$$

v_r, v_θ радиальная и трансверсальные составляющие скорости.

Как выяснилось, возможность получения (2.3) указанным методом впервые показана Витемом (Journal Fluid Mech. 1956, № 3).

Решение (2.3), определяемое переменными $\dfrac{r}{z}$, θ, для дуги BB'

будет справедливо до расстояний от B, превышающих по порядку $\gamma^{\frac{1}{2}}$, $\gamma = \frac{(v_r)_B}{a_0}$, $\theta - \theta_0 > \sqrt{\gamma}$, $\cos\theta_0 = \frac{1}{\operatorname{tg}\beta\sqrt{\frac{V^2}{a_0^2}-1}}$, $(v_r)_B = \frac{Va'}{\sin\theta_0}$.

Вблизи точки B имеем двумерную короткую волну.

Вводя переменные

$$\zeta = \frac{r\sqrt{\frac{V^2}{a_0^2}-1}}{z}, \qquad \varsigma = 1 + M_0\delta, \qquad \theta - \theta_0 = \sqrt{M_0}\,Y,$$

$$v_\theta = M_0^{\frac{3}{2}} a_0 \nu, \qquad v_r = M_0 a_0 \mu, \qquad M_0 = \gamma, \tag{2.4}$$

получим из уравнений трехмерного установившегося движения

$$(n+1)\lambda\mu\frac{\partial\mu}{\partial\delta} - 2\delta\frac{\partial\mu}{\partial\delta} + \frac{\partial\nu}{\partial Y} + \mu = 0, \tag{2.5}$$

$$\sqrt{\frac{V^2}{a_0^2}-1}\; v_z = -v_r, \tag{2.6}$$

где постоянная $\lambda = \frac{\frac{V^3}{a_0^2}}{\left(\frac{V^2}{a_0^2}-1\right)^{\frac{3}{2}}}$.

Если ввести переменные $\sqrt{\lambda}\,\nu' = \nu$, $\sqrt{\lambda}\,Y' = Y$, $\lambda\delta' = \delta$, получим в точке B значения $\nu'_B = \delta'_B = \mu_B = 1$, $Y'_B = -1$ и решение будет даваться на фиг. 2.

Отметим, что имеющаяся по этому поводу работа ([10]), относящаяся к обтеканию низа края прямоугольного крыла, решение для которого можно получить из предыдущего, полагая $\theta_0 = \frac{3\pi}{2}$ ([5]), содержит вывод о том, что при перемещении вдоль ударной волны к оси Oy, за точкой B скорость v_y скачком возрастает со значения Va' до $\frac{8}{5}Va'$. Этот вывод, противоречащий факту наличия разрежения за точкой B, получен из предпосылок о том, что решение вблизи точки B малое первого порядка и его производные по r также малые первого порядка, тогда как мы показали, что производные по r конечны вблизи ударной волны.

3. В случае, если над поверхностью жидкости произведен взрыв на высоте h, граничное условие можно задавать в виде

$$P(x, y, t) = \begin{cases} P_1(x, t) & x < R(t), \\ 0 & x > R(t), \end{cases} \tag{3.1}$$

где $x = R(t)$ координата фронта давления по поверхности, причем $R'(o) = \infty$. Этот факт существенно меняет картину движения. В линейной постановке для координаты точки B имеем $x_B = \frac{a_0 t}{R'(o)}$ или $x_B = 0$. Отсюда следует, что участок BB', требующий особого рассмотрения, здесь отсутствует. Можно найти, что давление в точке B_0 по линейной теории, взятое вдоль ударной волны AB_0 и вдоль Oy, совпадает. Следовательно, давление в линейной постановке непрерывно в точке B_0.

Другой характерной особенностью рассматриваемой задачи является отсутствие ветвления вблизи линии BC, $r = a_0 t$. Известно, что в случае $R'(t) = \text{const}$ § 1 вблизи линии $r = a_0 t$ имеет место ветвление. Этот факт отсутствует в общей задаче с $h > 0$.

Для больших моментов t можно найти давление на ударной волне BB' методом замены линейных характеристик точными, причем в случае $R'(o) < \infty$ полученное решение будет годиться для всех моментов t, поскольку условие $\frac{a_0 y_1}{r} \ll 1$ будет всегда выполняться ([9]) на ударной волне, $y_1 = \text{const}$ уравнение характеристик, где в линейном случае $y_1 = t - \frac{r}{a_0}$. В случае же $R'(o) = \infty$ не удается получить единой формулы и необходимо склеивать два решения для конечных и больших t.

Методом ([9]), примененным для обтекания тел вращения, найден также хвостовой скачок в задаче о давлении.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Ա. Դ. ԲԱԳԴՈԵՎ

Հարվածային ալիքի ազդեցության տակ գտնվող սեղմելի հեղուկի կիսաեզրածության շարժման խնդիրը

Հեղուկի կիսատարածության շարժմանխնդրում ճնշման ազդեցության տակ ուսումնասիրվում է գծային տեսության ուղղումը հարվածի ալիքի ճակատի BB' (գծ. 1) շրջակայքում։ Եթե գծային տեսության տված լուծման մեջ գծային խարակտերիստիկները փոխարինել ճշգրտվածներով, ապա ճնշումը հարվածային ճակատի մոտ գտնվում է վերջավոր տնսրով։ Հարվածային ալիքների AB և BB' (նկ. 1) հատման կետի մոտ բերված մեթոդը ճիշտ լուծում չի տալիս և լուծումը տրվում է կարճ ալիքների մեթոդով։ Նույն մեթոդներով ուսումնասիրված է եռանկյուն քառանկյուն ձևերի շրջհոսման խնդիրները, որոնք մինչ այդ ուսումնասիրված էին ոչ ճիշտ ([10])։

Նիրկա հոդվածում գտնված է ճնշումը հարվածային ճակատի վրա և տված է լուծման գտնելու մեթոդը ամբողջ տիրույթում։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *А. Г. Багдоев*, Пространственные нестационарные движения, Ереван, 196[illegible] [2] *А. Г. Багдоев*, „Известия АН АрмССР", т. XVII, № 5 (1964). [3] *Л. И. Седов*, ПМ[illegible] т. IX, в. 4 (1945). [4] *А. А. Гриб, О. С. Рыжов, С. А. Христианович*, ПМТФ, № [illegible] 1960. [5] *М. Д. Лайтхилл*, Philosophical Magazine Kol. 40, 1949. [6] *Н. Х. Куо*, J. Aero[illegible] naut. Sci. Kol. 22, № 7, 1955. [7] *М. Х. Кларксон*, Quarterly Journal of Mechan[illegible] Kol. VII, 1954. [8] *А. Г. Багдоев*, „Известия АН АрмССР", т. XIV, № 5 (1961). [9] Об[illegible]щая теория аэродинамики больших скоростей. М., 1962. [10] *Ж. Леграс*. Nouvell[illegible] applications de la methode de Lighthill, Paris, ONeRa, 1953.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XL 1965 3

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

С. М. Саакян

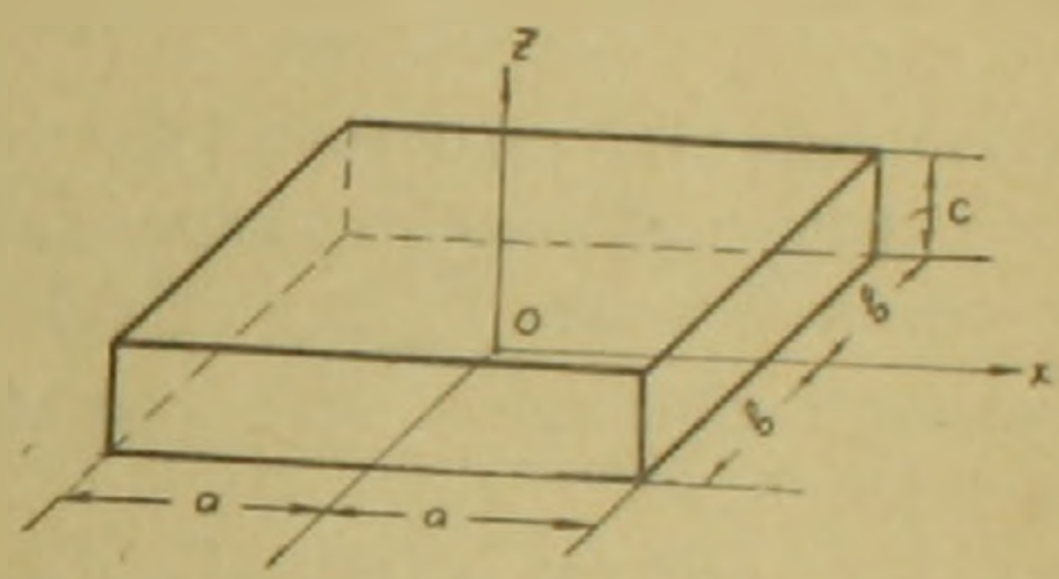
Изгиб прямоугольной толстой плиты с заделанными краями

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР О. М. Сапонджяном 5/XI 1964)

В статье дается точное решение задачи изгиба и растяжения прямоугольной толстой плиты с четырьмя заделанными кромками ($x = \pm a$, $y = \pm b$), когда действующая внешняя нагрузка приложена на плоскости ($z = c$) и распределена симметрично относительно координатных осей x и y (фиг. 1).

В силу симметрии задачу можно решать для четверти плиты ($x, y \geq 0$), требуя при этом, чтобы на плоскостях симметрии $x = 0$, $y = 0$; удовлетворялись условия симметрии:

$$\begin{aligned} x = 0: &\quad u = \tau_{xy} = \tau_{xz} = 0; \\ y = 0: &\quad v = \tau_{xy} = \tau_{yz} = 0, \end{aligned} \tag{1}$$



Фиг. 1.

На кромках $x = a$ и $y = b$ и на торцах $z = 0$ и $z = c$ выполняются следующие условия:

$$\begin{aligned} &x = a: \quad u = v = w = 0; \qquad y = b: \quad u = v = w = 0; \\ &z = 0: \quad \tau_{xz} = \tau_{yz} = \sigma_z = 0; \qquad z = c: \quad \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0; \\ &\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \sigma_z = f(x, y), \end{aligned} \tag{2}$$

где $f(x, y)$ кусочно-непрерывная функция, удовлетворяющая условиям:

$$f(x, y) = f(-x, y); \qquad f(x, y) = f(x, -y).$$

При решении задачи пользуемся уравнениями равновесия в перемещениях

$$\begin{aligned} &\mu\nabla^2 u + (\lambda + \mu)\frac{\partial\theta}{\partial x} = 0; \qquad \mu\nabla^2 v + (\lambda + \mu)\frac{\partial\theta}{\partial y} = 0; \\ &\mu\nabla^2 w + (\lambda + \mu)\frac{\partial\theta}{\partial z} = 0, \end{aligned} \tag{3}$$

где

$$\theta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}; \qquad \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

Решение системы (3) ищем в виде сумм двойных рядов Фурье

$$u = \sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty} f_{mn}^{(1)}(x)\cos\beta_m y\cos\gamma_n z + \sum_{l=1}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty}\varphi_{ln}^{(1)}(y)\sin\alpha_l x\cos\gamma_n z +$$

$$+\sum_{l=1}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}\psi_{lm}^{(1)}(z)\sin\alpha_l x\cos\beta_m y;$$

$$v = \sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty} f_{mn}^{(2)}(x)\sin\beta_m y\cos\gamma_n z + \sum_{l=1}^{\infty}\sum_{n=0}^{\infty}\varphi_{ln}^{(2)}(y)\cos\alpha_l x\cos\gamma_n z +$$

$$+\sum_{l=1}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}\psi_{lm}^{(2)}(z)\cos\alpha_l x\sin\beta_m y;$$

$$w = \sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n=1}^{\infty} f_{mn}^{(3)}(x)\cos\beta_m y\sin\gamma_n z + \sum_{l=1}^{\infty}\sum_{n=1}^{\infty}\varphi_{ln}^{(3)}(y)\cos\alpha_l x\sin\gamma_n z +$$

$$+\sum_{l=1}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty}\psi_{lm}^{(3)}(z)\cos\alpha_l x\cos\beta_m y, \tag{4}$$

где

$$\alpha_l = \frac{(2l-1)\pi}{2a}, \quad \beta_m = \frac{(2m-1)\pi}{2b}; \quad \gamma_n = \frac{n\pi}{c}.$$

Подставив (4) в (3) получим три системы обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка, в каждой из которых входят по три неизвестных функции $f_{mn}^{(i)}(x)$, $\varphi_{ln}^{(i)}(y)$; $\psi_{lm}^{(i)}(z)$; $(i = 1, 2, 3)$. Для рассматриваемой задачи решения указанных систем уравнений представляем в виде:

$$f_{mn}^{(1)}(x) = A_{mn}^{(1)}\operatorname{sh} k_{mn}x + D_{mn}^{(1)}xk_{mn}\operatorname{ch} k_{mn}x;$$

$$f_{mn}^{(i)}(x) = B_{mn}^{(i)}\operatorname{ch} k_{mn}x + C_{mn}^{(i)}k_{mn}x\operatorname{sh} k_{mn}x; \quad (i = 2, 3)$$

$$\varphi_{ln}^{(2)}(y) = M_{ln}^{(2)}\operatorname{sh} k_{ln}y + F_{ln}^{(2)}k_{ln}y\operatorname{ch} k_{ln}y; \tag{5}$$

$$\varphi_{ln}^{(i)}(y) = N_{ln}^{(i)}\operatorname{ch} k_{ln}y + E_{ln}^{(i)}k_{ln}y\operatorname{sh} k_{ln}y; \quad (i = 1, 3)$$

$$\psi_{lm}^{(i)}(z) = K_{lm}^{(i)}\operatorname{sh} k_{lm}z + L_{lm}^{(i)}\operatorname{ch} k_{lm}z + H_{lm}^{(i)}k_{lm}z\operatorname{sh} k_{lm}z +$$

$$+G_{lm}^{(i)}k_{lm}z\operatorname{ch} k_{lm}z; \quad (i = 1, 2, 3),$$

где $A_{mn}^{(1)}\cdots G_{lm}^{(3)}$ постоянные интегрирования, которые связаны следующими соотношениями:

$$k_{mn}A_{mn}^{(1)} + k_{mn}(2\eta + 1)D_{mn}^{(1)} + \beta_m B_{mn}^{(2)} + \gamma_n B_{mn}^{(3)} = 0;$$

$$\beta_m C_{mn}^{(3)} - \gamma_n C_{mn}^{(2)} = 0; \qquad k_{mn}C_{mn}^{(2)} + \beta_m D_{mn}^{(1)} = 0;$$

$$k_{ln}M_{ln}^{(2)} + k_{ln}(2\eta + 1)F_{ln}^{(2)} + \alpha_l N_{ln}^{(1)} + \gamma_n N_{ln}^{(3)} = 0; \tag{3}$$

$$\gamma_n E_{ln}^{(1)} - \alpha_l E_{ln}^{(3)} = 0; \qquad \gamma_n F_{ln}^{(2)} + k_{ln}E_{ln}^{(3)} = 0;$$

$$k_{lm} K_{lm}^{(3)} + k_{lm} (2\eta + 1) G_{lm}^{(3)} + \alpha_l L_{lm}^{(1)} + \beta_m K_{lm}^{(2)} = 0; \tag{6}$$

$$k_{lm} L_{lm}^{(3)} + k_{lm} (2\eta + 1) H_{lm}^{(3)} + \alpha_l K_{lm}^{(1)} + \beta_m K_{lm}^{(2)} = 0;$$

$$\alpha_l H_{lm}^{(2)} - \beta_m H_{lm}^{(1)} = 0; \qquad \alpha_l G_{lm}^{(3)} + k_{lm} H_{lm}^{(1)} = 0;$$

$$\alpha_l G_{lm}^{(2)} - \beta_m G_{lm}^{(1)} = 0; \qquad \beta_m H_{lm}^{(3)} + k_{lm} G_{lm}^{(2)} = 0.$$

Здесь

$$\eta = \frac{\mu}{\lambda + \mu}; \qquad k_{lm} = \sqrt{\alpha_l^2 + \beta_m^2}; \qquad k_{mn} = \sqrt{\beta_m^2 + \gamma_n^2}; \qquad k_{ln} = \sqrt{\alpha_l^2 + \gamma_n^2}.$$

Пользуясь обобщенными законами Гука и выражениями (4) для перемещения, получим решения для напряжений, выраженные через функции $f_{mn}^{(i)}(x)$, $\varphi_{ln}^{(i)}(y)$, $\psi_{lm}^{(i)}(z)$ $(i = 1, 2, 3)$. Удовлетворив граничным условиям (2), получим ряд соотношений между коэффициентами интегрирования $A_{mn}^{(1)} \cdots G_{lm}^{(3)}$. Разрешая эти соотношения вместе с (6) относительно неизвестных постоянных, для последних получим следующие выражения:

$$D_{mn}^{(1)} = \frac{a}{c} \frac{Y_{mn}}{\beta_m k_{mn} \operatorname{ch} k_{mn} a}; \qquad F_{ln}^{(2)} = \frac{b}{c} \frac{Z_{nl}}{\alpha_l k_{ln} \operatorname{ch} k_{ln} b};$$

$$H_{lm}^{(3)} = \frac{X_{lm}^{(2)} - X_{lm}^{(1)}}{2\alpha_l \beta_m}; \qquad G_{lm}^{(3)} = \frac{X_{lm}^{(1)} (\operatorname{ch} k_{lm} c + 1) - X_{lm}^{(2)} (\operatorname{ch} k_{lm} c - 1)}{2\alpha_l \beta_m \operatorname{sh} k_{lm} c};$$

$$C_{mn}^{(2)} = -\frac{a}{c \cdot k_{mn}^2} \cdot \frac{Y_{mn}}{\operatorname{ch} k_{mn} a}; \qquad C_{mn}^{(3)} = -\frac{a\gamma_n}{c\beta_m k_{mn}^2} \cdot \frac{Y_{mn}}{\operatorname{ch} k_{mn} a};$$

$$B_{mn}^{(2)} = \frac{a^2}{ck_{mn}} \cdot \frac{Y_{mn} \operatorname{sh} k_{mn} a}{\operatorname{ch}^2 k_{mn} a}; \qquad B_{mn}^{(3)} = \frac{a^2 \gamma_n}{ck_{mn} \beta_m} \cdot \frac{Y_{mn} \operatorname{sh} k_{mn} a}{\operatorname{ch}^2 k_{mn} a};$$

$$A_{mn}^{(1)} = -\frac{a}{c} \cdot \frac{(1 + 2\eta + ak_{mn} \operatorname{th} k_{mn} a) Y_{mn}}{\beta_m k_{mn} \operatorname{ch} k_{mn} a};$$

$$L_{lm}^{(3)} = -(\eta + 1) \frac{X_{lm}^{(2)} - X_{lm}^{(1)}}{2\alpha_l \beta_m}; \tag{7}$$

$$E_{ln}^{(3)} = -\frac{b\gamma_n}{c\alpha_l k_{ln}^2} \cdot \frac{Z_{ln}}{\operatorname{ch} k_{ln} b}; \qquad E_{ln}^{(1)} = -\frac{b}{ck_{ln}^2} \cdot \frac{Z_{ln}}{\operatorname{ch} k_{ln} b};$$

$$N_{ln}^{(1)} = \frac{b^2}{ck_{ln}} \cdot \frac{Z_{ln} \operatorname{sh} k_{ln} b}{\operatorname{ch}^2 k_{ln} b}; \qquad N_{ln}^{(3)} = \frac{b^2 \gamma_n}{c\alpha_l k_{ln}} \cdot \frac{Z_{ln} \operatorname{sh} k_{ln} b}{\operatorname{ch}^2 k_{ln} b};$$

$$M_{ln}^{(2)} = -\frac{b}{c} \cdot \frac{(1 + 2\eta + bk_{ln} \operatorname{th} k_{ln} b) Z_{ln}}{\alpha_l k_{ln} \operatorname{ch} k_{ln} b};$$

$$H_{lm}^{(1)} = \frac{X_{lm}^{(1)} (\operatorname{ch} k_{lm} c + 1) - X_{lm}^{(2)} (\operatorname{ch} k_{lm} c - 1)}{2\beta_m k_{lm} \operatorname{sh} k_{lm} c};$$

$$H_{lm}^{(2)} = -\frac{X_{lm}^{(1)} (\operatorname{ch} k_{lm} c + 1) - X_{lm}^{(2)} (\operatorname{ch} k_{lm} c - 1)}{2\alpha_l k_{lm} \operatorname{sh} k_{lm} c}; \quad G_{lm}^{(1)} = \eta \frac{X_{lm}^{(1)} - X_{lm}^{(2)}}{2\beta_m k_{lm}};$$

$$K_{lm}^{(2)} = -\eta \frac{X_{lm}^{(1)} - X_{lm}^{(2)}}{2\alpha_l k_{lm}}; \quad G_{lm}^{(2)} = \frac{X_{lm}^{(1)} - X_{lm}^{(2)}}{2\alpha_l k_{lm}}; \quad K_{lm}^{(1)} = \eta \frac{X_{lm}^{(1)} - X_{lm}^{(2)}}{2\beta_m k_{lm}};$$

$$L_{lm}^{(1)} = -\frac{1}{2\beta_m k_{lm} \operatorname{sh} k_{lm} c} \cdot \left[X_{lm}^{(1)} (1 + \operatorname{ch} k_{lm} c) \left(\eta - \frac{c k_{lm}}{\operatorname{sh} k_{lm} c} \right) + \right.$$

$$\left. + X_{lm}^{(2)} (1 - \operatorname{ch} k_{lm} c) \left(\eta + \frac{c k_{lm}}{\operatorname{sh} k_{lm} c} \right) \right]; \tag{7}$$

$$K_{lm}^{(3)} = -\frac{1}{2\beta_m \alpha_l \operatorname{sh} k_{lm} c} \left[X_{lm}^{(1)} (\operatorname{ch} k_{lm} c + 1) \left(\frac{c k_{lm}}{\operatorname{sh} k_{lm} c} + \eta + 1 \right) - \right.$$

$$\left. - X_{lm}^{(2)} (1 - \operatorname{ch} k_{lm} c) \left(\frac{c k_{lm}}{\operatorname{sh} k_{lm} c} - \eta - 1 \right) \right].$$

Входящие в (7) неизвестные постоянные $X_{lm}^{(1)}$, $X_{lm}^{(2)}$, Y_{mn}, Z_{ln} должны быть определены из следующих систем бесконечных уравнений.

$$e_{lm} X_{lm}^{(1)} = \sum_{n=0,2\ldots}^{\infty} a_{lmn} Y_{mn} + \sum_{n=0,2\ldots}^{\infty} b_{lmn} Z_{ln} + q_{lm}; \tag{8.1}$$

$$(l = 1, 2 \cdots; \; m = 1, 2 \cdots)$$

$$f_{lm} X_{lm}^{(2)} = \sum_{n=1,3\ldots}^{\infty} a_{lmn} Y_{mn} + \sum_{n=1,3\ldots}^{\infty} b_{lmn} Z_{ln} + q_{lm}; \tag{8.2}$$

$$(l = 1, 2 \cdots; \; m = 1, 2 \cdots)$$

$$g_{mn} Y_{mn} = \sum_{l=1}^{\infty} c_{lmn} Z_{ln} + \sum_{l=1}^{\infty} c_{lmn}^{(1)} X_{lm}^{(1)} \tag{8.3}$$

$$(n = 0, 2, 4 \cdots; \; m = 1, 2 \cdots)$$

$$g_{mn} Y_{mn} = \sum_{l=1}^{\infty} c_{lmn} Z_{ln} + \sum_{l=1}^{\infty} c_{lmn}^{(1)} X_{lm}^{(2)} \tag{8.4}$$

$$(n = 1, 3 \cdots; \; m = 1, 2 \cdots)$$

$$h_{ln} Z_{ln} = \sum_{m=1}^{\infty} d_{lmn} Y_{mn} + \sum_{m=1}^{\infty} d_{lmn}^{(1)} X_{lm}^{(1)} \tag{8.5}$$

$$(n = 0, 2 \cdots; \; l = 1, 2 \cdots)$$

$$h_{ln} Z_{ln} = \sum_{m=1}^{\infty} d_{lmn} Y_{mn} + \sum_{m=1}^{\infty} d_{lmn}^{(1)} X_{lm}^{(2)} \tag{8.6}$$

$$(n = 1, 3 \cdots; \; l = 1, 2 \cdots),$$

где введены обозначения:

$$e_{lm} = -\frac{k_{lm}}{\alpha_l \beta_m} \frac{1 - 2\nu}{v} \frac{\operatorname{sh} k_{lm} c + k_{lm} c}{\operatorname{ch} k_{lm} c - 1};$$

$$f_{lm} = \frac{k_{lm}}{\alpha_l \beta_m} \frac{1 - 2\nu}{v} \frac{\operatorname{sh} k_{lm} c - k_{lm} c}{\operatorname{ch} k_{lm} c + 1}; \tag{9}$$

$$g_{mn} = \frac{a}{c} \cdot \frac{(3-4\nu)\,\mathrm{th}\,k_{mn}a - \dfrac{ak_{mn}}{\mathrm{ch}^2 k_{mn}a}}{k_{mn}\beta_m};$$

$$h_{ln} = \frac{b}{c} \cdot \frac{(3-4\nu)\,\mathrm{th}\,k_{ln}b - \dfrac{bk_{ln}}{\mathrm{ch}^2 k_{ln}b}}{\alpha_l k_{ln}};$$

$$a_{lmn} = \frac{8}{c}\,\frac{1-2\nu}{v}\,\frac{\alpha_l(-1)^{l-1}}{\beta_m(\alpha_l^2+k_{mn}^2)}\left(\nu - \frac{\gamma_n^2}{\alpha_l^2+k_{mn}^2}\right);$$

$$b_{lmn} = \frac{8}{c}\,\frac{1-2\nu}{v}\,\frac{\beta_m(-1)^{m-1}}{\alpha_l(\alpha_l^2+k_{mn}^2)}\left(\nu - \frac{\gamma_n^2}{\beta_m^2+k_{ln}^2}\right); \qquad (9)$$

$$c_{lmn} = -\frac{4}{c} \cdot \frac{\beta_m(-1)^{l-1}\cdot(-1)^{n-1}}{(\alpha_l^2+k_{mn}^2)^2};$$

$$c_{lmn}^{(1)} = \frac{4}{c}(-1)^{l-1}\cdot(-1)^n \cdot \frac{\gamma_n^2 - \nu(\gamma_n^2+k_{lm}^2)}{\beta_m\cdot(k_{lm}^2+\gamma_n^2)^2};$$

$$d_{lmn} = \frac{4}{c} \cdot \frac{\alpha_l(-1)^{m-1}(-1)^{l-1}}{(\alpha_l^2+k_{mn}^2)^2};$$

$$d_{lmn}^{(1)} = \frac{4}{c}(-1)^{m-1}(-1)^n\,\frac{\gamma_n^2 - \nu\cdot(k_{lm}^2+\gamma_n^2)}{\alpha_l\cdot(\alpha_l^2+k_{mn}^2)^2}.$$

