ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ

XXVII, № 4
1958

Խմբագրական կոլեգիա

Գ. Ս. ԴԱՎԹՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Լ. ԹԱԽՏԱՋՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ թղթակից անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր), Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Ա. Լ. ՄՆՋՈՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՌ ԳԱ թղթակից անդամ, Մ. Մ. ՋՐԲԱՇՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագրի տեղակալ):

Редакционная коллегия

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик АН АрмССР (отв. редактор), Г. С. ДАВТЯН, академик АН АрмССР, М. М. ДЖРБАШЯН, академик АН АрмССР, (зам. отв. редактора), В. О. КАЗАРЯН, А. Л. МНДЖОЯН, академик АН АрмССР, А. Г. НАЗАРОВ, чл.-корресп. АН АрмССР, А. Л. ТАХТАДЖЯН, чл.-корресп. АН АрмССР.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՀՐԱՏԱՐԱԿՉՈՒԹՅՈՒՆ

ԵՐԵՎԱՆ ЕРЕВАН

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

Էջ

Մաթեմատիկա

Ի. Ս. Սարգսյան — *Ըստ Շրեդինգերի օպերատորի սեփական ֆունկցիաների վերլուծության և վերլուծության դիֆերենցման մասին անսահմանափակ աճող պոտենցիալի դեպքում* 193

Ս. Ա. Հակոբյան և Հ. Բ. Ներսեսյան — *Որոշ ինտեգրո-դիֆերենցիալ օպերատորներ և շարքերի վերածում նման Շլեմիլխի շարքերին* 201

Աստղագիտության տեսություն

Ն. Խ. Հարությունյան — *ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս,* և Մ. Մ. Մանուկյան — *Գնդաձև անոթի սողքը* 209

Ֆիզիկա

Ն. Մ. Քոչարյան, *ՀՍՍՌ ԳԱ թղթակից-անդամ,* Հ. Ս. Ալեքսանյան, Խ. Բ. Փալաջյան և Է. Ծ. Լեվոնյան — *Տարբեր բինարային իառնուրդներով բշտիկային կամերայի աշխատանքի հետազոտությունը* 217

Էներգետիկա

Ս. Ե. Հակոբյան — *Հայաստանի լեռնային շրջաններում ըստ բարձրության ջրամու արագության փոփոխման բնութագիրը* 221

Բիոքիմիա

Ս. Ս. Հովհաննիսյան և Վ. Դ. Ջանիբեկովա — *Ոչ սպիտային-SH խմբերի քանակական որոշումը մկաններում սնդիկի միջոցով* 227

Գենոքիմիա

Կ. Ա. Քարամյան — *Դաստակերտի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրի գերմանիում պարունակող սուլֆիդները* 235

Դեղագործական քիմիա

Ա. Լ. Մնջոյան, *ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս,* Հ. Լ. Մնջոյան և Ն. Ա. Բաբիյան — *Հետազոտություն երկհիմքանի կարբոնաթթուների ածանցյալների բնագավառում Հայաստանում XIX* 239

Ա. Լ. Մնջոյան, *ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս,* Վ. Գ. Աֆրիկյան, Վ. Ե. Բալայան և Ռ. Հ. Մարտիրոսյան — *Հետազոտության β-ալկօքսիբենզոական թթուների ածանցյալների բնագավառում Հայաստանում XVI* 243

Փայտանյութագիտություն

Գ. Ա. Արզումանյան — *Սոճու մամլած արտաքնափայտի ուռչելու ուժի մասին* 251

СОДЕРЖАНИЕ

Математика

стр.

И. С. Саргсян — О разложении и дифференцировании разложений по собственным функциям оператора Шредингера в случае неограниченно растущего потенциала 193

С. А. Акопян и *А. Б. Нерсесян* — Некоторые интегро-дифференциальные операторы и разложения в ряды, аналогичные рядам Шлёмильха 201

Теория ползучести

Н. Х. Арутюнян, академик АН АрмССР, и *М. М. Манукян* — Ползучесть сферического сосуда 209

Физика

Н. М. Кочарян, чл.-корр. АН АрмССР, *А. С. Алексанян*, *Х. Б. Пачаджян* и *Э. Ц. Левонян* — Исследование работы пузырьковой камеры с бинарными смесями 217

Энергетика

С. Е. Акопян — Характеристика изменения скоростей ветра с высотой в условиях горных районов Армении 221

Биохимия

С. С. Оганесян и *В. Г. Джанибекова* — Амперометрическое определение небелковых тиоловых соединений в мышцах ртутью 227

Геохимия

К.А. Карамян — Германиеносные сульфиды Дастакертского медно-молибденового месторождения 235

Фармацевтическая химия

А. Л. Мнджоян, академик АН АрмССР, *О. Л. Мнджоян* и *Н. А. Бабиян* — Исследование в области производных двухосновных карбоновых кислот. Сообщение XIX 239

А. Л. Мнджоян, академик АН АрмССР, *В. Г. Африкян*, *В. Е. Бадалян* и *Ю. О. Мартиросян* — Исследование в области производных п-алкоксибензойных кислот. Сообщение XVI 243

Древесиноведение

Г. А. Арзуманян — О силе разбухания прессованной древесины сосновой заболони 251

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 4

МАТЕМАТИКА

И. С. Саргсян

О разложении и дифференцировании разложений по собственным функциям оператора Шредингера в случае неограниченно растущего потенциала

(Представлено А. Л. Шагиняном 20. V. 1958)

Рассмотрим уравнение

$$-\Delta u + q(x, y)\, u = \lambda u \tag{1}$$

во всем двумерном пространстве E_2. Предположим, что $q(x, y)$ действительная непрерывная функция и при $r = \{x^2 + y^2\}^{1/2} \to \infty$

$$q(x, y) \to +\infty. \tag{2}$$

Известно, что при выполнении условия (2) уравнение (1) имеет чисто точечный спектр, причем собственные значения неограниченно растут и имеют единственную предельную точку на бесконечности. Так как функция $q(x, y)$ ограничена снизу, то

во-первых, можно предполагать $q(x, y) > 0$, так как это предположение влечет за собой замену в λ;

во-вторых, не нарушая общности рассуждений, можно предполагать, что спектр уравнения (1) неотрицателен. В самом деле, при таком предположении относительно функции $q(x, y)$, как известно, отрицательный спектр уравнения (1) снизу ограничен и поэтому можно подобрать число η так, чтобы спектр уравнения

$$-\Delta u + q(x, y)\, u = (\lambda + \eta)\, u$$

оказался неотрицательным.

Обозначим через $\mu_1^2, \mu_2^2, \cdots, \mu_n^2, \cdots$ собственные значения, а через $\varphi_1(x, y), \varphi_2(x, y), \cdots, \varphi_n(x, y), \cdots$ — соответствующие ортонормированные собственные функции уравнения (1).

В работе ([1]) Б. М. Левитаном было изучено разложение функций с интегрируемым квадратом по собственным функциям уравнения (1), а нами в работе ([2]) — дифференцирование этих разложений.

Если при $r \to \infty$ $q(x, y) \to +\infty$, то собственные функции $\varphi_n(x, y)$ на бесконечности экспоненциально убывают, и поэтому для построе-

ния ряда Фурье нет нужды предполагать, что разлагаемая функция имеет интегрируемый квадрат.

В настоящей заметке, используя одну асимптотическую формулу для распределения собственных значений уравнения (1), доказанную нами в работе([3]), мы изучаем вопросы как разложения, так и дифференцирования разложений по собственным функциям уравнения (1) функций, растущих на бесконечности как многочлен. Вопросы разложения в одномерном случае изучены Е. С. Титчмаршом([4]), а трехмерный случай — Б. М. Левитаном([5]).

Результаты настоящей работы выражаются в следующих двух теоремах.

Теорема 1. Пусть функция $q(x, y)$ удовлетворяет следующим условиям:

1°. *при* $r \leqslant 1$

$$|q(x + r\cos\vartheta, y + r\sin\vartheta) - q(x, y)| < Ar\{q(x, y)\}^a,$$

где A и a — некоторые константы, причем $0 < a < \frac{3}{2}$,

2°. *при* $r > 1$

$$q(x + r\cos\vartheta, y + r\sin\vartheta) < C\exp\left\{\frac{1}{2} r \sqrt{q(x, y)}\right\},$$

где C — некоторое постоянное число,

3°. *существуют такие константы* $B > 0$, $\delta > 0$, *что для достаточно больших* $r = \{x^2 + y^2\}^{1/2}$ *выполняется неравенство*

$$q(x, y) > Br^\delta.$$

Пусть для некоторого $\tau \geqslant 0$ *функция* $f(x, y)$ *удовлетворяет условию*

$$\int\int_{-\infty}^{\infty} \frac{f^2(x, y)}{q^\tau(x, y)} dxdy < \infty. \tag{3}$$

Положим

$$c_n = \int\int_{-\infty}^{\infty} f(x, y)\varphi_n(x, y)\, dxdy.$$

Тогда в каждой точке непрерывности (x_0, y_0) *функции* $f(x, y)$ *имеет место равенство* $\left(s > \tau + 2/\delta + \frac{3}{2}\right)$

$$\lim_{\mu\to\infty} \sum_{\mu_n<\mu} \left(1 - \frac{\mu_n^2}{\mu^2}\right)^s c_n\varphi_n(x_0, y_0) = f(x_0, y_0), \tag{*}$$

т. е. средние по Риссу порядка $s > \tau + 2/\delta + \frac{3}{2}$ *разложения функции* $f(x, y)$ *по собственным функциям оператора Шредингера, заданного во всем двумерном пространстве, в точке* (x_0, y_0) *стремятся к значению* $f(x_0, y_0)$.

Равенство (*) *имеет место равномерно в каждой конечной части пространства* E_2.

Замечание. Положим $(\tau \geqslant 0)$

$$a_n^{(\tau)} = \iint\limits_{-\infty}^{\infty} q^{\tau}(x, y)\, \varphi_n^2(x, y)\, dxdy. \tag{4}$$

Если функция $q(x, y)$ удовлетворяет условиям теоремы 1, в работе([3]) мы вывели следующую асимптотическую формулу:

$$\sum_{\mu_n^2 < \lambda} a_n^{(\tau)} \sim \frac{1}{4\pi} \iint\limits_{(x, y) < \lambda} q^{\tau}(x, y)\, \{\lambda - q(x, y)\}\, dxdy, \quad (\lambda \to \infty).$$

Исходя из этой формулы, там же мы получили следующую оценку [см. ([3]), оценка (30)]:

$$\sum_{\mu < \mu_n < \mu + 1} a_n^{(\tau)} = 0\,(\mu^{2\tau + 4/\delta + 2}), \quad (\mu \to \infty). \tag{5}$$

Далее, в работе([1]) Б. М. Левитаном получена оценка (см. лемму 2, 5, 1):

$$\sum_{\mu < \mu_n < \mu + 1} \varphi_n^2(x, y) = 0\,(\mu), \quad (\mu \to \infty). \tag{6}$$

Доказательство теоремы 1. Мы имеем

$$|c_n| \leqslant \iint\limits_{-\infty}^{\infty} \frac{|f(x, y)|}{q^{\frac{\tau}{2}}(x, y)} \cdot |\varphi_n(x, y)|\, q^{\frac{\tau}{2}}(x, y)\, dxdy.$$

В силу неравенства Коши-Буняковского отсюда следует

$$|c_n| \leqslant \left\{ \iint\limits_{-\infty}^{\infty} \frac{f^2(x, y)}{q^{\tau}(x, y)}\, dxdy \right\}^{1/2} \cdot \left\{ \iint\limits_{-\infty}^{\infty} \varphi_n^2(x, y)\, q^{\tau}(x, y)\, dxdy \right\}^{1/2}. \tag{7}$$

Из (3), (4) и (7) следует оценка

$$|c_n| \leqslant C\, |a_n^{(\tau)}|^{1/2}. \tag{8}$$

Далее, при фиксированных x и y, в силу неравенства Коши-Буняковского, имеем

$$\sum_{\mu \leqslant \mu_n < \mu+1} c_n \varphi_n(x, y) | \leqslant \left\{ \sum_{\mu \leqslant \mu_n \leqslant \mu+1} c_n^2 \right\}^{1/2} \cdot \left\{ \sum_{\mu \leqslant \mu_n \leqslant \mu+1} \varphi_n^2(x, y) \right\}^{1/2}. \quad (9)$$

Тогда, в силу оценок (5) и (6), учитывая (8), из (9) получим важную оценку ($\mu \to \infty$)

$$\sum_{\mu \leqslant \mu_n \leqslant \mu+1} | c_n \varphi_n(x, y) | = O(\mu^{\tau+2/3+\frac{3}{2}}). \quad (10)$$

Пусть $g_\varepsilon(t)$ четная, бесконечно дифференцируемая функция, обращающаяся в нуль вне интервала $(-\varepsilon, \varepsilon)$. Положим

$$\psi_\varepsilon(\mu) = \int_0^\varepsilon g_\varepsilon(t) \cos \mu t dt, \quad S(x, y; \mu) = \sum_{\mu_n < \mu} c_n \varphi_n(x, y).$$

Как показано в работе ([1]), имеет место тождество

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi_\varepsilon(\mu)\, d_\mu R(x, y; \mu) = 0, \quad (11)$$

где

$$R(x, y; \mu) = S(x, y; \mu) - \alpha_1(x, y; \mu) - \beta_1(x, y; \mu);$$

$$\alpha_1(x, y; \mu) = \int_0^\mu \nu^2 \alpha(x, y; \nu)\, d\nu; \quad \alpha(x, y; \nu) = \int_0^1 g(x, y; t) \cos \nu t dt;$$

$$g(x, y; t) = \frac{1}{2\pi} \iint_{\sqrt{\xi^2+\eta^2} < t} \frac{f(\xi, \eta)}{\sqrt{t^2 - (\xi^2 + \eta^2)}} d\xi d\eta;$$

$$\beta_1(x, y; \mu) = \frac{2}{\pi} \int_0^\mu \nu^2 \beta(x, y; \nu)\, d\nu;$$

$$\beta(x, y; \nu) = \int_0^1 h(x, y; t) \cos \nu t dt;$$

$$h(x, y; t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^t ds \iint_{\sqrt{\xi^2+\eta^2} < s} w(x, y, \xi, \eta; s) f(\xi, \eta)\, d\xi d\eta.$$

(об определении функции $w(x, y, \xi, \eta; s)$ [см. работу([1])].

Из оценки (10) следует оценка ($\mu \to \infty$)

$$\bigvee_{\mu}^{\mu+1}\{R(x, y; \nu)\} = 0\left(\mu^{\tau+2/\delta-\frac{3}{2}}\right). \tag{12}$$

В силу оценки (12) на основании теоремы 1.3. 3 работы[6] из тождества (11) следует, что средние по Риссу порядка $s > \tau + 2/\delta + \frac{3}{2}$ функции $R(x, y; \mu)$ стремятся к нулю равномерно в каждой конечной части двумерного пространства E_2, т. е.

$$\lim_{\mu\to\infty}\int_0^{\mu}\left(1-\frac{\nu^2}{\mu^2}\right)^s d_\nu R(x, y; \nu) = 0. \tag{13}$$

Далее, исходя из определений функций $\alpha_1(x, y; \mu)$ и $\beta_1(x, y; \mu)$, нетрудно показать, что

$$\lim_{\mu\to\infty}\int_0^{\mu}\left(1-\frac{\nu^2}{\mu^2}\right)^s d_\nu \alpha_1(x, y; \nu) = f(x, y), \tag{14}$$

$$\lim_{\mu\to\infty}\int_0^{\mu}\left(1-\frac{\nu^2}{\mu^2}\right)^s d_\nu \beta_1(x, y; \nu) = 0. \tag{15}$$

Поэтому утверждение теоремы следует из равенств (13), (14) и (15). Теорема 1 доказана полностью.

Теорема 2. Пусть функции $q(x, y)$ и $f(x, y)$ удовлетворяют условиям теоремы 1 и, кроме того, в некоторой окрестности точки (x_0, y_0) функция $q(x, y)$ имеет ограниченные частные производные до порядка $\alpha - 1$ включительно, а функция $f(x, y)$ — непрерывные частные производные до порядка α включительно. Тогда для $\left(s > \tau + 2/\delta + \frac{3}{2} + \alpha\right)$ имеет место равенство

$$\lim_{\mu\to\infty}\sum_{\mu_n<\mu}\left(1-\frac{\mu_n^2}{\mu^2}\right)^s c_n \frac{\partial^\alpha \varphi_n(x_0, y_0)}{\partial x^{\alpha_1}\partial y^{\alpha_2}} = \frac{\partial^\alpha f(x_0, y_0)}{\partial x^{\alpha_1}\partial y^{\alpha_2}}, \tag{**}$$

т. е. средние по Риссу порядка $s > \tau + 2/\delta + \frac{3}{2} + \alpha$ продифференцированных разложений порядка α функции $f(x, y)$ по собственным функциям оператора Шредингера, заданного во всем двумерном пространстве, в точке (x_0, y_0) стремятся к значению

$$\frac{\partial^\alpha f(x_0, y_0)}{\partial x^{\alpha_1}\partial y^{\alpha_2}}, \quad (\alpha_1 + \alpha_2 = \alpha).$$

Равенство (**) имеет место равномерно в каждой конечной части двумерного пространства E_2.

Доказательство теоремы 2 проводится аналогичным образом. Только здесь вместо оценки (6) следует пользоваться оценкой (4) работы([7]).

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Ի. Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

Ըստ Շրեդինգերի օպերատորի սեփական ֆունկցիաների վերլուծության և վերլուծության դիֆերենցման մասին անսահմանափակ աճող պոտենցիալի դեպքում

Դիտարկենք

$$-\Delta u + q(x, y)\, u = \lambda u \tag{1}$$

հավասարումը ամբողջ երկչափ տարածության մեջ։ Ենթադրենք, որ $q(x, y)$ ֆունկցիան իրական է և անընդհատ։ Դիցուք, երբ $r = (x^2 + y^2)^{1/2} \to \infty$

$$q(x, y) \to +\infty; \tag{2}$$

Հայտնի է, որ եթե տեղի ունի (2) պայմանը, ապա (1) հավասարման սպեկտրը կետային է, սեփական արժեքներն անսահմանափակ աճում են և ունեն միակ սահմանային կետ անվերջում։ Բացի այդ, քանի որ $q(x, y)$ ֆունկցիան ներքևից սահմանափակ է, ապա առանց ընդհանրությունը խախտելու կարելի է ենթադրել, որ (1) հավասարման սպեկտրը բացասական չէ։ Նշանակենք $\mu_1^2, \mu_2^2, \ldots, \mu_n \ldots$-ով (1) հավասարման սեփական արժեքները, իսկ $\varphi_1(x, y), \varphi(x, y), \ldots, \varphi_n(x, y) \ldots$-ով՝ համապատասխան օրթոնորմավորված սեփական ֆունկցիաները։

Երբ (2) պայմանը բավարարված է, ապա սեփական ֆունկցիաները անվերջին մոտենալիս էքսպոնենցիալ կերպով նվազում են և այդ պատճառով Ֆուրյեի շարքը կառուցելիս հարկ չկա վերածվող ֆունկցիայից պահանջել քառակուսու ինտեգրելիություն։ Ներկա հոդվածում ուսումնասիրվում է ըստ (1) հավասարման սեփական ֆունկցիաների վերածման և վերլուծության դիֆերենցման հարցերը, երբ վերածվող ֆունկցիան անվերջում աճում է ինչպես բազմանդամ։ Նույն հարցը միաչափ և եռաչափ տարածությունների մեջ ուսումնասիրվել է Ե. Ս. Իտչմարշի և Բ. Մ. Լևիտանի կողմից համապատասխանաբար։ Հոդվածում ապացուցվում են հետևյալ երկու թեորեմները։

Թեորեմ 1. Դիցուք $q(x, y)$ ֆունկցիան բավարարում է հետևյալ պայմանների.

