ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ

XXVII, № 3

1958

Խմբագրական կոլեգիա

Դ. Ի. ԴԱՎԹՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս. Ա. Լ. ՄԱՆՋՈՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ թղթակից անդամ. Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՁՈՒՄՅԱՆ, ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր). Վ. Հ. ՊԱՊՋԱՐՅԱՆ. Ա. Լ. ՄՆՋՈՅԱՆ. ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս. Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ. ՀՍՍՌ ԿԱ 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

Էլ

Մաթեմատիկա

Ի. Ս. Սարգսյան—*Շրեդինգերի օպերատորի սեփական արժեքների բաշխման մի ասիմպտոտիկ բանաձևի մասին* 129

Առաձգականության տեսություն

Կ. Ս. Զորանյան—*Փոխոխական տրամագծով բազադրյալ լիսեռի ոլորման խնդիրը* 139

Աստղոֆիզիկա

Հ. Ս. Բաղալյան—*Գալակտիկական ցեֆեիդների և չեզոք ջրածնի բաշխվածության կապի հարցի մասին* 145

Էներգետիկա

Ս. Ե. Հակոբյան—*Հայաստանում քամու իրական էներգիայի ռեսուրսների մասին* 165

Անօրգանական քիմիա

Վ. Մ. Բուռայան, *ՀՍՍՌ ԳԱ թղթակից-անդամ*, և Լ. Գ. Մուշեղյան—*Ռենիումի և մոլիբդենի բաժանման նոր եղանակ* 157

Դեղագործական քիմիա

Ա. Լ. Մնջոյան, *ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս*, Վ. Գ. Աֆրիկյան, Վ. Ե. Բաղալյան, Է. Ա. Մարգարյան և Գ. Ա. Խոլեցյան—*Հետազոտություն պլ-ալկօքսիբենզոական և թթուների ածանցյալների բնագավառում Հատորդում XV* 161

Ա. Լ. Մնջոյան, *ՀՍՍՌ ԳԱ ակադեմիկոս*, Գ. Տ. Բադեվոսյան, Ս. Գ. Ադբալյան և Ս. Խ. Բոստանջյան—*Հետազոտություն տեղակալված քացախաթթուների ածանցյալների բնագավառում Հատորդում XV* 173

Բույսերի Ֆիզիոլոգիա

Է. Ս. Հավուճյան—*Բույսերի տերևաթափի հարցի շուրջը* 187

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Математика

И. С. Саргсян—Об одной асимптотической формуле распределения собственных значений оператора Шредингера в двумерном пространстве 129

Теория упругости

К. С. Чобанян—Кручение составного вала переменного диаметра . . . 139

Астрофизика

Г. С. Бадалян—К вопросу о связи между распределениями галактических цефеид и нейтрального водорода 145

Энергетика

С. Е. Акопян—О действительных ветроэнергоресурсах Армении 149

Неорганическая химия

В. М. Тараян, чл-корр. АН АрмССР, и *Л. Г. Мушегян*—Новый метод разделения рения и молибдена 157

Фармацевтическая химия

А. Л. Мнджоян, академик АН АрмССР, *В. Г. Африкян*, *В. Е. Бадалян*, *Э. А. Маркарян* и *Г. А. Хоренян*—Исследование в области производных п-алкоксибензойных кислот. Сообщение XV 161

А. Л. Мнджоян, академик АН АрмССР, *Г. Т. Татевосян*, *С. Г. Агбалян* и *Р. Х. Бостанджян*—Исследование в области производных замещенных уксусных кислот. Сообщение XV 179

Физиология растений

Э. С. Авунджян—К вопросу о причине листопада растений 187

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

XXVII 1958 3

МАТЕМАТИКА

И. С. Саргсян

Об одной асимптотической формуле распределения собственных значений оператора Шредингера в двумерном пространстве

(Представлено А. Л. Шагиняном 10. V. 1958)

Обозначим через $q(x, y)$ функцию, действительную и непрерывную во всем двумерном пространстве E_2. Пусть при $r = \{x^2 + y^2\}^{1/2} \to \infty$ функция $q(x, y) \to +\infty$.

Рассмотрим уравнение

$$\Delta u + \{\lambda - q(x, y)\} u = 0. \tag{1}$$

Известно, что если функция $q(x, y)$ удовлетворяет вышеуказанному условию, то уравнение имеет чисто точечный спектр с единственной предельной точкой на бесконечности.