Свободный член q_{lm}, входящий в (7), является коэффициентом разложения в ряд Фурье $f(x, y)$ в области $(0 \leqslant x \leqslant a;\ 0 \leqslant a \leqslant b)$

$$f(x, y) = \sum_{l=1}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty} q_{lm}\cos\alpha_l x\cos\beta_m y. \qquad (10)$$

Докажем, что бесконечная система (8.1) квазивполне регулярна. Действительно, из (9) следует, что

$$S_1 = \sum_{n=0,2\ldots}\left|\frac{a_{lmn}}{e_{lm}}\right| + \sum_{n=0,2\ldots}\left|\frac{b_{lmn}}{e_{lm}}\right| = \frac{\mathrm{ch}\,k_{lm}c - 1}{\mathrm{sh}\,k_{lm}c + k_{lm}c} \times$$

$$\times\frac{8k_{lm}}{c}\sum_{n=0,2\ldots}\frac{|\nu k_{lm}^2 - (1-\nu)\gamma_n^2|}{(\gamma_n^2+k_{lm}^2)^2} = \frac{\mathrm{ch}\,k_{lm}c - 1}{\mathrm{sh}\,k_{lm}c + k_{lm}c} \times$$

$$\times\frac{8k_{lm}}{c}\left[2\sum_{n=2,4\ldots}^{n_{k,o}}\frac{\nu k_{lm}^2 - (1-\nu)\gamma_n^2}{(\gamma_n^2+k_{lm}^2)^2} + \frac{\nu}{k_{lm}^2} - \sum_{n=2,4\ldots}\frac{k_{lm}^2 - (1-\nu)(\gamma_n^2+k_{lm}^2)}{(\gamma_n^2+k_{lm}^2)^2}\right] =$$

$$= \frac{16k_{lm}}{c}\sum_{n=2,4\ldots}^{n_{k,o}}\frac{\nu k_{lm}^2 - (1-\nu)\gamma_m^2}{(\gamma_n^2+k_{lm}^2)^2} + (1-2\nu)\,\mathrm{cth}\,\frac{k_{lm}c}{2}\,\frac{12\nu}{k_{lm}c} - \frac{k_{lm}c}{2\mathrm{sh}^2\dfrac{k_{lm}c}{2}}. \qquad (11)$$

Здесь $n_{k,o}$ – целое число, которое определяется из неравенства

$$\nu k_{lm}^2 - (1-\nu)\gamma_n^2 \geqslant 0$$

$$n_{k,\,o} \leqslant \frac{ck_{lm}}{\pi}\sqrt{\frac{\nu}{1-\nu}} = a_{k,\,o}\sqrt{\frac{\nu}{1-\nu}} \quad \text{где:} \quad a_{k,\,o} = \frac{ck_{lm}}{\pi}. \tag{12}$$

Оценивая конечную сумму, входящую в (11)

$$\frac{16k_{lm}}{c}\sum_{n=2,\,4\ldots}^{n_{k,\,o}} \frac{\nu k_{lm}^2 - (1-\nu)\,\gamma_n^2}{(\gamma_n^2 - k_{lm}^2)^2}; \tag{13}$$

из выражения (13) после его преобразования при помощи (12) получаем:

$$\frac{8a_{k,\,o}}{\pi}\sum_{n=1,\,2\ldots}^{n_{k,\,o}} \frac{\nu a_{k,\,o}^2 - (1-\nu)\,n_{k,\,o}^2}{(n_{k,\,o}^2 + a_{k,\,o}^2)^2} \leqslant \frac{8a_{k,\,o}}{\pi}\int_0^{n_{k,o}} \frac{\nu a_{k,\,o}^2 - (1-\nu)\,x^2}{(x^2 + a_{k,\,o}^2)^2}\,dx =$$

$$= \frac{8a_{k,\,o}}{\pi}\left(\frac{n_{k,\,o}}{2\,(a_{k,\,o}^2 + n_{k,\,o}^2)} - \frac{1-2\nu}{2a_{k,\,o}}\operatorname{arctg}\frac{n_{k,\,o}}{a_{k,\,o}}\right) = \frac{4}{\pi}\left[\sqrt{\nu(1-\nu)} - \right.$$

$$\left. - (1-2\nu)\operatorname{arctg}\sqrt{\frac{\nu}{1-\nu}}\right]. \tag{14}$$

Следовательно, для сумм коэффициентов бесконечной системы (8,1) получаем оценку

$$S_1 \leqslant \frac{\operatorname{ch} k_{lm}c - 1}{\operatorname{sh} k_{lm}c + k_{lm}c}\left\{\frac{4}{\pi}\left[\sqrt{\nu(1-\nu)} - (1-2\nu)\operatorname{arctg}\sqrt{\frac{\nu}{1-\nu}}\right] + \right.$$

$$\left. + (1-2\nu)\operatorname{cth}\frac{k_{lm}c}{2} + \frac{12\nu}{k_{lm}c} - \frac{k_{lm}c}{2\operatorname{sh}^2\frac{k_{lm}c}{2}}\right\} = \varphi(k_{lm}, \nu),$$

где

$$\lim_{k_{lm}\to\infty}\varphi(k_{lm}, \nu) = \frac{4}{\pi}\left[\sqrt{\nu(1-\nu)} - (1-2\nu)\operatorname{argtg}\sqrt{\frac{\nu}{1-\nu}}\right] +$$

$$+ (1-2\nu) = f(\nu).$$

Расчеты показывают, что

$$f(o) = 1; \quad f(0{,}5) = \frac{2}{\pi}.$$

Для производной функции $f(\nu)$ имеем:

$$f'(\nu) = 2\left(\operatorname{arctg}\sqrt{\frac{\nu}{1-\nu}} - 1\right) < 0 \qquad \text{при} \quad (0 \leqslant \nu \leqslant 0{,}5).$$

Значит, функция $f(\nu)$ монотонно убывает в промежутке $(0 < \nu \leqslant 0{,}5)$ и имеет максимальное значение при $\nu = 0$. Следовательно, бесконечная система (8,1) квазивполне регулярна при $(0 < \nu \leqslant 0{,}5)$.

Такую же оценку получаем для бесконечной системы (8,2).

Для систем (8,3) имеем:

$$S_2=\sum_{l=1}^{\infty}\left|\frac{c_{lmn}}{g_{mn}}\right|+\sum_{l=1}^{\infty}\left|\frac{c^{(1)}_{lmn}}{g_{mn}}\right|\leqslant\frac{\beta_m k_{mn}}{(3-4\nu)\,\mathrm{th}\,k_{mn}a-\dfrac{ak_{mn}}{\mathrm{ch}^2 k_{mn}a}}\times$$

$$\times\frac{4}{a}\left[\sum_{l=1}^{\infty}\frac{\beta_m}{(\alpha_l^2+k_{mn}^2)^2}+\sum_{l=1}^{\infty}\frac{\gamma_n^2+\nu(k_{lm}^2+\gamma_n^2)}{\beta_m(k_{lm}^2+\gamma_n^2)^2}\right]=$$

$$=\frac{1}{(3-4\nu)\,\mathrm{th}\,k_{mn}a-\dfrac{ak_{mn}}{\mathrm{ch}^2 k_{mn}a}}\left[(1+2\nu)\,\mathrm{th}\,k_{mn}a-\frac{ak_{mn}}{\mathrm{ch}^2 k_{mn}a}\right]=$$

$$=1-2\,\frac{(1-3\nu)\,\mathrm{th}\,k_{mn}a}{(3-4\nu)\,\mathrm{th}\,k_{mn}a-\dfrac{ak_{mn}}{\mathrm{ch}^2 k_{mn}c}}<1\quad\text{при}\quad\left(\nu<\frac{1}{3}\right).$$

Аналогично доказывается, что бесконечные системы (8,4; 8,5; 8,6) также вполне регулярны. Таким образом, замечаем, что все бесконечные системы (8,1—8,6) либо вполне регулярны, либо квазивполне регулярны, поэтому формулы (7) позволяют определить все неизвестные постоянные интегрирования.

В заключение статьи отметим, что полученные результаты могут быть распределены также для случаев, когда перемещения на кромках $x=a$ и $y=b$ являются не нулевыми, а произвольными заданными функциями, не нарушающими симметричность распределения перемещений относительно координатных осей x, y. Такое обобщение полученных результатов требует введения новых свободных членов в уравнениях (8,1—8,6), которые не отражаются на регулярность бесконечных систем.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Ս. Մ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ

Կողմնային նիստերով ամրակցված ուղղանկյուն հաստ սալի ծռումը

Հոդվածում տրվում է կողմնային նիստերով ամրակցված ուղղանկյուն հաստ սալի ծռման և ձգման խնդրի ճշգրիտ լուծումը, երբ արտաքին բեռը ազդում է ($z=c$) հարթության վրա և բաշխված է կոորդինատական x, y առանցքների նկատմամբ սիմետրիկ։ Այդ սիմետրիկությունը հնարավորություն է տալիս խնդրի լուծումը իրականացնել սալի քառորդ մասի համար ($x, y\geqslant 0$) օգտվելով ($y=0$ և $x=0$) հարթությունների վրա եղած (1) պայմաններից։

Խնդրի լուծումը բերվում է գծային հավասարումների (8.1—8.6) անվերջ սիստեմների լուծմանը։ Ցույց է տրվում, որ այդ սիստեմները կվազի—լիովին ռեգուլյար են և ունեն վերևից սահմանափակ ու գրոյի ձգտող ազատ անդամներ։

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

XL 1965 3

ФИЗИКА

Н. М. Кочарян, чл.-корр. АН Армянской ССР, Х. Б. Пачаджян,
Н. А. Налбандян и А. А. Агаронян

ПА-5638.

Физические свойства растянутого полиметилметакрилата

(Представлено 12/VII 1964)

В настоящей работе проводилось исследование изменения некоторых физических свойств растянутого ПММА, в зависимости от степени растяжения, при комнатной температуре.

Высокоэластическому растяжению ПММА с молекулярным весом около 3000000 подвергались блоки сечением 5×5 *см* длиной 20 *см* на видоизмененной разрывной машине типа РМИ-60 при температуре 160°С, со скоростью растяжения 4 *мм*/мин. Затем из растянутых блоков изготавлялись цилиндрические образцы в направлениях растяжения (ось Z) и перпендикулярном направлении (ось X или Y). Цилиндры имели высоту 20—25 *мм* и диаметр 6—8 *мм*. Для исследования электрических свойств изготавлялись тонкие пластины в двух направлениях толщиною 0,3—0,4 *мм* и площадью около 3 *см*^{2}.

Рассмотрим упругие свойства одноосно растянутого полимера. Полимер, подвергнутый одноосному растяжению, будет иметь ось симметрии бесконечного порядка (C_∞) в направлении растяжения. Исходя из общей теории упругости для анизотропных тел ([1]), можно записать:

$$\begin{aligned}
-P_{xx} &= a_{11}U_{xx} + a_{12}U_{yy} + a_{13}U_{zz}, \\
-P_{yy} &= a_{12}U_{xx} + a_{11}U_{yy} + a_{13}U_{zz}, \\
-P_{zz} &= a_{13}U_{xx} + a_{13}U_{yy} + a_{33}U_{zz}, \\
P_{yz} &= a_{44}U_{yz}, \\
P_{zx} &= a_{44}U_{zx}, \\
P_{xy} &= a_{66}U_{xy} = {}^2(a_{11} - a_{12})\,U_{xy}.
\end{aligned} \tag{1}$$

В формуле (1) P_{ik} — тензор напряжения, а U_{ik} — тензор деформации, который равен:

$$U_{ik} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_k} + \frac{\partial U_k}{\partial x_i}\right) \qquad i, k = X, Y, Z, \tag{2}$$

где U_x, U_y и U_z — компоненты вектора смещения. Как видно из уравнения (1), в растянутых полимерах имеется 5 упругих постоянных. При всестороннем сжатии $P_{xx} = P_{yy} = P_{zz} = P$ и из уравнений (1) получаем значение для модуля Юнга в направлении осей X, Y, Z, а также коэффициенты Пуассона:

$$\frac{1}{E_x} = \frac{1}{E_y} = \frac{a_{11}a_{33} - a_{13}^2}{\Delta}, \qquad \frac{1}{E_z} = \frac{a_{11}^2 - a_{12}^2}{\Delta}, \tag{3}$$

где

$$\Delta = a_{11}^2 a_{33}^2 + 2a_{13}^2 a_{12} - 2a_{13}^2 - a_{12}^2 a_{33}.$$

Коэффициенты Пуассона:

$$\sigma_{xy} = \sigma_{yx} = \frac{a_{12}a_{33} - a_{13}^2}{a_{11}a_{33} - a_{13}^2},$$

$$\sigma_{xz} = \sigma_{yz} = \frac{a_{13}(a_{11} - a_{12})}{a_{11}a_{33} - a_{13}^2}; \qquad \sigma_{zx} = \sigma_{zy} = \frac{a_{13}}{a_{11} - a_{12}}. \tag{4}$$

Из уравнений (3) и (4) получаем также

$$\frac{\sigma_{xz}}{E_x} = \frac{\sigma_{zx}}{E_z}. \tag{5}$$

В коэффициенте Пуассона σ_{ik} первый индекс указывает направление сжатия, а второй индекс — направление поперечного расширения. Используя выражение (1), (3), (4), получаем для компонентов деформации:

$$U_{xx} = -\frac{P}{E_x}\left(1 - \sigma_{xy} - \sigma_{zx}\frac{E_x}{E_z}\right),$$

$$U_{yy} = -\frac{P}{E_y}\left(1 - \sigma_{xy} - \sigma_{zx}\frac{E_x}{E_z}\right), \tag{6}$$

$$U_{zz} = -\frac{P}{E_z}\left(1 - 2\sigma_{zx}\right).$$

Получим теперь скорость распространения упругих волн в растянутых полимерах. Для этого используем общее уравнение движения [1] в виде:

$$\rho \ddot{U}_i = \frac{\partial P_{ix}}{\partial x} + \frac{\partial P_{iy}}{\partial y} + \frac{\partial P_{iz}}{\partial z} \qquad i = X, Y, Z.$$

Используя уравнение (1) и (3) имеем:

$$\rho \ddot{U}_x = a_{11}\frac{\partial^2 U_x}{\partial x^2} + \frac{a_{66}}{2}\frac{\partial^2 U_x}{\partial y^2} + \frac{a_{44}}{2}\frac{\partial^2 U_x}{\partial z^2} + \left(a_{12} + \frac{a_{66}}{2}\right)\frac{\partial^2 U_y}{\partial x \partial y} +$$

$$+ \left(a_{13} + \frac{a_{44}}{2}\right)\frac{\partial^2 U_z}{\partial x \partial y},$$

$$\rho \ddot{U}_y = a_{11}\frac{\partial^2 U_x}{\partial y^2} + \frac{a_{66}}{2}\frac{\partial^2 U_y}{\partial x^2} + \frac{a_{44}}{2}\frac{\partial^2 U_y}{\partial z^2} + \left(a_{12} + \frac{a_{66}}{2}\right)\frac{\partial^2 U_y}{\partial x \partial y} +$$

$$+ \left(a_{13} + \frac{a_{44}}{2}\right)\frac{\partial^2 U_z}{\partial x \partial y}, \qquad (7)$$

$$\rho \ddot{U}_z = \frac{a_{44}}{2}\frac{\partial^2 U_z}{\partial x^2} + \frac{a_{44}}{2}\frac{\partial^2 U_z}{\partial y^2} + a_{33}\frac{\partial^2 U_z}{\partial z^2} + \left(\frac{a_{44}}{2} + a_{13}\right)\frac{\partial^2 U_x}{\partial x \partial z} +$$

$$+ \left(\frac{a_{44}}{2} + a_{13}\right)\frac{\partial^2 U_z}{\partial y \partial z}.$$

Отсюда можно получить скорости распространения поперечных и продольных волн в направлении растяжения и в перпендикулярном направлении. Нас интересуют скорости распространения продольных (звуковых) волн.

Найдем решение распространения продольных волн в виде

$$U_x = U_0 e^{i(kx-\omega t)} \quad \text{и} \quad U_z = U_0' e^{i(kz-\omega t)},$$

тогда получим:

$$\rho\omega^2 = a_{11}k^2 \quad \text{или} \quad C_x = C_y = \sqrt{\frac{a_{11}}{\rho}}, \qquad (8)$$

$$\rho\omega^2 = a_{33}k^2 \quad \text{или} \quad C_z = \sqrt{\frac{a_{33}}{\rho}}. \qquad (9)$$

Из уравнений (1), (3), (4), (5), (6) получаем:

$$a_{11} = \frac{E_x(E_z - F_x\sigma_{zx}^2)}{(1+\sigma_{xy})(E_z - 2\sigma_{zx}^2 E_x - \sigma_{xy}E_z)},$$

$$a_{33} = \frac{E_z^2(1-\sigma_{xy})}{E_z - 2E_x\sigma_{zx}^2 - E_z\sigma_{xy}}.$$

Подставляя значения a_{11} и a_{33} в (8) и (9), имеем:

$$C_x = \sqrt{\frac{E_x(E_z - E_x\sigma_{zx}^2)}{\rho(1+\sigma_{xy})(E_z - 2E_x\sigma_{zx}^2 - E_z\sigma_{xy})}}, \qquad (10)$$

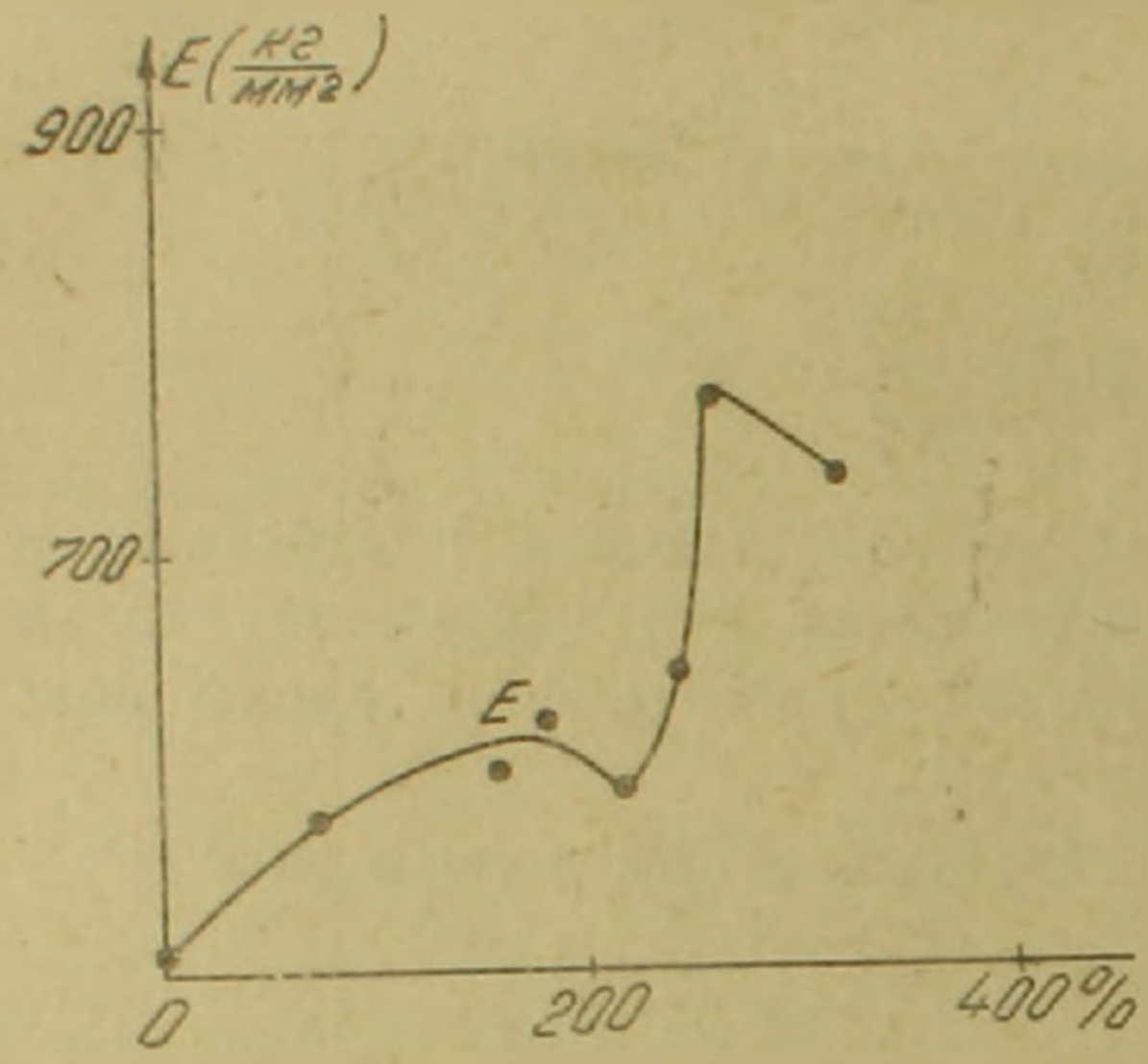
$$C_z = \sqrt{\frac{E_z^2(1-\sigma_{xy})}{\rho(E_z - 2E_x\sigma_{zx}^2 - E_z\sigma_{xy})}}. \qquad (11)$$

Для скорости распространения упругих продольных волн в тонких стержнях получаем ([1])

$$C_x^{ст} = \sqrt{\frac{E_x}{\rho}} \quad \text{и} \quad C_z^{ст} = \sqrt{\frac{E_z}{\rho}}, \qquad (12)$$

где $C_x^{ст}$ и $C_z^{ст}$ — скорости звуковых волн в стержнях в направлении оси X и Z соответственно.

Модуль Юнга измерялся для цилиндрических стержней ПММА ультразвуковым методом, описанным в работе ([2]). С помощью формул (12) мы определяли E_z и E_x. На рис. 1 приведена кривая зависимости модуля Юнга E_z в зависимости от степени растяжения. Как видно из рисунка, вначале модуль Юнга увеличивается до растяжения на 180%, затем получается небольшой спад с минимумом при растяжении на 220%, с последующим повышением и спадом. Данные на кривой фиг. 1 находятся в полном согласии с результатом ([3]), где приводятся изменения второго момента растянутого ПММА в зависимости от степени растяжения. Эти результаты показывают, что при растяжении ПММА в направлении оси Z в начальной стадии увеличиваются межмолекулярные взаимодействия, затем при растяжении на 220% происходит его уменьшение. Дальнейшее растяжение снова приводит к увеличению межмолекулярных связей с ее дальнейшим уменьшением. Измеряя скорость звука по формулам (10) и (11), мы получаем коэффициенты Пуассона σ_{xy}, σ_{xz} и σ_{zx}. Эти данные приведены в табл. 1.



Фиг. 1. Зависимость модуля Юнга E_z от растяжения.