1°. երբ $r < 1$

$$|q(x + r\cos\vartheta, y + r\sin\vartheta) - q(x, y)| < Ar\,\{q(x, y)\}^a,$$

որտեղ A և a հաստատուններ են, ըստ որում $0 < a < \frac{3}{2}$։

2°. երբ $r > 1$

$$q(x + r\cos\vartheta, y + r\sin\vartheta) < C\exp\left\{\frac{1}{2}\, r\sqrt{q(x, y)}\right\},$$

որտեղ C ինչ որ հաստատուն է։

3°. գոյություն ունեն այնպիսի $B > 0$ և $\delta > 0$ հաստատուններ, որ բավականաչափ մեծ է $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$-ի համար

$$q(x, y) > Br^{\delta};$$

Դիցուք ինչ որ $\tau > 0$-ի համար $f(x, y)$ ֆունկցիան բավարարում է այսպիսի պայմանի՝

$$\int\int_{-\infty}^{\infty} \frac{f^2(x, y)}{q^\tau(x, y)} dxdy < \infty:$$

Նշանակենք

$$c_n = \int\int_{-\infty}^{\infty} f(x, y)\, \varphi_n(x, y)\, dxdy:$$

Այդ դեպքում $f(x, y)$ ֆունկցիայի անընդհատության ամեն մի (x_0, y_0) կետում

$$\lim_{\mu\to\infty} \sum_{\mu_n<\mu} \left(1 - \frac{\mu_n^2}{\mu^2}\right)^s c_n \varphi_n(x_0, y_0) = f(x_0, y_0), \tag{3}$$

որտեղ $s > \tau + 2/\delta + \frac{3}{2}$, այսինքն $f(x, y)$ ֆունկցիայի ըստ Շրեդինգերի օպերատորի սեփական ֆունկցիաների վերլուծության, Ռիսսի $s > \tau + 2/\delta + \frac{3}{2}$ -րդ կարգի միջինները (x_0, y_0) կետում ձգտում են $f(x_0, y_0)$ արժեքին:

(3) հավասարությունը տեղի ունի հավասարաչափ երկչափ տարածության ամեն մի վերջավոր մասում:

Թեորեմ 2. Դիցուք $q(x, y)$ և $f(x, y)$ ֆունկցիաները բավարարում են նախորդ թեորեմի պայմաններին և բացի այդ (x_0, y_0) կետի մի որևէ շրջակայքում $q(x, y)$ ֆունկցիան ունի մինչև $\alpha - 1$-րդ կարգի սահմանափակ մասնակաս ածանցյալներ, իսկ $f(x, y)$ ֆունկցիան՝ մինչև α-րդ կարգի անընդհատ մասնակաս ածանցյալներ: Այդ ենթադրությունների դեպքում, երբ $s > \tau + \frac{2}{\delta} + \frac{3}{2} + \alpha$ տեղի ունի հետևյալ հավասարությունը՝

$$\lim_{\mu\to\infty} \sum_{\mu_n<\mu} \left(1 - \frac{\mu_n^2}{\mu^2}\right)^s c_n \frac{\partial^\alpha \varphi_n(x_0, y_0)}{\partial x^{\alpha_1} \partial y^{\alpha_2}} = \frac{\partial^\alpha f(x_0, y_0)}{\partial x^{\alpha_1} \partial y^{\alpha_2}}, \quad (\alpha_1 + \alpha_2 = \alpha),$$

այսինքն $f(x, y)$ ֆունկցիայի ըստ Շրեդինգերի օպերատորի սեփական ֆունկցիաների վերլուծության α-րդ կարգի ածանցյալների Ռիսսի $s > \tau + 2/\delta + \frac{3}{2} + \alpha$-րդ կարգի միջինները (x_0, y_0) կետում ձգտում են $f(x, y)$ ֆունկցիայի α-րդ կարգի ածանցյալի արժեքին նույն կետում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Б. М. Левитан*, Труды Московского математического общества, т. IV (1955). [2] *И. С. Саргсян*, ДАН АрмССР, т. XXVI, № 4 (1958). [3] *И. С. Саргсян*, ДАН АрмССР, т. XXVII, № 3 (1958). [4] *Е. С. Титчмарш*, Quart. J. Math., 2-nd ser., 5, 17 (1954). [5] *Б. М. Левитан*, ДАН СССР, т. 103, № 2 (1955). [6] *Б. И. Левитан*, Математический сборник, 35 (77), 2 (1954). [7] *И. С. Саргсян*, ДАН АрмССР, т. XXVI, № 3 (1958).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 4

МАТЕМАТИКА

С. А. Акопян и А. Б. Нерсесян

Некоторые интегро-дифференциальные операторы и разложения в ряды, аналогичные рядам Шлёмильха

(Представлено М. М. Джрбашяном 7. X. 1958)

Известно ([1]), что из данной биортогональной системы

$$\{\varphi_n(x), \psi_n(x)\}, \ x \in (a, b), \ (n = 0, 1, 2, \cdots)$$

можно получить новые биортогональные системы, используя операторы дробного интегрирования Римана-Лиувилля

$$\frac{d^{-\alpha}}{d(x-a)^{-\alpha}} f(x) \equiv \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x (x-t)^{\alpha-1} f(t)\, dt,$$

$$\frac{d^{-\alpha}}{d(b-x)^{-\alpha}} f(x) \equiv \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_x^b (t-x)^{\alpha-1} f(t)\, dt$$

$\alpha > 0$, $x \in (a, b)$ и аналог формулы интегрирования по частям

$$\int_a^b f(x) \frac{d^{-\alpha}}{d(x-a)^{-\alpha}} g(x)\, dx = \int_a^b g(x) \frac{d^{-\alpha}}{d(b-x)^{-\alpha}} f(x)\, dx.$$

В настоящей статье рассматриваются операторы несколько иного вида, с помощью которых также можно из известных биортогональных систем получить новые. В частности, из известной ортонормальной системы функций Бесселя получаются биортогональные системы, аналогичные биортогональной системе Шлёмильха([2]).

1°. Пусть $0 \leqslant \alpha < 1$, $x \in (a, b)$, $f(x)$ непрерывна на (a, b).

Рассмотрим следующие операторы:

$$L^{+}_{\alpha, a} f(x) = \frac{2}{\Gamma(\alpha)} \int_a^x (x^2 - t^2)^{\alpha-1} t f(t)\, dt, \tag{1.1'}$$

$$L^{-}_{\alpha, b} f(x) = \frac{2}{\Gamma(\alpha)} \int_x^b (t^2 - x^2)^{\alpha-1} t f(t)\, dt, \tag{1.1''}$$

$$M^{+}_{\alpha,a} f(x) = \frac{1}{x}\frac{d}{dx}\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)}\int_a^x (x^2-t^2)^{-\alpha} t f(t)\,dt, \tag{1.2'}$$

$$M^{-}_{\alpha,b} f(x) = -\frac{1}{x}\frac{d}{dx}\frac{1}{\Gamma(1-\alpha)}\int_x^b (t^2-x^2)^{-\alpha} t f(t)\,dt. \tag{1.2''}$$

Легко проверить, что если вышеуказанные операции существуют, то

$$L^{+}_{\alpha,a} M^{+}_{\alpha,a} f(x) \equiv f(x);\ L^{-}_{\alpha,b} M^{-}_{\alpha,b} f(x) \equiv f(x),$$

$$M^{+}_{\alpha,a} L^{+}_{\alpha,a} f(x) \equiv f(x);\ M^{-}_{\alpha,b} L^{-}_{\alpha,b} f(x) \equiv f(x),$$

$$\lim_{\alpha\to+0} M^{+}_{\alpha,a} f(x) = \lim_{\alpha\to+0} M^{-}_{\alpha,b} f(x) = \lim_{\alpha\to+0} L^{+}_{\alpha,a} f(x) =$$

$$= \lim_{\alpha\to+0} L^{-}_{\alpha,a} f(x) = f(x) \tag{1.3}$$

для $x \in (a, b)$.

Пусть $g(x)$ такова, что к ней можно применять вышеуказанные операции. Умножая (1.1′) на $xg(x)$, интегрируя от a до b и меняя порядок интегрирования, получим:

$$\int_a^b xg(x) L^{+}_{\alpha,a} f(x)\,dx = \int_a^b xf(x) L^{-}_{\alpha,b}\, g(x)\,dx. \tag{1.4'}$$

Из (1.4′) можно получить также, принимая во внимание (1.3):

$$\int_a^b xg(x) M^{+}_{\alpha,a} f(x)\,dx = \int_a^b xf(x) M_{\alpha,b} g(x)\,dx. \tag{1.4''}$$

Формулы (1.4′) и (1.4″) дают возможность из данной биортогональной системы $\{\varphi_n(x), \psi_n(x)\}$ получать новые.

Действительно, пусть $\{\varphi_n(x), \psi_n(x)\}$, $(n = 0, 1, 2, \cdots)$ биортогональная на (a, b) система. Тогда

$$\int_a^b \varphi_n(x)\psi_m(x)\,dx = \delta_{n,m},$$

где $\delta_{n,m}$ — символ Кронекера.

Пусть функции $u(x)$ и $v(x)$, заданные на (a, b), таковы, что существуют и непрерывны следующие функции

$$\Phi_n(x) = v(x) L^{+}_{\alpha,a}\left\{\frac{u(x)}{x}\varphi_n(x)\right\}, \tag{1.5'}$$

$$\Psi_n(x) = \frac{x}{v(x)} M^{-}_{\alpha,b}\left\{\frac{\psi_n(x)}{u(x)}\right\}, \tag{1.5''}$$

$$0 \leqslant \alpha < 1 \quad (n = 0,\ 1,\ 2, \cdots).$$

Полученная система $\{\Phi_n(x),\ \Psi_n(x)\}$, $(n = 0,\ 1,\ 2, \cdots)$ биортогональна на $(a,\ b)$.

Действительно, учитывая формулы (1.3) и (1.4), получим

$$\int_a^b \Phi_n(x)\Psi_m(x)dx = \int_a^b xL^+_{\alpha,\,a}\left\{\frac{u(x)}{x}\,\varphi_n(x)\right\}M^-_{\alpha,\,b}\left\{\frac{\psi_m(x)}{u(x)}\right\}dx =$$

$$= \int_a^b x\,\frac{u(x)}{x}\,\varphi_n(x)\,L^-_{\alpha,\,b}M^-_{\alpha,\,b}\,\frac{\psi_m(x)}{u(x)}\,dx =$$

$$= \int_a^b \varphi_n(x)\,\psi_m(x)\,dx = \delta_{n,\,m}\,; \quad (n,\ m = 0\ 1,\ 2, \cdots).$$

Аналогично, если обозначим

$$\Phi^*_n(x) = v(x)\,M^+_{\alpha,\,a}\left\{\frac{u(x)}{x}\,\varphi_n(x)\right\}, \tag{1.6'}$$

$$\Psi^*_n(x) = \frac{x}{v(x)}\,L^-_{\alpha,\,b}\left\{\frac{\psi_n(x)}{u(x)}\right\}, \tag{1.6''}$$

то на основании (1.3) и (1.4′) получим

$$\int_a^b \Phi^*_n(x)\,\Psi^*_m(x)\,dx = \int_a^b \varphi_n(x)\,\psi_m(x)\,dx = \delta_{n,\,m}$$

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

т. е. система $\{\Phi^*_n(x),\ \Psi^*_n(x)\}$ $(n = 0,\ 1,\ 2, \cdots)$ также биортогональна на $(a,\ b)$.

Применим вышеуказанный метод к известной ортогональной с весом $p(x) = x$ на $(0,\ 1)$ системе функций Бесселя $\{J_\nu(j_{n,\,\nu}x)\}$ $(n = 1,\ \cdots)$, где $j_{n,\,\nu}$ — положительные корни функции $J_\nu(z)$, расположенные порядке возрастания.

Как известно,

$$\frac{2}{J^2_{\nu+1}(j_{n,\,\nu})}\int_0^1 xJ_\nu(j_{n,\,\nu}x)\,J_\nu(j_{m,\,\nu}x)\,dx = \delta_{n,\,m}\,. \tag{1.7}$$

Принимая в формулах (1.5) $\varphi_n(x) = xJ_\nu(j_{n,\,\nu}x)$ и $\psi_n(x) = \dfrac{2}{J^2_{\nu+1}(j_{n,\,\nu})}$ $J_\nu(j_{n,\,\nu}x)$ $(n = 1,\ 2, \cdots)$, $u(x) = x^\nu$, $v(x) = 1$, получим

$$\Phi_n(x) = L^+_{\alpha,\,0}\{x^\nu J_\nu(j_{n,\,\nu}x)\}, \tag{1.8'}$$

$$\Psi_n(x) = \frac{2x}{J^2_{\nu+1}(j_{n,\nu})} M^-_{\alpha,1}\{x^{-\nu} J_\nu(j_{n,\nu} x\} \tag{1.8''}$$

$$(n = 1, 2, \cdots).$$

Легко проверить, что при $\mathrm{Re}\lambda > -2$

$$L^+_{\alpha,0} x^\lambda = \frac{\Gamma\left(\frac{\lambda}{2}+1\right)}{\Gamma\left(\frac{\lambda}{2}+1+\alpha\right)} x^{\lambda+2\alpha} \quad (\alpha > 0) \tag{1.9'}$$

и при $\mathrm{Re}\lambda > 2\alpha - 2$

$$M^+_{\alpha,0} x^\lambda = \frac{\Gamma\left(\frac{\lambda}{2}+1\right)}{\Gamma\left(\frac{\lambda}{2}+1-\alpha\right)} x^{\lambda-2\alpha}. \tag{1.9''}$$

Из (1.8′), имея в виду (1.9′), получим

$$\Phi_n(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k \left(\frac{j_{n,\nu}}{2}\right)^{\nu+2k}}{k!\,\Gamma(k+\nu+1)} L^+_{\alpha,0} x^{2\nu+2k} =$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k \left(\frac{j_{n,\nu}}{2}\right)^{\nu+2k}}{k!\,\Gamma(k+\nu+1)} \cdot \frac{\Gamma(k+\nu+1)}{\Gamma(k+\nu+\alpha+1)} x^{2\nu+2\alpha+2k} =$$

$$= \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(-1)^k \left(\frac{j_{n,\nu}}{2}\right)^{\nu+2k}}{k!\,\Gamma(k+\nu+\alpha+1)} x^{2(\nu+\alpha)+2k} =$$

$$= \left(\frac{2}{j_{n,\nu}}\right)^\alpha x^{\nu+\alpha} J_{\nu+\alpha}(j_{n,\nu} x).$$

Таким образом, имеем

$$\Phi_n(x) = \left(\frac{2}{j_{n,\nu}}\right)^\alpha x^{\nu+\alpha} J_{\nu+\alpha}(j_{n,\nu} x), \tag{1.10'}$$

$$\Psi_n(x) = -\frac{2}{J^2_{\nu+1}(j_{n,\nu})} \frac{d}{dx} \frac{1}{\Gamma(1-\alpha)} \int_x^1 (t^2 - x^2)^{-\alpha} t^{1-\nu} J_\nu(j_{n,\nu} t)\, dt$$

$$0 \leqslant \alpha < 1,\ x \in (0, 1),\ (n = 1, 2, \cdots). \tag{1.10''}$$

Аналогично в этом случае биортогональная система (1.6) примет вид

$$\Phi_n^*(x) = \left(\frac{j_{n,\nu}}{2}\right)^{\alpha} x^{\nu-\alpha} J_{\nu-\alpha}(j_{n,\nu}x), \tag{1.11'}$$

$$\Psi_n^*(x) = \frac{4x}{J_{\nu+1}^2(j_{n,\nu})} \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_x^1 (t^2 - x^2)^{\alpha-1} t^{1-\nu} J_\nu(j_{n,\nu} t)\, dt,$$

$$0 \leqslant \alpha < \min\left\{\nu + \frac{1}{2},\ 1\right\};\quad x \in (0,\ 1),\ (n = 1,\ 2, \cdots). \tag{1.11''}$$

В случае, когда $\nu = \frac{1}{2}$, из (1.10′) имеем

$$\Phi_n(x) = \left(\frac{2}{\pi n}\right)^{\frac{1}{2}} x^{\frac{1}{2}+\alpha} J_{\frac{1}{2}+\alpha}(n\pi x).$$

Как известно, разложение по этой системе есть обобщенный ряд Шлёмильха([2]).

2°. Теперь мы рассматриваем разложения по полученным биортогональным системам (1.10).

Скажем, что $g(x) \in \sigma\{(0, \Delta)\}$, если $g(x)$, заданная на $(0, 1)$, такова, что

$$x^{\frac{1}{2}} g(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\frac{1}{2}} J_\nu(j_{n,\nu} x) \tag{2.1}$$

равномерно на каждом отрезке $[0, \delta] \subset [0, \Delta)$, где

$$a_n = \frac{2}{J_{\nu+1}^2(j_{n,\nu})} \int_0^1 x g(x) J_\nu(j_{n,\nu} x)\, dx$$

$$\left(\nu + \frac{1}{2} \geqslant 0\right). \tag{2.2}$$

Это имеет место, если, например:

а) $x^{\frac{1}{2}} g(x)$ имеет ограниченное полное изменение на

$$(0, \Delta) \quad (0 < \Delta < 1),$$

б) $x^{-\nu} g(x)$ непрерывна в интервале $(0, \Delta)$,

в) $\int_0^1 x^{\frac{1}{2}} g(x) dx$ существует и абсолютно сходится (см. ([1]), гл. XVIII).

Имея в виду формулы (1.10′), в силу равномерной сходимости ряда (2.1), получим формулу:

$$L^{+}_{\alpha,0}\, x^{\nu} g(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n L^{+}_{\alpha,0}\, x^{\nu} J_{\nu}(j_{n,\nu} x) =$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} a_n \left(\frac{2}{j_{n,\nu}}\right)^{\alpha} x^{\nu+\alpha} J_{\nu+\alpha}(j_{n,\nu} x). \tag{2.3}$$

Далее, на основании формул (1.3) и (1.4′), из (2.2) получим

$$a_n = \frac{2}{J^2_{\nu+1}(j_{n,\nu})} \int_0^1 t g(t) J_{\nu}(j_{n,\nu} t)\, dt =$$

$$= \frac{2}{J^2_{\nu+1}(j_{n,\nu})} \int_0^1 t g(t)\, t^{\nu} L^{-}_{\alpha,1} M^{-}_{\alpha,1}\, t^{-\nu} J_{\nu}(J_{n,\nu} t)\, dt =$$

$$= \frac{2}{J^2_{\nu+1}(j_{n,\nu})} \int_0^1 t\, [L^{+}_{\alpha,0}\, t^{\nu} g(t)]\, [M^{-}_{\alpha,1}\, t^{-\nu} J_{\nu}(j_{n,\nu} t)]\, dt =$$

$$= \int_0^1 [L^{+}_{\alpha,0}\, t^{\nu} g(t)]\, \Psi_n(t)\, dt, \tag{2.4}$$

где $\Psi_n(t)$ определяется из формулы (1.10″).

Таким образом, имеет место

Теорема. Пусть функция $f(x)$, заданная на $(0, 1)$, *такова, что* $x^{-\nu} M^{+}_{\alpha,0} f(x) \in \sigma\{(0, \Delta)\}$, *тогда, если*

$$a_n = \int_0^1 f(t)\, \Psi_n(t)\, dt \quad (n = 1, 2, \cdots),$$

где $\Psi_n(t)$ определяется из формулы (1.10″), *то*

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \left(\frac{2}{j_{n,\nu}}\right)^{\alpha} x^{\nu+\alpha} J_{\nu+\alpha}(j_{n,\nu} x).$$

$(0 \leqslant \alpha < 1)$ *равномерно на* $[0, \delta] \subset [0, \Delta)$.

Замечание. Условия теоремы удовлетворяются, если, например, $f(x)$ имеет ограниченную производную p-го порядка, где

$$p \geqslant \left[\alpha + \nu - \frac{1}{2}\right].$$

Нетрудно видеть, что аналогичная теорема, при несколько больших ограничениях, имеет место и для биортогональной системы (1.11).

В заключение заметим, что при помощи вышеуказанного метода можно получить аналогичное обобщение рядов Дини, но на этом останавливаться мы не будем.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Ս. Ա. ՀԱԿՈԲՅԱՆ ԵՎ Հ. Բ. ՆԵՐՍԵՍՅԱՆ

Որոշ ինտեգրո-դիֆերենցիալ օպերատորներ և շարքերի վերածումը նման Շլեմիլխի շարքերին

Ներկա հոդվածում որոշ ինտեգրալ և ինտեգրո-դիֆերենցիալ օպերատորների օգնությամբ հայտնի բիօրթոգոնալ սիստեմներից ստացվում են նոր բիօրթոգոնալ սիստեմներ։

Մասնավորապես, ստացվում է, որ $\{J_\mu(j_{n,\nu})\}$, $(n=1, 2, \ldots)$ $\mu \geqslant \nu$ *Բեսսելի առաջին սեռի ֆունկցիաների սիստեմը, որտեղ* $j_{n,\nu}$ *թվերը* $J_\nu(z)$ *ֆունկցիայի զրոներն են՝ դասավորված աճման կարգով, բիօրթոգոնալ է (1.10″) բանաձևով ո որոշվող* $\{\Psi_n(x)\}$ *սիստեմի հետ (0, 1) ինտերվալում։*

Եթե (0, 1) ինտերվալում տրված $f(x)$ *ֆունկցիան բավարարում է որոշ պայմանների, ապա տեղի ունի*

$$f(x)=\sum_{n=1}^{\infty} a_n \left(\frac{z}{j_{n,\nu}}\right)^{\alpha} x^{\nu+\alpha} J_{\nu+\alpha}(j_{n,\nu} x)$$

վերածումը հավասարաչափ $[0, \delta) \subset [0, \Delta)$ $(0<\Delta<1)$, *որտեղ* a_n *գործակիցները որոշվում են*

$$a_n=\int_0^1 f(t)\,\Psi_n(t)\,dt$$

բանաձևով։

$\nu=\frac{1}{2}$ *դեպքում* $f(x)$*-ը վերածվում է Շլեմիլխի հայտնի շարքի։*

$$f(x)=\sum_{n=1}^{\infty} a_n J_\mu(\pi n x$$

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *A. Erdelyi*, On some biorthogonal sets of functions. The Quarterly Journal of Mathematics, Oxford Series, Vol. 11, No. 40, 1940. [2] *Г. Н. Ватсон*, Теория бесселевых функций, ч I, М., 1949.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 4

ТЕОРИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ

Н. Х. Арутюнян, академик АН Армянской ССР и М. М. Манукян

Ползучесть сферического сосуда

(Представлено 20.IX.1958)

В настоящей работе рассматривается задача о равновесии толстостенного сферического сосуда, находящегося под воздействием внутреннего и внешнего равномерного давления с учетом нелинейной ползучести и изменения модуля мгновенной деформации материала.