Обозначим через $\lambda_1, \lambda_2 \ldots, \lambda_n, \ldots$ собственные значения уравнения (1), а через $\varphi_1(x, y), \varphi_2(x, y), \ldots \varphi_n(x, y), \ldots$ — соответствующие ортонормированные собственные функции. Далее, обозначим через $N(\lambda)$ число собственных значений уравнения (1), которые меньше данного числа λ, т. е. положим

$$N(\lambda) = \sum_{\lambda_n < \lambda} 1.$$

Впервые асимптотическое поведение функции $N(\lambda)$ при $\lambda \to \infty$ изучалось в работе Уэта и Мандля ([1]). Накладывая на функцию $q(x, y)$ некоторые жесткие ограничения, они вывели следующие асимптотические формулы:

а) *в одномерном случае*

$$N(\lambda) \sim \frac{1}{\pi} \int_0^{x(\lambda)} \{\lambda - q(x)\}^{1/2} dx; \tag{2}$$

где $x(\lambda)$—корень уравнения $q(x) = \lambda$;

б) *в двумерном случае*

$$N(\lambda) \sim \frac{1}{4\pi} \iint_{q(x, y) < \lambda} \{\lambda - q(x, y)\} dx\, dy; \tag{2'}$$

709

в) *в трехмерном случае*

$$N(\lambda) \sim \frac{1}{6\pi^2} \iiint\limits_{q(x, y, z) < \lambda} \{\lambda - q(x, y, z)\}^{3/2} dx\, dy dz. \tag{3}$$

В работах Титчмарша ([2]) и Рея ([3]) были даны, соответственно, новые доказательства формул (2′) и (3). И, наконец, недавно Б. М. Левитаном ([4]), в связи с изучением разложения по собственным функциям уравнения Шредингера в случае неограниченно растущего потенциала в трехмерном пространстве, была доказана следующая асимптотическая формула

$$\sum_{\lambda_n < \lambda} a_n^{(\tau)} \sim \frac{1}{6\pi^2} \iiint\limits_{q(x, y, z) < \lambda} q^\tau(x, y, z) \{\lambda - q(x, y, z)\}^{3/2} dx dy dz, \tag{4}$$

где $\tau \geqslant 0$ и

$$a_n^{(\tau)} = \int_{-\infty}^{\infty}\int\int q^\tau(x, y, z)\, \varphi_n^2(x, y, z)\, dx dy dz.$$

Формула (3) следует из формулы (4) ($\tau = 0$).

Цель настоящей заметки доказать формулу, аналогичную формуле (4), в двумерном пространстве. Доказывается следующая

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

1°. *при* $r \leqslant 1$

$$|q(x + r\cos\vartheta, y + r\sin\vartheta) - q(x, y)| < Ar\{q(x, y)\}^a, \tag{5}$$

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

2°. *при* $r > 1$

$$q(x + r\cos\vartheta, y + r\sin\vartheta) < C\exp\left\{\frac{1}{2} r\sqrt{q(x, y)}\right\}, \tag{6}$$

3°. *существует такое постоянное число* $B > 0$, *что*

$$\int_{-\infty}^{\infty}\int \{q(x, y)\}^{-B} dx dy < +\infty. \tag{7}$$

Положим ($\tau \geqslant 0$)

$$\sigma(\lambda) = \operatorname{mes}\{q(x, y) < \lambda\},\ \sigma_\tau(\lambda) = \int_0^\lambda \nu^\tau(\lambda - \nu)\, d\sigma(\nu)$$

и предположим, что существуют положительные константы α и β такие, что для достаточно больших λ выполняются неравенства

$$\alpha\sigma_\tau(\lambda) < \lambda\sigma_\tau'(\lambda) < \beta\sigma_\tau(\lambda), \tag{8}$$

тогда при $\lambda \to \infty$

$$\sum_{\lambda_n<\lambda} a_n^{(\lambda)} \sim \frac{1}{4\pi} \iint\limits_{q(x,y)<\lambda} q^{\tau}(x, y)\{\lambda - q(x, y)\}dxdy. \tag{9}$$

где

$$a_n^{(\tau)} = \int_{-\infty}^{\infty}\int q^{\tau}(x, y)\,\varphi_n^2(x, y)\,dxdy. \tag{9'}$$

Замечание. Прежде чем перейти к доказательству теоремы, укажем некоторые достаточные условия* для того, чтобы имели место на первый взгляд странные неравенства (8).