Таблица 1

	0	70%	160%	180%	220%	245%	260%	320%
σ_{xy}	0,39	0,405	0,375	0,573	0,372	0,437	0,535	0,510
σ_{xz}	0,39	0,288	0,313	0,215	0,321	0,274	0,163	0,197
σ_{zx}	0,39	0,356	0,362	0,341	0,371	0,332	0,242	0,289

Мы одновременно измеряли коэффициент линейного расширения α_z в зависимости от степени растяжения для образцов, вытянутых в направлении оси Z. Кривая этой зависимости приведена на фиг. 2. С увеличением степени растяжения до 180% коэффициент теплового расширения уменьшается. Затем α_z увеличивается, и там, где для модуля Юнга получен небольшой спад, значение α_z проходит через максимум. Этот результат также свидетельствует об увеличении в начале межмолекулярных связей, с дальнейшим его уменьшением, так как для одного и того же вещества величина $\alpha = \frac{1}{l}\frac{\Delta l}{\Delta t}$ будет

тем больше, чем меньше силы Ван-дер-Ваальса (например, увеличение α с температурой для всех твердых тел).

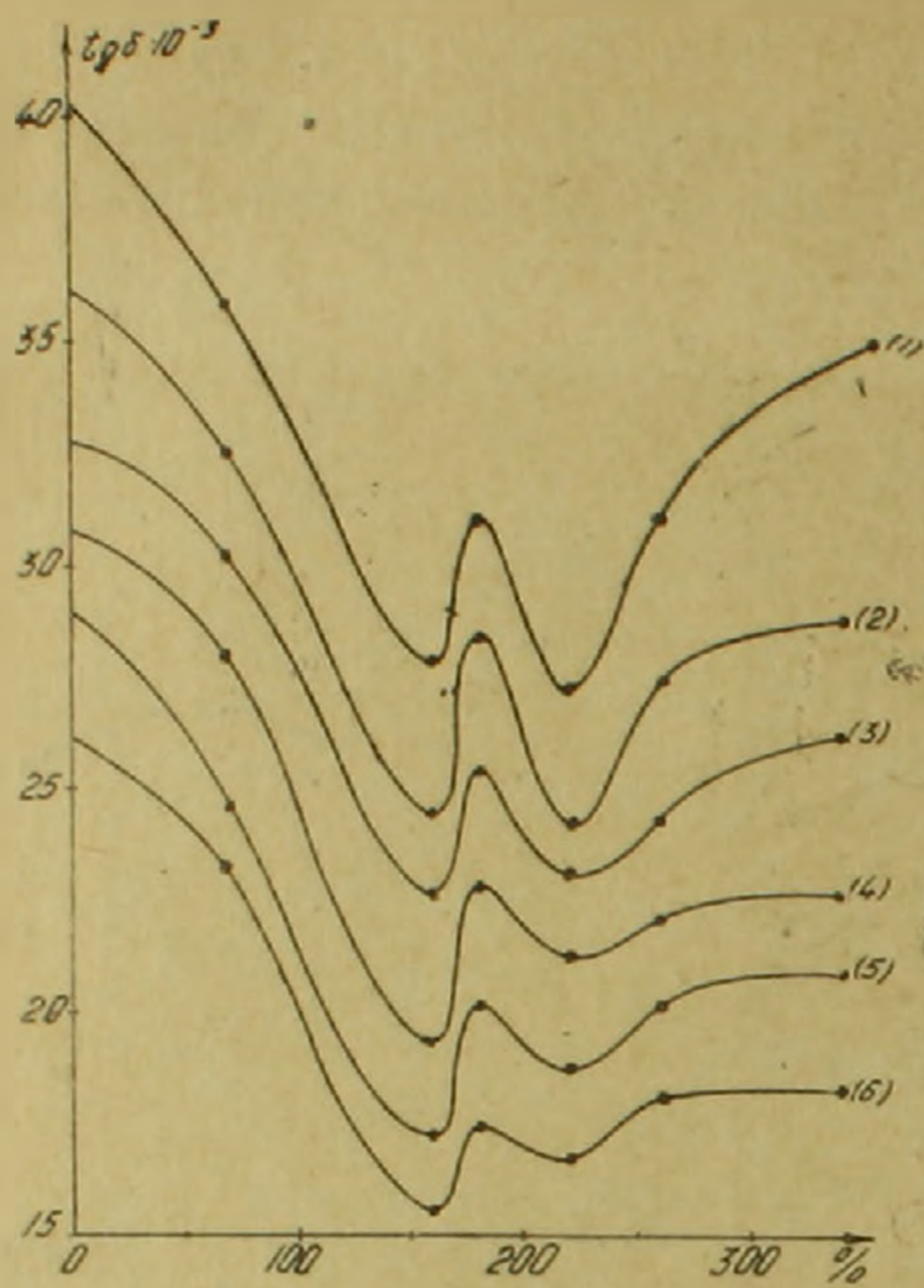
Имея в виду, что ПММА является полярным полимером, мы решили одновременно измерить электрические характеристики исследуемых нами образцов. Диэлектрические потери и электрическое сопротивление также могут характеризовать структурные изменения при растяжении. На фиг. 3 приведены значения тангенса угла потерь от степени растяжения для различных частот. На этих кривых, особенно в области малых частот, виден заметный максимум $tg\delta$ в области растяжения около 180% и минимум в области 220%. Этот результат очень важен Он указывает на увеличение дипольного момента растянутого ПММА при растяжении на 180% и его уменьшение при растяжении на 220%. Увеличение дипольного момента приводит к изменению межмолекулярных сил, наблюдаемых нами при измерениях модуля Юнга E_z и коэффициента теплового расширения α_z. Как известно, с увеличением полярности уменьшается электрическое сопротивление полимера, и наоборот. Результат измерения сопротивления на фиг. 4 показывает, что в точке растяжения на 220% дипольный момент (μ) боковых цепочек ПММА уменьшается и, следовательно, сопротивление полимера в этой части кривой увеличивается.

Фиг. 2. Зависимость коэффициента температурного расширения α_z от степени растяжения.

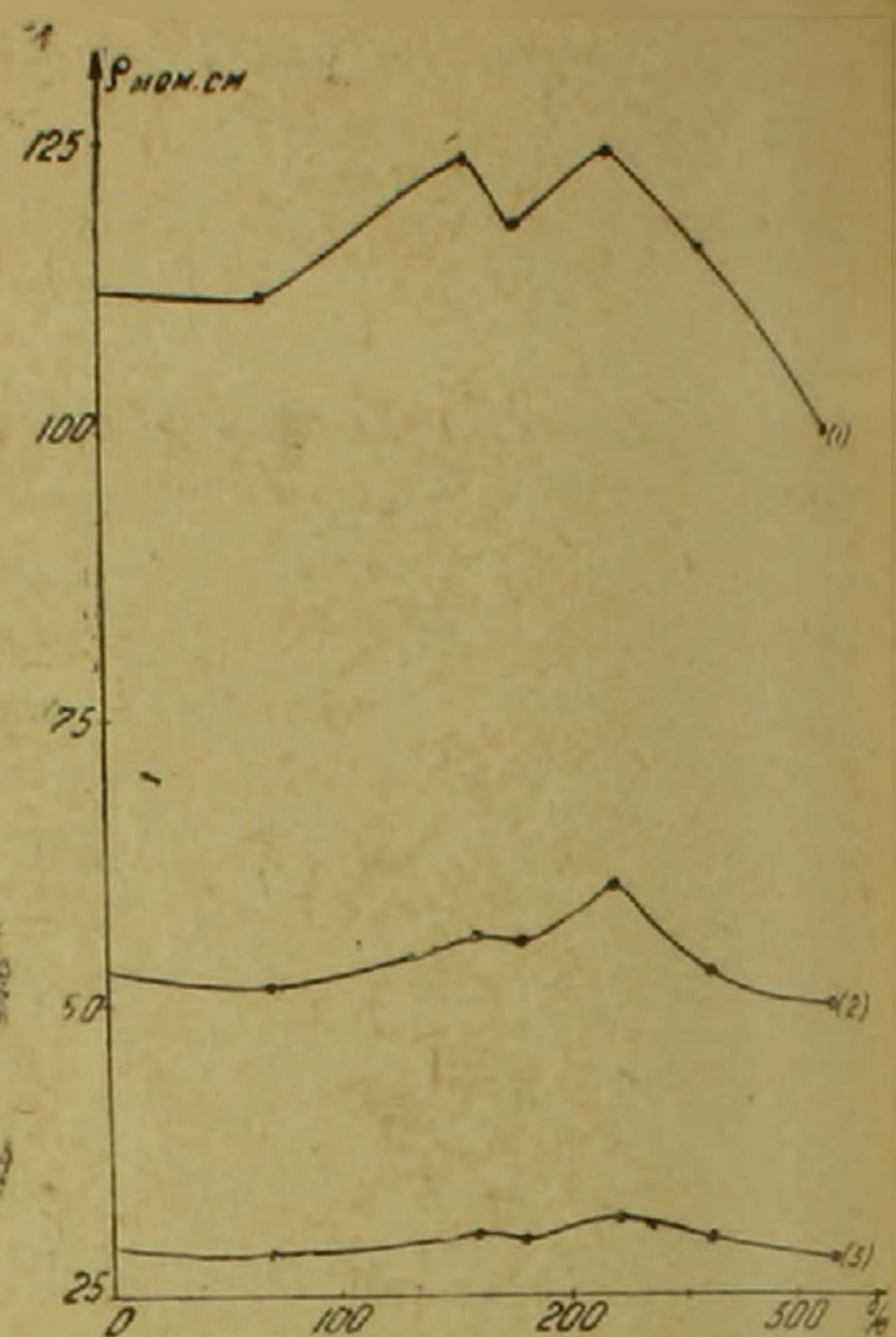
Если обычно для неполярных, особенно для кристаллизирующих полимеров (полиэтилен, политетрафторэтилен) с растяжением монотонно растет как модуль Юнга, так и второй момент ([4, 5]), то для ПММА наблюдается специфичность в изменении этих величин.

Результаты нашей работы указывают на сложный механизм, происходящий в ПММА при растяжении. Исследования, проведенные нами в этой работе, говорят о своеобразном изменении дипольного момента полярной группы ПММА при растяжении. Одновременно с изменением μ изменяются все величины, характеризующие межмолекулярные взаимодействия.

Однако эта корреляция нарушается при больших растяжениях, когда, как известно ([6]), имеет место разрыв химических связей в макромолекулах.



Фиг. 3. Зависимость tg δ для разных частот от степени растяжения. (1)—$2\cdot10^5$ *гц*, (2)—$5\cdot10^5$ *гц*, (3)—10^6 *гц*, (4)—$3\cdot10^6$ *гц*, (5)—$7{,}5\cdot10^6$ *гц*, (6)—$2\cdot10^7$ *гц*.



Фиг. 4. Зависимость ρ для разных частот от степени растяжения (1)—$2\cdot10^5$ *гц*, (2)—$5\cdot10^5$ *гц*, (3)—10^6 *гц*.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность В. Аракеляну, С. Марданян и Л. Мовсесяну за помощь при выполнении данной работы.

ЦНИ физико-техническая лаборатория
Академии наук Армянской ССР

Ն. Մ. ԿՈՉԱՐՅԱՆ, Հայկական ՍՍՌ ԳԱ թղթակից-անդամ, Ա. Բ. ՓԱՔԱԼՈՎ,
Ն. Ա. ՆԱԼԲԱՆԴՅԱՆ և Հ. Ա. ԱՀԱՐՈՆՅԱՆ

Ձգված պոլիմերթիլմենթակրիլատի ֆիզիկական հատկությունները

Տվյալ աշխատանքում ուսումնասիրվել է ձգված պոլիմերթիլմեթակրիլատի ֆիզիկական հատկությունները:

Չափվել են՝ Յունգի մոդուլը՝ E_z (գծ. 1), Պուասոնի գործակիցները՝ σ_{xy}, σ_{xz}, σ_{zx} (աղյուսակ 1), ջերմային ընդարձակման գործակիցը՝ α_z (գծ. 2), դիէլեկտրիկ կորուստների անկյան տանգենսը՝ tg δ (գծ. 3) և ծավալային դիմադրությունը՝ ρ (գծ. 4) կախված ձգման աստիճանից:

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Л. Ландау* и *Е. Лифшиц*, Механика сплошных сред, Гостехиздат, 1944. [2] *В. А. Красильников*, Звуковые и ультразвуковые волны, Физматгиз, 1960. [3] *Н. М. Кочарян*, *А. П. Пикалов*, в печати. [4] *К. Ямагата* и *С. Хирото*, Журнал прикладной физики (Оё буцури), том 30, № 4, стр. 361—267, 1962 (Япония). [5] *Т. Тюдзе* и *К. Судзуки*, Физические исследования, Бусейрон Кэнкю, II полугодие, т. 10, № 3, стр. 159—164, сент. 1961 (Япония). [6] *С. А. Журков* и *С. А. Абасов*, „Высокомолекулярные соединения", III, № 2, 450—455, 1961.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XL 1965 3

ФИЗИКА

А. Б. Акопова

Влияние дубящих веществ на обработку ядерных эмульсий ультразвуковыми колебаниями

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Г. М. Гарибяном 25/IX 1964)

Ранее проведенные экспериментальные исследования ([1]) обнаружили значительное уменьшение искажений при использовании ультразвуковых колебаний для ускоренной обработки толстослойных ядерных эмульсий.

Однако было высказано предположение, что искажение можно свести к минимуму в случае предотвращения чрезмерного набухания слоев, обусловленного мягкостью местной воды.

В целях существенного уменьшения степени набухания эмульсионных слоев в настоящей работе использовались дубящие вещества, в частности алюминиево-калиевые квасцы и сульфат Na в количестве 10 и 5 *г/л* соответственно.

Учитывая при этом наибольшую тенденцию эмульсии к набуханию при фиксировании, а также связанное с ним размягчение при последующей промывке, указанные вещества вводились лишь в этих стадиях.

Эксперимент осуществлялся следующим образом: два одинаковых эмульсионных слоя типа НИКФИ-Р с толщиной 400 μ обрабатывались ультразвуковым методом ([2]) в одинаковых условиях вплоть до начала фиксирования. Далее, один слой помещался в обычный 30% раствор гипосульфита, а второй в аналогичный раствор с добавлением 10 *г/л* алюминиево-калиевых квасцов. Соответственно окончательная промывка первого слоя осуществлялась водопроводной водой, а второго—водой, содержащей 5 *г/л* сульфата натрия.

Благодаря дубителям слой становился стойким к деформациям и в гораздо меньшей степени набухал по сравнению с первым слоем. Следует отметить, что заданная концентрация вводимых в раствор солей нисколько не отражалась на времени вымывания бромистого серебра из слоев.

Степень набухания, измеренная по методике работы ([3]), представляет собой соотношение

$$\frac{h - h_0}{h_0},$$

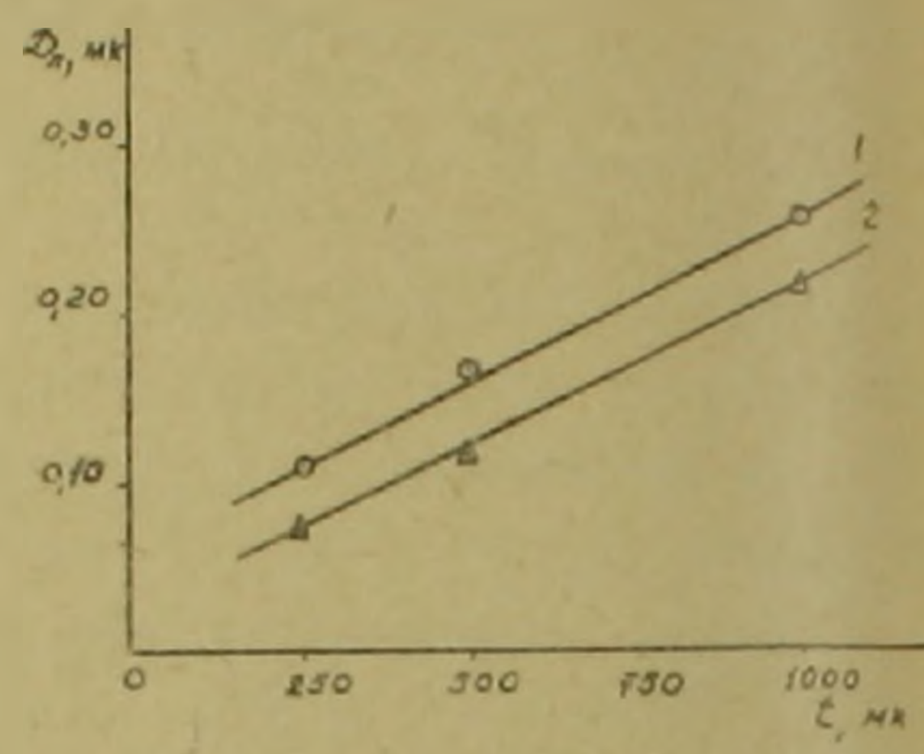
где h_0 — первоначальная толщина воздушно-сухого слоя в микронах, h — толщина набухшего слоя в микронах. Из сопоставления данных (табл. 1) следует, что разница в толщинах слоев, обработанных при наличии дубителей и без них, достигает примерно 20—25%, что по-видимому, заметно влияет на улучшение результатов физических измерений.

Последнее высказывание подтверждается определением величины ложного рассеяния на ячейках 250, 500 и 1000 *мк* из измерений многократного кулоновского рассеяния частиц с $E = 1{,}7$ Бэв.

Таблица 1

Степень набухания эмульсионных слоев, толщиной 400 *мк*, обработанных в присутствии дубителей и без них в свободном состоянии.

Степень набухания слоев	С дубителем	Без дубителя
В стадии фиксирования	1,2	1,5
В стадии промывки	1,85	2,4



Фиг. 1. Величина ложного рассеяния для слоев, обработанных различными способами: *1* — без дубителей; *2* — в присутствии дубителей.

На фиг. 1 показана кружками величина ложного рассеяния $D_л$ для слоев, обработанных при воздействии ультразвуковых колебаний в присутствии дубителей, и значком „Δ" — для слоев, обработанных без дубителей на разных ячейках (t). Полученные кривые свидетельствуют об эффективном действии используемых дубителей, значительно понижающих ложное рассеяние, что с точки зрения оценки высоких энергий заряженных частиц весьма существенно.

В заключение выражаю благодарность Л. В. Мелкумян, принявшей участие в работе.

Ա. Բ. ՀԱԿՈԲՈՎԱ

Ամրացնողների ազդեցությունը գերձայնային տատանումներով միջուկային էմուլսիայի մշակման վրա

Ինչպես հայտնի է 1,2 հաստաշերտ միջուկային էմուլսիաների գերձայնային մշակման համեմատությամբ զգալիորեն փոքրացնում է ազավազումները։ Այնուամենայնիվ ամրացնող նյութերի, մասնավորապես ալյումինակալիական շիփերի և նատրիում սուլֆատի (10 և 5 $\frac{գր}{l}$) կիրառումը թույլ տվեց 20—26 տոկոսով իջեցնել 160 միկրոն հաստությամբ շերտերի ուռեցման աստիճանը (աղյուսակ 1) և համապատասխանաբար փոքրացնել էմուլսիայի ազավազումները։

բէվ էներգիայով մասնիկների կուլոնյան ցրման չափումներից ստացվող կեղծ ցրման D_A չափումները 250, 500 և 1000 միկրոն բջիջների համար վկայում են (նկ. 1) օգտագործվող էֆեկտիվ ամրացնողների ազդեցության մասին, որոնք էականորեն փոքրացնում են D_A —, որը շատ կարևոր է մասնիկների բարձր էներգիաների գնահատման համար։ Պետք է նշել, որ վերը նշված ամրացնողների ավելացումը մշակող լուսանյութերի մեջ, տված կոնցենտրացիայի ժամանակ, բոլորովին չի անդրադառնում ջերտերից բրոմական արծաթի լվացման ժամանակի վրա։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *А. Б. Акопова*, ПТЭ, 1964, № 2 [2] *А. В. Акопова, Х. Б. Пачаджян, Л. В. Мелкумова*, ПТЭ, 1964, № 2. [3] *В. М. Уварова, В. А. Мыльцева*, Научно-технический отчет НИКФИ № 201, 1959.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XL 1965 3

ФИЗИКА

Ю. М. Айвазян

О дифракции поля произвольно движущейся частицы на полуплоскости

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Н. М. Кочаряном 28/X 1964)

Точно решена задача дифракции поля заряженной частицы, движущейся в пространстве по закону $\vec{r}=\vec{r}(t)$ в декартовой системе координат (x, y, z), на бесконечно проводящей полуплоскости.

Заряд частицы предполагается равным e. Координаты полуплоскости задаются соотношениями $-\infty<x<0$, $y=0$, $-\infty<z<\infty$. Частица движется по закону $\vec{r}=\vec{r}(t)$. Скорость ее в момент времени t равна $\vec{v}(t)$.

Поле такой частицы в вакууме, как известно, состоит из двух частей — поля, движущегося вместе с нею, и поля излучения. Эти части поля дифрагируют на полуплоскости, давая дифракционное излучение.

Будем искать компоненты электрических полей E_x и E_z в виде $E_{x,z}=E^0_{x,z}+\tilde{E}_{x,z}$, где $\vec{E}^0$ есть электрическое поле заряженной частицы, движущейся в пустоте по закону $\vec{r}=\vec{r}(t)$. Поле $\tilde{E}$ вводится для того, чтобы удовлетворить граничным условиям, которые требуют обращения в нуль компонент E_x и E_z полного электрического поля на полуплоскости.

Нулевое поле задачи имеет следующий вид:

$$\vec{E}^0=\frac{ei}{2\pi^2 c}\int\frac{k\vec{S}^{\omega}(\vec{\varkappa})+c\vec{f}^{\omega}(\vec{\varkappa})\vec{\varkappa}}{\vec{\varkappa}^2-k^2}e^{-i\vec{\varkappa}\vec{r}-i\omega t}\,d\vec{\varkappa}\,d\omega, \tag{1}$$

где $\vec{\varkappa}=(\varkappa_x, \varkappa_y, \varkappa_z)$, $k=\frac{\omega}{c}$, а

$$\vec{S}^{\omega}(\vec{\varkappa})=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\vec{v}(t)\,e^{i\vec{\varkappa}\vec{r}(t)+i\omega t}\,dt, \tag{2}$$

$$f^{\omega}(\vec{\varkappa}) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\vec{\varkappa}\vec{r}(t)+i\omega t}\,dt. \tag{3}$$

Таким образом, мы ввели функции $\vec{S}^{\omega}(\vec{\varkappa})$ и $f^{\omega}(\vec{\varkappa})$, которые определяются видом движения частицы. В силу уравнения непрерывности они не являются независимыми и связаны между собой соотношением $\vec{\varkappa}\cdot\vec{S}^{\omega}(\vec{\varkappa}) = \omega f^{\omega}(\vec{\varkappa})$, так что для определения всех компонент нулевых полей достаточно знать только три из этих функций.

Компоненты $\bar{E}_x$ и $\bar{E}_z$ добавочного электрического поля будем искать в виде

$$\bar{E}_{x,z} = \int A_{x,z}\, e^{\mp i\varkappa_z z - i\alpha x \mp \lambda y - i\omega t}\, d\varkappa_z\, d\alpha\, d\omega, \tag{4}$$

где $\lambda^2 = \alpha^2 - p^2$, $p^2 = k^2 - \varkappa_z^2$, $k = \frac{\omega}{c}$, $Imk = \delta > 0$, $Rek > 0$, при $|Im\alpha < Imk$. Верхний знак в (4) при таком выборе ветви λ соответствует значениям $y > 0$, а нижний знак значениям $y < 0$. При $y = 0$ значения $\bar{E}_{x,z}$ сверху и снизу от полуплоскости совпадают.

Введем также следующие обозначения

$$\bar{E}_{x,z} = \int \varepsilon_{x,z}(\alpha, y)\, e^{-i\varkappa_z z - i\alpha x - i\omega t}\, d\varkappa_z\, d\alpha\, d\omega. \tag{5}$$

Из (4) и (5) при $y = 0$ имеем

$$\varepsilon^{+}_{x,z}(\alpha, 0) + \varepsilon^{-}_{x,z}(\alpha, 0) = A_{x,z}, \tag{6}$$

где введены обозначения

$$\varepsilon^{\pm}(\alpha) = \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\infty} \varepsilon(\pm x)\, e^{\pm i\alpha x}\, dx. \tag{7}$$

$\varepsilon^{+}(\alpha)$ голоморфна в верхней полуплоскости комплексного переменного α, а $\varepsilon^{-}(\alpha)$ в нижней.

Если $\varepsilon^{\pm}_{x,z}(\alpha, y)$ непрерывна по y при $y = 0$, то $\varepsilon'^{-}_{x,z}(\alpha, y) = \frac{\partial \varepsilon^{-}_{x,z}(\alpha, y)}{\partial y}$ имеет при $y = 0$ скочок, который физически обусловлен наличием на полуплоскости наведенных зарядов и токов. $\varepsilon'^{+}_{x,z}(\alpha, y)$ при $y = 0$ непрерывна.