На основе нелинейных уравнений теории ползучести, развитой в работе ([1]), рассматриваемая задача сводится к решению нелинейного интегрального уравнения Вольтерра второго рода, решение которого строится методом, данным в работе ([2]).

Особенность этого метода решения заключается в том, что при построении его в качестве первого приближения берется не упругое решение задачи, как это принято делать в известных нам решениях задач нелинейной теории ползучести ([3, 4]) методом последовательных приближений, а берется решение соответствующей задачи линейной ползучести. Именно благодаря этой особенности значительно усиливается быстрота сходимости последовательных приближений.

Ниже рассматриваются следующие две задачи.

1. Напряженное состояние в толстостенном сферическом сосуде.
2. Концентрация напряжений у сферической полости.

Л. М. Качанов ([5]), пользуясь разработанными им вариационными методами теории ползучести, дал приближенное решение задачи о ползучести сферического сосуда.

1. *Постановка задачи.* Рассмотрим толстостенный сферический сосуд, материал которого обладает свойством ползучести. Изучим напряженное состояние этого сосуда, ограниченного двумя концентрическими сферами радиусов a и b, находящегося под действием равномерных давлений: внутреннего p и внешнего q.

Введем сферическую систему координат $r\varphi\theta$, начало которой совпадает с центром сферического сосуда, и заметим, что компоненты напряжения

$$\sigma_\varphi = \sigma\,, \quad \tau_{\varphi\theta} = \tau_{\theta r} = \tau_{r\varphi} = 0,$$

а компоненты σ_r, σ_φ, σ_θ не зависят от углов φ, θ и являются функциями только от r.

В общем случае пространственного напряженного состояния тела уравнение, связывающее интенсивность тензора деформации и тензора напряжений с учетом ползучести материала и изменения его модуля мгновенной деформации, имеет следующий вид ([1]):

$$\varepsilon_i(t) = \frac{\sigma_i(t)}{3G(t)} - \int_{\tau_1} \sigma_i(\tau) \frac{\partial}{\partial\tau}\left[\frac{1}{3G(\tau)}\right] d\tau - \int_{\tau_1}^{t} F[\sigma_i(\tau)] \frac{\partial C(t,\tau)}{\partial\tau} d\tau, \qquad (1.1)$$

где $\sigma_i(t)$, $\varepsilon_i(t)$ — интенсивности тензора напряжения и тензора деформации, соответственно равные

$$\sigma_i(t) = \frac{\sqrt{2}}{2}\sqrt{(\sigma_x-\sigma_y)^2+(\sigma_y-\sigma_z)^2+(\sigma_z-\sigma_x)^2+6(\tau_{xy}^2+\tau_{yz}^2+\tau_{zx}^2)}, \qquad (1.2)$$

$$\varepsilon_i(t) = \frac{\sqrt{2}}{3}\sqrt{(\varepsilon_x-\varepsilon_y)^2+(\varepsilon_y-\varepsilon_z)^2+(\varepsilon_z-\varepsilon_x)^2+\frac{3}{2}(\gamma_{xy}^2+\gamma_{yz}^2+\gamma_{xz}^2)}, \qquad (1.3)$$

$C(t,\tau)$ — мера ползучести материала при одноосном напряженном состоянии,

$G(t)$ — модуль мгновенной деформации сдвига,

τ_1 — возраст материала в момент приложения нагрузки,

t — координата времени,

$F(\sigma_i)$ — некоторая функция от σ_i, характеризующая нелинейную зависимость между напряжениями и деформациями ползучести для данного материала, получаемая из опытов и нормированная условием $F(1) = 1$.

Пусть $F(\sigma_i)$ является степенной функцией вида

$$F(\sigma_i) = \alpha\sigma_i + \beta\sigma_i^m, \qquad (1.4)$$

где α, β, m — некоторые постоянные параметры, определяемые из опыта и удовлетворяющие условию

$$\alpha + \beta = 1.$$

Такой вид функции характерен тем, что он обладает достаточной общностью и хорошо описывает экспериментальные кривые ползучести при высоких напряжениях $\left(\sigma > \frac{R}{2}\right)$ для ряда материалов, как, например, бетон ([6]).

Очевидно, что если в зависимости (1.4) параметр β мал, то функция $F(\sigma_i)$ будет характеризовать кривые ползучести материала, обладающего слабой нелинейностью.

Внося выражение $F(\sigma_i)$ из (1.4) в (1.1), получим

$$\varepsilon_i(t) = \frac{\sigma_i(t)}{3G(t)} - \int_{\tau_1}^{t} \sigma_i(\tau) \frac{\partial}{\partial\tau}\left[\frac{1}{3G(\tau)} + \alpha C(t, \tau)\right] d\tau - \beta \int_{\tau_1}^{t} [\sigma_i(\tau)]^m \frac{\partial C(t, \tau)}{\partial\tau} d\tau. \tag{1.5}$$

Для упрощения дальнейших выкладок будем рассматривать случай, когда старение материала влияет незначительно на его упругие деформации по сравнению с деформацией ползучести, т. е. модуль мгновенного сдвига $G(t)$ изменяется во времени незначительно, так что можно его считать постоянным $G(t) = G = \text{const}$. Тогда уравнение (1.5) примет следующий вид:

$$\varepsilon_i(t) = \frac{\sigma_i(t)}{3G} - \alpha \int_{\tau_1}^{t} \sigma_i(\tau) \frac{\partial C(t, \tau)}{d\tau} d\tau -$$

$$- \beta \int_{\tau_1}^{t} [\sigma_i(\tau)]^m \frac{\partial C(t, \tau)}{\partial\tau} d\tau. \tag{1.6}$$

В данном случае интенсивность касательных напряжений ($\sigma_\varphi > 0$, $\sigma_r \leqslant 0$) будет

$$\sigma_i(t) = \sigma_\varphi(t) - \sigma_r(t). \tag{1.7}$$

Напряжения $\sigma_r(t)$, $\sigma_\varphi(t)$ должны удовлетворять дифференциальному уравнению равновесия

$$r \frac{d\sigma_r}{dr} + 2(\sigma_r - \sigma_\varphi) = 0 \tag{1.8}$$

и граничным условиям

$$\text{при} \quad r = a \quad \sigma_r = -p, \quad \text{при} \quad r = b \quad \sigma_r = q. \tag{1.9}$$

Из условия несжимаемости

$$\varepsilon_r + 2\varepsilon_\varphi = 0 \tag{1.10}$$

и известных соотношений

$$\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r}, \qquad \varepsilon_\varphi = \varepsilon_\theta = \frac{u}{r} \tag{1.11}$$

получаем

$$\frac{du}{dr} + \frac{2u}{r} = 0. \tag{1.12}$$

Решение этого уравнения будет

$$u(r, t) = \frac{9}{8} \frac{B(t)}{r^2}, \tag{1.13}$$

где $B(t)$ — пока неизвестная функция.

Тогда компоненты деформации примут вид

$$\varepsilon_r(r, t) = -\frac{3}{8}\frac{B(t)}{r^3}, \qquad \varepsilon_\varphi = \varepsilon_\theta = \frac{9}{8}\frac{B(t)}{r^3}. \tag{1.14}$$

Из соотношений (1.3) и (1.14) получим выражение интенсивности тензора деформации

$$\varepsilon_i(t) = \frac{2}{3}(\varepsilon_\varphi - \varepsilon_r) = \frac{B(t)}{r^3}. \tag{1.15}$$

Внося (1.7) в уравнение равновесия

$$\frac{d\sigma_r(r, t)}{dr} = \frac{2\sigma_i(t)}{r} \tag{1.16}$$

и интегрируя ее в пределах от a до r, находим

$$\sigma_r(r, t) = -p + 2\int_a^r \frac{\sigma_i(t)}{r}\,dr. \tag{1.17}$$

Полагая в (1.17) $r = b$ и принимая во внимание (1.9), получим

$$2\int_a^b \frac{\sigma_i(t)}{r}\,dr = p + q. \tag{1.18}$$

Подставляя значение $\varepsilon_i(t)$ из (1.15) в (1.16), получим для $\sigma_i(t)$ следующее выражение

$$\sigma_i(t) - 3G\int_{\tau_1}^{t}\{\alpha\sigma_i(\tau) + \beta[\sigma_i(\tau)]^m\}\frac{\partial C(t, \tau)}{\partial\tau}\,d\tau = 3G\frac{B(t)}{r^3}. \tag{1.19}$$

Таким образом, задача определения напряжений и деформаций сферического сосуда, находящегося под воздействием внутреннего равномерного давления, с учетом нелинейной ползучести материала, сводится к решению нелинейного интегрального уравнения (1.19).

2. *Решение интегрального уравнения* (1.19). Пользуясь методом, развитым в работе ([2]), будем искать решение уравнения (1.19) в следующей форме

$$\sigma_i(t) = \sigma_i^{(0)}(t) + \beta\sigma_i^{(1)}(t) + \cdots \tag{2.1}$$

Подставляя это выражение в уравнение (1.19) и приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях β, получим

$$\sigma_i^{(0)}(t) - 3G\alpha\int_{\tau_1}^{t}\sigma_i^{(0)}(\tau)\frac{\partial C(t, \tau)}{\partial\tau}\,d\tau = 3G\frac{B(t)}{r^3}, \tag{2.2}$$

$$\sigma_i^{(1)}(t) - 3G\alpha \int_{\tau_1}^{t} \sigma_i^{(1)}(\tau) \frac{\partial C(t, \tau)}{\partial \tau} d\tau = 3G \int_{\tau_1}^{t} [\sigma_i^{(0)}(\tau)]^m \frac{\partial C(t, \tau)}{\partial \tau} d\tau, \qquad (2.3)$$

$$\sigma_i^{(2)}(t) - 3G\alpha \int_{\tau_1}^{t} \sigma_i^{(2)}(\tau) \frac{\partial C(t, \tau)}{\partial \tau} d\tau = 3Gm \int_{\tau_1}^{t} [\sigma_i^{(0)}(\tau)]^{m-1} \sigma_i^{(1)}(\tau) \frac{\partial C(t, \tau)}{d\tau} d\tau. \qquad (2.4)$$

Таким образом, решение нелинейного уравнения (1.19) сводится к решению некоторой совокупности линейных интегральных уравнений (2.2), (2.3), (2.4),...

Займемся решением этих уравнений.

Положим, что мера ползучести материала сферического сосуда характеризуется зависимостью

$$C(t, \tau) = \varphi(\tau) [1 - e^{-\gamma(t-\tau)}], \qquad (2.5)$$

где $\varphi(\tau)$ — некоторая монотонно убывающая функция, характеризующая изменение меры ползучести материала в зависимости от его возраста, а γ — постоянный параметр. Тогда решение интегрального уравнения (2.2) можно представить в следующем виде

$$\sigma_i^{(0)}(t) = \frac{3G}{r^3} \left[B(t) + \int_{\tau_1}^{t} B(\tau) R(t, \tau, \alpha) d\tau \right]. \qquad (2.6)$$

Здесь $R(t, \tau, \alpha)$ — резольвента линейного интегрального уравнения Вольтерра с ядром

$$K(t, \tau) = 3G \frac{\partial C(t, \tau)}{\partial \tau}, \qquad (2.7)$$

определяемым формулой

$$R(t, \tau, \alpha) = \gamma - \eta'(\tau) + [\eta'^2(\tau) + \eta''(\tau) - \gamma\eta'(\tau)] e^{\eta(\tau)} \int_{\tau}^{t} e^{-\eta(x)} dx, \qquad (2.8)$$

где

$$\eta(\tau) = \gamma \int_{\tau_1}^{\tau} [1 + 3\alpha G\varphi(x)] dx. \qquad (2.9)$$

Решение уравнения (2.3) будет

$$\sigma_i(t) = \left(\frac{3G}{r^3}\right)^m \left[B_1(t, \tau_1) + \int_{\tau_1}^{t} B_1(\tau, \tau_1) R(t, \tau, \alpha) d\tau \right]. \qquad (2.10)$$

Здесь положено

$$B_1(t, \tau_1) = \int_{\tau_1}^{t} [B_0(\tau, \tau_1)]^m K(t, \tau) d\tau, \qquad (2.11)$$

где

$$B_0(t, \tau_1) = B(t) + \int_{\tau_1}^{t} B(\tau) R(t, \tau, \alpha) d\tau. \tag{2.12}$$

Если удовлетворяться только вторым приближением, то решение основного интегрального уравнения (1.19) можно представить в следующем виде

$$\sigma_i(t) = \frac{3G}{r^3} B_0(t, \tau_1) + \beta \left(\frac{3G}{r^3}\right)^m \left[B_1(t, \tau_1) + \right.$$

$$\left. + \int_{\tau_1}^{t} B_1(\tau, \tau_1) R(t, \tau, \alpha) d\tau \right] + O(\beta^2). \tag{2.13}$$

3. *Определение напряжений и деформаций в сферическом сосуде.* Подставляя (2.13) в (1.18), найдем

$$B_0(t, \tau_1) + \beta b_1 \int_{\tau_1}^{t} \left\{ [B_0(\tau, \tau_1)]^m + \right.$$

$$\left. + \int_{\tau_1}^{t} [B_0(x, \tau_1)]^m R(t, x, \alpha) dx \right\} K(t, \tau) d\tau = a_1 (p + q), \tag{3.1}$$

где

$$a_1 = \frac{1}{2G} \frac{a^3 b^3}{b^3 - a^3},$$

$$b_1 = \frac{(3G)^{m-1}}{m} \frac{b^{3m} - a^{3m}}{a^{3m} b^{3m}} \frac{a^3 b^3}{b^3 - a^3} \tag{3.2}$$

(3.1) представляет собой нелинейное интегральное уравнение. Если к этому уравнению применить вышеизложенный метод и удовлетвориться только первыми двумя приближениями, то для неизвестной функции $B_0(t, \tau_1)$ получим

$$B_0(t, \tau_1) = a_1 p \left\{ 1 + 3\beta b_1 G C(t, \tau_1) (a_1 p)^{m-1} \left[1 - \right.\right.$$

$$\left.\left. - \int_{\tau_1}^{t} R(t, \tau, \alpha) d\tau \right] \right\} + O(\beta^2). \tag{3.3}$$

Подставляя значение $B_0(t, \tau_1)$ из (3.3) в (2.11), получим выражение $B_1(t, \tau_1)$.

Таким образом, значение $\sigma_i(t)$ можно считать известным.

Подставляя значение $\sigma_i(t)$ из (2.13) в (3.3), получим следующее выражение для радиального напряжения

$$\sigma_r(r, t) = -p + 2G\left(\frac{1}{a^3} - \frac{1}{r^3}\right) B_0(t, \tau_1) +$$

$$+ \beta \frac{(3G)^m}{3m}\left(\frac{1}{a^{3m}} - \frac{1}{r^{3m}}\right)\left[B_1(t, \tau_1) + \right.$$

$$\left. + \int_{\tau_1}^{t} B_1(\tau, \tau_1) R(t, \tau, \alpha)\, d\tau\right] + O(\beta^2). \tag{3.4}$$

Пользуясь формулами (1.7), (2.13) и (3.4), для поперечного напряжения находим

$$\sigma_\varphi(r, t) = \sigma_\theta(r, t) = -p + G\left(\frac{1}{r^3} + \frac{2}{a^3}\right) B_0(t, \tau_1) +$$

$$+ \beta \frac{(3G)^m}{3m}\left(\frac{3m-1}{r^{3m}} + \frac{1}{a^{3m}}\right)\left[B_1(t, \tau_1) + \right.$$

$$\left. + \int_{\tau_1}^{t} B_1(\tau, \tau_1) R(t, \tau, \alpha)\, d\tau\right] + O(\beta^2), \tag{3.5}$$

где $B_0(t, \tau_1)$ и $B_1(t, \tau_1)$ определяются с помощью формул (2.11), (2.16).

Выражения компонентов деформации можно получить, пользуясь соотношениями (1.14) и (2.12).

4. *Концентрация напряжений у сферической полости.* Задача о концентрации напряжений у сферической полости в поле равномерного всестороннего растяжения может быть рассмотрена при помощи вышеизложенного решения.

В этом случае предельные условия будут

$$\begin{aligned} \sigma_r &= 0 \quad \text{при} \quad r = a, \\ \sigma_r = \sigma_\varphi = \sigma_\theta &= q \quad \text{при} \quad r = \infty, \end{aligned} \tag{4.1}$$

где q — заданная величина.

Тогда соотношение (1.17) примет следующий вид

$$\sigma_r(r, t) = 2\int_a^r \frac{\sigma_i(t)}{r}\, dr. \tag{4.2}$$

Полагая в (4.2) $r = \infty$ и принимая во внимание (4.1), получим

$$2\int_a^\infty \frac{\sigma_i(t)}{r}\, dr = q. \tag{4.3}$$

Подставляя (2.13) в (4.3), получим

$$B_0(t, \tau_1) + \beta b_2 \int_{\tau_1}^{t} \Big\{ [B_0(\tau, \tau_1)]^m +$$

$$+ \int_{\tau_1}^{t} [B_0(x, \tau_1)]^m R(t, x, \alpha)\, dx \Big\} K(t, \tau)\, d\tau = a_2 q, \tag{4.4}$$

где

$$a_2 = \frac{a^3}{2G},$$

$$b_2 = \frac{(3G)^{m-1}}{m} \cdot \frac{1}{a^{3m-1}}. \tag{4.5}$$

Таким образом, концентрация напряжений у сферической полости можно определить тем соотношением, что при определении напряжений сферического сосуда, только вместо коэффициентов a_1, b_1 нужно взять a_2, b_2.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР
Ереванский государственный университет

Ն. Խ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Մ. Մ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ

Գնդաձև անոթի սողքը

Ներկա աշխատությունը նվիրված է գնդաձև անոթի լարվածային վիճակի ուսումնասիրությանը՝ նյութի սողքի և ակնթարթային դեֆորմացիայի մոդուլի փոփոխության հաշվառումով, երբ անոթը գտնվում է հավասարաչափ բաշխված ներքին և արտաքին ճնշման ազդեցության տակ։

Սողքի ոչ գծային տեսության հիման վրա, որը զարգացված է (1) աշխատության մեջ, քննարկվող խնդրի լուծումը բերվում է Վոլտերի ոչ գծային ինտեգրալ հավասարմանը, որի լուծման համար օգտագործվում է (2) հոդվածում շարադրված մեթոդը։

Այս մեթոդի առանձնահատկությունը կայանում է նրանում, որ որպես առաջին մոտավորություն վերցվում է ոչ թե խնդրի առաձգական լուծումը, որն ընդունված է կատարել, երբ ոչ գծային սողքի տեսության խնդիրը լուծվում է հաջորդական մոտավորությունների մեթոդով, այլ որպես առաջին մոտավորություն ընդունվում է համապատասխան գծային խնդրի լուծումը։ Այս առանձնահատկության շնորհիվ զգալիորեն ուժեղացվում է հաջորդական մոտավորությունների զուգամիտության արագությունը։

Որպես այս մեթոդի կիրառություն այստեղ բերվում է հետևյալ երկու խնդիրների լուծումը.

1. Հաստ պատեր ունեցող գնդաձև անոթի լարվածային վիճակը։

2. Լարումների կոնցենտրացիան գնդաձև խոռոչում։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Н. Х. Арутюнян*, Некоторые вопросы теории ползучести, Гостехиздат, М., 1952. [2] *Р. А. Александрян, Н. Х. Арутюнян, М. М. Манукян*, „Прикладная математика и механика", № 6, 1958. [3] *М. М. Розовский*, „Известия АН АрмССР", серия физ.-мат. наук, № 5, 1956. [4] *Н. Х. Арутюнян, М. М. Манукян*, „Известия АН АрмССР", серия физ.-мат. наук, том X, № 6 (1957). [5] *Л. М. Качанов*, Некоторые вопросы теории ползучести. Гостехиздат, 1949. [6] *П. И. Васильев*, „Известия ВНИИГ", том 49, 1953.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 4

ФИЗИКА

Н. М. Кочарян, чл.-корр. АН Армянской ССР, А. С. Алексанян,
Х. Б. Пачаджян и Э. Ц. Левонян

Исследование работы пузырьковой камеры с бинарными смесями

Смесь пропана и фреона-12

(Представлено 28. VII. 1958)

В настоящее время рядом авторов ([1-4]) описаны пузырьковые камеры, работающие на эфире, пентане, пропане, фреон-12 и др. Испытаны также ([5-7]) бинарные смеси: фреон-12+фреон-13, эфир+углекислый газ и др. При выборе жидкостей следует учитывать их рабочее давление и температуру.