Пусть для достаточно больших r выполняются неравенства

$$ar^{\delta} < q(x, y) < Ar^{\delta}, \tag{10}$$

где a, A и δ положительные константы. Так как

$$\operatorname{mes}\{Ar^{\delta} < \lambda\} \leqslant \operatorname{mes}\{q(x, y) < \lambda\} \leqslant \operatorname{mes}\{ar^{\delta} < \lambda\} \tag{11}$$

и

$$\operatorname{mes}\{ar^{\delta} < \lambda\} = \operatorname{mes}\left\{r < \left(\frac{\lambda}{a}\right)^{1/\delta}\right\} = \pi\left(\frac{\lambda}{a}\right)^{2/\delta},$$

то из неравенств (11) и определения функции $\sigma(\lambda)$ следует

$$\pi\left(\frac{\lambda}{A}\right)^{2/\delta} \leqslant \sigma(\lambda) \leqslant \pi\left(\frac{\lambda}{a}\right)^{2/\delta}. \tag{12}$$

Далее, полагая $\psi_{\tau}(\lambda) = \int_0^{\lambda} \nu^{\tau}\, d\sigma(\nu)$ и интегрируя по частям, получим

$$\psi_{\tau}(\lambda) = \lambda^{\tau}\sigma(\lambda) - \tau\int_0^{\lambda} \nu^{\tau-1}\sigma(\nu)\, d\nu.$$

Поэтому из (12) следует оценка

$$\pi\lambda^{\tau+2/\delta}\left(\frac{1}{A^{2/\delta}} - \frac{\tau}{\tau+2/\delta}\cdot\frac{1}{a^{2/\delta}}\right) < \psi_{\tau}(\lambda) < \pi\frac{\lambda^{\tau+2/\delta}}{a^{2/\delta}}.$$

Для того, чтобы левое неравенство было нетривиальным, необходимо потребовать, чтобы выполнялось неравенство

$$\frac{1}{A^{2/\delta}} - \frac{1}{a^{2/\delta}}\cdot\frac{\tau}{\tau+2/\delta} > 0,$$

т. е.

$$\left(\frac{a}{A}\right)^{2/\delta} > \frac{\tau}{\tau+2/\delta}. \tag{13}$$

Заметим, что при $\tau = 0$ это неравенство выполняется при любых A, a и δ.

Таким образом, мы доказали, что из (10) при дополнительном условии (13) следуют неравенства

* Эти условия указаны Б. М. Левитаном, „Математический сборник". т. 41 (83) : 4 (1957).

$$a_1\lambda^{\tau+2/5} < \psi_\tau(\lambda) < A_1\lambda^{\tau+2/5}, \tag{14}$$

где a_1 и A_1 положительные константы.

Покажем теперь, что из неравенств (14) следует неравенство

$$\psi_\tau(\lambda) < C\psi_\tau\left(\frac{\lambda}{2}\right). \tag{15}$$

где C — положительная константа.

В самом деле,

$$\psi_\tau(\lambda) < A_1\lambda^{\tau+2/5} = 2^{\tau+2/5}A_1\left(\frac{\lambda}{2}\right)^{\tau+2/5} = 2^{\tau+2/5}\frac{A_1}{a_1}a_1\left(\frac{\lambda}{2}\right)^{\tau+2/5}$$

$$< 2^{\tau+2/5}\frac{A_1}{a_1}\psi_\tau\left(\frac{\lambda}{2}\right) = C\psi_\tau\left(\frac{\lambda}{2}\right).$$

т. е. оценка (15). Из оценки (15) неравенства (8) следуют непосредственно. Действительно.

$$\sigma_\tau(\lambda) = \int_0^\lambda (\lambda-\nu)\,\nu^\tau\,d\sigma(\nu) > \int_0^{\lambda/2} (\lambda-\nu)\,\nu^\tau\,d\sigma(\nu) > \frac{\lambda}{2}\int_0^{\lambda/2}\nu^\tau\,d\sigma(\nu)$$

$$= \frac{\lambda}{2}\psi_\tau\left(\frac{\lambda}{2}\right) > C\lambda\psi_\tau(\lambda) = C\lambda\sigma'_\tau(\lambda).$$

Это доказывает правое неравенство (8). Левое неравенство (8) является тривиальным.

Доказательство теоремы. В работе (9) указано следующее интегральное равенство

$$\varkappa_n(x, y) = \frac{\lambda_n+\mu}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int K_0(\varkappa r)\,\varphi_n(\xi, \eta)\,d\xi d\eta$$

$$- \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\int \{q(\xi, \eta) - q(x, y)\}\,K_0(\varkappa r)\,\varphi_n(\xi, \eta)\,d\xi d\eta, \tag{A}$$

где $K_0(\varkappa r)$ функция Бесселя, а $\varkappa = \{q(x, y)+\mu\}^{1/2}$, $r = \{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2\}^{1/2}$.