Дифференцируя по y (4) и (5), вычитая выражения, которые мы имеем при $y < 0$ из выражений при $y > 0$ и учитывая вышесказанное относительно непрерывности функций $\varepsilon^{\pm}_{x,z}(\alpha, y)$, будем иметь следующие соотношения:

$$P^{-}_{x,z} \equiv \varepsilon'^{-}_{x,z}(\alpha, +0) - \varepsilon'^{-}_{x,z}(\alpha, -0) = -2i A_{x,z}, \tag{8}$$

где нами введены новые неизвестные функции $P'^{-}_{x,z}$, а под ± 0 понимаем пределы соответственно справа и слева при $y = 0$.

Функции $\varepsilon^{-}_{x,z}(\alpha, 0)$ можно найти из сформулированных выше граничных условий с помощью (7) и (1)

$$\varepsilon^{-}_{x,z}(\alpha, 0) = \int \frac{\xi_{x,z}(\varkappa_x, \varkappa_z)}{\alpha - \varkappa_x} d\varkappa_x, \tag{9}$$

где

$$\xi_{x,z}(\varkappa_x, \varkappa_z) = -\frac{1}{4\pi^3 c} \int \frac{kS^{\omega}_{x,z}(\vec{\varkappa}) + cf^{\omega}(\vec{\varkappa})\varkappa_{x,z}}{\vec{\varkappa}^2 - k^2} d\varkappa_y. \tag{10}$$

Отметим, что при интегрировании по $\varkappa_x$ в (9) и ниже полюс $\varkappa_x = \alpha$ следует считать лежащим в нижней полуплоскости комплексного $\varkappa_x$.

Учитывая (9), исключая $A_{x,z}$ из (6) и (8) и совершая некоторые тождественные преобразования, получаем следующие уравнения:

$$\sqrt{\alpha + p}\, \varepsilon^{+}_{x,z}(\alpha, 0) + \int \frac{\xi_{x,z}(\varkappa_x, \varkappa_z)}{\alpha - \varkappa_x} \left(\sqrt{\alpha + p} - \sqrt{\varkappa_x + p} \right) d\varkappa_x =$$

$$= -\frac{P'^{-}_{x,z}}{2\sqrt{\alpha - p}} - \int \frac{\xi_{x,z}(\varkappa_x, \varkappa_z)}{\alpha - \varkappa_x} \sqrt{\varkappa_x + p}\, d\varkappa_x. \tag{11}$$

Правая часть (11) регулярна в нижней полуплоскости комплексного переменного α, а левая часть в верхней, причем эти области регулярности пересекаются. Таким образом, совершая в (11) аналитическое продолжение и применяя теорему Лиувилля, получим

$$P'^{-}_{z} = -2\sqrt{\alpha - p} \int \frac{\xi_z(\varkappa_x, \varkappa_z)}{\alpha - \varkappa_x} \sqrt{\varkappa_x + p}\, d\varkappa_x, \tag{12}$$

$$P'^{-}_{x} = -2\sqrt{\alpha - p} \int \frac{\xi_x(\varkappa_x, \varkappa_z)}{\alpha - \varkappa_x} \sqrt{\varkappa_x + p}\, d\varkappa_x + 2C\sqrt{\alpha - p}, \tag{13}$$

где C — функция, которая не зависит от α. C вводится для того, чтобы удовлетворить условиям на ребре ([12]). Таким образом, выделяется правильное физическое решение. C определяется из условия обращения в нуль $\Delta\bar{E}_y$, то есть обращения скачка компоненты поля $\bar{E}_y$ в нуль на продолжении полуплоскости, что физически означает отсутствие зарядов на продолжении полуплоскости. Этот скачок равен

$$\Delta\bar{E}_y = -2i \int \frac{\alpha A_x + \varkappa_z A_z}{k} e^{-i\varkappa_z z - i\alpha x - i\omega t} d\varkappa_z d\alpha d\omega, \tag{14}$$

где $A_{x,z}$ выражается через $P'^{-}_{x,z}$ по формулам (8). При этом в (14) подынтегральное выражение не имеет точки ветвления в нижней полуплоскости комплексного переменного α.

Замыкая путь интегрирования по α в нижней полуплоскости, вычисляя вычет в полюсе $\alpha = -p$ и приравнивая $\Delta \tilde{E}_y$ к нулю, получаем для C следующее выражение:

$$C = -\int \frac{p\xi_x(\varkappa_x, \varkappa_z) - \varkappa_z \xi_z(\varkappa_x, \varkappa_z)}{p\sqrt{\varkappa_x + p}} d\varkappa_x. \tag{15}$$

Приведем теперь выражения для A_x и A_z с учетом (15)

$$A_z = \frac{1}{\sqrt{\alpha + p}} \int \frac{\xi_z(\varkappa_x, \varkappa_z)}{\alpha - \varkappa_x} \sqrt{\varkappa_x + p}\, d\varkappa_x. \tag{16}$$

$$A_x = \frac{1}{\sqrt{\alpha + p}} \int \left\{ \frac{\xi_x(\varkappa_x, \varkappa_z)}{\alpha - \varkappa_x} \sqrt{\varkappa_x + p} + \frac{p\xi_x(\varkappa_x, \varkappa_z) - \varkappa_z \xi_z(\varkappa_x, \varkappa_z)}{p\sqrt{\varkappa_x + p}} \right\} d\varkappa_x. \tag{17}$$

Поля $\tilde{E}_x$ и $\tilde{E}_z$ выражаются через полученные нами A_x и A_z по формулам (4). Компонента поля $\tilde{E}_y$ определяется через A_x и A_z следующим образом:

$$\tilde{E}_y = \mp i \int \frac{\alpha A_x + \varkappa_z A_z}{\lambda} e^{-i\varkappa_z z - i\alpha x \mp \lambda y - i\omega t} d\varkappa_z d\alpha d\omega. \tag{18}$$

Отметим, что при интегрировании по α необходимо считать, что полюс $\alpha = \varkappa_x$ лежит выше вещественной оси.

Напомним, что функции ξ_x и ξ_z выражаются через функции $\vec{S}^{\omega}(\vec{\varkappa})$ и $\vec{f}^{\omega}(\vec{\varkappa})$, которые характеризуют движение частицы, по формулам (9).

Յու. Մ. ԱՅՎԱԶՅԱՆ

Կամայական ձևով շարժվող մասնիկի դաշտի դիֆրակցիան կիսահարթության վրա

Տվյալ աշխատանքում ստացված է e լիցք ունեցող մասնիկի դաշտի դիֆրակցիոն խնդրի լուծումը, երբ այդ մասնիկը շարժվում է $\vec{r} = \vec{r}(t)$ օրենքով իդեալական հաղորդիչ կիսահարթության հարթության մոտով, որի դիրքը որոշվում է հետևյալ առնչություններով $-\infty < x < 0$, $y = 0$, $-\infty < z < \infty$:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Ю. М. Айвазян, Д. М. Седракян.* „ДАН АрмССР", XXXIX. № 2 (196
[2] *Ю. М. Айвазян,* „ДАН АрмССР", XXXIX, № 5 (1964).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XL 1965 3

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

К. Т. Оганесян, А. Б. Налбандян, академик АН Армянской ССР,
Н. И. Парсамян

Определение константы скорости реакции атома H с молекулой C_2H_5OH

(Представлено 18/XI 1964)

Взаимодействие атома водорода с молекулой этилового спирта может иметь место в ряде сложных химических процессов. Литературных данных по константе скорости этой реакции в газовой фазе не имеется. В настоящем сообщении приводятся результаты определения константы скорости реакции $H + C_2H_5OH$, полученные измерением нижних пределов воспламенения стехиометрической смеси водорода с кислородом, содержащей различные добавки спирта в интервале температур 570—690°С. Методика проведения экспериментов описана ранее ([1]). Небольшое отличие в нашем случае состоит в том, что перепускной сосуд был термостатирован с целью сохранения постоянных значений коэффициентов перепуска. Механизм горения смеси $2H_2 + O_2 + XC_2H_5OH$ вблизи первого предела воспламенения можно записать следующей совокупностью реакций

$$OH + H_2 = H_2O + H \quad (1)$$

$$H + O_2 = OH + O \quad (2)$$

$$O + H_2 = OH + H \quad (3)$$

$$H + \text{ст} \rightarrow \text{обрыв} \quad (4)$$

$$H + C_2H_5OH = H_2 + C_2H_4OH \quad (5)$$

$$H + C_2H_5OH = H_2 + C_2H_5O \quad (6)$$

Согласно реакциям (5) и (6) атом H может атаковать как связи C — H, так и O — H. Предварительно, при изучении методом ЭПР пламени смесей окиси углерода с кислородом ([3]), содержащих небольшие количества дейтерированных метанолов CD_3OH и CH_3OD, было показано, что имеет место отщепление атома водорода преимущественно из метильной группы. Аналогичный механизм взаимодействия, согласно реакции (5), принят нами для случая этилового спирта. В какой мере участвуют в этом процессе атомы H, находящиеся у α- и β-углеродных атомов, можно показать только специальными опытами. Ингибирование молекулами спирта заключается в том, что

один из ведущих центров цепного окисления водорода—атом H заменяется на менее активный радикал, практически неспособный продолжать цепь. Опыты проводились в цилиндрическом кварцевом сосуде $d = 80$ *мм* и $l = 195$ *мм*, покрытом окисью магния, которая обеспечивает гетерогенный обрыв цепей в диффузионной области ([2]). Из критического условия самовоспламенения на первом пределе ([4]), учитывая сказанное выше, следует:

$$2K_2(O_2) = K_4 + K_5(C_2H_5OH), \qquad (I)$$

где K_i — константы скорости соответствующих реакций, (O_2) и (C_2H_5OH)—концентрации кислорода и спирта соответственно. Если подставить выражения констант скорости гетерогенного обрыва активных частиц ([5, 6]) в (I) и заменить концентрации на парциальные давления, получим:

$$P \cdot P_{O_2} = \frac{(K_4^0)_{C_2H_5OH} T^{2,5}}{2K_2 \cdot 10^{19}} \left| 1 + \frac{K_5 \cdot 10^{19}}{(K_4^0)_{C_2H_5OH} \cdot T^{2,5}} \cdot P \cdot P_{C_2H_5OH} \right|. \qquad (II)$$

Согласно этому выражению с увеличением содержания спирта в смеси $2H_2 + O_2 + XC_2H_5OH$ нижний предел должен повышаться по сравнению с пределом неингибированной реакции. Линейная зависимость $P \cdot P_{O_2} - P \cdot P_{C_2H_5OH}$ дает возможность определить при различных температурах угловые коэффициенты $\operatorname{tg} \alpha$ и отрезки a, отсекаемые на оси ординат, равные:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K_5}{2K_2} \text{ (III)}, \qquad a = \frac{(K_4^0)_{C_2H_5OH} \cdot T^{2,5}}{2K_2 \cdot 10^{19}}. \qquad (IV)$$

Из (III) и (IV) следует:

$$\lg \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot T^{2,5}}{a} = \lg \frac{K_5^0 \cdot 10^{19}}{(K_4^0)_{C_2H_5OH}} - \frac{E_5}{2,303\, RT}, \qquad (V)$$

где $(K_4^0)_{C_2H_5OH}$ величина, относящаяся к смеси с добавками спирта. Построив график выражения (V), можно найти энергию активации E_5 и предэкспоненциальный множитель K_5^0. На фиг. 1 представлены первые пределы воспламенения смесей $2H_2 + O_2 + XC_2H_5OH$ при различных температурах (кривые *2—5*). Для сравнения приведены также первые пределы воспламенения стехиометрической смеси водорода с кислородом (кривая *1*). Кривые показывают, что увеличение содержания этилового спирта в соответствии с (II) приводит к повышению предела. Отметим, что воспроизводимость опытов была хорошей. Значения пределов, измеренные в различное время для смесей $2H_2 + O_2 + XC_2H_5OH$, практически совпадали. На фиг. 2 в координатах $P \cdot P_{O_2} - P \cdot P_{C_2H_5OH}$ представлена серия прямых, полученная на основании опытных данных, приведенных на фиг. 1. Из линейной зависимости $\lg \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot T^{2,5}}{a}$ от обратной температуры (фиг. 3) (где $\operatorname{tg} \alpha$ и a тангенсы углов наклона

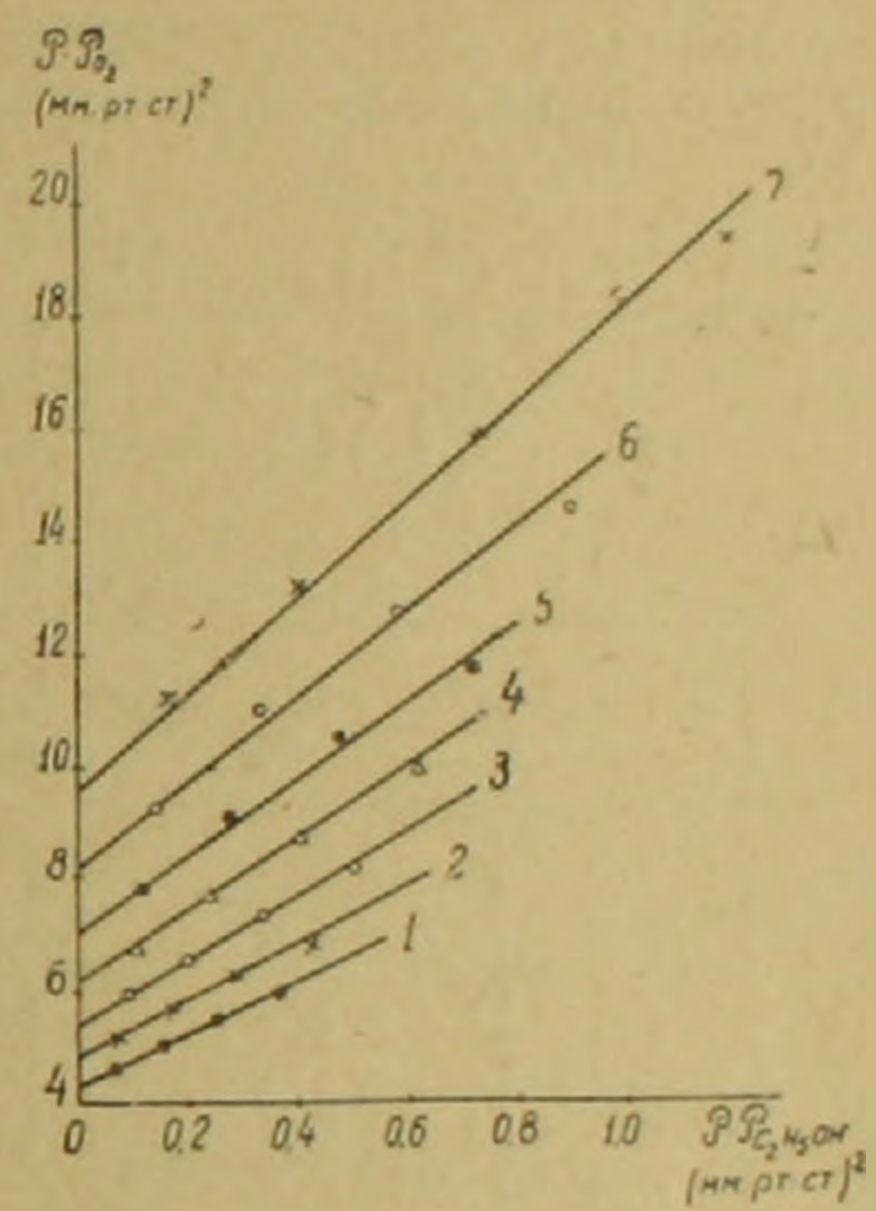
прямых и отрезки отсекаемые ими на оси ординат), найдены энергия активации $E_5 = 8100 \pm 600 \frac{кал}{моль}$ и предэкспоненциальный множитель

$$K_5^0 = (0{,}20 \pm 0{,}06) \cdot 10^{-10} \frac{см^3}{молек.\ сек.}.$$

Следовательно, константа скорости реакции взаимодействия атома водорода с молекулой этилового спирта равна

$$K_5 = (0{,}20 \pm 0{,}06) \cdot 10^{-10}\, e^{-\frac{8100 \pm 600}{RT}} \frac{см^3}{молек.\ сек.}.$$

Фиг. 1. Зависимость первых пределов воспламенения смесей $2H_2 + O_2 + XC_2H_5OH$ от температуры. Значения X в %: *1*—0,0; *2*—0,50%; *3*—1,0%; *4*—1,5%; *5*—2,0%.



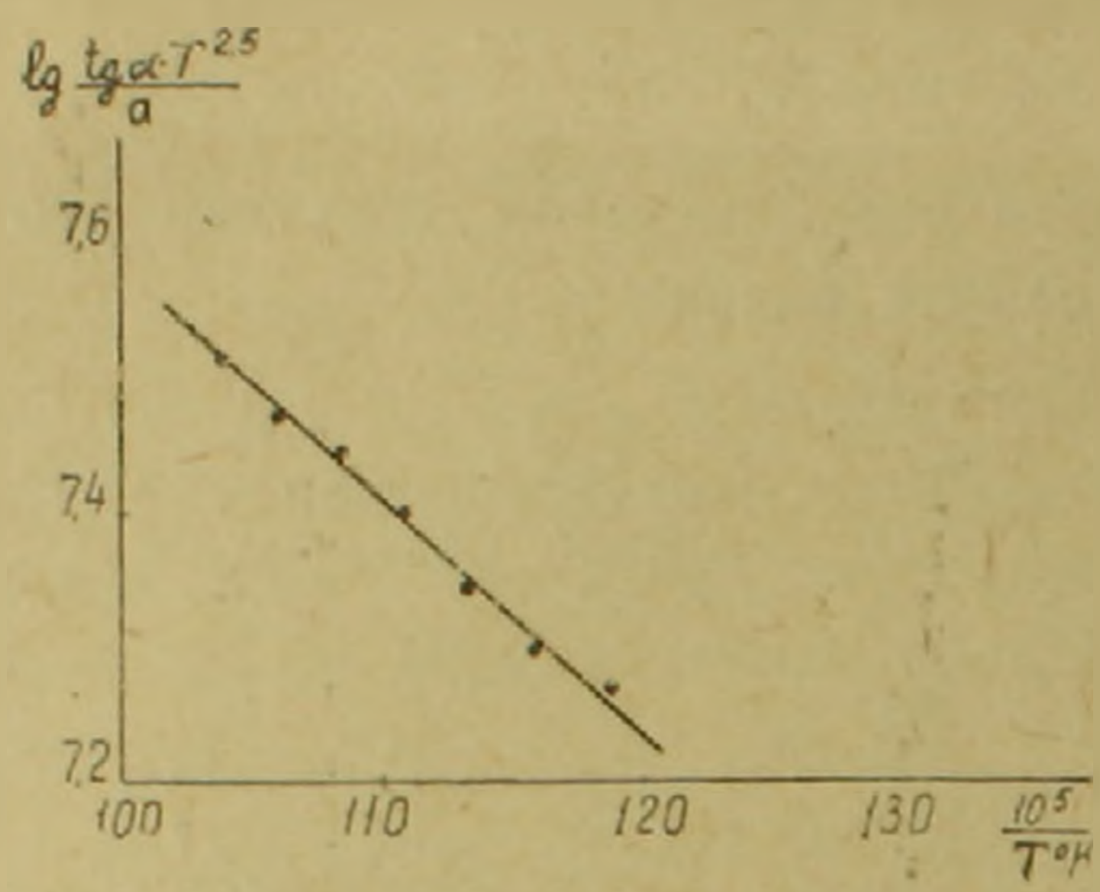
Фиг. 2. Зависимость $P \cdot P_{O_2}$ от $P \cdot P_{C_2H_5OH}$ для смесей $2H_2 + O_2 + XC_2H_5OH$ при температурах: *1*—690°; *2*—670°; *3*—650°; *4*—630°; *5*—610°; *6*—590°; *7*—570°.

Рассмотрим, как выполняется граничное условие уравнения (II). Отрезки *a* выражаются через первые пределы воспламенения смеси $2H_2 + O_2$ следующим образом:

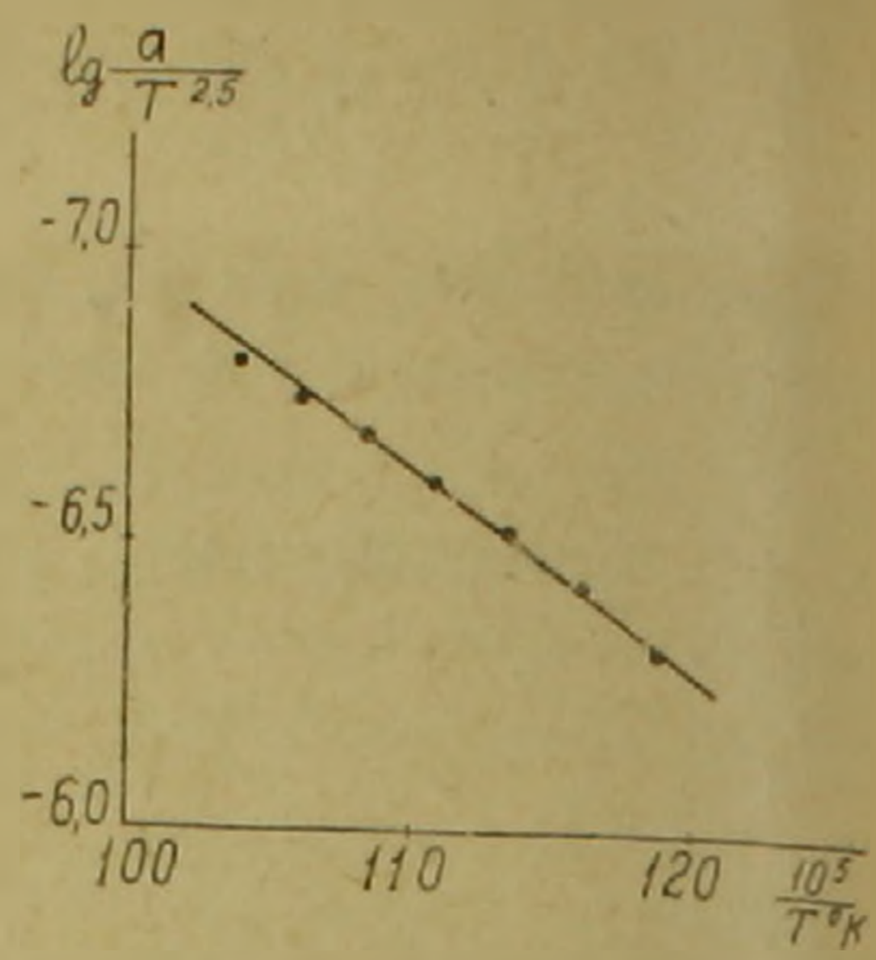
$$a = \frac{(K_4^0)_{C_2H_5OH} \cdot T^{2,5}}{2K_2 \cdot 10^{19}} = P_{H^2} \cdot P_{O_2}^{H^2} \cdot \frac{(D_H)_{C_2H_5OH}}{(D_H)_{H_2}} \ldots \qquad (VI)$$

Индексы H_2 и C_2H_5OH означают, что данные относятся к смесям $2H_2 + O_2$ и $2H_2 + O_2 + XC_2H_5OH$ соответственно. Отношение $\frac{(D_H)_{C_2H_5OH}}{(D_H)_{H_2}}$ мало отличается от единицы, так как максимальное содержание спирта составляло 2%, и это изменение состава слабо влияет на величину коэффициента диффузии. Ниже в таблице приведены отрезки „*a*" и

произведения $P_{H_2} \cdot P_{H_2O_2}$ для стехиометрической смеси водорода с кислородом при различных температурах.



Фиг. 3. Зависимость $\lg \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot T^{2,5}}{a}$ от $\frac{1}{T°K}$.



Фиг. 4. Зависимость $\lg \frac{a}{T^{2,5}}$ от $\frac{1}{T°K}$.

Таблица

T° C	a, *мм*²	$P_{H_2} \cdot P_{H_2O_2}$, *мм*²
570	9,6	9,5
590	8,2	8,0
610	7,1	6,8
630	6,2	6,0
650	5,4	5,3
670	4,8	4,6
690	4.3	4,2

Как видно из таблицы, данные хорошо согласуются. Кроме этого, из (IV) можно найти константу скорости реакции разветвления $H + O_2 = OH + O$. Преобразуя (IV) и логарифмируя полученное выражение, имеем:

$$\lg \frac{a}{T^{2,5}} = \lg \frac{(K_4^0)_{C_2H_5OH}}{2K_2^0 \cdot 10^{19}} + \frac{E_2}{2,303\, RT}, \quad \text{(VII)}$$

где $(K_4^0)_{C_2H_5OH}$ близко к рассчитанной нами величине

$$(K_4^0)_{H_2} = 0,09 \quad \frac{мм}{\text{сек. град}^{3/2}}.$$

В координатах $\lg \frac{a}{T^{2,5}} - \frac{1}{T}$ на фиг. 4 получена прямая, из наклона которой найдена энергия активации E_2, а из отрезка, отсекаемого прямой на оси ординат,— предэкспоненциальный множитель K_2^0.