Наиболее привлекательной является камера, наполненная жидкостью, работающая при комнатной температуре и низких давлениях. В связи с этим мы поставили перед собою задачу, исходя из определенных физико-химических свойств жидкостей, выявить смеси, которые могли удовлетворять этим условиям. Испытание этих смесей производилось с помощью прямоугольной пузырьковой камеры (рис. 1),

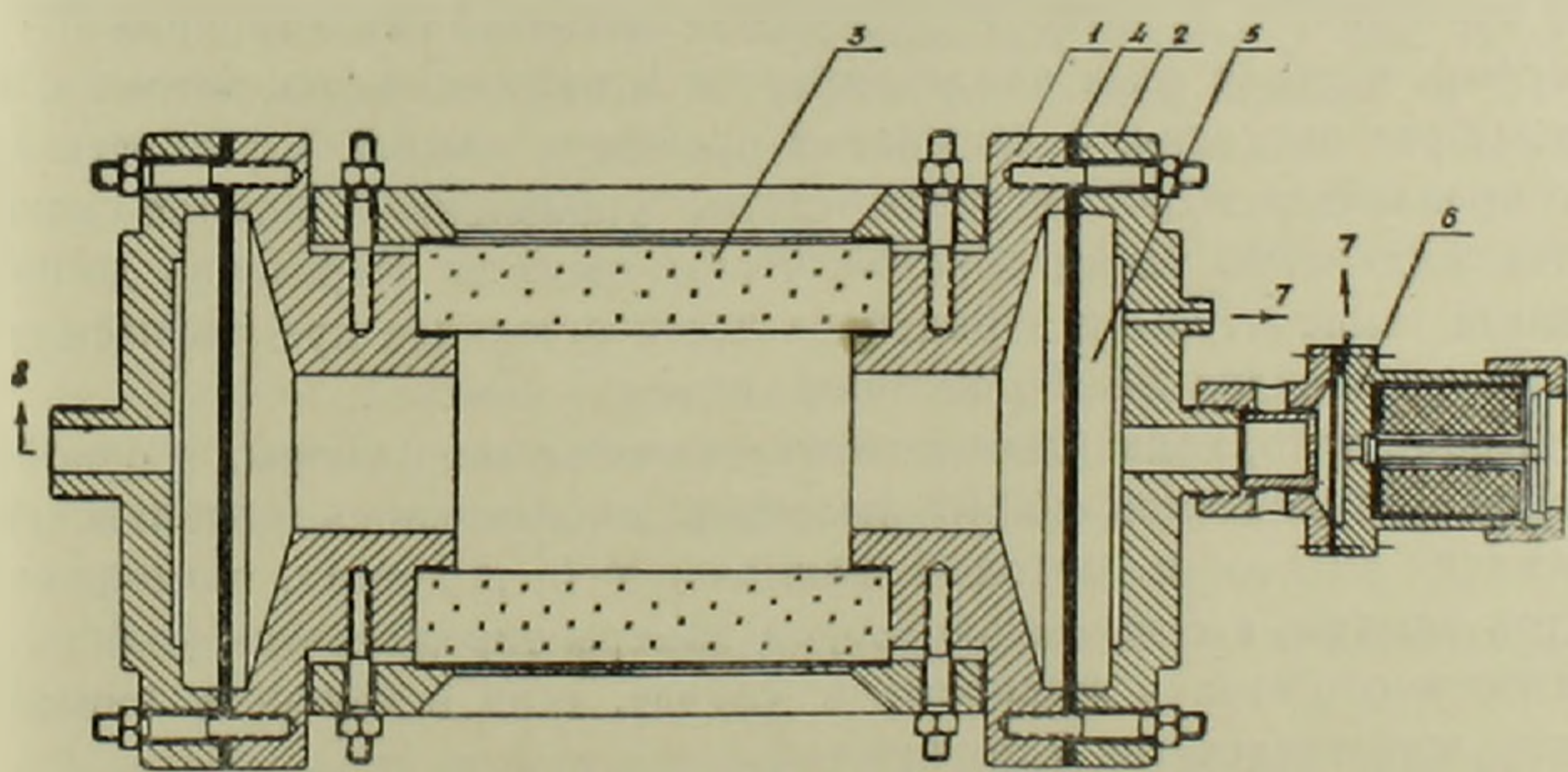


Рис. 1. Пузырьковая камера объемом 500 *см*³. *1*—корпус; *2*—флянец; *3*—смотровые окна; *4*—фторопластовая диафрагма; *5*—расширительный объем (решетки не указаны); *6*—электромагнитный клапан; *7*—к баллону со сжатым азотом; *8*—к балансирующему давлению.

изготовленной из цельной латунной болванки с внутренним объемом 500 *см*³. Основными узлами прибора являются: корпус камеры, рас-

ширительное устройство, термостатирующая система, освещение, фоторегистратор и радиотехническая схема управления. Смотровые окна камеры закрыты оптическими стеклами К-3 толщиной 35 *мм* (закаленные).

Между стеклами и корпусом камеры ставились прокладки из фторпласта-4 толщиной 3 *мм*, а между стеклами и флянцем несколько слоев плотного картона. Посредством двухмиллиметровой фторопластовой мембраммы, которая находилась между корпусом камеры и расширительным устройством, давление от баллона со сжатым азотом передавалось на рабочую жидкость. Быстрый сброс давления осуществлялся двухступенчатым электромагнитным клапаном.

Контроль давления как в камере, так и в расширительном устройстве, осуществлялся манометрами. Термостатирование камеры производилось при помощи термостата ТС-15 М, который прогонял воду через теплообменники, находящиеся сверху и снизу камеры. Камера освещалась двумя импульсными лампами типа ИПС-200. Фотографирование происходило на „просвет" на фоне черного бархата.

Рабочий режим пузырьковой камеры осуществляется следующим образом. При температуре на несколько десятков градусов ниже критической температуры давление внутри камеры доводится на 10—15 атмосфер выше давления насыщенных паров смеси. Быстрым сбросом давления жидкость переходит в перегретое состояние. В таком метастабильном состоянии жидкость находится в течение нескольких десятков миллисекунд, после чего начинается бурное кипение на прокладках и стенках камеры. В течение этого времени камера чувствительна к ионизирующим частицам. После пролета частицы поджигаются импульсные лампы и производится фотографирование. При помощи расширительного устройства повышается давление в камере до исходного значения, т. е. выше P_{∞} (давление насыщенных паров) на 10—15 атмосфер, паровая фаза конденсируется и камера вновь готова к работе. Сброс давления, освещение и протяжка пленки в фоторегистраторе производятся по сигналам схемы управления. Камера наполняется жидкостью таким образом, чтобы после ее нагревания до необходимой температуры в верхней ее части оставался пузырь насыщенных паров порядка 3—4% полного объема камеры.

Кроме того, нами были сконструированы две камеры, в одной из которой при давлении до 40 атмосфер определялось поверхностное натяжение жидкости методом капиллярного поднятия, помещенных внутри камеры, а с помощью второй камеры определялось количество растворенного газа в жидкости, в случае, если в качестве бинарной смеси применялся газ и жидкость.

Помещая около камеры γ-источник Co^{60}, наблюдали и фотографировали следы электронов отдачи и устанавливали при каких температурах, давлениях и концентрациях (во время бинарной смеси) возможно наблюдение следов электронов.

Нами была поставлена серия экспериментов по определению рабочей области чувствительности в зависимости от температуры и дав-

ления для бинарной смеси пропана (C_3H_8) и фреона-12 (CCl_2F_2). На рис. 2 дана чувствительная область для чистого фреона-12, чистого пропана и смеси пропан+фреон-12 для различных концентраций. Как видно из приведенных кривых, наиболее удачной оказалась смесь из 50% пропана и 50% фреона-12 (по объему), так как чувствительная область лежит в широком интервале температур от 50 до 82°С, при соответствующих давлениях насыщенных паров от 14 до 28 атм. Время чувствительности камеры и время роста пузырьков можно было определять, так как схема управления позволяла смещать момент вспышки света относительно начала сброса давления в широких пределах (до 100 *мсек*). Рост пузырька в смеси C_3H_8+ +CCl_2F_2 происходит приблизительно в 5 раз быстрее, чем в CCl_2F_2. Кроме того, конденсация пузыря в смеси 50% пропана и 50% фреона-12 происходит примерно в 10 раз быстрее, чем в случае фреона-12. Благодаря этому можно очень укоротить рабочий цикл смеси 50% пропана и 50% фреона-12.

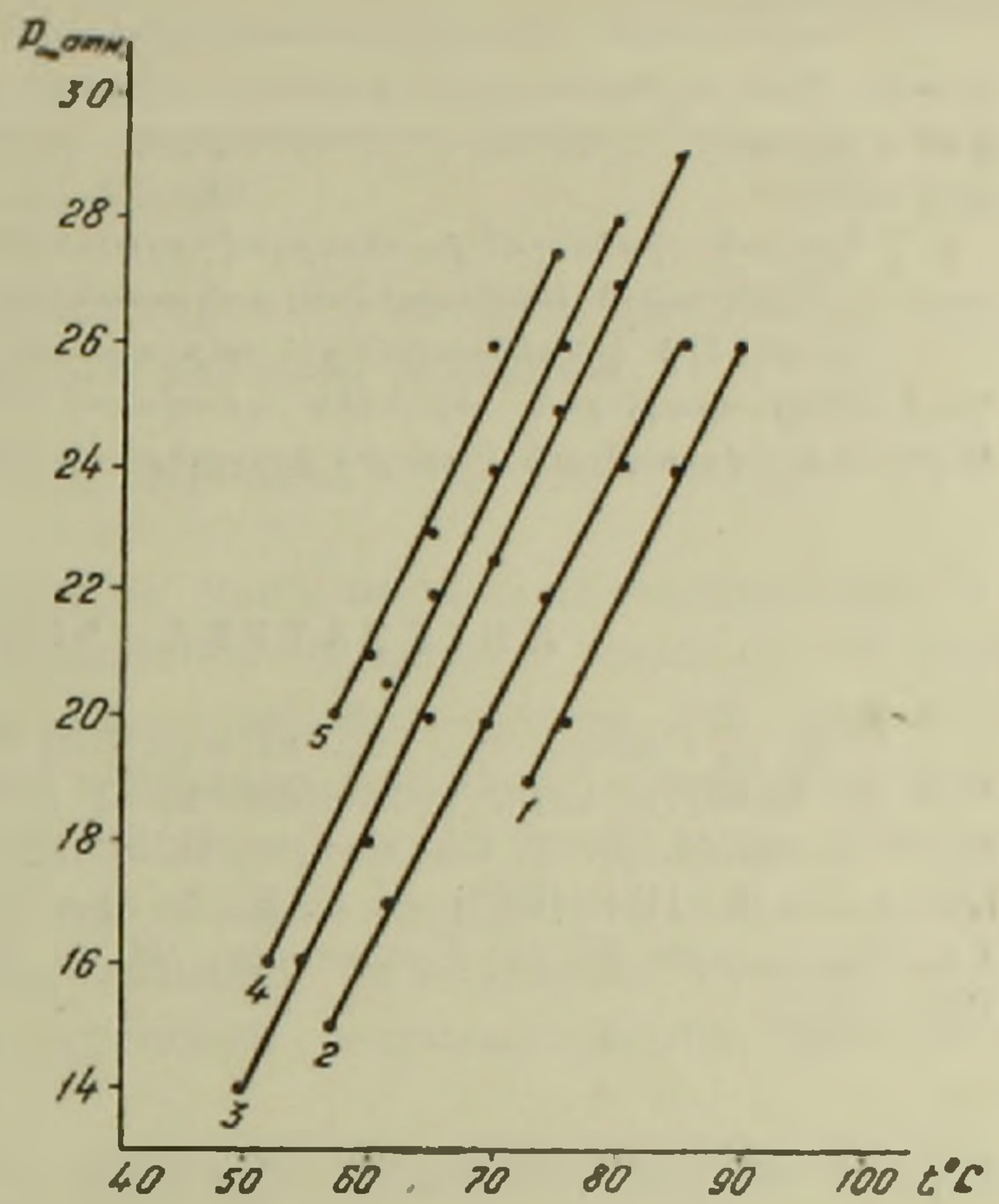


Рис. 2. Зависимость давления насыщенных паров (P_∞) от температуры (t°C) в чувствительной области. *1*—для чистого фреона-12; *2*—25% пропана и 75% фреона-12 (по объему); *3*—50% пропана и 50% фреона-12; *4*—75% пропана и 25% фреона-12; *5*—для чистого пропана.

Таким образом, пропано-фреоновая пузырьковая камера обладает следующими преимуществами по сравнению с другими известными пузырьковыми камерами.

1. Она работает при более низких давлениях. По-видимому, это объясняется тем, что при смешивании пропана и дихлордифторметана (CCl_2F_2), ассоциированные молекулы отдельных компонент смеси диссоциируются.

2. Рабочая температура смеси ниже температур отдельных компонентов.

3. Конденсация пузыря для смеси происходит значительно быстрее, чем для отдельных компонентов.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность сотруднику лаборатории И. М. Шокареву, принимавшему участие в конструировании пузырьковой камеры.

Физический институт
Академии наук Армянской ССР

Ն. Մ. ՔՈՉԱՐՅԱՆ, Հ. Ս. ԱԼԵՔՍԱՆՅԱՆ, Խ. Բ. ՓԱՉԱՋՅԱՆ ԵՎ Է. Ծ. ԼԵՎՈՆՅԱՆ

Տարբեր բինարային խառնուրդներով բշտիկային կամերայի աշխատանքի հետազոտությունը

Պրոպանի և ֆրեոն-12-ի խառնուրդը

Պատրաստված է էքսպերիմենտալ բշտիկային կամերա 500 սմ³ ծավալով։ Որոշված է գազայնության աշխատանքային տիրույթը պրոպան և ֆրեոն-12 խառնուրդի համար։ Գտնված է պրոպան և ֆրեոն-12 խառնուրդով աշխատող կամերայի աշխատանքային շատ լավ ռեժիմ։

Պրոպան—ֆրեոն-12 խառնուրդով բշտիկային կամերան ունի ավելի ցածր աշխատանքային ճնշում և ջերմաստիճան, քան առանձին կոմպոնենտներով աշխատող կամերան։

Բշտիկների կոնդենսացումը և աճը պրոպան—ֆրեոն-12 կամերայում տեղի է ունենում ավելի արագ, քան առանձին պրոպանով կամ ֆրեոն-12-ով աշխատող կամերայում և դա հնարավորություն է տալիս կրճատելու կամերայի աշխատանքային ցիկլը։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Д. Н. Глезер*, Phys. Rev., 87, 665 (1952). [2] *Ж. Г. Byg*, Phys. Rev., 94, 731 (1954). [3] *Л. В. Альварец*, Cern. symposium, 2, 13 (1956). [4] *В. З. Колганов, А. В. Лебедев, С. Я. Никитин, В. Т. Смолянкин*, ПТЭ, № 1, 1958. [5] *П. Е. Арган*. и *А. Джили*, Nuovo cim. 3, 1171 (1956). [6] *П. Е. Арган* и *А. Джили*, Nuovo cim. 4, 953 (1956). [7] *Г. А. Блинов, Ю. С. Крестников, М. Ю. Ломанов, Я. Я. Шаламов*, ЖЭТФ, 32, 1572, 1957.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 4

ЭНЕРГЕТИКА

С. Е. Акопян

Характеристика изменения скоростей ветра с высотой в условиях горных районов Армении

(Представлено С. С. Мкртчяном 3. III. 1958)

Ветер или динамика атмосферы, как известно, является одним из наиболее мощных источников активной кинетической энергии, которая может быть широко использована в народном хозяйстве. Но для того, чтобы судить об эффективности ветроиспользования, о выборе ветродвигателей, оценке их производительности и т. д., необходимо в числе многих других показателей знать также изменения скоростей ветра по вертикальному профилю, что является важнейшим условием выбора целесообразной высоты установки ветроколеса, тем более для горных районов Армении.

Для расчета вертикального профиля скоростей ветра было предложено несколько зависимостей ([1, 2, 3, 4]).

Одна из первых крупных работ по изучению изменения скоростей ветра с высотой принадлежит Гельману ([3]).

Количественно близкие к выводам Гельмана результаты дает Подтягин в своей работе ([1]). На основании своих исследований, он вывел зависимость скоростей ветра от высоты флюгера и класса станций и пришел к выводу, что в пределах высот флюгера от 6 до 20 *м* скорость ветра меняется в среднем на 0,082 *м/сек* при подъеме на 1 метр. Эта цифра близка к данным Гельмана на соответствующих высотах. Этим вопросом занимались также Д. Л. Лайхтман ([5]), М. И. Будыко ([6]). Однако все эти исследования относятся к равнинным условиям.

Для горных условий принимают, что скорость ветра по высоте не увеличивается, а часто даже уменьшается вместе с увеличением высоты над земной поверхностью ([7]).

Основной причиной возникновения движений в атмосфере является неравномерное распределение атмосферного давления и плотности воздуха над поверхностью земли, происходящее вследствие неравномерности нагревания земной поверхности. Поэтому в горных условиях, где по причине сложного рельефа распределение атмосферного давления и плотности воздуха более неравномерно, скорость ветра не

только абсолютна, но с высотой, по нашему предположению, должна соответственно увеличиваться, хотя это в сильной степени связано с конфигурацией гор, расположенных вокруг исследуемого района.

Для исследования изменений скоростей ветра с высотой в горных районах Армении в 1956 году в Севанском бассейне (п-ов Севан и Норадус) были проведены соответствующие наблюдения с помощью телескопических мачт, высотой 16 метров. Результаты наблюдений показали, что скорость ветра по высоте увеличивается больше чем в равнинных условиях ([8]).

Для получения правильных выводов об изменении скоростей ветра по профилю в приземном слое в условиях горных районов Армении требовалось вести градиентные наблюдения на разных пунктах горных районов на высоте до 20—30 метров. Такие наблюдения дали бы возможность определить характеристику изменения скоростей ветра по профилю не только в зоне Севанского бассейна, но и для всего горного района Армении.

В связи с этим в 1957 году летом (с 1 июня по 15 сентября) СОПСом АН Армянской ССР было организовано такое исследование, где участвовали научные сотрудники Главной геофизической обсерватории, Центральной научно-исследовательской лаборатории по ветроиспользованию при Всесоюзной сельскохозяйственной Академии имени Ленина и Управления гидрометслужбы Армянской ССР.

Работа проводилась с помощью двух специальных телескопических мачт высотой в 24 метра.

Измерение величины скоростей ветра было выполнено с помощью контактных анемометров с десятиминутными интервалами в течение трех месяцев.

Эти круглосуточные фактические наблюдения изменения скоростей ветра с высотой, определенные в каждые 10 минут в экспедиционный период, на разных пунктах горных районов (Сисианский, Зодский перевалы), показали, что во всех случаях скорость ветра с высотой неуклонно увеличивается. В этом можно убедиться, рассмотрев нижеприведенные среднечасовые наблюдения над скоростями ветра (табл. 1), которые близки к среднесуточным и месячным скоростям.

Как видно из этих данных, скорость ветра на высоте от 2 до 24 метров увеличивается в районе Зодского перевала в среднем на 2,4 *м/сек*, а в районе Сисианского перевала на 2,3 *м/сек*, т. е. через каждый метр скорость ветра увеличивается на 0,11 *м/сек*.

Если сравнить полученные данные с данными, предложенными Подтягиным и Гельманом для равнинных условий, то в горных условиях рост скорости ветра с высотой на 0,3 *м/сек* больше роста скорости ветра на равнинах ([1, 3]).