Таким образом, для константы K_2 получено следующее значение:

$K_2 = (1,20 \pm 0,3) \cdot 10^{-10} \cdot e^{-\frac{15\,800 \pm 700}{RT}} \frac{см^3}{\text{молек. сек.}}$. Найденная величина K_2 удовлетворительно согласуется с известными в литературе значениями этой константы ([1,6]). Выполнение граничных условий уравнения (II) говорит в пользу того, что принятое предположение о малой активности образующегося по реакции $H + C_2H_5OH = H_2 + C_2H_4OH$ радикала C_2H_4OH правильно. Во всех случаях экспериментальные

точки укладываются на прямые линии и соответствуют выведенным уравнениям.

Институт химической физики Академии наук СССР
Лаборатория химической физики Академии
наук АрмянскойССР

Կ. Տ. ՀՈՎՀԱՆՆԵՍՅԱՆ, Ա. Բ. ՆԱԼԲԱՆԴՅԱՆ, Հայկական ՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս.
և Ն. Ի. ՊԱՐՍԱՄՅԱՆ,

$H + C_2H_5OH$ ռեակցիայի արագության հաստատունի որոշումը

Բռնկման սահմանների մեթոդով $H + C_2H_5OH$ *ռեակցիայի արագության հաստատունը որոշելու նպատակով 570—690° ջերմաստիճանային տիրույթում ուսումնասիրված տարբեր քանակներով* C_2H_5OH *պարունակող ջրածնի և թթվածնի ստեխիոմետրիկ խառնուրդի բռնկումը։*

Սպիրտի պարունակության մեծացումը հանգեցնում է բռնկման առաջին սահմանի բարձրացմանը, որը նշված ռեակցիայի դերի մեծացման հետևանք է։ Հիմնվելով նախորդ աշխատանքի տվյալների վրա ենթադրվում է, որ այս դեպքում ևս ատոմները հիմնականում ռեագիրում են ածխածնային ատոմների մուտի ջրածնի ատոմների հետ։

Ստացված տվյալների հիման վրա որոշված է $H + C_2H_5OH = H_2 + C_2H_4OH$ *ռեակցիայի արագության հաստատունը՝*

$$K_1 = (0,20 \pm 0,06) \cdot 10^{-10} \, e^{-\frac{8100 \pm 600}{RT}} \, \frac{\text{սմ}^3}{\text{մոլեկուլ վրկ.}}$$

Արտածված հիմնական հավասարման սահմանային պայմանից ելնելով որոշված է նաև ճյուղավորման ռեակցիայի ($H + O_2 = OH + H$) *արագության հաստատունը՝*

$$K_2 = (1,20 \pm 0,3) \cdot 10^{-10} \, e^{-\frac{15800 \pm 700}{RT}} \, \frac{\text{սմ}^3}{\text{մոլեկուլ. վրկ.}}$$

որը բավարար չափով համընկնում է գրականության մեջ եղած տվյալների հետ։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *В. В. Азатян, В. В. Воеводский, А. Б. Налбандян*, „Кинетика и катализ", 2, 340 (1961) [2] *В. В. Азатян*, Канд. дис., ИХФ АН СССР, М., 1963. [3] *В. В. Азатян, А. Б. Налбандян, К. Т. Оганесян*, „ДАН СССР", 157, 930 (1964) [4] *Н. Н. Семенов*, Цепные реакции, ОНТИ 1934. [5] *А. Б. Налбандян, В. В. Воеводский*, Механизм окисления и горения водорода, Изд. АН СССР, М—Л., 1948 [6] *Г. Л. Шотт, Н. Л. Кинсей.*, J. Chem. Phys., 29, 1177 (1958).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XL 1965 3

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

С. К. Григорян, О. А. Чалтыкян и Н. М. Бейлерян

Исследование влияния структуры аминов на скорость распада гидроперекиси кумола

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. Х. Бунятяном 21/VII 1964)

Нами было показано ([1, 2]), что аминоспирты не только взаимодействуют с гидроперекисью кумола (ГПК), но и катализируют распад последней. Интересно было исследовать влияние положения оксигруппы на скорость как непосредственной реакции ГПК+аминоспирт, так и на скорость некатализированной аминоспиртом реакции.

За скоростью реакции следили, определяя во времени оставшиеся количества ГПК и аминоспирта, первое—иодометрически, второе—ацидиметрически ([1]). Опыты ставились при постоянной температуре 80±0,05°С и с начальными концентрациями реагентов: $(ГПК)_0=(A)_0=0{,}05$ *м/л*. Скорости всех изученных нами реакций описываются одним и тем же уравнением второго порядка:

$$W_{сумм.}=k_1(P-X)(A-X)+k_2(P-X)^2.$$

Ранее нами указана методика определения k_1 и k_2 в отдельности ([1]). Получены следующие данные (табл. 1).

В соответствии с данными, полученными при исследовании влияния структуры аминов на скорость реакций персульфат-амин в водных растворах ([3]), в этом случае амины также можно разделить на три группы по их реакционноспособности:

а) амины, не вступающие в реакцию с ГПК до 80°С в водных растворах, например моноэтаноламин и пиридин (эти амины также не реагируют с персульфатом);

б) амины, которые реагируют с ГПК по второму порядку, например триэтиламин, при этом амин не вызывает параллельные или вторичные реакции;

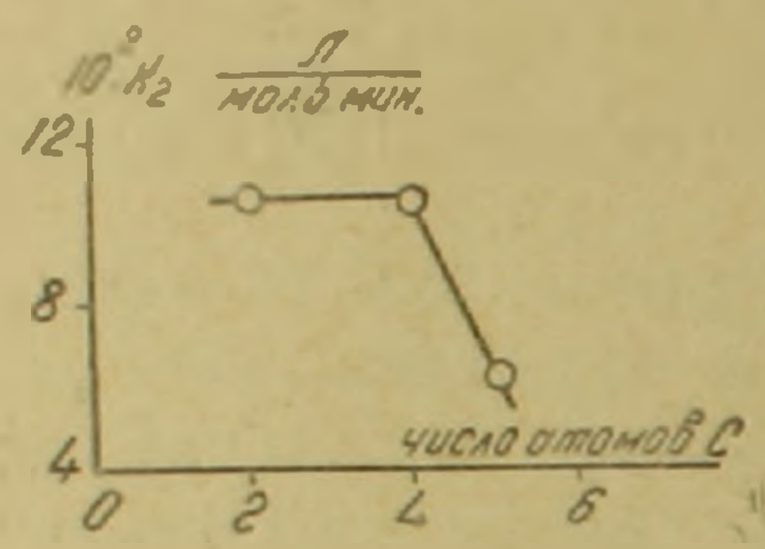
в) аминоспирты (кроме моноэтаноламина), которые не только реагируют с ГПК, но и вызывают каталитический распад ГПК.

Каталитическое действие аминоспиртов нами было объяснено тем ([4]), что аминные группы вообще обладают протоноакцепторными свойствами, а спиртовые группы, наоборот, протонодонорными свойствами. Благодаря наличию двух групп с противоположными свой-

ствами, кислыми и основными, становится вероятным образование промежуточного комплекса между молекулой аминоспирта и димером ГПК ([5])

$$\left[\begin{array}{c} {}^{+}H \\ ROO^{-}\cdots\cdots\cdots\cdots HOOR \\ \vdots \qquad\qquad\qquad \vdots \\ HO-(CH_2)_n-NR_2 \end{array}\right]$$

Понятно, что наличие атомов водорода должно мешать образованию координационной связи между азотом аминоспирта и протоном иона $ROOH_2^+$ (сравните значения k_2 для диэтиламиноэтанола и диэтаноламина). Увеличение количества оксигрупп также отрицательно должно отражаться на каталитическое действие аминоспирта благодаря образованию водородных связей между водородами групп OH и азотом аминоспирта. Наличие атома водорода у азота больше мешает, чем наличие второй группы OH в молекуле аминоспирта.

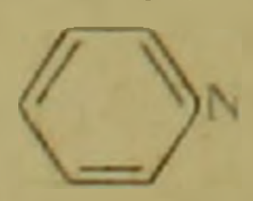


Фиг. 1.

Из приведенной предположительной структуры можно судить об ослаблении каталитической активности аминоспирта по мере удаления группы OH от азота (фиг. 1).

По сделанному предположению значение k_2 для реакции ГПК + ДЭАЭ должно равняться 0,105 *л/м* мин., для аминоспирта 3-диэтил-

Таблица 1

Название амина	Формула амина	(k_1+k_2) *л/м* мин.	k_1 *л/м* мин.	k_2 *л/м* мин.
Моноэтаноламин	$H_2N-CH_2-CH_2OH$	0	0	0
Диэтаноламин	$H-N-(CH_2CH_2OH)_2$	0,120	0,040	0,080
Триэтаноламин	$N-(CH_2CH_2OH)_3$	0,160	0,100	0,060
2-Диэтиламиноэтанол	$(H_5C_2)_2-N-CH_2CH_2OH$	0,562	0,457	0,105
2-Диметиламиноэтан-1-ол	$(CH_3)_2-N-CH_2CH_2OH$	0,486	0,388	0,098
4-Диэтиламинобутан-1-ол	$(C_2H_5)_2-N-(CH_2)_4-OH$	0,562	0,457	0,105
4-Диэтиламинобутан-3-ол	$(C_2H_5)_2-N-(CH_2)-CH(OH)-CH_2CH_3$	0,578	0,488	0,090
3-Диэтиламино-2,3-диметилпропан-1-ол	$(C_2H_5)_2-N-CH_2-CH(CH_3)-CH(CH_3)-OH$	0,308	0,230	0,078
5-Диэтиламинопентан-1-ол	$(C_2H_5)_2-N-(CH_2)_5-OH$	0,728	0,666	0,062
Триэтиламин	$(C_2H_5)_3-N$	0,171	0,171	0
Пиридин		0	0	0

амино-2,3-диметилпропан-1-ол получено 0,078 *л/м* мин. Это дает нам основание предположить, что замена метильными группами атомов водорода у углеродов, находящихся между азотом и группой OH, приводит к пространственным затруднениям.

Наконец, при замене этиловых групп у азота группами метил почти не меняется скорость каталитической реакции. Она значительно влияет на скорость первой реакции, бимолекулярно протекающей между ГПК и аминоспиртом.

Выводы: 1. Установлено, что аминоспирты обладают свойствами катализировать распад гидроперекиси кумола в водных ростворах.

2. Увеличением числа атомов водорода у азота и оксигрупп в молекуле аминоспирта снижается как скорость первой, протекающей между аминоспиртом и ГПК, реакции, так и каталитическая активность аминоспирта.

3. На реакционноспособность аминоспиртов влияет положение группы OH в молекуле аминоспирта.

Ереванский государственный
университет

Ս. Կ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Հ. Հ. ՉԱԼԹԻԿՅԱՆ և Ն. Մ. ԲԵՅԼԵՐՅԱՆ

Ամինների կառուցվածքի ազդեցությանն ուսումնասիրությունը ջրային լուծույթում կումոլի հիդրոպերօքսիդի քայքայման արագության վրա

Ուսումնասիրելով տարբեր ամինների և ամինոսպիրտների ազդեցությունը ջրային լուծույթում կումոլի հիդրոպերօքսիդի քայքայման վրա, պարզել ենք, որ ամինները ըստ իրենց ազդեցության բնույթի կարելի է բաժանել երեք խմբերի.

ա) Ամիններ, որոնք չեն ռեակցում կումոլի հիդրոպերօքսիդի հետ մինչև 80°C, օրինակ, մոնոէթանոլամինը և պիրիդինը.

բ) Ամիններ, որոնք կումոլի հիդրոպերօքսիդի հետ ռեակցում են պարզ երկրորդ կարգի հավասարումով առանց կատալիզելու վերջինի քայքայումը.

գ) Ամիններ, որոնք ունեն նաև սպիրտային խումբ, ոչ միայն ռեակցում են, այլ նաև կատալիզում են կումոլի հիդրոպերօքսիդի քայքայումը։

Ամինոսպիրտների կատալիտիկ ազդեցությունը բացատրելու համար ենթադրում ենք, որ, նախ, հիդրոպերօքսիդի երկու մոլեկուլներ դիմեր են գոյացնում, որի հետ ամինոսպիրտը առաջացնում է կոմպլեքս, ամինոսպիրտի ազոտը (նուկլեոֆիլ կենտրոն) կոորդինացվում է $ROOH_2^+$-ի հետ և սպիրտային խմբի ջրածինը՝ (պրոտոնոտոնոր կենտրոն) ROO⁻-ի հետ։

Ինչպես կարելի էր սպասել ամինոսպիրտի կատալիտիկ ազդեցությունը կախված է սպիրտային խմբի և ազոտի հեռավորությունից։

Երբ ազոտի և սպիրտային խմբի միջև ածխածինների թիվը 4-ից ավելի է, դիտվում է կատալիտիկ ազդեցության նվազում։

Մեր փորձերից հետևում է, որ ամինի ազոտի մոտ ջրածնի ատոմների թվի և ամինոսպիրտի մոլեկուլում սպիրտային խմբերի թվի մեծացման հետ նվազում է ամինոսպիրտի կատալիտիկ ազդեցությունը։

ЛИТЕРАТУРА - ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Н. М. Бейлерян, С. К. Григорян* и *О. А. Чалтыкян*, „Известия АН АрмССР", т. 17, № 3 (1964). [2] *Н. М. Бейлерян, С. К. Григорян* и *О. А. Чалтыкян*, „Известия АН АрмССР", т. 17, № 3 (1964). [3] *Н. М. Бейлерян*, Автореферат кандидатской диссертации, Ереван, 1962. [4] *Н. М. Бейлерян, С. К. Григорян* и *О. А. Чалтыкян*, „Известия АН АрмССР", т. 17, № 6 (1964). [5] *О. А. Чалтыкян, С. К. Григорян* и *Н. М. Бейлерян*, „Известия АН АрмССР", т. 18, № 2 (1965)

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XL 1965 3

БИОХИМИЯ

М. А. Тер-Карапетян, академик АН Армянской ССР, и А. А. Элиазян

Адаптация дрожжей к *l*-арабинозе

(Представлено 4/VI 1964.)

Пентозы в качестве единственного источника углерода расщепляются и усваиваются дрожжевыми организмами в значительно меньшей степени, чем гексозы и дисахариды, считающиеся для них основными источниками углерода. Особенно редки случаи усвоения пентоз у представителей рода *Saccharomyces*, в то время как у родов *Torulopsis* и *Candida* это свойство встречается чаще. Большинство усваивающих пентозы дрожжевых организмов ассимилирует лишь только ксилозу, в более редких случаях—арабинозу и еще реже рамнозу ([1,2]).

Получение пентозусвояющих культур осуществляется путем выделения из эпифитной микрофлоры разного происхождения или из производств, перерабатывающих пентозосодержащие субстраты (гидролизаты, сульфитные щелоки и т. п.) ([3-8]), а также путем адаптации отдельных штаммов из рода *Candida* ([9,10]).

Настоящая работа посвящена изучению явления адаптации к арабинозе у новой культуры дрожжей рода *Candida* — *C. tropicalis* шт. КЗ—10, выделенной Ш. А. Авакян.

Исследования показали, что эта культура хорошо усваивает в аэробных условиях глюкозу и ксилозу, синтезируя в обоих случаях значительное количество биомассы ([4]). В тех же условиях и сроках инкубации она весьма медленно или вовсе не размножается в среде, содержащей арабинозу в качестве единственного источника углерода. Так, например, в течение 8—10 часов инкубации *C. tropicalis* КЗ—10 в синтетической среде с глюкозой и ксилозой образует соответственно 3—4 и 2—3 поколения клеток, а в среде с арабинозой—ни одного ([11]).

При более продолжительной инкубации (20—23 ч.) в аэрированной синтетической среде в условиях, приводящих к расщеплению глюкозы в пределах 95—100% и ксилозы на 70—85%, арабиноза расщепляется лишь только на 3—5%.

Эти предварительные данные и послужили основанием для изучения возможности адаптации упомянутой культуры к арабинозе.

Опыты были поставлены в синтетической среде следующего состава ([12]): глюкоза, ксилоза или арабиноза — 10 *г*, $(NH_4)_2SO_4$ — 3,12 *г*, KH_2PO_4 — 1,23 *г*, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,625 *г*, NaCl — 0,125 *г*, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ — 0,125 *г*, биотин — 8 *мкг*, водопроводная вода — до 1 литра.

Все компоненты среды, кроме биотина, были очищены путем перекристаллизации. Стерилизация сахаров производилась отдельно от основной среды. Упомянутая среда использовалась как в жидком виде, так и в твердом с 1,5% агаром.

Посевной материал подготовлялся из культуры на сусло-агаре путем выращивания в культуральной среде при 30° С в условиях аэробиоза на круговой качалке (скорость вращения 160—200 об/мин.) в течение 18—20 час. Полученная биомасса подвергалась голоданию в течение 24 часов в дистиллированной воде в указанных условиях аэрирования. Голодающая культура отцентрифугировалась, промывалась дистиллированной водой и засевалась в виде суспензии из расчета 1,5—3,0 *мг* сухой биомассы на 100 *мл* культуральной среды.

Опыты ставились в 750 *мл* колбах, содержащих 100 *мл* среды. Инкубация проводилась в термостате при таких же условиях температуры и взбалтывания, как и для посевного материала.

Оценка экспериментальных результатов производилась следующими показателями: динамика расщепления сахаров методом феррицианида с поправкой для пентоз по Соботка и Рейнеру ([13]) и по данным нашей лаборатории (неопубликованные данные), синтезированная биомасса в конце опыта после высушивания путем взвешивания, отношение синтезированной биомассы к расщепленному сахару (экономический коэффициент синтеза биомассы), интенсивность дыхания на аппарате Варбурга и рост на синтетической среде с агаром.

1. *Усвоение l-арабинозы неадаптированной культурой C. tropicalis шт. КЗ—10.* Результаты опытов приведены в табл. 1.

Полученные результаты наглядно показывают, что в условиях проведенных опытов исследуемая культура расщепляет глюкозу интенсивно и полностью, ксилозу значительно медленнее, а арабинозу в ничтожной степени. Экономический коэффициент синтеза биомассы достигает при усвоении глюкозы 35,8—41,7%, ксилозы—40,1—43,3%, в то время как при усвоении арабинозы коэффициент не превышает порядка 10—13%. Последние данные служили основанием для проведения опытов по адаптации этой культуры к *l*-арабинозе.

2. *Адаптация C. tropicalis шт. КЗ—10 к l-арабинозе.* Опыты по адаптации к *l*-арабинозе проводились в вышеупомянутых условиях путем удлинения срока инкубации и последовательного пересева культур в среду, содержащую специфический субстрат. Для сравнения была использована музейная культура *C. tropicalis* шт. X—9*.

---

* Культура *C. tropicalis* X—9 была любезно представлена нам 13/II 1964 г. Ю. Н. Карасевичем.

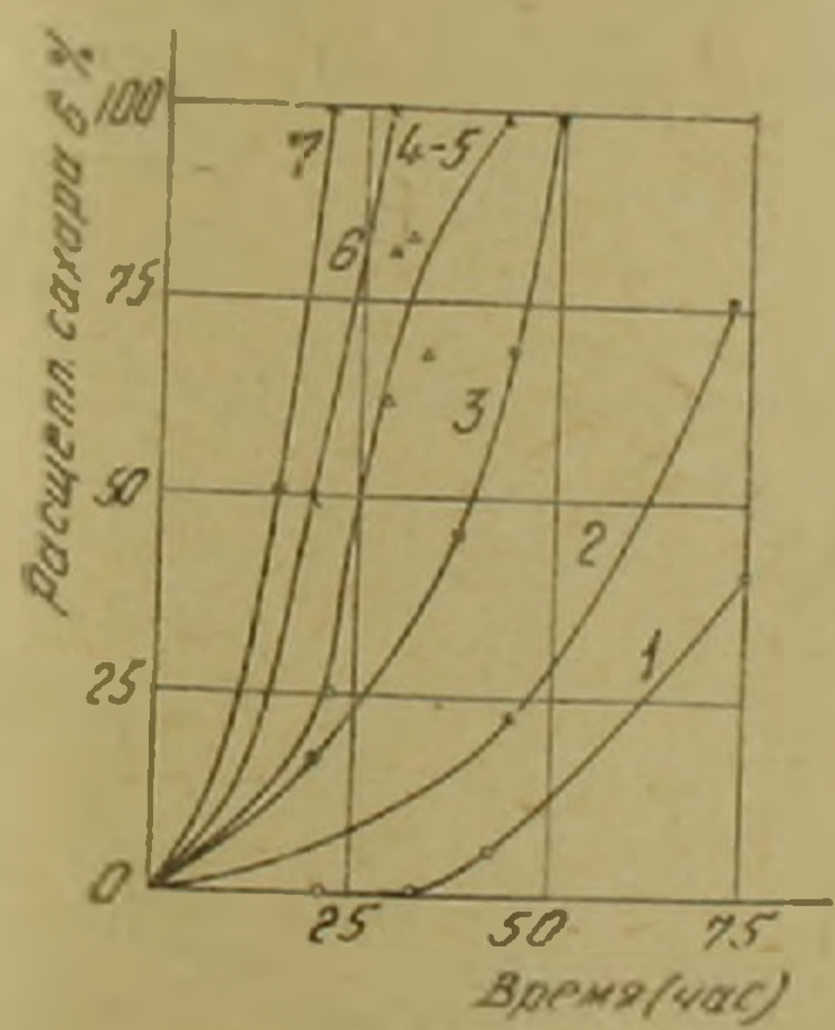
Таблица 1

Усвоение глюкозы, ксилозы и арабинозы *C. tropicalis* шт КЗ—10

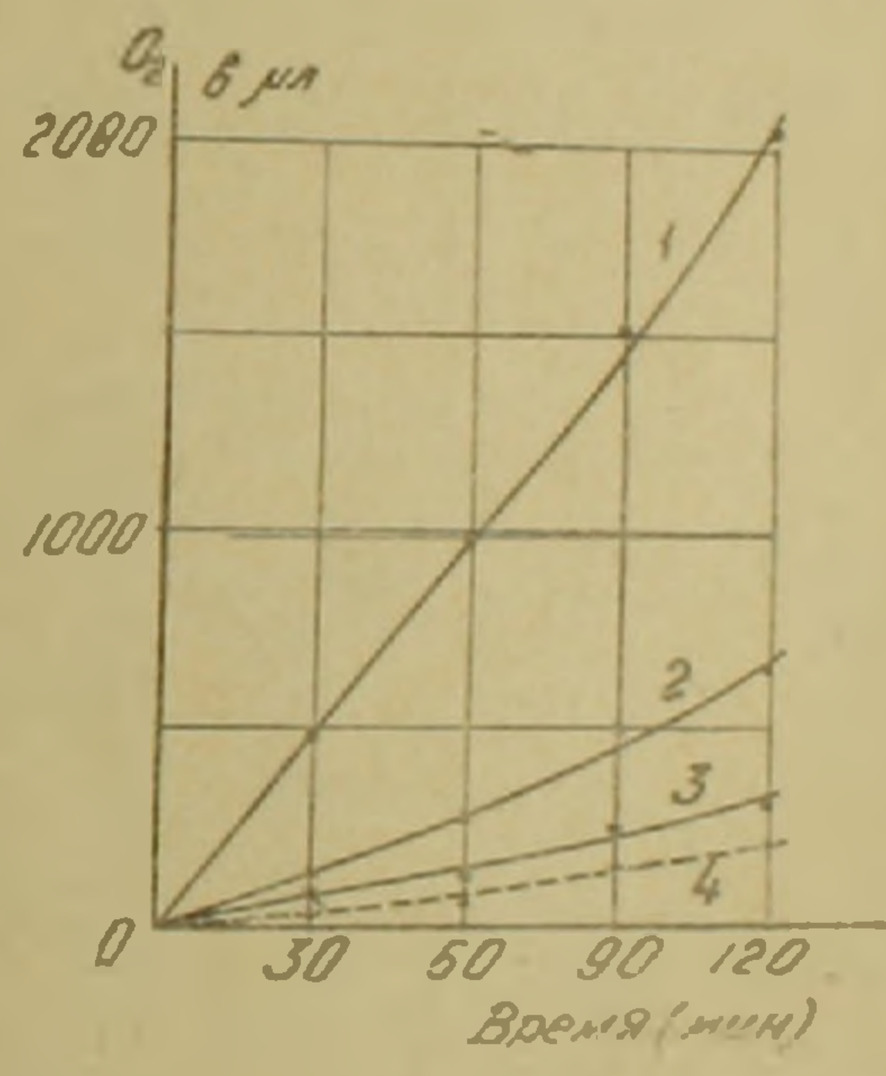
Дата опытов	Источник углерода, *мг*	Продолжительность инкубации, час.	Расщепленный сахар, *мг*	Синтез биомассы, *мг*	Экономич коэффиц. %
14/X 62	Глюкоза 920	22	910	326	35,8
	920	22	910	327	36,0
	Ксилоза 1060	28	770	318	41,2
	1060	28	972	390	40,1
	Арабиноза 1205	22	98	<5	—
	1205	22	98	<8	—
5/X 62	Глюкоза 980	18	910	365	40,0
	980	18	865	361	41,7
	Ксилоза 1156	23	772	335	43,3
	Арабиноза 1082	23	30	<5	—
	1082	23	50	<5	—

Показателем адаптации служила динамика расщепления *l*-арабинозы в жидкой синтетической среде.