Характеристика изменения скоростей ветра по высоте в среднесуточных данных на Сисианском (рис. 1) и на Зодском перевале (рис. 2) показывает, что градиент изменения скоростей ветра в низких слоях атмосферы (2—10 *м*) интенсивнее, чем в высоких слоях. Это

Таблица 1

Наименование даты времени	Средняя часовая скорость ветра в *м/сек* на различных высотах в метрах				
	1	2	5	15	24
30. VII. 57 г.					
I. Сисианский перевал					
0^{30}—1^{30}	—	4,9	6,3	6,5	7,1
1^{30}—2^{30}	—	4,7	6,1	6,6	7,3
2^{30}—3^{30}	—	4,8	6,3	6,8	7,5
3^{30}—4^{30}	—	5,2	6,6	6,7	7,1
4^{30}—5^{30}	—	4,7	6,2	6,5	7,1
5^{30}—6^{30}	—	5,2	6,6	6,7	7,1
6^{30}—7^{30}	—	5,6	6,8	6,7	7,1
7^{30}—8^{30}	—	6,9	6,9	6,9	7,4
8^{30}—9^{30}	—	6,2	7,2	7,3	8,2
9^{30}—10^{30}	—	6,2	7,3	7,4	7,8
10^{30}—11^{30}	—	6,0	7,0	7,2	7,6
12^{30}—13^{30}	—	6,1	7,5	7,6	8,4
13^{30}—14^{30}	—	5,6	6,9	7,2	7,9
14^{30}—15^{30}	—	5,8	7,3	7,5	8,3
15^{30}—16^{30}	—	5,9	7,5	7,6	8,3
16^{30}—17^{30}	—	5,8	7,5	7,9	8,5
17^{30}—18^{30}	—	5,9	7,6	8,0	8,8
18^{30}—19^{30}	—	5,6	7,2	7,7	8,5
19^{30}—20^{30}	—	5,0	6,9	7,5	7,1
20^{30}—21^{30}	—	4,9	6,4	6,8	6,3
21^{30}—22^{30}	—	4,9	6,4	6,8	7,3
22^{30}—23^{30}	—	4,6	6,1	6,4	7,0
23^{30}—0^{30}	—	4,4	6,0	6,3	6,7
Средняя за сутки	—	5,4	6,4	7,0	7,7
1. IX. 57 г.					
II. Зодский перевал					
0^{30}—1^{30}	4,4	5,0	5,8	6,3	6,9
1^{30}—2^{30}	5,1	5,9	7,0	7,7	8,1
2^{30}—3^{30}	2,3	2,4	2,8	2,8	3,9
3^{30}—4^{30}	2,9	3,3	4,2	4,4	4,8
4^{30}—5^{30}	2,7	3,1	3,8	3,9	4,6
5^{30}—6^{30}	6,1	6,6	7,5	8,0	8,6
7^{30}—8^{30}	6,5	7,1	8,3	8,3	9,6
8^{30}—9^{30}	6,5	7,7	8,3	8,7	9,2
9^{30}—10^{30}	6,8	7,2	8,8	8,9	9,2
10^{30}—11^{30}	6,3	7,5	8,0	8,7	9,8
11^{30}—12^{30}	5,6	6,8	8,9	9,4	9,9
12^{30}—13^{30}	6,4	7,0	7,5	8,6	8,9
13^{30}—14^{30}	6,1	7,3	8,5	9,5	9,4
14^{30}—15^{30}	5,3	6,3	7,7	8,0	9,0
15^{30}—16^{30}	2,1	2,5	3,8	4,3	4,7
16^{30}—17^{30}	3,3	4,0	4,8	5,5	6,7
17^{30}—18^{30}	4,0	4,5	5,4	5,5	5,9
18^{30}—19^{30}	5,2	6,3	7,2	7,7	8,6
19^{30}—20^{30}	6,5	7,9	9,5	10,0	10,8
20^{30}—21^{30}	5,7	6,6	7,9	9,9	9,6
21^{30}—22^{30}	5,4	6,3	7,4	8,7	9,7
22^{30}—23^{30}	4,7	5,3	6,4	7,1	7,8
23^{30}—0^{30}	5,1	5,5	7,0	7,6	8,2
Средняя за сутки	5,0	5,7	6,7	7,3	8,1

частично связано с уменьшением силы трения по мере удаления от поверхности земли и расположением окружающих гор вокруг исследуемого района. В энергетических расчетах для определения теоретических среднегодовых скоростей ветра, согласно полученным данным в условиях горных районов Армении, можно использовать следующую преобразованную нами формулу Подтягина:

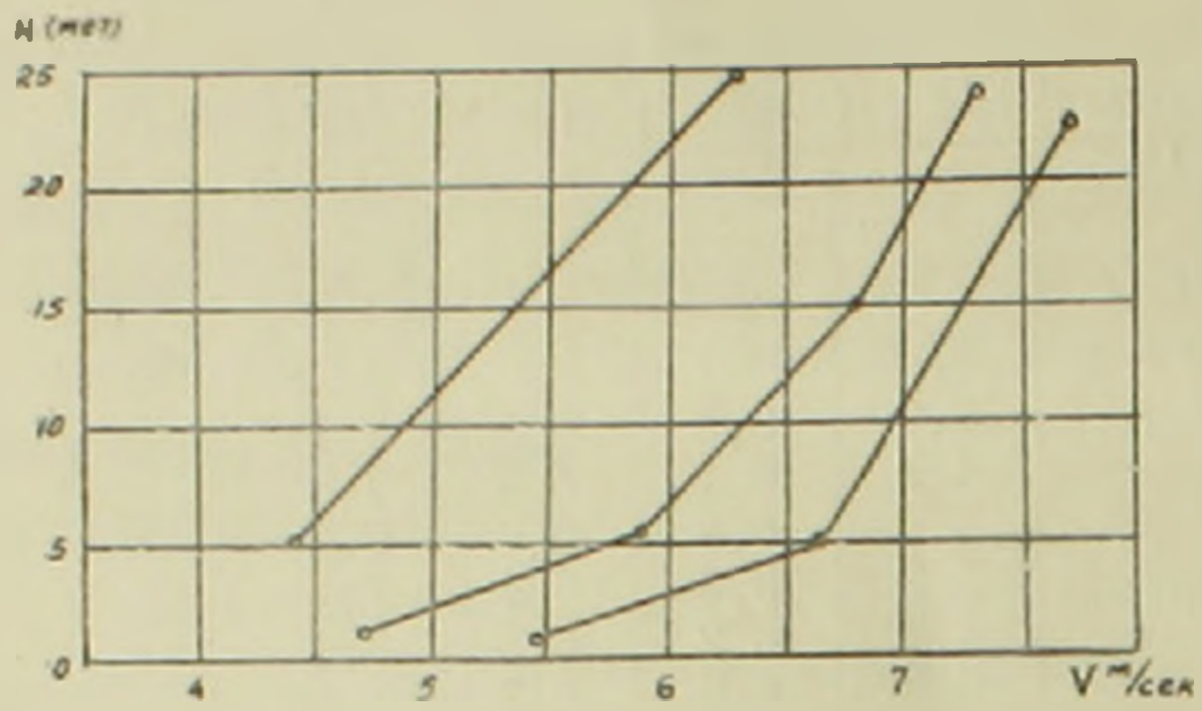


Рис. 1. Изменение скорости ветра с высотой на Сисианском перевале по среднесуточным данным

$$V = V_M + 0{,}571i + 0{,}11H \text{ м/сек},$$

где V — среднегодовая скорость ветра.

V_M — известная величина среднегодовой скорости ветра на месте установки ВЭС.

H — высота установки ветроколеса в метрах,

i — класс открытости метеостанции.

Предложенную зависимость можно использовать до высоты 30 метров.

Выводы. 1. В исследуемых районах скорость ветра с высотой увеличивается. Величина увеличения составляет на каждый метр подъема в среднем 0,11 *м/сек.*

2. Увеличение скорости ветра с высотой зависит от высоты и расположения окружающих гор.

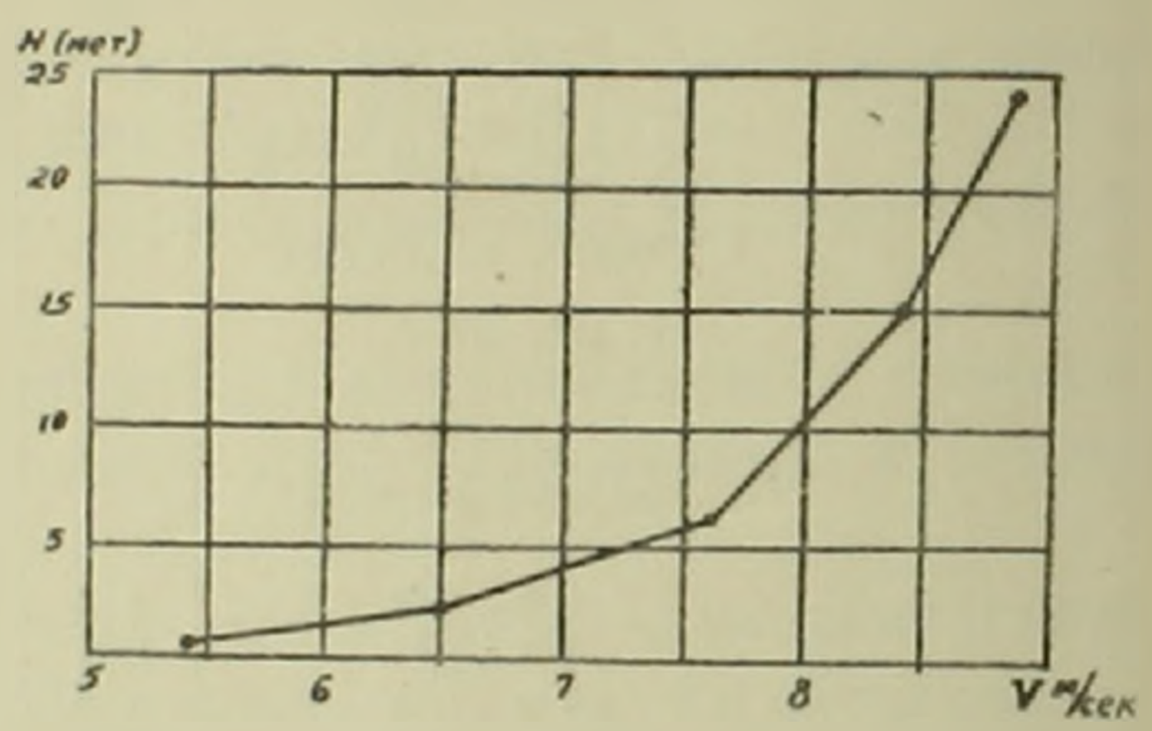


Рис. 2. Изменение скорости ветра с высотой по среднесуточрым данным на зодском перевале

3. Дальнейшие исследования необходимо вести круглогодично, не только на перевалах, но и в низовьях и котловинах на разных пунктах горных районов Армении.

Совет по изучению производительных сил
Академии наук Армянской ССР

Ս. Ե. ՀԱԿՈԲՅԱՆ

Հայաստանի լեռնային շրջաններում քամու բարձրության քամու արագության փոփոխման բնութագիրը

Քամու էներգիայի օգտագործման էֆեկտիվությունը որոշելու համար անհրաժեշտ է մի շարք ցուցանիշների հետ միասին որոշել նույնպես քամու արագության փոփոխման մեծությունը ըստ ուղղաձիգ պրոֆիլի, որը համարվում է ամենակարևոր պայմանը քամանիվի տեղակայման նպատակահարմար բարձրությունը ընտրելու համար։

Հոդվածում քննության է առնված Հայաստանի լեռնային շրջաններում քամու արագության փոփոխման բնութագիրը ըստ բարձրության։ Աշխատանքը կատարված է ԱՍԻՍԻՍ-ի կողմից քամու էներգիայի օգտագործման կապակցությամբ 1957 թվականին կազմակերպված Սիսիանի և Զոդի լեռնանցքներում էքսպեդիցիոն նյութերի մշակման հիման վրա։

Քամու արագության բնութագրի ուսումնասիրությունն ըստ բարձրության ցույց է տալիս, որ քամու արագության մեծությունը Հայաստանի լեռնային շրջաններում աճում է ըստ բարձրությամբ 0,02 մետր վայրկյան ավելին քան հարթավայրերում, որոնց համար տվյալներ առաջադրել են Պոդտյագինը և Գելմանը։ Բացի այդ քամու արագության աճի մեծությունը մթնոլորտի ստորին շերտերում ավելի ինտենսիվ է, քան բարձր հրտերում։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *М. С. Подтягин*, Математический анализ измерений ветра, Геофизика, т. V, вып. I, 1935. [2] *С. А. Сапожникова*, Измерение скорости ветра с высотой в нижнем слое воздуха, Л., 1946. [3] *Г. Гельман*, Über die Bewegung der Lustin den untersten Schichten der Atmosphäre. Met. Zeit., B. 34, H. 8/9, 1937. [4] *В. П. Ветчинкин*, Принципы ветроиспользования, разработанные А. Г. Уфимцевым, Труды ЦАГИ, первая всесоюзная конференция по аэродинамике, М., 1932. [5] *Д. Л. Лайхтман*, „Изв. АН СССР, сер. географич. и геофизич., № 1, 1944. [6] *М. И. Будыко*, „Метерология и гидрология", № 2, 1946. [7] *Н. В. Красовский*, Как использовать энергию ветра. М., 1936. [8] *С. Е. Акопян*, ДАН АрмССР, т. XXV, № 2, (1957).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 4

БИОХИМИЯ

С. С. Оганесян и В. Г. Джанибекова

Амперометрическое определение небелковых тиоловых соединений в мышцах ртутью

(Представлено Г. Х. Бунятяном 11.VII.1958)

Метод амперометрического титрования меркаптанов, предложенный Кольтгофф и Гаррис ([1]), нашел широкое применение в исследованиях химической структуры белков и аминокислот, благодаря модификации Р. Бенеш и Р. Е. Бенеш ([2]) для количественного определения — SH групп в биологических средах. Несмотря на существование других методов (полярографический, колориметрический и гистохимический) определение тиолов амперометрическим титрованием азотнокислым серебром довольно интенсивно используется в многочисленных исследованиях ([2-8]). Однако, как выяснилось впоследствии, в этом методе имеется ряд источников ошибок, в частности применение аммиачного буфера ($NH_4OH—NH_4NO_3$), как комплекс образующего с $AgNO_3$ соединения, ведет к денатурации белковой молекулы и ускоряет окисление тиоловых групп ([9]). Значительным влиянием на белки обладает также алкоголь, который добавляется на титруемую смесь. Азотнокислое серебро легко разлагается на свету. Вышеизложенное послужило причиной для ряда попыток модификации амперометрического титрования — SH групп $AgNO_3$, а также поисков новых агентов, реагирующих с — SH группами. Кольтгофф, Штрикс и Танака ([10]) предложили для полярографического определения тиоловых групп применить уксусно-кислую или двухлористую ртуть (сулема). Согласно Кольтгофф, Штрикс и Моррен ([11]), основная реакция между ртутью и цистеином заключается в образовании соединения типа $Hg(RS)_2$. Сесил ([12]) указывает, что двухлористая ртуть реагирует с цистеином согласно уравнению

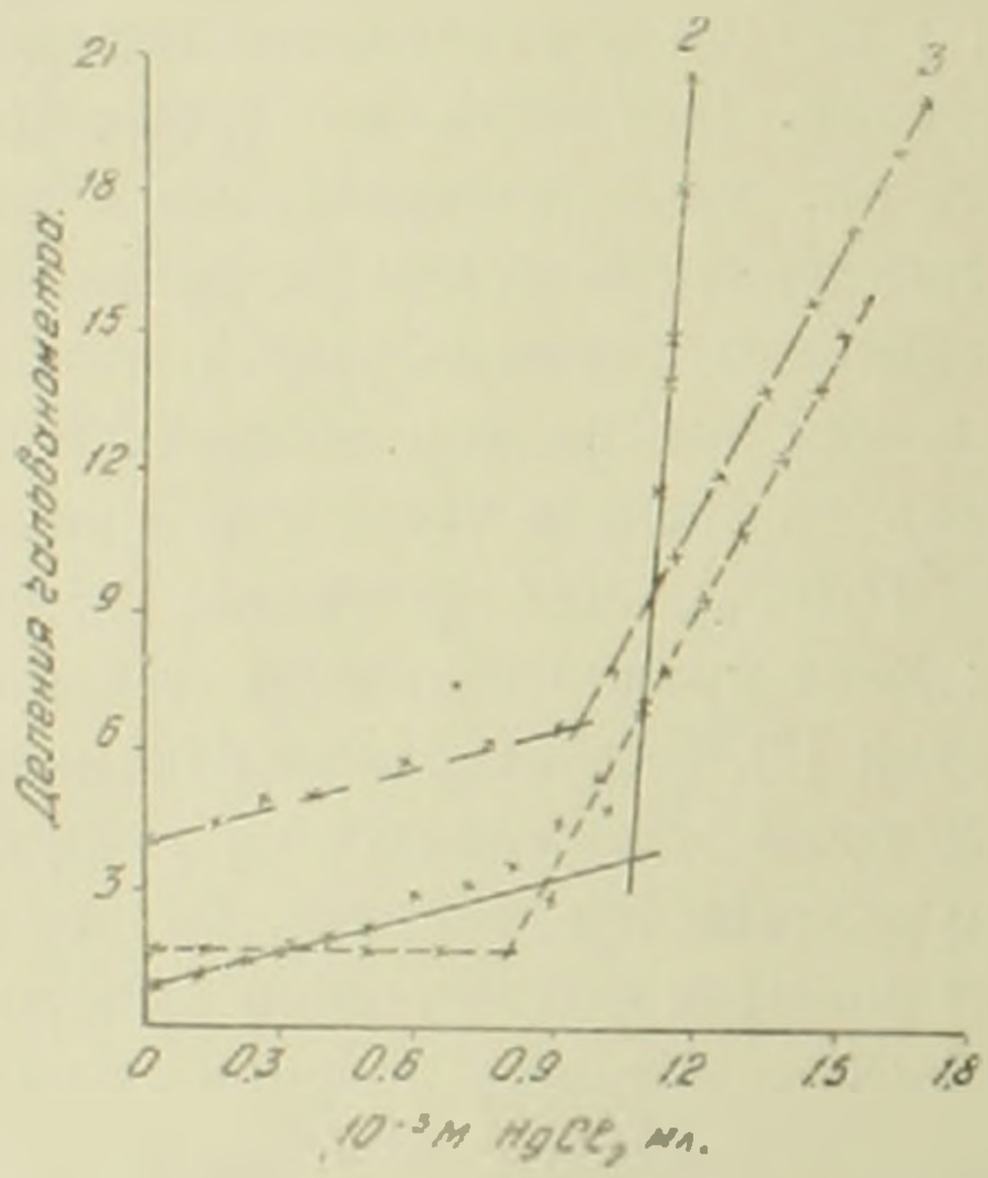
$$2R—SH+Hg^{++}\rightleftarrows(R—S)_2Hg+2H^+$$

При излишке ионов ртути могут образоваться также соединения типа $(R—S)_2Hg_2$ и $(R—S)_2Hg_3$; однако исследование этого автора показало, что при амперометрическом титровании сулемой имеет место образование, главным образом $(R—S)_2Hg$, соединения, где один атом ртути реагирует с двумя — SH группами.

К сожалению, все работы, проведенные с помощью $HgCl_2$, в основном велись на растворах серосодержащих аминокислот ([10, 11, 12]) или на сыворотке крови ([11]). Что касается выделения из тканей животного небелковых — SH соединений и их количественного определения амперометрическим титрованием ртутью, то работ, посвященных этому вопросу, в литературе не удалось найти. Все исследования в этом отношении проведены с использованием азотнокислого серебра, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Подобное состояние методических приемов определения — SH групп толкает на новые поиски и усовершенствования ([14, 15]). Настоящая статья посвящена изучению количества небелковых — SH соединений в мышцах, с применением амперометрического титрования ртутью.

Техника опытов. Регистрация результатов титрования производилась согласно схеме, предложенной Р. Бенеш и Р.Е.Бенеш ([2]). Прибором измерения служил микрогальванометр М 91/А с $T_0 = 1{,}5$ секунды, внутренним сопротивлением 3500 ом и внешним — 64000 ом, чувствительность прибора $1{,}5 \times 10^{-8}$ А. Электродами служили: платиновый провод, соединенный с гальванометром через ось электро-мотора „Пионер", вращающийся при 750—800 об/мин, и электрод сравнения, составленный из металлической ртути и раствора $Kj + Hgj_2$; он одним концом сообщался с титруемой смесью через агаровый мостик (на насыщенном хлористом калии), а другим концом через металлическую ртуть-платину с гальванометром. Поддерживающим электрод раствором служил 0,14 н NaCl, рекомендуемый для его восстановления ([14]).



Кривая амперометрического титрования 2 *мл* цистеина (10^{-3} М) двухлористой ртутью (10^{-3} М).
1—сульфосалициловый раствор цистеина + 1N NaOH (pH 6,0);
2—сульфосалициловый раствор цистеина + бура (pH 9,0);
3—то же + карбонатный буфер + +0,5 MKCl (pH 7,2)

Титрационная смесь помещалась в бюксу объемом 35 *мл*, куда и опускались электроды. Титрация производилась двухлористой ртутью ($HgCl_2$ 1×10^{-3}М) с периодическим добавлением в смесь 0,05 или 0,1 *мл* раствора. Между порциями $HgCl_2$ сохранялся интервал в 1—2 минуты, для установления колебаний гальванометра.

Ввиду того, что сульфосалициловая кислота является стабилизатором сульфгидрильных групп ([2]), она применялась для осаждения белков. Для нейтрализации кислого безбелкового фильтрата мышцы

применялись: а) 1н NaOH, б) карбонатный буфер (0,06 М Na_2CO_3, 0,04 М $NaHCO_3$, 0,5 М KCl), с) боратный буфер (бура 0,05 М).

Опыты с цистеином. С целью проверки влияния различных методических приемов на результаты титрования, была проведена серия контрольных опытов с цистеином. Свободный цистеин (1,2 *мг*) растворялся в 10 *мл* дистиллированной воды или 2,5% раствора сульфосалициловой кислоты. Перед каждым титрованием приготовлялась смесь из 2 *мл* раствора цистеина (1×10^{-3} М) и исследуемого буфера, применявшегося для нейтрализации сульфосалициловой кислоты.

Результаты предварительной титрации буферных смесей (без цистеина) показали, что все используемые буферы связывают незначительное количество двухлористой ртути. В табл. 1 приведены некоторые цифры, соответствующие боратному и карбонатному (с 0,5 М KCl) буферам.