Полученные результаты приведены в табл. 2 и 3, а также на фиг. 1.



Фиг. 1 Динамика адаптации *C. tropicalis* КЗ—10 к арабинозе.
Последовательные пассажи *1, 2, 3, 4, 5* в среде с арабинозой. Контрольные варианты в средах: *6* - с ксилозой, *7*—с глюкозой.



Фиг. 2. Дыхание *C. tropicalis* КЗ—10 в фосфатном буфере (М/15) *1*—неадаптированная к арабинозе культура в присутствии глюкозы; 2—адаптированная к арабинозе культура в присутствии арабинозы. *3*—неадаптированная к арабинозе культура в присутствии арабинозы: *4*—эндогенное дыхание адаптированной культуры.

Из табл. 2 и фиг. 1 видно, что неадаптированная культура *C. tropicalis* КЗ—10 (1 пассаж) расщепляет заданную арабинозу в течение 98 часов, а адаптированная культура (V пассаж) в течение

40—42 часов. Адаптация завершается в процессе 4—5 последовательных пассажей, составляя около 40—50 поколений клеток, а скорость расщепления арабинозы у адаптированной культуры приближается к таковой на ксилозе.

Таблица 2

Адаптация *C. tropicalis* шт. КЗ—10 к *l*-арабинозе. Начиная с II пассажа, посевным материалом служила биомасса предыдущего пассажа.

Дата опытов	Пассаж	Посевной материал, *мг*	Исходная арабиноза, *мг*	Продолж. опыта, час.	Расщепленная арабиноза, *мг*
19/X 62	I	2,2	1127	0	—
				22	0
				33	0
				42	70
				75	487
				98	1114
23/X 62	II	1,0	1180	0	—
				45	270
				72	898
30/X 62	III	1,0	1120	0	—
				20	220
				38	566
				44	738
17/XI 62	IV	3,8	1082	0	—
				19	123
				22	270
				28	664
				30	775
29/XII 62	V	2,2	1127	0	—
				33	750
				42	1114
		1,2	d-глюкоза 920*	0	—
				21	892
				24	910
		1,2	d-ксилоза 1058*	0	—
				21	530
				24	767
				29	972

Полученные данные можно истолковать на основе постепенной адаптации исследуемого штамма к *l*-арабинозе, так как культура, ни разу не соприкасавшаяся с этим субстратом, вырастает в первом пассаже после лаг-фазы 20—40 час., в то время как в процессе последовательных пересевов лаг-фаза сокращается до 6—8 часов, приближаясь к таковой на ксилозе.

Из табл. 3 видно, что динамика адаптации к *l*-арабинозе совершенно одинакова у исследуемых культур *C. tropicalis* КЗ—10 и X—9, что не согласуется с ранними данными, указывающими о весьма

* Контрольные опыты

Таблица 3

Динамика адаптации *C. tropicalis* КЗ—10 и Х—9 к *l*-арабинозе

Дата опытов	Штамм	Посевной материал, *мг*	Исходная арабиноза, *мг*	Продолжит. опыта, час.	Расщеплен. арабиноза, *мг*
11/III 64	КЗ—10	2,8	1107	0	—
				24	0
				46	0
				70	196
				93	1020
	Х—9	3,0	1107	0	—
				24	0
				46	0
				70	123
				93	990

длинных сроках адаптации и медленных темпах выращивания *C. tropicalis* Х—9 (всего 3 поколения на одну неделю) (⁹).

3. ***Некоторые свойства C. tropicalis КЗ—10, адаптированной к l-арабинозе.*** В предварительных исследованиях нами изучены следующие показатели у адаптированной к арабинозе культуры: динамика расщепления арабинозы и экономический коэффициент синтеза биомассы, рост на синтетической среде с агаром, содержащей арабинозу, интенсивность дыхания клеток.

Результаты по выращиванию в условиях аэробиоза приведены в табл. 4.

Таблица 4

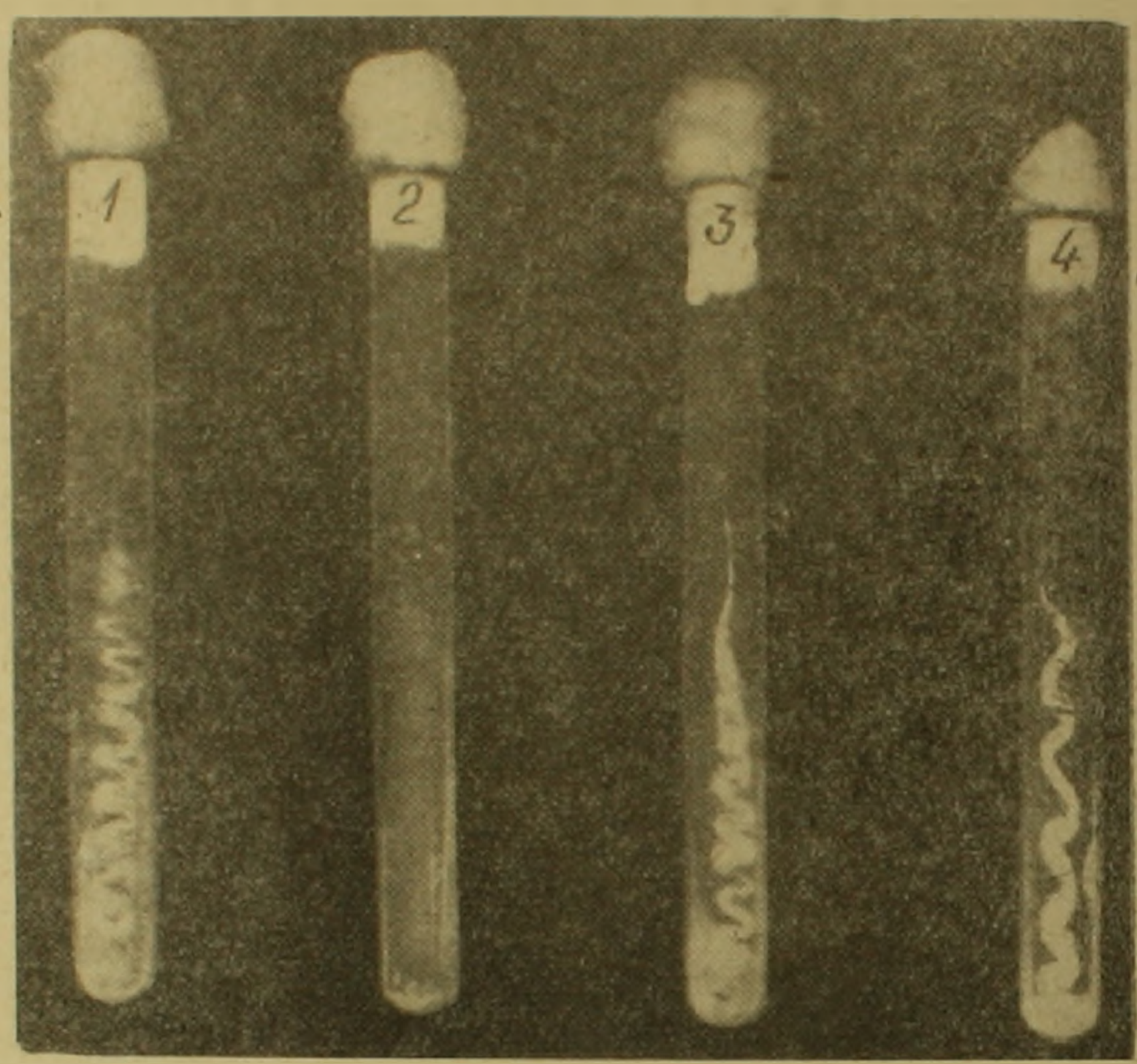
Свойства адаптированной к *l*-арабинозе шт. КЗ—10

Дата опытов	Исходная арабиноза	Посевной материал, *мг*	Продолжительность опыта (часы)	Расщепленная арабиноза, *мг*	Биомасса, *мг*	Экономич. коэффициент, %
23/X 62	1180	1,3	44	900	304	33,4
17/XI 62	1080	3,8	30	898	298	33,1
29/XII 62	1127	2,2	42	1115	378	33,9
29/XII 62	1127	2,2	42	1115	368	33,0

Результаты табл. 4 показывают, что адаптированная культура по сравнению с неадаптированной обладает следующими свойствами: усиления скорости расщепления арабинозы, повышения экономического коэффициента синтеза биомассы до 33,9%.

Результаты по выращиванию на синтетической среде с агаром, содержащей арабинозу в качестве единственного источника углерода, изложены на фиг. 3, которая показывает, что адаптированная культура отлично растет в течение 1—2 суток (№ 4), в то время как неадаптированная не показывает заметного роста в тех же условиях, даже после 10—12-дневной инкубации (№ 2).

Результаты по динамике потребления кислорода при выращивании культуры в условиях аэробиоза изложены на фиг. 2, где заметно, что в среде с арабинозой интенсивность дыхания адаптированной культуры (Ар → Ар) превышает таковую неадаптированной (Гл → Ар), но все же уступает уровню дыхания культуры, выращенной на глюкозе (Гл → Гл).



Фиг. 3. Рост *C. tropicalis* КЗ — 10 на синтетической среде с агаром. Неадаптированная к арабинозе культура в среде с глюкозой — *1*, с арабинозой — *2*. Адаптированная к арабинозе культура в среде с глюкозой — *3*, с арабинозой — *4*.

Значения $Q^{воз}_{O_2}$ равняются: для культуры *C. tropicalis* КЗ—10, выращенной на глюкозе и испытанной на том же субстрате — 223, а при испытании на арабинозе — 35,8; для культуры, выращенной на арабинозе (V пассаж) и испытанной на том же субстрате — 70,6, а при испытании на глюкозе — 123.

Выводы 1. На примере *C. tropicalis* шт. КЗ — 10 показана возможность адаптирования дрожжевых организмов к арабинозе в условиях аэробиоза в жидкой синтетической среде в течение сравнительно кратковременной инкубации (90—98 час.).

2. Адаптация выражается сокращением лаг-фазы и завершается в процессе 4—5 пассажей, представляющих около 40—50 поколений клеток.

3. Адаптированная культура отличается от исходной, высоким

коэффициентом синтеза биомассы, повышенной дыхательной способностью в жидкой среде с арабинозой, способностью расти на поверхности синтетической агаровой среды с арабинозой.

4. Поскольку исходная культура обладает, хотя и в весьма низкой степени, свойством расщепления *l*-арабинозы и довольно интенсивного дыхания в присутствии этого субстрата, можно допустить гипотезу, что описанное нами явление происходит посредством перестройки культуры в целом, путем индуцированного синтеза ферментативных систем, принимающих участие в реакциях расщепления и усвоения *l*-арабинозы ([14]).

По всей вероятности, адаптация происходит у двух испытуемых культур *C. tropicalis* К3—10 и Х—9 по подобным механизмам.

Гипотеза отбора какого-то мутанта, содержащегося в исходной популяции, трудно применима в условиях наших опытов.

При наличии в культуре, поставленной на инкубацию, $1{,}6 \cdot 10^6$ клеток в 1 *мл*, если допустить, что доля мутантов в исходной популяции равна 10^{-6} и лаг-фаза исходной культуры длится около 40 часов, то при таких условиях клетки, обладающие свойством усвоения арабинозы, достигнут степени конечной густоты культуры (500—600 миллион в 1 *мл*) в процессе более 20 поколений. Такую последовательность поколений трудно представить себе, если учесть, что время почкования уже адаптированной культуры в среде с *l*-арабинозой равно не менее 6—8 часов.

Армянский НИИ животноводства и ветеринарии
Министерства сельского хозяйства Армянской ССР
Институт микробиологии Академии
наук Армянской ССР

Մ. Ա. ՏԵՐ-ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Հայկական ՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս և Ա. Ա. ԷԼԻԱԶՅԱՆ

Խմորասնկերի ադապտացիան *l*-արաբինոզի նկատմամբ

Խմորասնկերի միջոցով միկրոբային սպիտակուց սինթեզելու հարցը սերտորեն կապված է քսիլոզ և արաբինոզ յուրացնող խմորասնկերի նոր տեսակներ ստանալու խնդրի հետ։

Ներկա աշխատանքը նվիրված է C. tropicalis К3—10 *և* Х—9 *շտամների l—արաբինոզի նկատմամբ ադապտացիայի երևույթի ուսումնասիրությանը։*

Արդյունքները բերված են նս. 1—4 աղյուսակներում և նս. 1—3 նկարներում։

Մեր կողմից կատարված հետազոտությունները բերել են հետևյալ եզրակացություններին.

1. Պարզվել է, որ սինթետիկ հեղուկ միջավայրում, սերոբ կենսագործունեության պայմաններում, 90—98 ժամվա ընթացքում, հնարավոր է C. tropicalis К3—10 *խմորասունկը ադապտացիայի միջոցով դարձնել l-արաբինոզ յուրացնող։*

2. Ադապտված կուլտուրան տարբերվում է ելակետային կուլտուրայից կարճատև լաг-ֆազայով, բիոմասսայի սինթեզի տնտեսական գործակցի բարձր արժեքով, արաբինոզի միջավայրում շնչառության ինտենսիվությամբ, արաբինոզ-ագարի վրա արագ աճելու ունակությամբ։

3. Ենթադրվում է, որ ադապտացիայի ընթացքում տեղի է ունենում արաբինոզ հեղքող ֆերմենտների ինդուկցված սինթեզ, որի հետևանքով ելակետային կուլտուրան

վերափոխվում է ամբողջությամբ։ Նույն կուլտուրայում առանձին մուտանտների բնության հիպոթեզը մեր փորձերի պայմաններում կիրառելի չի թվում։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Д. Роза, Е. Фред, В. Петерсон,* Ztbltt. Bakt. Parasit. Abt II, 79, 89, 1929. [2] *А. Е. Уайльс,* J. Inst. Brewing 59, 265, 1953. [3] *Е. А. Плевако,* Получение кормовых дрожжей на гидролизатах сельскохозяйственных отходов, 1940. [4] *М. А. Тер-Карапетян,* „ДАН СССР", 112, 915 (1957). [5] *А. П. Крючкова,* „Гидролизная пром. СССР", № 5, 1945; „Гидролиз. и лесохим. пром. СССР", № 8, 11, 1955. [6] *В. Петерсон, Дж. Снелл, В. Фрезиер*, Ind. & Eng. Chem. 37, 1, 30, 1945. [7] *Ф. Г. Саруханян,* „Известия АН АрмССР" (естеств. науки), № 3, 43 (1944). [8] *Ш. А. Авакян.* Изучение динамики размножения и синтеза биомассы у дрожжевых организмов в условиях аэробного обмена, Диссертация, Ереван, 1953. [9] *Ю. Н. Карасевич,* „Микробиология", 27, 145, 1958; 28, 34, 191, 1959. [10] *Е. Карчевска,* C. R. Labor. Carlsberg (Sér. Chim.) 31, 17, 251, 1959. [11] *А. А. Элиазян, Ф. Ц. Никогосян,* Научные труды Ереванского гос. университета № 11, 107, 1963. [12] *М. А. Тер-Карапетян, Е. Н. Макарова,* „Известия АН АрмССР" (сер. биол.), 16, № 5, 15 (1963). [13] *Г. Соботка, М. Рейнер,* Biochem. J. 24, 1, 394, 1930. [14] *А. Дин, С. Хиншельвуд,* Адаптация у микроорганизмов. Изд. ИЛ, М., 1956.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XI 1965 3

БИОХИМИЯ

А. Ш. Галстян

Влияние температуры на активность ферментов почвы

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. С. Давтяном 25/IX 1964)

Процессы разложения и синтеза органических веществ в почве происходят под действием ферментов. Сущность каталитического действия ферментов заключается в значительном снижении энергии активации, необходимой для преодоления энергетического барьера при соответствующей химической реакции ([1-4]). В связи с этим скорость ферментативных реакций почвы находится в определенной зависимости от температуры среды. До сих пор этот вопрос в специальной литературе недостаточно освещен, имеются лишь отдельные данные, касающиеся скорости ферментативных реакций при сравнительно низких температурах и энергии активации действия инвертазы и каталазы почв ([5-7]).

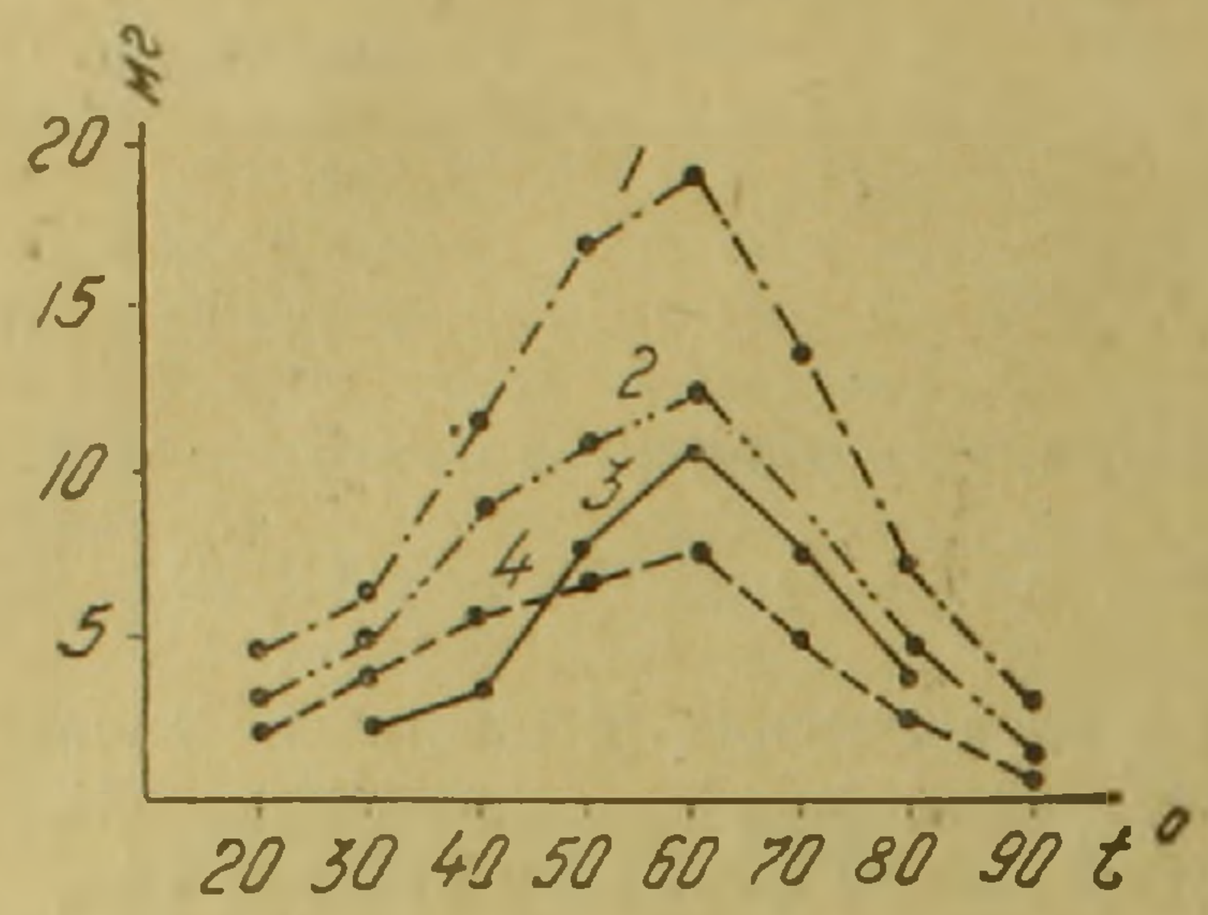
В этой работе приводятся некоторые данные о влиянии температуры на скорость ферментативных реакций почвы и нагревания почвы на активность ее ферментов. Эти данные могут представить определенный интерес для познания характера действия ферментов в почве.

Исследование проводилось на черноземе, каштановой и бурой почвах. Образцы почв высушивались при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния, очищались от корней и поступали на анализ. Активность ферментов почвы определялась методами, принятыми в нашей лаборатории ([8]).

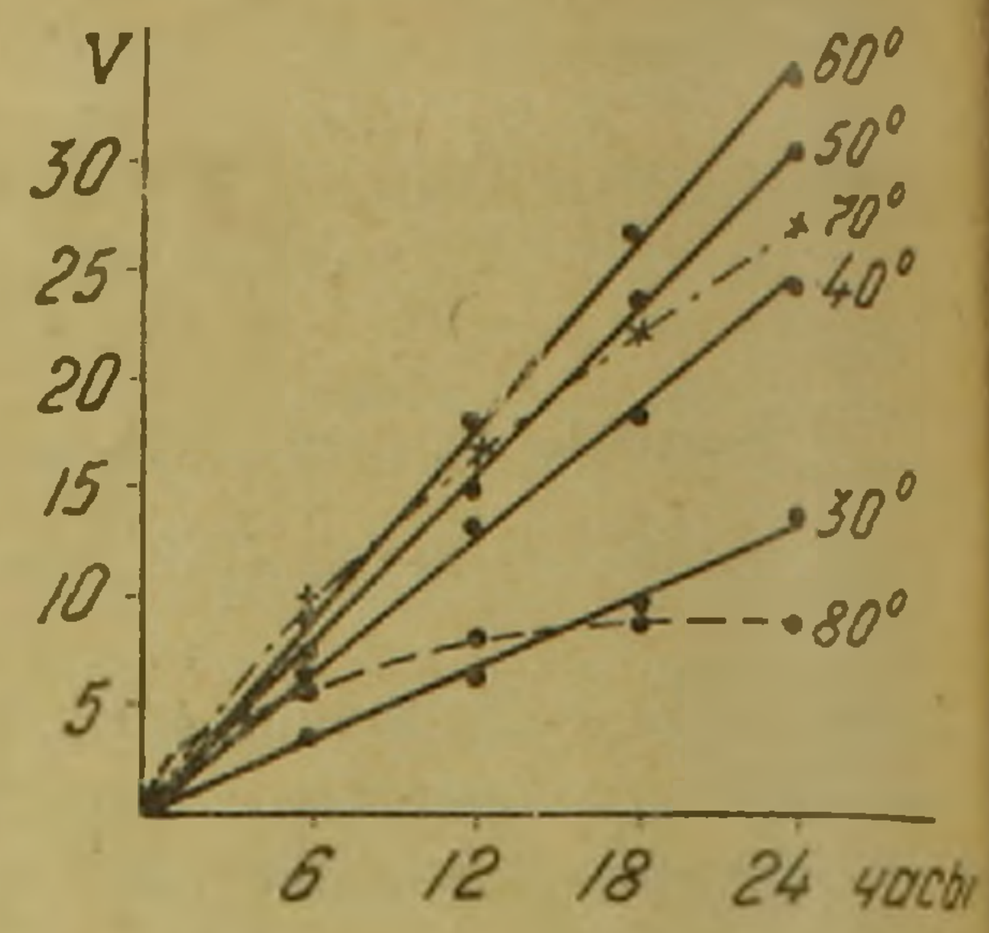
Для выявления зависимости скорости ферментативной реакции от времени почву с субстратом инкубировали при различных значениях температуры в течение определенного периода времени. Зависимость активности ферментов почвы от температуры, которая почти одинакова для исследованных почв, изображена кривыми (фиг. 1). Оптимальная температура для почвенных гидролаз находится около 60°, после чего скорость реакции падает. Выше 80° образовавшийся при уреазной реакции аммиак улетучивается из среды, что не дает возможности определить ее активность при высоких температурах.

Температура оказывает двоякое влияние на скорость ферментативной реакции почвы. Это становится очевидным, когда скорость реакции определяется в более короткие промежутки времени (фиг. 2). В начале инкубации при всех температурах имеет место повышение скорости

ферментативной реакции почвы. В течение первых двух часов инкубации при температуре 70 и 80° скорость реакции большая, но она сохраняется сравнительно короткий период времени. Затем наблюдается падение скорости реакции. Здесь одновременно с повышением скорости



Фиг. 1. Влияние температуры на активность гидролитических ферментов почвы.
1 — инвертаза; *2* — β-глюкозидаза; *3* — уреаза; *4* — амилаза.



Фиг. 2. Зависимость скорости инвертазной реакции почвы от температуры и времени ее определения.