При изучении значения pH титруемой смеси (сульфосалициловая кислота + цистеин + буфер) выяснилось, что наилучшей является щелочная среда. Как видно из табл. 1, при pH ниже 8 трудно получать воспроизводимые результаты, а в кислой среде титруется лишь 70—80% истинного количества — SH групп. В боратном буфере (при pH 9,0) были получены наиболее четкие данные.

Полученные данные, подтверждая прежние факты о стабилизации — SH групп в сульфосалициловой кислоте, приводят к заключению, что необходимым условием при амперометрическом титровании ртутью является нейтрализация сульфосалициловокислого раствора цистеина и создание щелочной среды. Таким образом, нельзя согласиться с Сесил ([12]) о возможности титрации — SH групп в кислой среде, где, вероятно, происходит разложение комплекса $(R—S)_2Hg$, что нарушает ход титрования.

Опыты на мышцах. Безбелковый фильтрат мышечной ткани был получен после добавления к гомогенату 2,5% сульфосалициловой кислоты и перемешивания в течение 15—20 минут. Сульфосалициловая кислота добавлялась 1:10 к весу свежей ткани. Все процедуры производились на холоду. Полученный после фильтрации безбелковый фильтрат имел кислую реакцию (pH 3). Для нейтрализации фильтрат, объем которого составлял около 6 *мл*, разбавлялся в первой группе опытов дважды дистиллированной водой (нейтрализация 1нNaOH), во второй группе — карбонатным буфером без или с 1 н NaOH (pH 6,8—9,0) и в последней группе — боратным буфером (бура 0,05 М pH 9,24). К титрационной смеси в некоторых случаях добавлялся также хлористый натрий (0,9%—раствор).

Результаты наших опытов показали, что воспроизводимые данные могут быть получены при титрации безбелкового фильтрата в щелочной среде. Как видно из табл. 2, нейтрализация кислого безбелкового фильтрата 1 н NaOH с одной стороны, и карбонатным, боратным буферами, с другой, — не равнозначны. В первом случае обычно

Таблица 1

Количество $HgCl_2$ в *мл* (1×10^{-3} M), ушедшее на титрацию 2 *мл* цистеина (1×10^{-3} M), растворенного в сульфосалициловой кислоте

Разбавляющая среда	Время с момента приготовления раствора цистеина в минутах	
	2—5	15—20
Бура (0,05 M) без добавления цистеина pH 9,24	0,07	—
То же	0,04	—
То же+сульфосалициловая к-та pH 8,5	0,04	—
То же	0,03	—
Карбонатный буфер, 0,5 M KCl без цистеина pH 7,2	0,04	—
То же	0,05	—
Нейтрализация 1 NaOH pH 4,0	0,76	—
То же pH [illegible],0	0,75	—
То же pH 6,0	0,85	0,50
То же pH 8,0	1,00	—
Карбонатный буфер + 0,5 M KCl pH 7,2	0,70	—
То же pH 7,2	1,10	—
То же + 1 N NaOH pH 8,0	1,00	—
То же pH 9,0	1,10	—
То же pH 9,0	1,05	—
То же pH 9,0	1,05	—
То же pH 9,0	1,14	0,87
То же pH 9,0	1,10	0,85
То же pH 9,0	—	0,85
То же pH 8,0	—	0,80
Боратный буфер (0,05 M) pH 9,0	1,00	0,98
То же pH 9,0	1,05	1,03
То же pH 9,0	1,02	1,00
То же pH 9,0	1,00	0,97
То же pH 9,0	1,08	1,16
То же pH 9,0	1,10	1,08

имелся низкий титр — SH групп, даже при pH титруемой смеси равной 9. При нейтрализации фильтрата карбонатным буфером с 0,5 M KCl (раствор Эдсалля) также были получены данные, ниже, чем в боратном буфере. Добавление на разбавленный раствором Эдсалля безбелковый фильтрат 0,9% — NaCl еще больше снижало титруемое количество — SH групп. При расчете оказалось, что количество хлоридов в этом случае соответствовало примерно 0,7 M, что уже отражалось на результатах титрования, тогда как, согласно Сесил ([12]), при титрации растворов чистого цистеина допустимое количество хлоридов при pH 6,7 составляет 2 M.

Таблица 2

Количество —SH групп в безбелковом фильтрате икроножной мышцы лягушки, определяемое $HgCl_2$ (1×10^{-3} M) при разбавлении сульфосалициловокислого фильтрата различными буферами (500 *мг* ткани)

Среда	Количество $HgCl_2$, ушедшее на титрацию	Количество — SH в *мг* цистеина на 100 *г* ткани
Без разбавления pH 2,0	0,05	2,40
Нейтрализация 1н NaOH pH 8,0	0,08	3,80
То же pH 9,0	0,14	6,70
Карбонатный буфер, 0,5 M KCl pH 7,2	0,04	1,90
То же + 1н NaOH pH 8,5	0,18	8,60
То же pH 9,0	0,21	10,08
То же pH 9,0	0,18	8,60
То же +0,9 % NaCl pH 9,0	0,14	6,70
Боратный буфер (бура 0,05 M) pH 9,0	0,35	16,81
То же pH 9,0	0,29	13,90
То же pH 10,0	0,25	12,00
То же pH 9,0	0,23	11,40
То же pH 9,0	0,25	12,00
То же pH 9,0	0,25	12,00
То же pH 9,0	0,34	16,28
То же pH 9,0	0,26	12,50

Отсюда необходимо заключить, что экстракция тканей физиологическим раствором (0,9 % NaCl) и раствором Эдселля может отражаться на результатах титрования этих экстрактов ртутью. Можно допустить, что в безбелковом фильтрате тканей присутствие хлоридов значительно сильнее сказывается на ходе титрования — SH групп, чем в растворах цистеина.

При титрации смесей безбелкового фильтрата с боратным буфером (pH 9,0) оттитрованное количество — SH групп составляло в среднем 16 *мг* цистеина на 100 *г* мышечной ткани, когда при применении 1н NaOH (pH среды 9,0) оттитровалась половина этого количества.

На основании вышеизложенного можно предложить следующую схему амперометрической титрации небелковых — SH соединений в мышце ртутью.

Гомогенат готовится добавлением на размельченную ножницами навеску ткани (500 *мг*) 0,5—1,0 *мл* дважды дистиллированной воды и кварцевого песка. Ткань растирается на холоду в течение 5—10 минут, после чего добавляется 2,5 % раствор сульфосалициловой кислоты. Смесь энергично перемешивается и оставляется на холоду 10—15 минут. Фильтрация производится через бумажный фильтр и

осадок на фильтре промывается небольшим количеством боратного буфера (pH 9,24), и впоследствии объем безбелкового фильтрата доводится этим же буфером до 35 *мл*, при этом pH смеси достигает 8,7—9,0. Перемешивание смесей вращающимся платиновым электродом перед титрацией не должно продолжаться больше 2—3 минут, ибо происходит уменьшение титруемых — SH групп, возможно в связи с нейтрализацией стабилизирующего влияния сульфосалициловой кислоты в щелочной среде.

Таблица 3

Количество небелковых — SH групп в икроножной мышце лягушки (буфер Бура 0,05 M pH 9,0)

Среднее из 18 опытов	Количество в *мг* цистеина на 100 *г* ткани
Левая мышца	13,1
Правая мышца	14,00
Среднее	15 ± 3,0

Располагая количеством —SH групп в безбелковом фильтрате и в гомогенате ткани, можно рассчитать количество белковых — SH групп по формуле:

Колич. — SH в гомогенате — — колич. — SH в б/б фильтрате = колич. — SH в белковых фракциях.

Определяя количество — SH групп титрацией ртутью вышеописанным способом, нами установлено, что в безбелковом фильтрате поперечно-полосатой мышцы содержится 1/6—1/8 часть общего количества — SH групп.

Предложенный нами модифицированный метод амперометрического титрования ртутью для количественного определения — SH групп в безбелковом фильтрате легко осуществим, достаточно точен и лишен недостатков, связанных с применением $AgNO_3$.

Полученные данные указывают на то обстоятельство, что приготовление гомогената мышечной ткани на физиологическом растворе (0,9% NaCl) с последующим разделением безбелкового фильтрата может повлиять на ход титрации. Это необходимо учесть при широком применении растворов, содержащих хлориды. Необходимым условием является также проведение титрации ртутью в щелочной среде (выше pH 8).

Институт физиологии
Академии наук Армянской ССР

Ս. Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ ԵՎ Վ. Գ. ՋԱՆԻԲԵԿՈՎԱ

Ոչ սպիտային — SH խմբերի քանակական որոշումը մկաններում ռնդիկի միջոցով

Թիոլների՝ այսինքն — SH խմբերի ամպերոմետրիկ որոշման եղանակը մեծ չափերով օգտագործվում է նրանց քանակական ուսումնասիրությունների ընթացքում, քանի որ նրանք տալիս են տեղեկություններ սպիտակուցային մոլեկուլի և ամինոթթուների քիմիական կառուցվածքի մասին։ Մինչ այժմ ոչ սպիտային դանագան — SH միացությունների քանակը որոշվում էր $AgNO_3$ միջոցով, սակայն ազոտաթթվային աբծաթի

գործածումն ունի բացասական կողմեր։ Տվյալ աշխատանքում հիմնվելով մի շարք հետազոտությունների վրա առաջարկվել է ձևափոխել կենդանական հյուսվածքներում ոչ պիտային — SH խմբերի քանակական որոշման ամպերոմետրիկ եղանակը, օգտագործելով սուլեմա ($HgCl_2$), որը բացառորեն միացություն է տալիս — SH խմբերի հետ։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *И. М. Кольтгофф* и *В. Е. Гаррис*, Ind, Eng. chem. Anal. **18**, 161 (1946). [2] *Р. Бенеш* и *Р. Е. Бенеш*, Arch. Biochem. **19**, 1 (1948). [3] *Р. Бенеш* и *Р. Е. Бенеш*, Arch. Biochem. **28**, 1 (1950). [4] *Е. Шоенбах* и *Е. Армстид*, Proc. Soc. Exptl. Biol. a. Med. **73**, 44 (1950). [5] *Н. Вейссман, Е. Шоенбах* и *Е. Армстид*, Journ. Biol. chem. **187**, 1 (1950). [6] *С. Гольдцнер, В. Раулс* и *А. Гольдцнер*, Journ. Biol. chem. **203**, 1 (1953). [7] *В. Штайб* и *Ф. Турба*, Biochem. Ztschr, **327**, 473 (1956). [8] *А. В. Азявгик*, Биохимия, **23**, 244 (1958). [9] *Р. Бенеш, Х. Лэрди* и *Р. Е. Бенеш*, Journ. Biol. chem. **216**, 663 (1955). [10] *В. Штрикс, И. М. Кольтгофф* и *Танака*, Anal. chem. **26**, 209 (1954). [11] *И. М. Кольткофф, В. Штрикс* и *Л. Моррен*, Anal. chem. **26**, 366 (1954). [12] *Р. Сесил*, Biochem. et Biophys. acta. **18**, 154 (1955). [13] *Л. Бек, В. Линкенгейм* и *А. Маррагини*, Proc. Soc. Exptl. Biol. and Med. **4**, 823 (1954). [14] *E. Chinard* and *L. Hellerman*, Methods of Biochemical Analysis. Intersci Publ., N. 4. 1954 vol. I. [15] *Б. Поглазов, В. Билуши* и *А. А. Баев*, Биохимия, 23, 209 (1958).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 4

ГЕОХИМИЯ

К. А. Карамян

Германиеносные сульфиды Дастакертского медно-молибденового месторождения

(Представлено И. Г. Магакьяном 9. VI. 1958)

При проведении исследований на Дастакертском месторождении, в карьере № 2, нами были обнаружены своеобразные теннантит-энаргитовые руды, неизвестные ранее на других участках рудного поля. Теннантит-энаргитовые руды образованы в медную стадию минерализации и связаны с другими парагенетическими ассоциациями этой же стадии (1. Халькопирит-молибденовая; 2. пирит-борнит-халькопиритовая), постепенными переходами в пределах одной рудной зоны.

Теннантит-энаргитовые руды образуют отдельные прожилки и гнездообразные выделения. Основными рудными минералами являются: энаргит, теннантит, борнит, халькопирит, пирит.

Следует отметить, что теннантит встречается довольно часто в рудах медной стадии, особенно на участках, богатых борнитом. На участках развития энаргита он ассоциирует тесно с последним. При этом теннантит является более поздним минералом и повсеместно замещает энаргит.

Спектральные анализы энаргит-теннантитовых руд показали высокое содержание Ge — 0,003 — 0,01%. Последующие детальные микроскопические исследования этих руд показали присутствие самостоятельных германиевых минералов — германита и рениерита.

Германит образует небольшие выделения размером от 0,02 до 0,04 *мм*. Однако встречаются и более крупные выделения, достигающие 0,5 *мм*. Последние встречаются значительно реже.

Под микроскопом германит имеет густо-розовый цвет. По отражательной способности он близок к энаргиту.

Следует отметить, что наряду с густоокрашенными разностями встречаются также и более бледные разновидности германита, но последние ничем не отличаются от первых. Такие различия в густоте окраски отмечаются также и на месторождении Тсумеб в юго-западной Африке, где имеются значительные скопления этого минерала ([3]).

Германит под микроскопом можно принять за свежеотполированный борнит, однако в случае совместных срастаний в руде его легко можно отличить от борнита по пленке окисления, которая отсутствует у германита.

Выделения германита в основном приурочены к полям энаргита, с которым он образует ровные четкие границы, без следов замещения. Наряду с этим, германит в энаргите образует также округлые и овальные выделения, которые свидетельствуют об его образовании из энаргита, возможно, в результате распада твердого раствора.

Рениерит, так же как и германит, образует весьма мелкие выделения, размеры которых варьируют в пределах 0,01—0,05 *мм*. Под микроскопом рениерит характеризуется желтовато-коричневым цветом. Отличается от халькопирита несколько более слабой отражательной способностью. Сильно анизотропен, в скрещенных николях изменяется от желтовато-коричневых до синевато-серых тонов. Двуотражение слабое, в желтовато-коричневых тонах.

Рениерит в большинстве случаев образует выделения с незакономерными очертаниями и, в основном, приурочен к полям борнита. Возрастные взаимоотношения германита и рениерита не установлены. По-видимому, они образовались одновременно с энаргитом, поскольку как германит, так и рениерит не образуют срастаний с наиболее поздним минералом этой ассоциации — теннантитом.

Наряду с наличием самостоятельных германиевых минералов германий образует также и примеси в рудных минералах.

В целях изучения изоморфной примеси Ge в отдельных рудных минералах нами под микроскопом в полях чистого энаргита был собран порошок, спектральные анализы которого показали содержание германия 0,001—0,003%. В борните содержание германия доходит до 0,005%.

Наряду с германием в руде и в отдельных рудных минералах отмечаются также элементы примеси: Pb, Ag, Sb, Bi, Zn, Mo, Sn, Ga, содержание которых варьирует в пределах 0,001—0,1%.

Ассоциация энаргит-теннантит, помимо медной стадии, отмечается и в медно-молибденовой стадии, локализованной в гранодиоритах. Здесь теннантит и в меньшей степени энаргит образуют тесные срастания с пиритом, халькопиритом, борнитом, местами с молибденитом. Ассоциация вышеотмеченных минералов приурочена к средней части кварцевых прожилок и заполняет промежутки между гребенчатыми кристаллами кварца, нарастающими на стенки трещин. К зальбандам кварцевых прожилок приурочены чешуйчатые выделения и розетки молибденита.

Чистоотобранные разности энаргита из этих руд были также подвергнуты спектральному анализу, который показал содержание германия 0,003%.

Химические анализы чистоотобранных разностей чешуек молибденита из этих же прожилок, проведенные в лаборатории редких и

рассеянных элементов ИГН АН Армянской ССР аналитиком С. А. Дехтрикян, показали содержание германия 0,0002 %.

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что германий в рудах Дастакертского месторождения образует как самостоятельные германиевые минералы в виде германита и реннерита, так и присутствует в виде изоморфной примеси в энаргите, борните и молибдените, медной и медномолибденовой стадий. Повышенное, по сравнению с другими минералами (борнитом, молибденитом), содержание германия в энаргите, по-видимому, обусловлено структурным сходством германита с энаргитом.

Интересно отметить, что тесная парагенетическая ассоциация германия с энаргитом отмечается для многих месторождений.

Так, например, германий присутствует в энаргит-теннантитовых рудах Мец-дзорского месторождения (по данным И. Г. Магакьяна [2]) его содержание достигает 0,01%).

За последние годы на Кафанском месторождении выявлены энаргитовые руды, в которых содержание германия достигает 0,005%.

На Коунрадском месторождении К. С. Газизовой [1] описываются скопления энаргита, в которых отмечается высокое (0,003 — 0,01 %) содержание германия.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Կ. Ա. ՔԱՐԱՄՅԱՆ

Դաստակերտի պղինձ-մոլիբդենային հանքավայրի գերմանիումը պարունակող սուլֆիդները

Դաստակերտի հանքավայրում պղնձի միներալիզացիայի ստադիայի ընթացքում հանդես է գալիս յուրահատուկ տեննանտիտ-էնարգիտային ասոցիացիան։ Այս ասոցիացիայի հետ պարագենետիկորեն կապված են գերմանիումի միներալները՝ գերմանիտը և ռենիերիտը։

Գերմանիտի համար բնորոշ է մուգ վարդագույն գույնը. նա կազմում է անջատումներ, որոնց չափերը տատանվում են 0,02 մինչև 0,5 մմ սահմաններում։

Անդրադարձման ունակությամբ գերմանիտը նման է էնարգիտին։ Ռենիերիտն ունի գեղնավուն դարչնի գույն։ Ուժեղ անիզոտրոպ է դեղնավուն դարչնագույնից մինչև կապտավուն գորշ գունային էֆեկտով։ Նրա անդրադարձման ունակությունը քիչ ավելի պակաս է խալկոպիրիտի անդրադարձման ունակությունից։

Բացի նրանից, որ գոյություն ունեն գերմանիումի ինքնուրույն միներալներ, գերմանիումն իզոմորֆ խառնուրդների ձևով մասնակցում է էնարգիտի (0,003) և բոռնիտի մեջ (0,0005)։

Էնարգիտի և տեննանտիտի համանման ասոցիացիա նշվում է նաև պղինձ-մոլիբդենային ստադիայում, որտեղ էնարգիտի տեննանտիտի, բոռնիտի, խալկոպիրիտի և պիրիտի հետ միաժամանակ միակցվում է նաև մոլիբդենի հետ։

Այս ստադիայի մոլիբդենիտի քիմիական անալիզը տվել է 0,0002 գերմանիում։

Այսպիսով, Դաստակերտի հանքավայրի հանքանյութերում գերմանիումը ինքնուրույն միներալներ կազմելուց բացի իզոմորֆ խառնուրդի ձևով առկա է մի շարք միներալներում (էնարգիտ, բոռնիտ, մոլիբդենիտ)։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *К. С. Газизова*, Медное месторождение Коунрад, Госгеолиздат, М. (1958). [2] *И. Г. Магакьян*, Теннантит и энаргит из медного месторождения. Записки В. М. О., № 3 (1953). [3] *К. Б. Склер* и *Б. Г. Геер*, The paragenetic relationships of germanite and renierite from Tsumeb South West Afrika. Economic Geology. Vol. 52, № 6, (1957).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 4

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

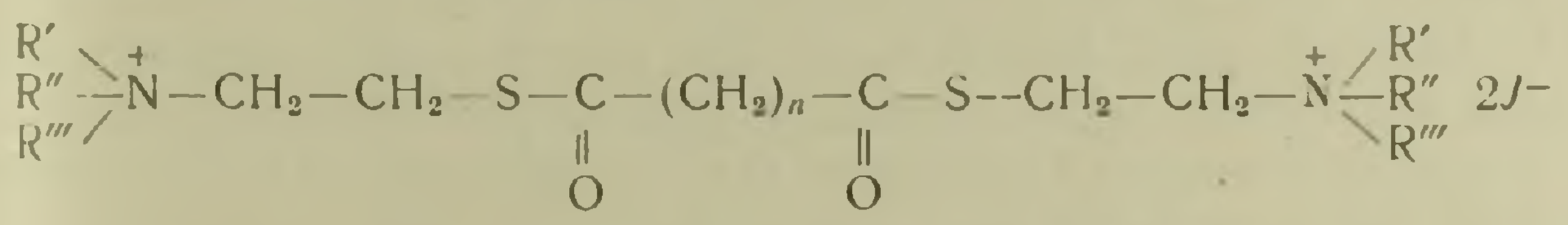
А. Л. Мнджоян, академик АН Армянской ССР, О. Л. Мнджоян и Н. А. Бабиян

Исследование в области производных двухосновных карбоновых кислот

Сообщение XIX. Некоторые диалкиламиноэтиловые эфиры монотиоянтарной кислоты

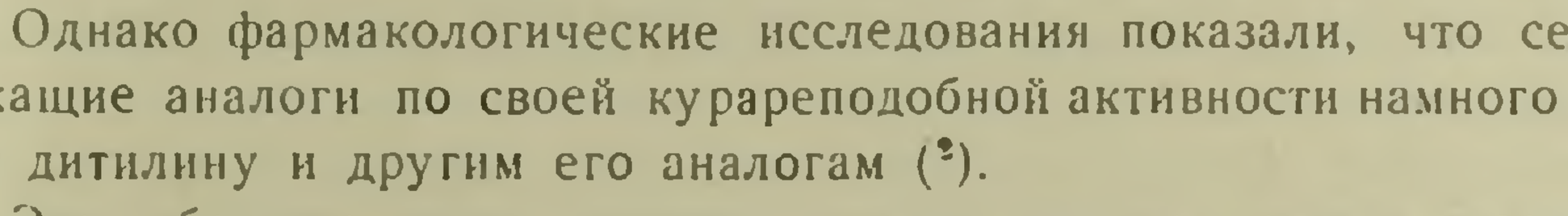
(Представлено 2. II. 1954)

Среди физиологически активных препаратов наблюдаются случаи, когда замена в структуре аминоэфиров эфиробразующего кислорода на серу и азот повышает, а подчас и удлиняет основное действие этих соединений. В связи с этим, по аналогии с предыдущими сериями кислородсодержащих аминоэфиров диметиламиноэтанола и других аминоспиртов, были синтезированы серусодержащие производные двухосновных карбоновых кислот ([2])



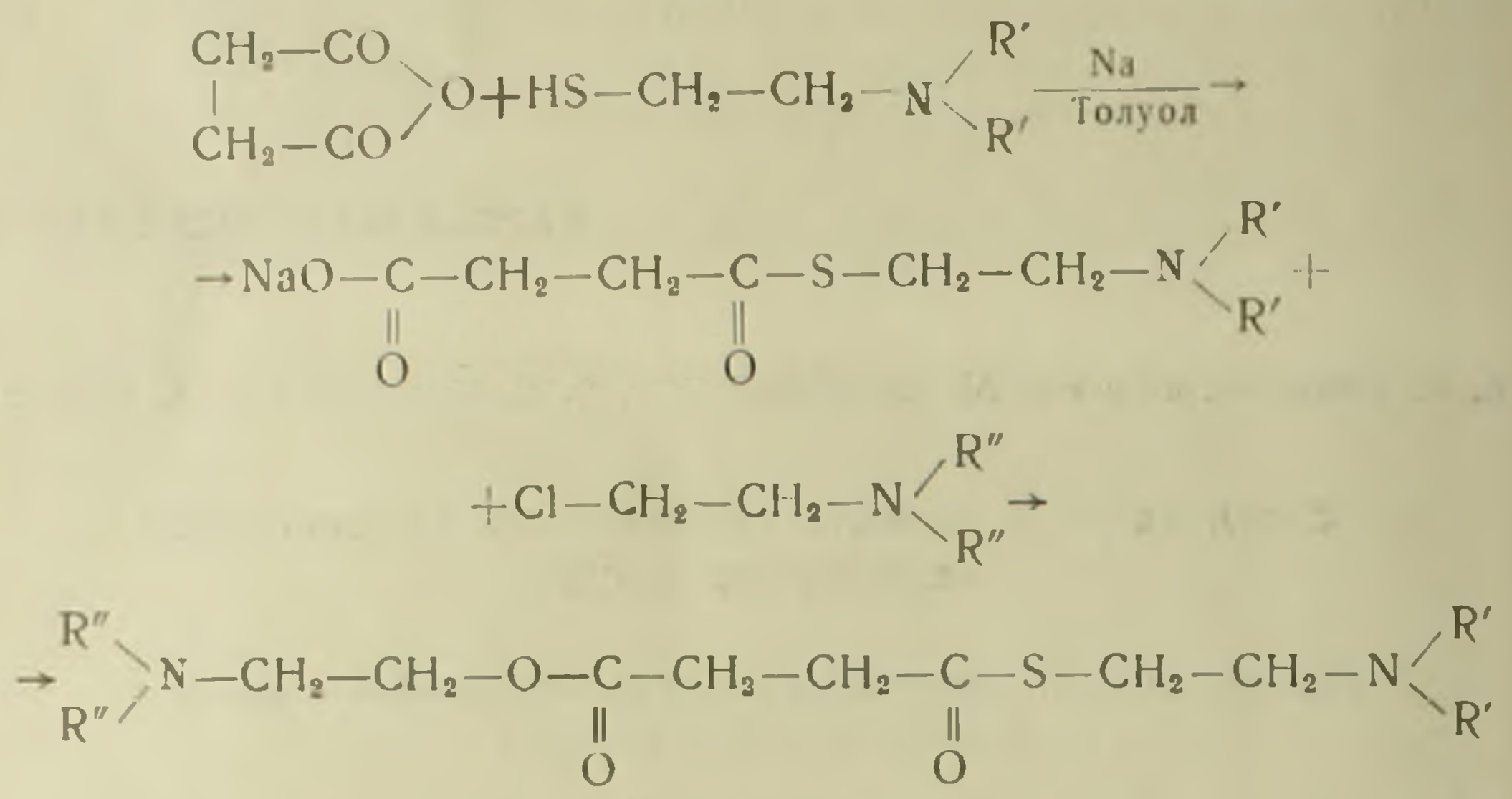
Однако фармакологические исследования показали, что серусодержащие аналоги по своей курареподобной активности намного уступают дитилину и другим его аналогам ([3]).

Это обстоятельство говорит о том, что не только расстояние между двумя четвертичными азотами является решающим моментом для курареподобной активности, но и другие факторы, вытекающие из состава и строения всей молекулы. Для более детального изучения этого вопроса нами были предприняты синтезы смешанных серу-и кислородосодержащих аминоэфиров с различными алкильными радикалами у азотов следующего общего строения:



Синтез указанных соединений нами был осуществлен взаимодействием диалкиламиноэтилхлоридов с натриевой солью диалкилами-

ноэтантиоловых моноэфиров янтарной кислоты по следующей общей схеме:



Полученные смешанные аминоэфиры представляют собой маслообразные жидкости, которые образуют четвертичные аммониевые соли, легко растворяющиеся в воде. Некоторые физико-химические константы этих аминоэфиров приведены в таблице. Анализы описанных соединений проведены в аналитическом отделе нашего института С. Н. Тонаканян.

Предварительные фармакологические исследования, которые были проведены в отделе фармакологии нашего института Н. Е. Акопян и на кафедре токсикологии 1-го Ленинградского медицинского института Р. С. Рыболовлевым, показали, что при замене одного эфирного кислорода в дитилине серой активность полученного нового соединения не уступает дитилину. Подробные данные фармакологических исследований будут опубликованы отдельно.

Экспериментальная часть. Диэтиламиноэтиловый эфир монодиэтиламиноэтилового тиоэфира янтарной кислоты. В круглодонной колбе, снабженной обратным холодильником с хлоркальциевой трубкой, механической мешалкой и капельной воронкой помещалось 75 *мл* абсолютного толуола и 2,25 *г* (0,09 *г* ат) металлического натрия. Энергичным перемешиванием при кипячении была приготовлена суспензия натрия в толуоле, к которой постепенно, через капельную воронку, прибавлялось 13 *г* (0,09 моля) диэтиламиноэтантиола([3]).

К полученному натриевому производному тиоаминоспирта прибавлялось постепенно 9,8 *г* (0,09 моля) янтарного ангидрида, смесь кипятилась в течение двух часов, затем добавлялся через капельную воронку раствор диэтиламиноэтилхлорида в толуоле. Для получения раствора диэтиламиноэтилхлорида 17 *г* хлористоводородной соли диэтиламиноэтилхлорида разлагалось 5 *г* едкого натра, растворенного в 10 *мл* воды, и водный раствор экстрагировался 100 *мл* толуола. Экстракт высушивался над поташом и прибавлялся к натриевой соли.

$$(R')_2N-CH_2-CH_2-S-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-(CH_2)_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_2-N(R'')_2$$

R′	R″	Выход в %	Температура кипения в °C	Давление в мм	M	d_4^{20}	n_D^{20}	MR_D вычислено	MR_D найдено	Анализ в % C вычислено	C найдено	H вычислено	H найдено	N вычислено	N найдено	S вычислено	S найдено	Температура плавления солей в °C хлоргидрат	оксалат	иодметилат	иодэтилат
C_2H_5	CH_3	38,2	155—156	1	304,5	0,9752	1,4833	84,08	88,97	55,26	55,16	9,21	9,19	9,21	9,36	10,52	10,20	198—200	140—141	184—186	208—209
CH_3	CH_3	26,3	144—145	1	276,4	1,0456	1,4625	75,25	72,73	52,17	52,11	8,69	9,19	10,14	10,24	11,59	11,72	—	135—137	213—215	168—170
C_2H_5	C_2H_5	30,0	185—190	1	332,5	0,9812	1,4650	93,52	93,59	57,82	57,37	9,62	9,92	8,42	8,02	9,63	9,38	172—174	118—120	128—130	158—140
CH_3	C_2H_5	29,5	168—171	1	304,5	1,0007	1,4530	84,00	82,20	55,26	55,46	9,21	9,10	9,21	8,95	10,52	10,19	144—146	103—106	132—134	158—159

Смесь кипятилась в течение 5 часов. По охлаждении осадок хлористого натрия отфильтровывался. Из фильтрата отгонялся толуол, а остаток перегонялся в вакууме. Температура кипения 185—190°/1 *мм*. Выход 10 *г* или 30% теории.

Синтез диметиламиноэтиловых эфиров монодиметил- и диэтиламиноэтиловых тиоэфиров янтарной кислоты осуществлялся по вышеуказанному методу, только вместо диэтиламиноэтилхлорида в реакцию вводился диметиламиноэтилхлорид.

Выводы. 1. Взаимодействием диалкиламиноэтилхлоридов на натриевую соль диалкиламиноэтантиоловых моноэфиров янтарной кислоты были получены диалкиламиноэтиловые эфиры монодиалкиламиноэтантиоловых эфиров янтарной кислоты, а также их хлоргидраты и четвертичные аммониевые соли в среде абсолютного ацетона.

2. Данные фармакологических исследований говорят о том, что курареподобная активность дитилина сохраняется полностью при замене одного эфиробразующего кислорода на серу.

Институт тонкой органической химии
Академии наук Армянской ССР

Ա. Լ. ՄՆՋՈՅԱՆ, Հ. Լ. ՄՆՋՈՅԱՆ ԵՎ Ն. Ա. ԲԱԲԻՅԱՆ

Հետազոտություն երկնիմքանի կարբոնաթթուների ածանցյալների բնագավառում

Հաղորդում XIX: Մոնոթիոսաթաթվի մի քանի դիալկիլամինոալկիլ էսթերները:

Ինչպես ցույց են տալիս ֆարմակոլոգիական ուսումնասիրությունների տվյալները, երկնիմքանի կարբոնաթթուների ամինոթիոէսթերների չորրորդական ամոնիակային աղերն իրենց կուրարենման ազդեցության, ինչպես ակտիվության, այնպես էլ ազդեցության տևողության տեսակետից, շատ ավելի նվազ են քան համապատասխան ամինոէսթերների չորրորդական աղերը:

Այս օրինաչափությունն ասում է այն մասին, որ կուրարենման ակտիվությունը փոփոխվում է կախված ոչ միայն երկու չորրորդական ազոտների հեռավորությունից, այլ նաև ամբողջ մոլեկուլայի բաղադրությունից և նրա կառուցվածքից:

Նկատի ունենալով վերոհիշյալ տվյալները և նպատակ ունենալով ավելի մանրամասն ուսումնասիրել այս երևույթի հետ կապված օրինաչափությունները, ավելի ճշգրիտ հետևությունների հանգելու տեսակետից, մեր կողմից սինթեզվել են միաժամանակ ծծումբ ու թթվածին պարունակող ամինոէսթերները և նրանց չորրորդական աղերը:

Ստացված միացությունների նախնական ֆարմակոլոգիական ուսումնասիրությունների տվյալներն ասում են այն մասին, որ դիտիլինի մոլեկուլայում էսթերային մեկ թթվածնի փոխարինումը ծծումբով զգալի փոփոխություններ չի առաջացնում նրա կուրարենման ազդեցության, ինչպես ակտիվության, այնպես էլ ազդեցության տևողության տեսակետից:

Ֆարմակոլոգիական մանրամասն ուսումնասիրությունների տվյալները կհաղորդվեն առանձին:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *А. Л. Мнджоян, О. Л. Мнджоян, Н. А. Бабиян* и *О. Е. Гаспарян*, ДАН АрмССР, XX, 2,49 (1955). [2] *А. Л. Мнджоян, О. Л. Мнджоян*, Синтез дитилина и некоторых его аналогов, Ереван, 1957, стр. 23—25. [3] *Р. О. Клинтон* и др., J. Am. chem. Soc., 70, 950—5 (1948).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 4

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. Л. Мнджоян, академик АН Армянской ССР, В. Г. Африкян,
В. Е. Бадалян и Ю. О. Мартиросян

Исследование в области производных п-алкоксибензойных кислот

Сообщение XVI. Синтез и изучение холинолитических свойств некоторых γ-пиперидинопропиловых эфиров п-алкоксибензойных кислот

(Представлено 4. VI. 1958)

В проведенных ранее исследованиях ([1]) по синтезу аминоэфиров п-алкоксибензойных кислот установлено, что наряду с местноанестезирующими свойствами вещества обладают выраженной холинолитической активностью. Установлено также, что направленность действия, степень активности и токсичность, в значительной мере зависят от состава и строения применяемых аминоспиртов. Из аминоспиртов нами ранее были использованы диалкиламиноэтанолы, диалкиламинопропанолы, диалкиламино разветвленные бутанолы и пентанолы, содержащие в своем строении алифатический азот.

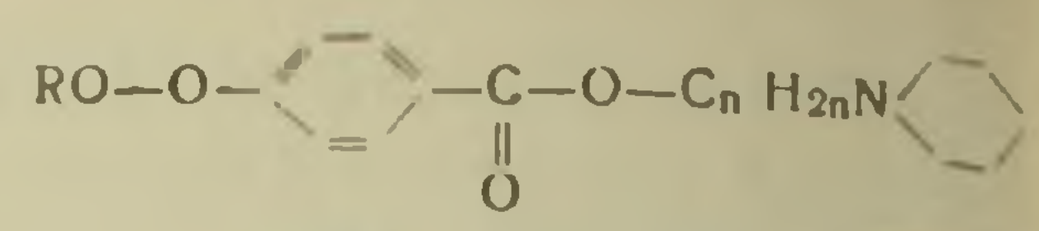
Представляло интерес выяснить влияние циклически связанного азота на холинолитическую активность аминоэфиров п-алкоксибензойных кислот. С этой целью синтезированы α-метил, α, α-диметил, α, β-диметил и β, β-диметил γ-(N-пиперидино)-пропиловые эфиры п-метокси, п-этокси, п-пропокси, п-изопропокси, п-норамилокси и п-изоамилоксибензойных кислот.

Исходные п-алкоксибензойные кислоты и γ-(-N-пиперидино) пропанолы получены ранее описанными методами. Конденсацией хлорангидридов кислот с аминоспиртами, в среде абсолютного бензола, синтезированы конечные аминоэфиры, не описанные в литературе. Для испытания холинолитических свойств приготовлены их растворимые в воде соли—хлоргидраты, иодметилаты, иодэтилаты.

Формулы и некоторые физико-химические свойства полученных соединений сведены в таблицу.

В экспериментальной части описан общий для всех веществ способ синтеза.

Элементарный анализ произведен сотрудниками аналитического отдела нашего института С. Н. Тонаканян и Р. А. Мегроян.



R	C_nH_{2n}	Выход в %	Температура кипения в °C	Давление в *мм*	Плотность и коэффициент преломления	
					d_4^{20}	n_D^{20}
1	2	3	4	5	6	7
CH_3—	—CH(CH$_3$)—CH$_2$—CH$_2$—	82,3	185—186	1	1,0507	1,5215
CH_3—	—C(CH$_3$)$_2$—CH$_2$—CH$_2$—	81,2	189—190	1	1,0885	1,5353
CH_3—	—CH(CH$_3$)—CH(CH$_2$)—CH$_2$—	78,6	183—184	1	1,0531	1,5210
CH_3—	—CH$_3$—C(CH$_3$)$_2$—CH$_2$—	80,0	179—180	1	1,0402	1,5155
C_2H_5—	—CH(CH$_3$)—CH$_2$—CH$_2$—	83,5	190—191	1	1,0477	1,5230
C_2H_5—	—C(CH$_3$)$_2$—CH$_2$—CH$_2$—	73,5	171—172	1	кристалл.	т. п. 58—60°
C_2H_5—	—CH(CH$_2$)—CH(CH$_3$)—CH$_2$—	83,5	213—214	1	1,0266	1,5180
C_2H_5—	—CH$_2$—C(CH$_3$)$_2$—CH$_2$—	80,3	184—185	1	1,0311	1,5160
C_3H_7—	—CH(CH$_3$)—CH$_2$—CH$_2$—	88,2	194—195	1	1,0274	1,5145
C_3H_7—	—C(CH$_3$)$_2$—CH$_2$—CH$_2$—	73,4	196—197*	1	1,0550	1,5410
C_3H_7—	—CH(CH$_3$)—CH(CH$_3$)—CH$_2$—	81,7	197—198	1	1,0216	1,5130

* Застывает в воскообразную массу.

Таблица

MR_D		Анализ в %						Температура плавления солей в °С		
		C		H		N				
вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено	иодметилатов	иодэтилатов	хлоргидратов
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
82,13	84,50	70,07	69,90	8,65	8,78	4,81	4,97	146—148	158—159	127—128
86,76	87,39	70,79	70,83	8,91	8,87	4,58	4,42	125—127	170	168—169
86,76	88,30	70,79	71,00	8,91	9,09	4,58	4,39	166—167	132—134	145—147
86,76	88,60	70,79	70,76	8,91	9,12	4,58	4,63	151—153	—	155—157

86,76	89,01	70,79	70,63	8,91	9,09	4,58	4,73	165—167	159—160	144—145
		71,45	70,80	9,15	9,07	4,38	4,33	153—155	169—170	181—182
91,37	94,28	71,45	71,28	9,15	9,21	4,38	4,24	149—151	101—103	140—142
91,37	93,57	71,45	71,50	9,15	9,45	4,38	4,12	163—165	—	157—158
91,37	93,67	71,45	71,45	9,15	9,23	4,38	4,29	116—117	176—177	162
95,99	98,38	72,05	71,89	9,37	9,35	4,20	4,46	163—164	172—174	166—168
95,99	98,10	72,05	72,31	9,37	9,46	4,20	4,02	126—127	110—111	151—152

1	2	3	5	5	6	7
C_3H_7—	$-CH_2-C(CH_3)_2-CH_2-$	81,6	195—196	1	1,0171	1,5110
iC_3H_7—	$-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-$	71,4	207—208	1	1,0248	1,5135
iC_3H_7—	$-C(CH_3)_2-CH_2-CH_2-$	69,2	182—183	1	1,0763	1,5400
iC_3H_7—	$-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-$	74,5	183—184	1	1,0164	1,5110
iC_3H_7—	$-CH_2-C(CH_3)_2-CH_2-$	72,7	187—188	1	1,0159	1,5100
C_5H_{11}—	$-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-$	84,3	195—196	1	1,0101	1,5135
C_5H_{11}—	$-C(CH_3)_2-CH_2-CH_2-$	69,8	205—206	1	кристалл.	т. п. 116—118
C_5H_{11}—	$-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-$	84,9	202—203	1	1,0057	1,5120
C_5H_{11}—	$-CH_2-C(CH_3)_2-CH_2-$	80,0	212—213	1	1,0048	1,5105
iC_5H_{21}—	$-CH(CH_3)-CH_2-CH_2-$	82,3	230—231	1	1,0106	1,5115
iC_5H_{11}—	$-C(CH_3)_2-CH_2-CH_2-$	69,2	208—209	1	1,0395	1,5280
iC_5H_{11}—	$-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-$	80,0	213—214	1	1,0068	1,5115
iC_5H_{11}—	$-CH_2-C(CH_3)_2-CH_2-$	81,1	206—207	1	1,0021	1,5100

Продолжение таблицы

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
95,99	98,21	72,05	71,97	9,37	9,39	4,20	4,09	128—130	—	149—150
91,37	93,76	71,45	71,74	9,15	9,24	4,38	4,54	143—144	138—140	156—158
95,39	97,20	72,05	71,84	9,37	9,41	4,20	4,28	159—161	170—172	178—179
95,39	98,29	72,05	72,23	9,37	9,16	4,20	4,02	145—147	—	159—160
95,39	98,18	72,05	71,67	9,37	9,34	4,20	4,18	—	—	138—139
100,60	103,36	72,58	72,20	9,57	9,36	4,03	3,78	116—117	141—142	149—150
116—118		73,07	73,28	9,76	9,66	3,88	3,65	122—124	164—166	166—168
105,23	107,87	73,07	72,85	9,76	9,77	3,88	3,97	98—100	—	139—140
105,23	107,70	73,07	72,75	9,79	9,87	3,88	3,87	108—110	—	157—158
100,60	103,10	72,58	72,83	9,57	9,58	4,03	4,03	130—132	127—128	171—172
105,23	107,08	73,07	73,21	9,76	9,95	3,88	4,07	170—172	145—147	183—184
105,23	107,66	73,07	73,36	9,76	9,69	3,88	4,18	121—123	—	161—162
105,23	107,90	73,07	73,39	9,76	9,85	3,88	3,98	—	—	162—163

Данные фармакологических исследований будут опубликованы отдельно.