ферментативной реакции происходит тепловая инактивация, что является результатом денатурации белка, при которой происходит деструкция молекулы фермента. При остальных температурах течение ферментативной реакции не меняется, что отражается в прямолинейной зависимости скорости реакции от времени ее определения. Течение этой реакции в почве аналогично с реакцией чистого ферментного препарата инвертазы ([2]). Разница лишь в том, что в почве при 60° она не инактивируется.

Изменение скорости ферментативной реакции под влиянием температуры можно выражать с помощью температурного коэффициента Q_{10} ([1–4]), показывающего во сколько раз увеличивается скорость реакции при повышении температуры на 10°. Температурный коэффициент Q_{10} для ферментативных реакций почвы в основном лежит в пределах 1—2, но для некоторых ферментов, в частности окислительно-восстановительных, бывает больше двух (табл. 1), а иногда даже выше, чем для химических реакций с неорганическими катализаторами, который лежит в пределах 2—4.

Температурный коэффициент ферментативных реакций почвы показывает ход активации и инактивации фермента при повышении температуры. По его значению можно судить об изменении структуры белковой молекулы фермента. В интервале температур, где молекула фермента претерпевает деструкцию, значение Q_{10} бывает меньше единицы. Такой интервал температуры можно называть порогом денатурации белковой молекулы фермента. Приведенные данные показывают, что тепловая инактивация ферментов происходит различно, она зависит от

природы фермента и физико-химических свойств почвы. Характер изменения Q_{10} почвенных карбогидраз почти одинаковый, их инактивация и активация происходят умеренно. Скорость реакции почвенных дегидроге-

Таблица 1

Изменение температурного коэффициента Q_{10} ферментов почвы

Температурный интервал	Инвертаза	Амилаза	β-глюкозидаза	Фосфатаза	Дегидразы
20—30°	1,98	2,0	1,92	1,79	8,89
30—40°	1,78	1,63	1,65	1,28	1,78
40—50°	1,27	1·20	1·28	1,18	1,08
50—60°	1,13	1,11	1,16	1,03	0,49
60—70°	0,77	0,64	0,74	0,88	0,0
70—80°	0,30	0,50	0,47	0,79	0,0

наз как в сторону повышения, так и убывания меняется сравнительно резко. Уже при 50° отмечается деструкция их молекул. Дегидрогеназы почвы максимальной активностью действуют при 45° (фиг. 3). При этом скорость их реакции до 35° возрастает быстро, затем до 45° имеет место медленный подъем, после чего она падает. При 70° дегидрогеназы почвы полностью инактивируются (табл. 2). Опыты показали, что при 100° наблюдается регенерация молекул дегидрогеназ, которая с дальнейшим повышением температуры снова инактивируется. При различных температурах отмечается специфичность действия дегидрогеназ.

Таблица 2

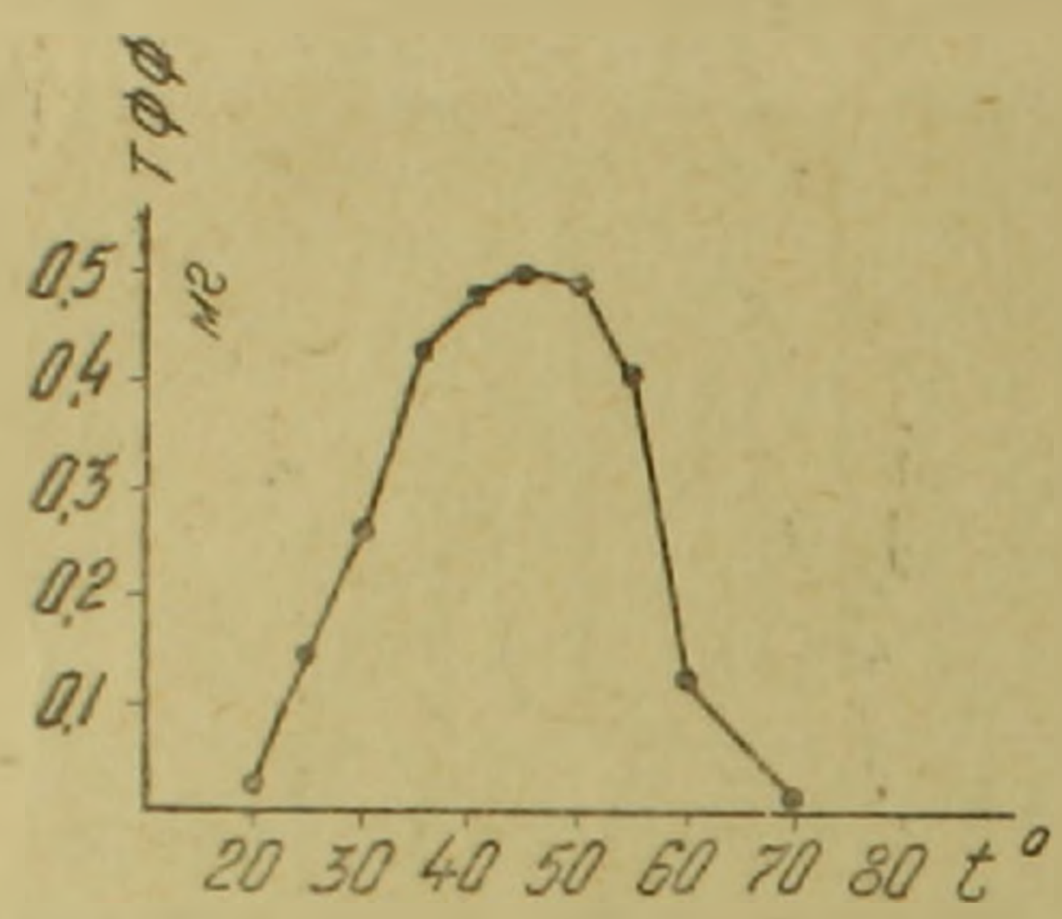
Влияние температуры на действие дегидрогеназ почвы (*мг* ТФФ на 10 *г* почвы)

Температура, С°	Без донаторов	Донаторы водорода				
		Глюкоза	Глицерофосфат	Лимонная к-та	Глютаминовая к-та	Этиловый спирт
20°	0,1	0,2	0,2	0,1	1,4	0,1
30°	0,2	3,5	1,3	1,0	1,8	1,2
40°	0,4	4,9	3,2	2,8	3,8	2,7
60°	0,3	1,2	0,2	0,9	0,6	1,4
70°	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80°	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
90°	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100°	0,1	1,9	0,5	0,0	0,1	0,0
110°	0,1	2,5	0,6	0,1	1,0	0,1

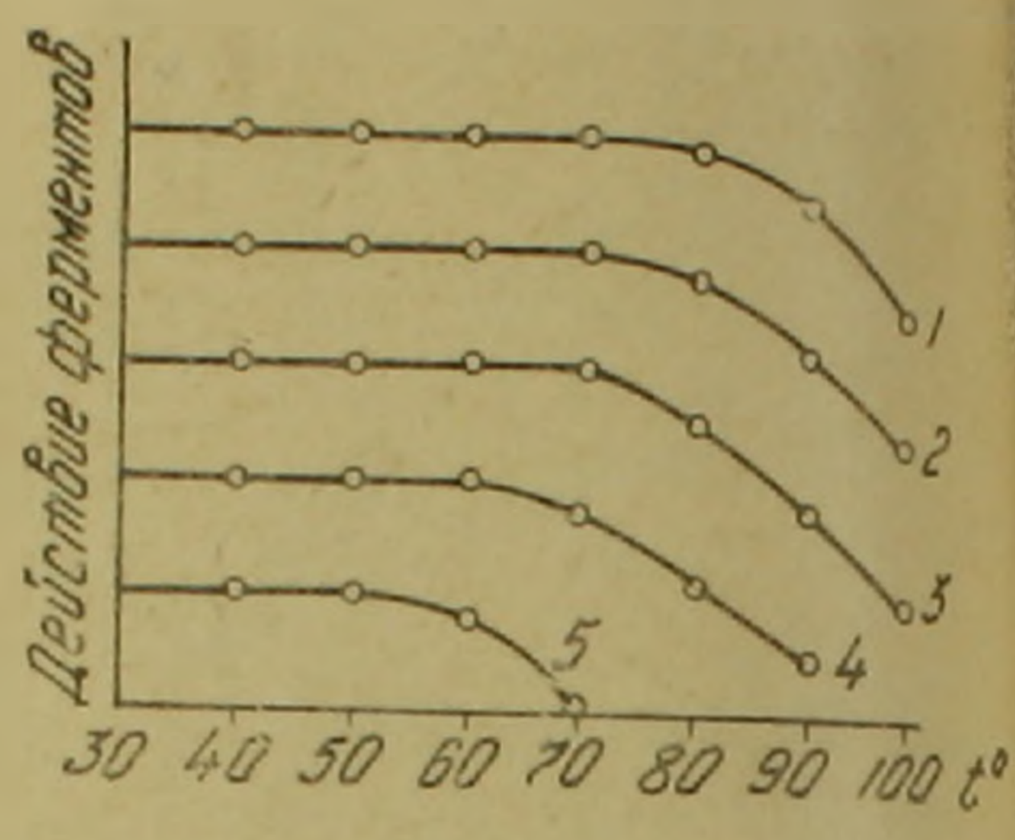
В почве наиболее активно действует глюкозодегидрогеназа. При высоких температурах ее молекула регенерируется больше, чем молекулы остальных дегидрогеназ. Регенерация молекул гидролитических фер-

ментов почвы при высоких температурах в наших опытах не наблюдалась. Следовательно, денатурация почвенных гидролаз необратимый процесс.

Для изучения влияния нагревания почвы на активность ее ферментов к нагретой при различных температурах почве прибавляли субстраты и по принятой методике определяли действие ферментов. Выяснилось,



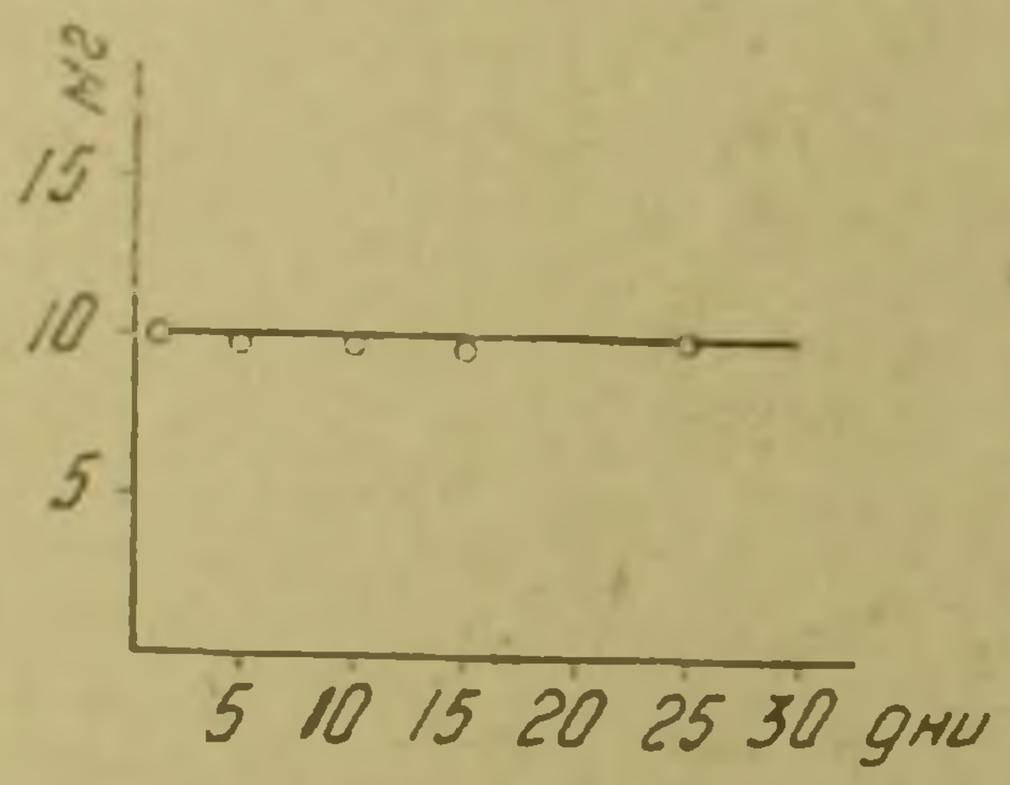
Фиг. 3. Влияние температуры на действие дегидрогеназ почвы.



Фиг. 4. Влияние нагревания почвы на активность ее ферментов. *1* – фенолоксидазы; *2*—каталаза; *3*—инвертаза, *4*—фосфатаза, *5*—дегидрогеназы.

что для большинства ферментов почв тепловая инактивация наступает при температуре 60—70° (фиг. 4). Потеря активности дегидрогеназ начинается несколько раньше, чем этот температурный интервал, а у фенолоксидаз несколько позже. Одновременно установлено, что большинство почвенных ферментов полностью инактивируется при трехчасовом нагревании почвы при 180°С.

В практике биохимических исследований почв часто приходится иметь дело с нагреванием. В таком случае во избежание тепловой инактивации ферментов почвы температура нагревания не должна превышать 50°. Было установлено, что в течение одного месяца нагревания почвы при 50° активность ее ферментов почти не изменилась (фиг. 5).



Фиг. 5. Влияние длительного нагревания почвы на активность инвертазы

Опыты показали, что порог инактивации при нагревании почвы бывает несколько выше (примерно на 10°), чем при определении скорости соответствующих ферментативных реакций. Значит, в присутствии буферов и субстратов ферменты менее устойчивы к нагреванию. Здесь вода проникает в промежутки пептидных цепей и способствует развертыванию пептидов, кроме того

анионы и катионы прибавленных буферов и субстраты действуют на функциональные группы белковой молекулы фермента и разрывают пептидную цепь. Следует отметить, что по сравнению с ферментами растений и животных, а также с чистыми ферментными препаратами ([2,9]) почвенные ферменты более устойчивы к нагреванию. Это обусловлено тем, что почвенные ферменты в основном адсорбированы органо-минеральными коллоидами, которые имеют некоторое защитное свойство к их денатурации.

Итак, влияние температуры на активность ферментов почвы—сложный и многогранный процесс. Температура действует на белковую структуру фермента, изменяет скорость образования и расщепления ферментно-субстратного комплекса и другие процессы. Учитывая сложность влияния температуры на скорость ферментативных реакций почвы, определение их активности производится при таких температурах, которые дают возможность получить достоверные данные.

Институт почвоведения и агрохимии
МСХ Армянской ССР

Ա. Շ. ԳԱԼՍՏՅԱՆ

Ջերմաստիճանի ազդեցությունը հողի ֆերմենտների ակտիվության վրա

Հողի ֆերմենտների ակտիվության վրա ջերմաստիճանի ազդեցության ուսումնասիրություններից պարզվել է, որ հիդրոլազների մաքսիմում գործունեությունը հայտնաբերվում է 60°-ում, որից հետո տեղի է ունենում ջերմային ինակտիվացում։ Դեհիդրազների գործունեության օպտիմալ ջերմաստիճանը՝ 45°, սրանից բարձր ֆերմենտի ակտիվությունը ընկնում է և 70° հավասարվում է զերոյի։ 100° սահմաններում նկատվել է դեհիդրազների մոլեկուլների ռեգեներացիա, որը բացակայում է հիդրոլիտիկ ֆերմենտների մոտ։ Ջերմությունը երկակի ազդեցություն է ունենում հողի ֆերմենտների վրա՝ մի կողմից բարձրացնում է ռեակցիայի արագությունը, մյուս կողմից ենթարկում ջերմային ինակտիվացման։

Հողի ֆերմենտների ջերմային գործակիցը հիդրոլազների համար գտնվում է 1—2 սահմաններում, օքսիդազների համար այն հաճախ բարձր է, քան քիմիական ռեակցիաներում օգտագործվող անօրգանական կատալիզատորներինը։ Հողի ֆերմենտների ջերմային ինակտիվացումը նրանց սպիտակուցային մոլեկուլի դենատուրացիայի արդյունք է։

Ուսումնասիրությունների ընթացքում ֆերմենտների ջերմային ինակտիվացումից խուսափելու համար տարացման դեպքում ջերմաստիճանը չպետք է 50° բարձրացնել։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Дж. Б. Самнер* и *Г. Ф. Сомерс*, Химия ферментов и методы их исследования, ИЛ, 1948. [2] *М. Диксон* и *Э. Уэбб*, Ферменты, ИЛ, 1961. [3] *Г. Е. Владимиров*, *С. Н. Лызлыва*, Энзимология, Л., 1963 *Дж. Нейландс П. Штумпф*, Очерки по химии ферментов, ИЛ, 1958. [5] *Н. Киш*, Talajenzimek, Adendum in Talajtan. Bukarest, (1958); [6] *Е. Гофман*, *Г. Гоффман Z.* Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde, 70, № 2, 1955. [7] *Я. Дробник*, Československ. Mikrobiol., 47, № 1, 1956. [8] *А. Ш. Галстян*, *Г. С. Татевосян*, Физика, химия, биология и минералогия почв СССР, М., 1964. [9] *В. Л. Кретович*, Основы биохимии растений, М., 1961.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XL 1965 3

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Г. Д. Зубян

Аэрологическое исследование вторжений холодных масс воздуха в Армению

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. С. Мкртчяном 11/VIII 1964)

Среди части метеорологов, в особенности метеорологов Закавказья, укоренилось представление, формировавшееся много лет назад, когда аэрологические наблюдения были малочисленны и имели низкий потолок, что холодные воздушные массы, распространяясь к югу, сильно растекаются, в результате чего вторгаются в южные широты в виде плоского клина, охватывающего лишь нижние слои тропосферы. Такое положение считается особенно характерным для Закавказья, закрытого с севера Кавказским хребтом, который, как утверждается, холодный воздух только обтекает ([1]).

Исследование, результаты которого приводятся в данной работе*, не подтверждает эту гипотезу. Наоборот, оно показывает, что холодные вторжения в Армению часто охватывают мощные слои атмосферы, вызывая значительные и весьма резкие локальные изменения температуры, воздушных течений, тропопаузы и ряда других метеорологических параметров до больших высот.

Вторжения холодных масс воздуха в Армению в периоды: 20—23 января, 27 февраля — 2 марта, 15—17 марта, 6—8 мая, 21—23 ноября 1961 года и 16—19 сентября 1960 года, наиболее подробно исследованные нами как характерные случаи, хорошо подтверждают это положение (табл. 1—3 и фиг. 1—3).

Рассматриваемые случаи холодных вторжений отличаются друг от друга по интенсивности, длительности процесса и представляют различные периоды года. Табл. 1 показывает, что в одних случаях вторжений изменения температуры в свободной тропосфере бывают примерно того же порядка, что у поверхности земли, иногда — несколько меньше, а в ряде случаев — значительно больше (20—23/I, 26/II—2/III, 21—23/XI). То же самое можно сказать, если сравнить изменения температуры в тропосфере и стратосфере. Обращают на себя внимание

* Исследование велось по материалам аэрологических наблюдений ст. Ереван за 1960, 1961 и 1962 годы, в течение которых и были рассмотрены все случаи похолодания, связанные с главными атмосферными фронтами.

значительно большие изменения температуры в нижней стратосфере по сравнению с тропосферой 15—17/III. Однако, при всем этом, как можно заключить по представленным материалам, все взятые случаи холодных вторжений в Армению в качественном отношении являются вполне идентичными — все они показывают общее понижение температуры в тропосфере и сопутствующее повышение температуры в нижней стратосфере. Последнее достигает максимума на уровне тропопаузы до вторжения, затем с высотой быстро уменьшается.

Таблица 1

Изменения температуры на различных высотах при холодных вторжениях в Армению по данным аэрологической станции Ереван; 1961 год (сентябрь за 1960 год). Высота станции над уровнем моря 0.91 *км*

Высота в *км*	Дата 20—23/I	26/II—2/III	15—17/III	6—8/V	16—19/IX	21—23/XI
0,91	—14	— 9	—8	— 8	—10	—13
2	—17	— 8	—8	— 7	—10	—13
3	—21	—10	—7	—10	—10	—13
4	—20	—16	—6	— 9	— 9	—14
5	—20	—17	—5	— 9	— 8	—17
6	—18	—10	—5	— 9	— 9	—19
7	—16	— 9	—6	—10	—10	—20
8	—18	— 6	—7	—14	—10	— 9
9	— 9	— 2	—5	—14	— 9	2
10	10	6	14	9	—10	12
11	15	8	18	5	— 9	14
12	18	6	13	8	— 8	13
13	14	3	9	9	— 6	7
14	10	0	6	9	— 4	8
15	10	— 1	3	9	— 1	3
16	9	— 2	1	8	8	2
17	4	— 2	1	8	7	1
18	5	0	1	6	8	1
19	6	— 1	1	4	9	2
20	3	— 1	0	1	11	2
21					13	
22					14	
23					15	
24					16	
25					17	
Троп.*	19	9	18	11	9	14

* На уровне тропопаузы до вторжения.

Таблица 2

Изменения высоты и температуры тропопаузы при холодных вторжениях в Армению по данным аэрологической станции Ереван, 1961 год (сентябрь за 1960 год)

Дата	Тропопауза до вторжения		Тропопауза после вторжения		Разность		Время (в часах)	Максим. изменения высоты тропопаузы в *км* за 12 часов
	высота в *км*	температура	высота в *км*	температура	высота в *км*	температура		
20—23/I	11,8	—67,7	7,8	—46,5	—4,0	21,2	36	—1,9
26/II—2/III	11,0	—52,9	7,5	—44,4	—3,5	8,5	30	—1,9
15—17/III	10,6	—63,3	8,4	—50,4	—2,2	12,9	36	—1,2
6—8/V	12,4	—57,3	10,0	—49,6	—2,4	7,7	18	—2,0
16—19/IX	16,7	—66,4	14,0	—55,4	—2,4	11,0	48	—1,0
21—23/XI	12,2	—63,1	6,8	—45,4	—5,4	17,7	30	—3,4

Таблица 3

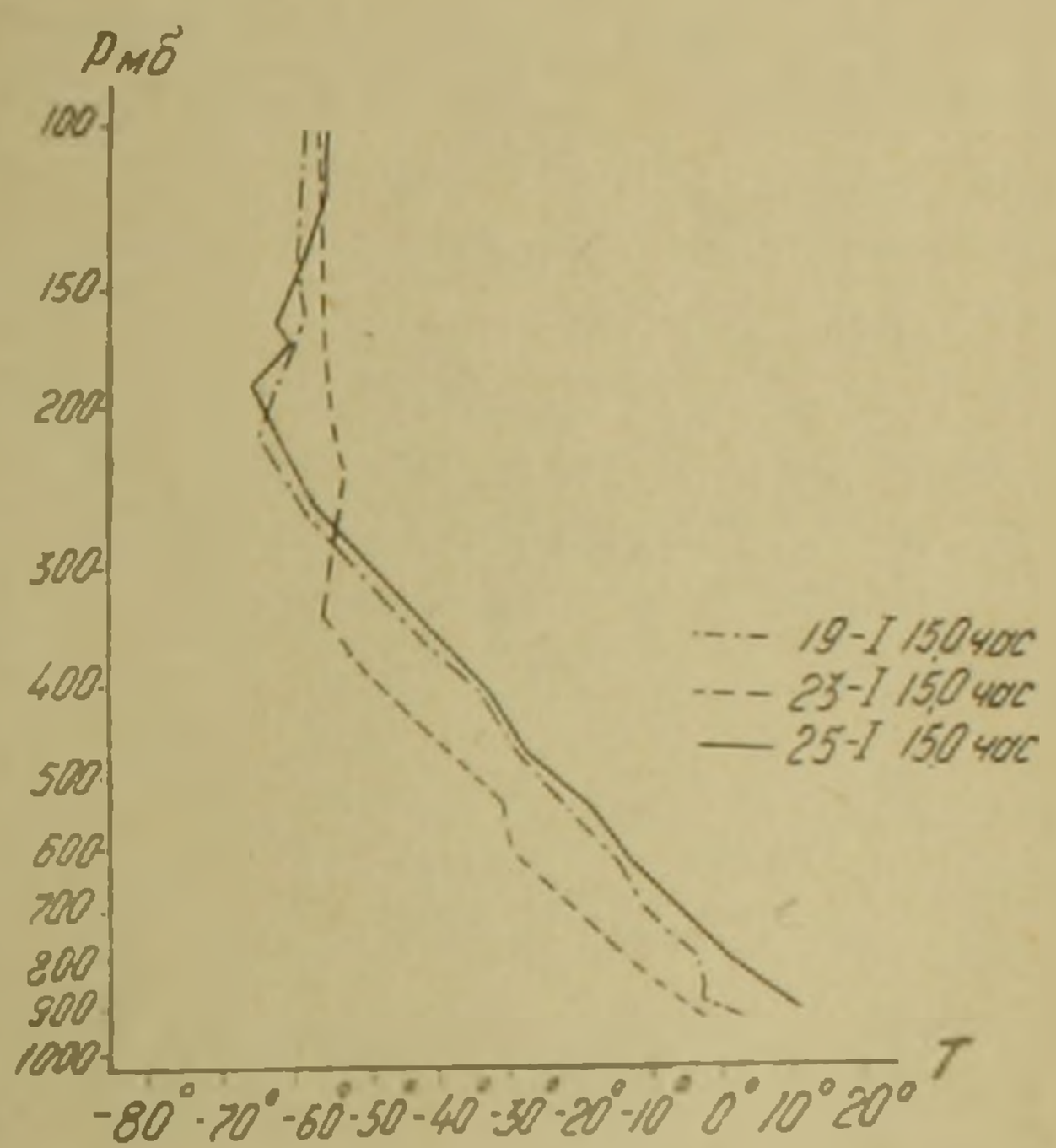
Максимальные скорости ветра в период холодного вторжения в Армению 19—23 января 1961 года (ст. Ереван)

Дата		19/I			20/I			21/I			22/I			23/I		
Сроки наблюдения		03	15	21	03	15	21	03	15	21	03	15	21	03	15	21
Скорость	*м*/сек	15	48	89	83	87	50	56	24	44	51	63	53	65	67	46
	км/час	58	173	320	299	313	180	202	86	158	184	227	191	234	241	166
Высота в *км*		12,0	12,0	9,7	8,9	11,3	9,8	10,9	11,5	11,0	11,5	7,6	8,0	9,0	8,2	9,0

При холодных вторжениях большой мощности в Армению наблюдается значительное опускание тропопаузы и одновременное повышение ее температуры (табл. 2, фиг. 1 и 2). В случаях наиболее значительных вторжений в январе и ноябре 1961 года тропопауза опустилась, соответственно, на 4,0 и 5,4 *км* за 30—36 часов, а ее температура повысилась на 21,2 и 17,7°. При этом в ноябре максимальное понижение тропопаузы за 12 часов составило 3,4 *км*, а за 6 часов — 3,0 *км*.