Экспериментальная часть. α-метил, α, β-диметил, β, β-диметил- γ-(N-пиперидино) пропиловые эфиры п-алкоксибензойных кислот. К раствору 0,1 моля хлорангидрида п-алкоксибензойной кислоты в 80—100 *мл* абсолютного бензола приливают эфирный раствор 0,13 моля соответствующего аминоспирта и кипятят на водяной бане в продолжение 3—4 часов. После охлаждения обрабатывают 10% раствором соляной кислоты до кислой реакции на конго, отделяют водный слой, и, промыв бензольный 10 *мл* воды, присоединяют его к основному продукту. Водный слой насыщают карбонатом натрия, приливают 2—3 *мл* концентрированного раствора едкого натра и 3—4 раза экстрагируют эфиром. Соединенные эфирные экстракты высушивают над прокаленным сернокислым натрием, отгоняют растворитель и остаток перегоняют в вакууме.

α, α-диметил- γ-(N-пиперидино) пропиловые эфиры п-алкоксибензойных кислот. К раствору 0,1 моля хлорангидрида п-алкоксибензойной кислоты в 80—100 *мл* абсолютного бензола приливают эфирный раствор 0,13 моля α, α-диметил- γ- (N-пиперидино) пропанола. Смесь кипятят на водяной бане в продолжение 3—4 часов, после охлаждения обрабатывают насыщенным раствором карбоната натрия, отделяют бензольный слой, высушивают его над сернокислым натрием и, отогнав растворитель, остаток перегоняют в вакууме.

Четвертичные соли аминоэфиров. К эфирному раствору аминоэфира приливают алкилиодид (с избытком). При стоянии выпадает осадок, который отсасывают и тщательно промывают эфиром.

Хлоргидраты аминоэфиров. К эфирному раствору аминоэфира приливают эфирный раствор хлористого водорода до слабокислой реакции на лакмус. Выпавший осадок отсасывают и промывают эфиром

Институт тонкой органической химии
Академии наук Армянской ССР

Ա. Լ. ՄՆՋՈՅԱՆ, Վ. Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, Վ. Ե. ԲԱԴԱԼՅԱՆ ԵՎ Յ. Հ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

Հետազոտություն β-ալկօքսիբենզոական թթուների ածանցյալների սինթեզի բնագավառում

Հաղորդում XVI: β-ալկօքսիբենզոական թթուների մի քանի γ-պիպերիդինոպրոպիլ էսթերների սինթեզը և խոլինոլիտիկ հատկությունների ուսումնասիրությունը:

β-ալկօքսիբենզոական թթուների ամինոէսթերների սինթեզի ուղղությամբ կատարված աշխատանքները ցույց տվեցին, որ այդ միացությունները տեղական անզգայացնող հատկությունների հետ մեկտեղ ունեն նաև որոշակի խոլինոլիտիկ ակտիվություն։

Ցույց է տրված նաև, որ ազդեցության ուղղությունը, ակտիվության աստիճանը և տոքսիկականությունը նշանակալից չափով պայմանավորված են օգտագործված ամինոսպիրտների բաղադրությունից և կառուցվածքից։

Հետաքրքիր էր ուսումնասիրել ցիկլի բաղադրության մեջ մտնող ազոտի ազդեցությունը β-ալկօքսիբենզոական թթուների խոլինոլիտիկ ազդեցության վրա։ Այդ նպատա-

կով սինթեզել ենք p-մեթօքսի, p-էթօքսի, p-պրոպօքսի, p-իզոպրոպօքսի, p-իզոամիլօքսի և p-նորամիլօքսի բենզոական թթուների α-մեթիլ, α, α-դիմեթիլ, α,β-դիմեթիլ և β, β-դիմեթիլ-γ-(N-պիպերիդինո) պրոպիլ էսթերները։ Նրանց խոլինոլիտիկ հատկությունները փորձարկելու համար ստացված են նաև այդ ամինոէսթերների ջրում լուծելի աղերը՝ քլորհիդրատները, յոդմեթիլատները և յոդէթիլատները։

Սինթեզված միացությունների ֆորմուլաները և ֆիզիկո-քիմիական մի քանի հաստատուններ բերված են աղյուսակում։

Ֆարմակոլոգիական հետազոտությունների արդյունքները կհրապարակվեն առանձին։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *А. Л. Мнджоян, В. Г. Африкян, А. А. Дохикян, А. И. Оганесян, М. Т. Григорян*, ДАН АрмССР, т. XVIII, 1, 7 (1954), т. XVIII, 2, 39 (1954); т. XVIII, 3, 75 (1954); т. XVIII, 4, 105 (1954); т. XXIV, 3, 105 (1957).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 4

ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

Г. А. Арзуманян

О силе разбухания прессованной древесины сосновой заболони

(Представлено А. Г. Назаровым 26.8.1958)

Первое исследование явления разбухания древесины было произведено выдающимся русским физиком академиком В. В. Петровым ([1,2]). Этим вопросом он занялся для проверки высказываний о применении для раскалывания камней деревянных клиньев, разбухающих от воды.

Ввиду применения прессованной древесины и наблюдаемого разбухания ее при увлажнении, явление разбухания древесины стало привлекать внимание исследователей.

А. А. Солнцев (1939) для хвойных пород определил давление разбухания прессованной древесины в радиальном направлении 9 *кг/см*^{2}.

П. И. Хухрянский ([3]) приводит данные Галлая, согласно которым сила разбухания слоистой прессованной древесины при водопоглощении доходит до 60 - 120 *кг/см*^{2}.

Давление разбухания натуральной и прессованной древесины, в виде лигностона, прессованной в радиальном направлении, было измерено И. О. Грачевым ([4]). Для натуральной древесины было получено напряжение 10 *кг/см*^{2}, наступившее через сутки при изменении влажности от 0,9 до 71 %. Для прессованной древесины было получено максимальное напряжение разбухания 62,1 *кг/см*^{2}, которое наступило через двое суток при изменении влажности от 11,8 до 23—26%.

Ю. М. Ивановым ([2]) показано, что давление, измеряемое при разбухании прессованной древесины, представляет собой сумму сил упругости распрямляющейся спрессованной клеточной ткани и сил разбухания клеточных стенок. Им было исследовано давление разбухания древесины ряда пород. Для непрессованной древесины сосны было получено в радиальном направлении 8,2 *кг/см*^{2}, в тангенциальном направлении 14,4 *кг/см*^{2}.

Из последних работ в этой области следует отметить работу П. В. Рачковского ([5]). Для сосны им было установлено давление раз-

бухания в радиальном направлении 8 *кг/см²*, в тангенциальном направлении 16 *кг/см²*.

В упомянутых работах для измерения давления разбухания были применены различного типа рычажные установки.

В связи с исследованием сравнительной стойкости к гниению нормальной и прессованной древесины, нами были поставлены опыты по определению влагопоглощения и водопоглощения образцов нормальной и прессованной древесины, заключенных в металлические хомуты.

Во время этих опытов имели место разрывы металлических хомутов, в которые были заключены образцы. По усилиям, разорвавшим хомуты, можно судить о силе разбухания образцов.

Определение стесненного влагопоглощения и водопоглощения было проведено на образцах из нормальной и прессованной сосновой заболони размером $20 \times 20 \times 6$ *мм* (последний размер вдоль волокон). Было взято 3 серии образцов, в каждой по 15 шт. Первая серия состояла из образцов нормальной древесины сосновой заболони. Вторая серия состояла из образцов с первоначальным размером в радиальном направлении 30 *мм*. После прессования этот размер доводился до 20 *мм* (степень прессования 0,33). Третья серия состояла из образцов с первоначальным размером в радиальном направлении 40 *мм*. После прессования размер этот доводился также до 20 *мм* (степень прессования 0,5).

Образцы вырезались один за другим по длине рейки, сечением 20×40 *мм* (последний размер в радиальном направлении).

Каждые три последовательно вырезанных образца распределялись соответственно по трем сериям. Затем образцы первой серии с двух сторон в радиальном направлении обрезались с доведением размера в этом направлении до 20 *мм*. Образцы второй серии обрезались до размера 30 *мм*. При такой вырезке в центре образцов всех серий проходили одни и те же годовые слои.

Заготовленные таким образом образцы ставились на сушку при температуре $100 \pm 5°C$ до постоянного веса. Далее образцы второй и третьей серий ставились в пресс-форму и подвергались прессованию в радиальном направлении до указанной степени прессования. После этого образцы всех трех серий заключались в хомуты. Последние изготовлялись из латунных полос шириной 5 *мм*, вырезанных из листовой латуни толщиной 0,8 *мм*. Хомуты замыкались при помощи винта с гайкой.

При определении стесненного влагопоглощения три серии образцов, заключенных в хомуты, были поставлены в эксикатор, на дно которого был налит насыщенный раствор соды. Температура помещения, в котором находился эксикатор в течение опыта, была $20 \pm 2°C$. Определение влажности образцов производилось через 3 и 6 часов и далее 1, 2, 3, 5, 8, 13, 20, 30 и 40 суток. В табл. 1 приведены средние величины этих определений. Во время испытания на образ-

цах третьей серии, в промежутке между 8 и 13-ми сутками стали разрываться хомуты. На 13-е сутки количество образцов, на которых разорвались хомуты, достигло 10 шт. Таким образом, до 8 суток включительно в третьей серии участвовало 15 образцов, а после 13 суток — 5. Показатели влажности образцов после разрыва хомутов при определении средней величины влагопоглощения в расчет не принимались, так как образцы эти имели возможность разбухать и, влагопоглощение не было стесненным.

Таблица 1

Влагопоглощение образцов нормальной и прессованной древесины сосновой заболони (%)

№ серий	Степень сжатия	Сроки определения влажности										
		часы		сутки								
		3	6	1	2	3	5	8	13	20	30	40
1	0	5,7	7,8	14,6	14,6	15,4	16,1	18,3	17,1	20,3	20,8	21,2
2	0,33	3,6	7,2	13,7	15,7	16,0	16,2	17,3	16,8	18,3	19,3	19,9
3	0,5	3,4	5,7	12,3	14,5	15,1	15,0	16,3	15,3	17,1	18,1	18,8

Несколько непонятен результат, полученный на 8-е сутки. Как можно усмотреть из таблицы, во всех трех сериях влажность на эти сутки превосходит влажность на 13-е сутки.

Ввиду разрыва хомутов на образцах третьей серии, было решено при определении водопоглощения поставить на них хомуты удвоенной ширины, т. е. 10 *мм*.

При определении стесненного водопоглощения три серии образцов, заключенных в хомуты, были погружены в ванну с дистиллированной водой. Ванна хранилась при температуре 20 ± 2°С. Определение влажности образцов производилось через 5, 15 и 30 мин., 1 и 3 часа и далее через 1, 2, 3, 5, 8, 13, 20, 30 и 40 суток. Результаты этих определений сведены в табл. 2. После 40 суток образцы были оставлены в воде с тем, чтобы проследить, не будут ли разрываться хомуты.

Таблица 2

Водопоглощение образцов нормальной и прессованной древесины сосновой заболони (%)

№ серий	Степень сжатия	Сроки определения влажности														
		минуты			часы		сутки									
		5	15	30	1	3	1	2	3	5	8	13	20	30	40
1	0	55,4	62,2	63,2	66,5	71,7	87,5	114,2	125,6	145,7	163,9	165.8	165,6	164,5	165,2
2	0,33	44,7	47,6	48,0	49,1	51,4	64,8	72,9	79,5	92,5	100,5	92,9	90,9	92,7	93,3
3	0,5	29,6	35,7	37,3	38,6	39,3	43,5	48,0	50,4	53,7	55,3	55,6	56,0	56,5	56,5

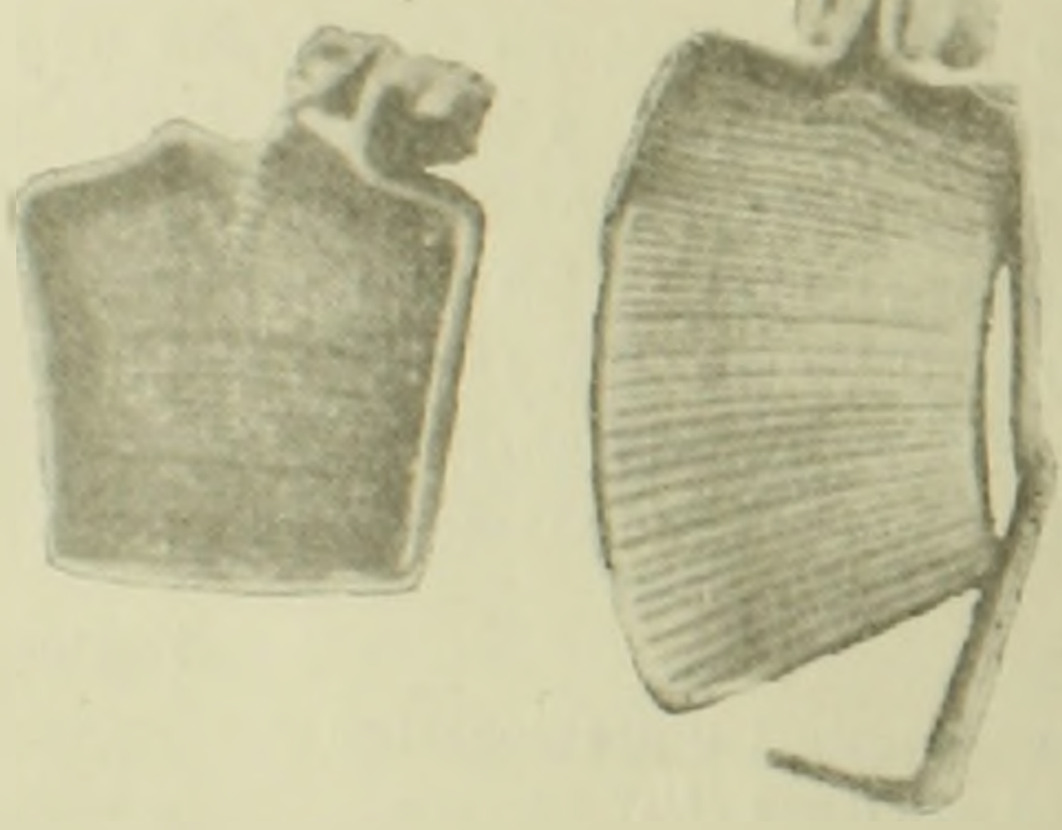
На 41-е сутки на четырех образцах третьей серии хомуты разорвались. После этого хомуты стали разрываться по одному на образцах на 75, 97, 112 и 128-е сутки.

После каждого случая разрыва хомута производилось определение влажности оставшихся образцов с целыми хомутами. Определения эти не показали роста влажности.

Значительное водопоглощение образцов первой серии стало возможным, по-видимому, из-за некоторой податливости хомутов и неполного их прилегания к образцу, что позволяло в некоторой мере деформироваться образцам. Это сказалось в меньшей мере на величине водопоглощения прессованных образцов, так как для большего водопоглощения они должны претерпевать существенные деформации.

На фиг. 1 показаны образцы с характерными разрывами хомутов.

На одном из образцов разрыв хомута произошел одновременно в двух местах (фиг. 2). Судя по этим разрывам, усилие разбухания данного образца было равно удвоенному разрушающему усилию полосы латуни сечением $10 \times 0{,}8$ *мм*. Для определения этого усилия из латунного листа, из которого были изготовлены хомуты, были вырезаны образцы в виде полос $0{,}8 \times 10$ *мм* для испытания на растяжение. Так как при изготовлении хомутов не было обращено внимание на то, как вырезаются полосы — вдоль проката листа или поперек, то образцы для испытания были вырезаны в обоих направлениях: в направлении проката листа и в поперечном.



Фиг. 1.

Фиг. 2.

Испытание образцов показало, что направление вырезки полос из листа не играет роли.

Средние величины разрывающего усилия для образцов латунного листа из обоих направлений оказались одинаковыми, равными 290 *кг* (предел прочности 36 *кг/мм*^{2}).

Таким образом, усилие разбухания данного образца было 580 *кг* или 483 *кг/см*^{2}, если не учитывать некоторого изменения прочности, которое могло произойти из-за напряженного состояния хомута, длившегося 40 суток, а также изменения усилия разбухающего образца из-за деформации хомута.

То обстоятельство, что ни на одном образце второй серии не было разрыва хомута, говорит о том, что сила разбухания прессованной древесины зависит от степени прессования.

Возвращаясь к высказываниям, упомянутым в начале статьи, о раскалывании камня деревянными клиньями, смачиваемыми водой, можно полагать, что в принципе такое раскалывание возможно.

После неудачного опыта с гранитным камнем В. В. Петров пришел к совершенно правильному выводу о том, что форма отверстий могла служить причиной неудачи.

Форма отверстий в камне должна быть такая, чтобы по мере вбивания деревянного клина шло его уплотнение, аналогичное прессованию, и этим уплотнением была бы достигнута высокая степень прессования. В другом случае в отверстия могут быть вставлены заранее запрессованные клинья. При увлажнении таких клиньев сила их разбухания может вызвать в определенных условиях разрывы камней.

Институт строительных материалов и сооружений
Министерства строительства Армянской ССР

Գ. Ա. ԱՐՋՈՒՄԱՆՅԱՆ

Սոճու մամլած արտաքնափայտի ուռչելու ուժի մասին

Փայտանյութի ուռչելու երևույթին վերաբերվող առաջին ուսումնասիրությունը կատարված է եղել ակադեմիկոս Ս. Վ. Պետրովի (1,2) կողմից։ Մամլած բնափայտի կիրառումը, ապա և նրա ուռչելը խոնավացման դեպքում առիթ են ծառայել այդ երևույթի ուսումնասիրությանը։

Մեկի նկատմամբ նորմալ և մամլած բնափայտի նմուշների կայունությունն ուսումնասիրելիս, մեր կողմից փորձեր են դրվել սոճու նորմալ և մամլած արտաքնափայտի խոնավակլանումը և ջրակլանումը որոշելու համար։ Նմուշները պատրաստված էին սոճու արտաքնափայտից։ Փորձերը կատարվում էին նմուշների 3 սերիաների հետ, որոնցից յուրաքանչյուրը բաղկացած էր 15 նմուշներից։

Առաջին սերիայի նմուշներն ունեին հետևյալ չափերը՝ 20×20×6 մմ (վերջին չափը թելիկների ուղղությամբ), երկրորդ սերիայինը՝ 20×30×6 մմ, իսկ երրորդ սերիայինը՝ 20×40×6 մմ։ Երկրորդ և երրորդ սերիաների նմուշները մամլման էին ենթարկվում այնպես, որ դրանց չափերը 30 և 40 մմ փայտանյութի շտոավիդի ուղղությամբ մամլելուց հետո ստացվել էին 20 մմ։ Այնուհետև նմուշների վրա հագցվում էին անուրներ (խամուքներ), որոնք պատրաստված էին 0,8 մմ հաստություն ունեցող քերթավոր արույրի կտրած շերտերից։

Խոնավակլանումը որոշելու համար հատկացված նմուշները գետեղվում էին էկսիկատորի ցանցի վրա, որի տակը լցված էր սողայի հագեցված լուծույթ։ Նմուշներն այդտեղ պահվում էին 40 օր։ Այդ ժամանակամիջոցում նմուշների խոնավությունը պարբերաբար որոշվում էր։

Ջրակլանումը որոշելու համար հատկացված նմուշները սուզվում և պահվում էին ջրի մեջ։ Նրանց խոնավությունը պարբերաբար որոշվում էր։

Աղյուսակներ 1 և 2-ում բերված են նշված նմուշների խոնավակլանման և ջրակլանման արդյունքները։

Ջրակլանումը որոշելու ժամանակ, երրորդ սերիայի 4 նմուշի վրա 41-րդ օրը անուրները պատռվել էին։ Այնուհետև անուրները չարունակվում էին պատռվել այդ սերիայի նմուշների վրա։ Նմուշներից մեկի անուրը պատռվել էր միաժամանակ երկու տեղում (նկ. 2)։

Մամուլի տակ փորձարկելով արույրե թիթեղի 0,8×10 մմ կտրվածք ունեցող շերտեր, որոնցից պատրաստած էին եղել նշված փորձում օգտագործված անուրները, հնարավոր եղավ որոշել այդ նմուշի ուռչելու ուժը անուրը պատռվելու ժամանակ: Այդ ուժը հավասար էր 880 կգ կամ վերածելով լարվածության այն ստացվում է 183 կգ/սմ²։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] Сборник к столетию со дня смерти первого русского электрохимика академика Василия Владимировича Петрова, ОНТИ, М., 1936. [2] *Ю. М. Иванов*, Труды Института леса АН СССР, т. IX (1953). [3] *П. И. Хухрянский*, Прессование и гнутье древесины, Гослесбумиздат, М.-Л., 1956. [4] *И. О. Грачев*, „Лесная промышленность", № 1—2, 1946. [5] *Я. В. Рачковский*, Давление набухания древесины сосны и некоторых других пород., Диссертация, ЛТА, 1957.