Отмеченные величины изменения высоты и температуры тропопаузы при холодных вторжениях в Армению очень близки к тем экстремальным их значениям, которые наблюдаются вообще в северном полушарии.

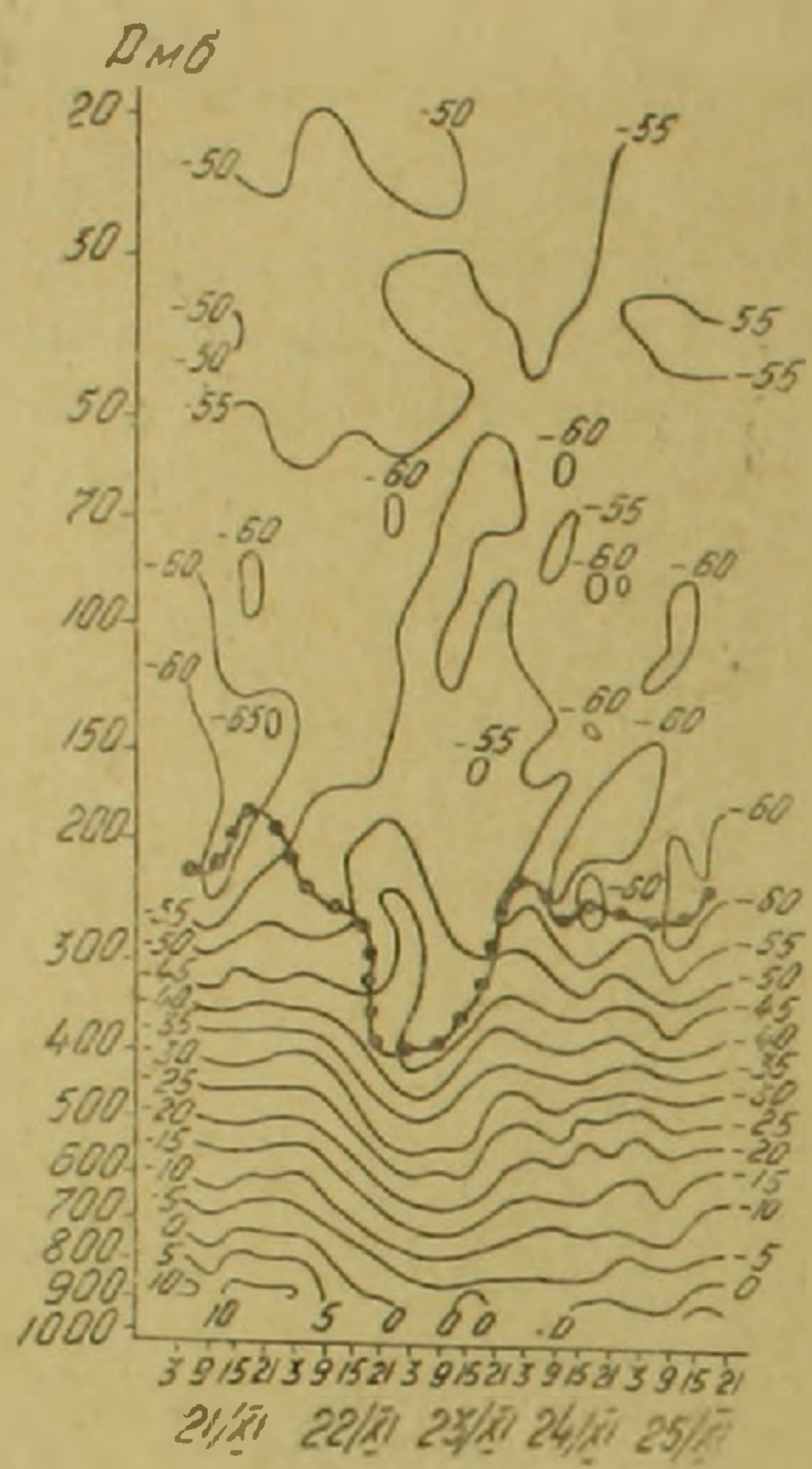
Холодные вторжения в Армению часто сопровождаются значительными и резкими изменениями скорости ветра на высотах в виде отчетливо выраженных струйных течений (табл. 3 и фиг. 3).



Фиг. 1. Кривые вертикального распределения температуры над Ереваном (1961 год): 19 января — до холодного вторжения; 23 января — после холодного вторжения; 25 января — в период потепления, наступившего за холодным вторжением.

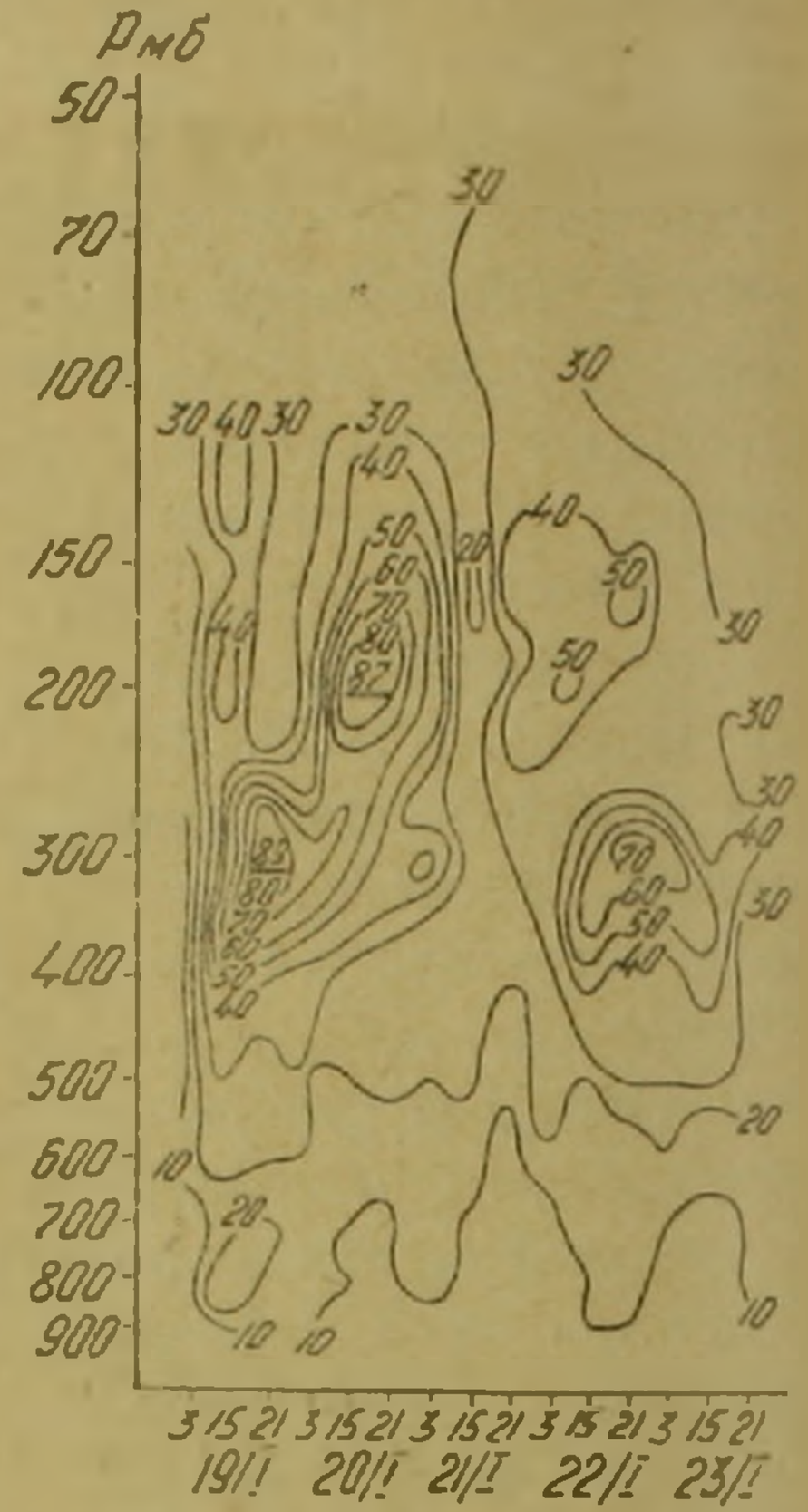
В рассмотренном выше январском экстремальном случае холодного вторжения максимальная скорость ветра над Ереваном достигла (табл. 3) 89 *м*/сек (320 *км*/час). Это очень большая скорость (наблюдалась в 21 час 19 января 1961 года на высоте 9,7 *км*) — приближается она к тем максимальным скоростям ветра, которые наблюдаются вообще в тропосфере в северном полушарии (исключая район Японских островов, где были отмечены скорости примерно в два раза больше).

Изменения скорости ветра при холодных вторжениях порой происходят очень резко. В январском случае, например, максимальная скорость ветра за 12 часов увеличилась на 73 *м*/сек. (от 16 до 89 *м*/сек.), а скорость ветра на уровне 300 мб — на 74 *м*/сек. (от 8 до 82 *м*/сек). Это, очевидно, свидетельствует о наличии значительных горизонтальных градиентов скорости ветра в струйных течениях, сопровождающих холодные вторжения в Армению.



Фиг. 2. График термоизоплет за период 21—25 ноября 1961 года. Ереван.

—— изолинии температуры;
------- тропопауза.



Фиг. 3. Скорость ветра (*м/сек*) над Ереваном в период 19—23 января 1961 года.

При холодных вторжениях в Армению наблюдается не только усиление ветра, но и значительное увеличение вертикальных градиентов (сдвигов) скорости. Это было особенно ярко выражено в рассматриваемом нами январском случае — не превышая до усиления ветра 6 *м*/сек. на 1 *км* (03 час 19 января), впоследствии вертикальные сдвиги скорости увеличились до 23—25 *м*/сек. на 1 *км* под осью струйного течения (положительный сдвиг) и 31—33 *м*/сек. на 1 *км* над осью струи (отрицательный сдвиг). Насколько велики такие вертикальные сдвиги скорости ветра, можно судить хотя бы по тому, что в исследованных 34 случаях струйных течений над Европой ([1]) максимальные сдвиги скоростей ветра под осью струи не превышали 16 *м*/сек.

Январский случай был экстремальным. Не во всех случаях, конечно, количественные изменения ветра над Арменией в связи с холодными вторжениями бывают такими значительными. Но отмеченные качественные особенности процесса в той или иной мере проявляются при всех случаях мощных вторжений.

Холодные вторжения в Армению, которые охватывают лишь нижные слои тропосферы, все же не исключаются. Можно указать на ряд таких случаев. Но причинами этого являются не растекание холодного воздуха при его перемещении к югу и орография, а циркуляционные условия, которые препятствуют завершению вторжения (переместившийся на Армению фронт прекращает свое дальнейшее продвижение, становится малоподвижным или начинает перемещаться в противоположном направлении).

Изложенные выше результаты исследования различных аспектов локальных изменений состояния атмосферы, связанных с вторжениями холодных масс воздуха за главными атмосферными фронтатами, говорят о том, что географические и орографические особенности Армении оказывают сильное влияние на эти фронты преимущественно в нижних слоях тропосферы. Выше — влияние этих факторов значительно ослабевает и главные фронты в общем сохраняют свои структурные особенности, в частности в поле температуры и ветра. Как в более высоких широтах ([2]), эти фронты простираются, как правило, до тропопаузы и проявляются с противоположным знаком в нижней стратосфере. Предложенные нами ранее схемы фронтального строения циклонов и антициклонов для средних и высоких широт ([3]) могут быть распространены в принципе и на Армению.

Полученные в данной работе выводы по аэрологии холодных вторжений в Армению весьма вероятно являются справедливыми и для других районов Закавказья. Об этом говорит пробный анализ материалов аэрологических наблюдений ст. Тбилиси, произведенный автором.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Գ. Գ. ՉՈՒԲՅԱՆ

Ցուրտ օդային զանգվածների Հայաստան ներխուժման աէրոլոգիական հետազոտություն

Ցուրտ օդային զանգվածների ներխուժումները Հայաստան հաճախակի ընդգրկում են ամբողջ տրոպոսֆերան, այլ ոչ բացառապես նրա ներքին շերտերն, ինչպես այդ ընդունված է համարել: Այդ ներխուժումները գուգակցվում են օդի ջերմաստիճանի աճով ստորին ստրատոսֆերայում, տրոպոպաուզայի զգալի իջեցումով (առանձին դեպքերում մինչև 5—6 կմ) և բամու արագացումով, հատկապես տրոպոպաուզայի մոտ գտնվող շերտերում (տես 1—3 աղյուսակները և 1—3 գծագրերը)։ Բացառիկ դեպքերից մեկում, 1961 թվի հունվարի 21-ին, Երևանում 11 կմ բարձրության վրա դիտվել է բամու ուժեղացում 16 մ/վրկ մինչև 89 մ/վրկ (320 կմ/ժամ)։

Աշխատանքում բերված նյութերից կարելի է եզրակացնել, որ Հայաստան երկրամասնոլորտի գլխավոր ճակատները պահպանում են իրենց կառուցվածքի հիմնական հատկանիշները՝ տարածվում են վեր մինչև տրոպոպաուզան և ներթափանցում ստորին ստրատոսֆերա, ունենալով այնտեղ ջերմաստիճանի հակառակ հորիզոնական գրադիենտներ համեմատած տրոպոսֆերայի հետ։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *В. Е. Айвазян.* Аэросиноптические условия весенних и осенних заморозков по Армянской ССР и методика их предсказания, Тезисы докладов научного совещания по проблемам гидрометеорологии горных стран, Изд. АН АрмССР, 1963 год. [2] *Г. Д. Зубян.* „Метеорология и гидрология", № 5, 1957. [3] *Г. Д. Зубян,* Синоптико-аэрологическое исследование верхней тропосферы и нижней стратосферы, Гидрометеоиздат, 1961. [4] *Х. П. Погосян,* Струйные течения в атмосфере, Гидрометеоиздат, 1960.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XL 1965 3

МИКРОБИОЛОГИЯ

А. К. Паносян, чл.-корр. АН Армянской ССР, и Г. С. Бабаян

Фосфатазная активность обнаженных грунтов оз. Севан

(Представлено 19/X 1964)

Плодородие обнаженных грунтов оз. Севан, а также урожайность сельскохозяйственных культур, возделываемых на них, в основном зависит от интенсивности биологических процессов, протекающих в этих грунтах.

Физико-химические свойства и биологические особенности обнаженных грунтов довольно подробно освещены в работах ряда исследователей ([1-3]) и др. Здесь излагаются данные, касающиеся фосфатазной активности этих грунтов.

Благодаря исследованиям Е. Гофмана и А. Зегерер ([4]), Купревича ([15]) в последние десять лет при оценке плодородия почвы учитывается ферментативная активность почв. Как утверждают, некоторые исследователи ферментативная активность почв более правильно характеризует интенсивность биологических процессов, протекающих в почве. При изучении микробиологических процессов обнаженных почво-грунтов оз. Севан одновременно исследовалась фосфатазная активность для выяснения связи между активностью отдельных групп микроорганизмов с общей ферментативной активностью почвы.

О ферментативной активности обнаженных грунтов оз. Севан имеются интересные данные в работах А. Ш. Галстяна и др. ([6-8]). Однако в этих исследованиях отсутствуют данные о ферментативной активности отдельных групп организмов почвы, жизнедеятельностью которых обусловлена ферментативная активность почв. Ниже приводятся некоторые данные о фосфатазной активности микроорганизмов и обнаженных грунтов. Она определялась по методу Н. А. Красильникова и В. В. Котелева ([9]). Результаты исследований приведены в табл. 1. Они показывают, что обнаженные почво-грунты оз. Севан содержат в значительном количестве микроорганизмы, которые обладают фосфатазной активностью и составляют от 7% до 23% от общего количества микроорганизмов, развивающихся на мясо-пептонном агаре. Эти микроорганизмы переходят в почво-грунты из воды озера при их обнажении. Из работы ([10]) видно, что вода оз. Севан довольно богата указанными ми-

кроорганизмами, которые способны развиваться в дальнейшем в обнаженных почво-грунтах ([11]).

Как видно из табл. 1, во всех типах обнаженных почво-грунтов имеются микроорганизмы, обладающие фосфатазной активностью, однако их количество меняется в зависимости от растительного покрова. Так, например, при возделывании на грунтах злаковых трав и свеклы количество отмеченных микроорганизмов несколько уменьшается, и, наоборот, при росте и развитии бобово-злаковой травосмеси и лесокустарников их количество увеличивается.

Таблица 1

Распространение фосфоробактерий в почво-грунтах оз. Севан (число бактерий в 1 г почвы в млн.)

Характер почво-грунта	Растительный покров	Возраст обнажения (в годах	Общее к-во бактерий	К-во фосфоробактерий	% фосфоробактерий
Слабоскелетно-песчаный	Без растительности	1	1,7	0,2	11,8
	Злаковые травы	3	11,0	1,0	9,1
	Ячмень	5	9,4	0,8	8,5
	Капуста	8	16,3	3,0	18,4
	Кормовая свекла	10	10,0	1,0	10,0
Среднескелетно-песчаный	Без растительности	1	1,5	0,2	13,6
	Злаковые травы	5	5,3	0,4	7,4
	Лесокустарники	10	9,2	2,1	22,8
	Бобово-злаковая травосмесь	13	12,9	2,6	20,0
Сильноскелетно-песчаный	Без растительности	1	1,2	0,2	16,6
	Болотная растительность	2	3,3	0,5	15,1
	Клевер и злаковые травы	5	13,6	2,6	19,0
	Лесокустарники	8	8,0	9,8	22,5
	Злаковые травы	10	9,0	0,9	10,0
	Клевер	13	12,0	2,0	16,6

Возделывание такой растительности увеличивает количество в почво-грунте фосфор содержащих органических соединений, что способствует развитию микроорганизмов, обладающих фосфатазной активностью. Наличием этих групп микроорганизмов фактически и определяется фосфатазная активность самих почво-грунтов, что подтверждается нижеприведенными данными табл. 2. Фосфатазная активность почво-грунтов определялась по видоизмененной методике В. В. Котелева ([12]).

Как показывают данные табл. 2, наибольшую фосфатазную активность выявляют те почво-грунты, которые содержат наибольшее количество микроорганизмов, выделяющих фосфатазные ферменты. На этот процесс значительное влияние оказывает также состав растительного покрова почво-грунтов. Как видно, возраст почво-грунтов без растительности не оказывает существенного влияния на фосфатазную активность грунтов.

Известно, что фосфатазной активностью обладают не только микроорганизмы ([13]), обитающие в почве, но и кореневые системы растений. Однако сравнительно большей интенсивностью фосфатазной активности обладают те фосфоробактерии, которые расщепляют нуклеиновые соединения.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие основные выводы.

1. Обнаженные почво-грунты оз. Севан обладают высокой фосфатазной активностью.

2. Фосфатазная активность пово-грунтов обусловлена в основном интенсивностью жизнедеятельности микроорганизмов, расщепляющих сложные фосфорорганические белковые соединения.

Таблица 2

Фосфатазная активность почво-грунтов оз. Севан

Характер почво-грунтов	Растительный покров	Возраст обнажения почво-грунта (в годах)	Колич. фосфоробактерий (млн./г)	Фосфотазная активность*
Слабоскелетно-песчаный	Без растительности	1	0,2	++
	Злаковые травы	3	1,0	+++
	Ячмень	5	0,8	+
	Капуста	8	3,0	+++
	Кормовая свекла	10	1,0	+++
Среднескелетно-песчаный	Без растительности	1	0,2	+
	Злаковые травы	5	0,4	++
	Лесо-кустарники	10	2,1	++
	Бобово-злаковая смесь	13	2,6	+++
Сильноскелетно-песчаный	Без растительности	1	0,2	+
	Клевер и злаковые травы	5	2,6	+++
	Лесо-кустарники	8	9,8	+++
	Злаковые травы	10	0,9	+++
	Клевер	13	2,8	+++

3. На интенсивность фосфатазной активности почво-грунтов большое влияние оказывает бобово-злаковая травосмесь и лесокустарниковая растительность.

4. При освоении обнаженных почво-грунтов под сельскохозяйственные культуры необходимо учитывать общебиологическую активность этих грунтов.

Институт микробиологии
Академии наук Армянской ССР

---

* Примечание: (+)—зона фосфатазной активности 5—10 *мм* в диаметре
(++) " " 10—20 *мм* "
(+++) " " 20—30 *мм* "

Հ. Կ. ՓԱՆՈՍՅԱՆ, Հայկական ՍՍՌ ԳԱ թղթակից-անդամ, Գ. Ս. ԲԱԲԱՅԱՆ

Սևանա լճի ջրից մերկացված հողագրունտների ֆոսֆատազային ակտիվությունը

Սևանա լճի ջրից մերկացված հողագրունտները ֆոսֆատազային մեծ ակտիվություն ունեն, որպիսի հատկանիշը հիմնականում պայմանավորված է սպիտակուցային միացությունները քայքայող միկրոօրգանիզմների կենսագործունեության ինտենսիվությունից։ Ֆոսֆատազային ակտիվություն ցուցաբերող միկրոօրգանիզմների զարգացման վրա մեծ ներգործություն է թողնում հողագրունտներում աճող ու զարգացող բուսածածկույթի կազմը։ Մասնավորապես թիթեռնածաղկավոր բույսերի ու հացաղգի խոտերի խառնուրդը և անտառաթփուտային ծառատեսակները ֆոսֆատազային ակտիվության վրա դրական ազդեցություն են թողնում։

Սևանա լճի ջրից մերկացված հողագրունտները գյուղատնտեսական բույսերի սնուցման համար որպեսզի պիտանի դարձնել, անհրաժեշտ է առաջին հերթին հաշվի առնել երանգում բնաբնակող ընդհանուր բիոլոգիական պրոցեսների ակտիվությունը։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Н. О. Авакян.* „Известия АН АрмССР" (биол. науки), т. VII, № 7 (1954). [2] *В. Л. Ананян*, „Почвоведение", № 4, 1953. [3] *А. К. Паносян*, Тр. совещания по изучению влияния обработки почв на микробиологические процессы, Л., 1959. [4] *Е. Гоман* и *А. Зегерер*, Biochemischen Zeitsch. Bd. 322, 1951. [5] *В. Ф. Купревич*, ДАН СССР, т. 79, № 5 (1951). [6] *А. Ш. Галстян*, „Известия АН АрмССР" (биол. науки), т. XIII, № 7 (1961). [7] *А. Ш. Галстян*, ДАН АрмССР XXXII, 2 (1961). [8] *А. Ш. Галстян, С. А. Саркисян, Дж. А. Бахалбашян*, „Известия АН АрмССР" (биол. науки), т. XV, № 6 (1962). [9] *Н. А. Красильников* и *В. В. Котелев*, ДАН СССР, т. 117, № 5 (1957). [10] *А. К. Паносян, М. Е. Гамбарян, Г. С. Бабаян*, „Известия АН АрмССР" (биол. науки), т. XIII, № 10 (1961). [11] *Г. С. Бабаян*, „Известия АН АрмССР", т. XVII, № 11 (1964). [12] *В. В. Котелев*, Доклады ВАСХНИЛ-а, вып. 9, 1958. [13] *А. И. Наумова*, Тр. Ин-та микробиологии АН СССР, вып. XI, 1961.

№ 2