Дифференцируя (A) $p-1$ раз (p — целое положительное число) по μ, используя элементарное неравенство $\left(\sum_{i=1}^{p} a_i\right)^2 \leqslant p\sum_{i=1}^{p} a_i^2$, полагая в полученном неравенстве $n = 1, 2, \cdots, N$ и складывая, мы получим неравенство

$$\sum_{n=1}^{N}\frac{\varphi_n^2(x, y)}{(\lambda_n+\mu)^{2p}} \leqslant \frac{p}{4\pi^2}\left\{\sum_{n=1}^{N}\left[\int_{-\infty}^{\infty}\int K_{0,\,\mu}^{(p-1)}(\varkappa r)\,\varphi_n(\xi, \eta)\,d\xi d\eta\right]^2\right.$$

$$+\sum_{n=1}^{N}\sum_{k=0}^{p-1}(\lambda_n+\mu)^{-2k-2}\left|\int_{-\infty}^{\infty}\int\{q(\xi,\eta)\right.$$

$$\left.q(x,y)\}K_{0,\mu}^{(p-k-1)}(xr)\varphi_n(\xi,\eta)d\xi d\eta\right|^2\Bigg\}=\frac{p}{4\pi^2}\left\{S_N^*+\sum_{k=0}^{p-1}S_N^{(k)}\right\}. \qquad (16)$$

С помощью неравенства Бесселя для первой слагаемой правой части (16) нетрудно получить следующую оценку:

$$S_N^*<C\varkappa^{-2(2p-1)}, \quad (\mu\to\infty). \qquad (17)$$

Далее, непосредственным дифференцированием нетрудно проверить, что $K_{0,\mu}^{(p-k-1)}(\varkappa r)$ есть сумма членов вида

$$\frac{r^j K_i(\varkappa r)}{\varkappa^{p-i-k-2}} \quad (i=1,2,\cdots,p-k-2;\ j=0,1,\cdots,p-k-1).$$

Поэтому для второй слагаемой применением неравенства Бесселя нетрудно получить оценку

$$\sum_{k=1}^{p-1}S_N^{(k)}<C\sum_{k=0}^{p-1}\left\{\frac{1}{\varkappa^\lambda}\right\}^{\frac{p-k-1}{p}}\left\{\sum_{n=1}^{N}\frac{1}{(\lambda_n+\mu)^{2p}}\left|\int_0^{2\pi}d\vartheta\int_0^1 r^{\varepsilon-1}|\varphi_n(x+r\cos\vartheta,\right.\right.$$

$$y+r\sin\vartheta)|dr\times\int_0^{2\pi}d\vartheta'\int_0^1 r'^{\varepsilon-1}|\varphi_n(x+r'\cos\vartheta',y+$$

$$\left.\left.+r'\sin\vartheta')|dr'+\frac{1}{\varkappa^\sigma}\right\}^{\frac{k+1}{p}}, \qquad (18)$$

где $\lambda>4p-2-\eta$, σ и η и ε — произвольные положительные числа.

Помножим обе части неравенства (18) на $q^2(x,y)$, $(\tau\geqslant 0)$ и проинтегрируем по всему пространству E_2. Применением неравенства Гёльдера получим оценку

$$\int_{-\infty}^{\infty}\int\sum_{k=0}^{p-1}S_N^{(k)}q^2(x,y)\,dxdy<\frac{C}{\mu^\eta}(I_{\tau,p}+S_{N,\tau,p}), \qquad (19)$$

где положено

$$I_{\tau,p}=\int_{-\infty}^{\infty}\int\frac{q^2(x,y)\,dx\,dy}{\varkappa^{2(2p-1)}}, \quad S_{N,\tau,p}=\sum_{n=1}^{N}\frac{a_n^{(\tau)}}{(\lambda_n+\mu)^{2p}} \qquad (20)$$

Числа $a_n^{(\tau)}$ определяются по формулам (9').

Помножим обе части неравенства (16) на $q^\tau(x, y)$ и проинтегрируем по всему пространству L_2. Тогда из оценок (17) и (19) следует оценка

$$S_{N,\tau,p} \leqslant C I_{\tau,p} + \frac{C}{\mu^\eta} (I_{\tau,p} + S_{N,\tau,p}). \tag{21}$$

Выберем μ настолько большим, чтобы выполнялось неравенство

$$\frac{C}{\mu^\eta} < \frac{1}{2}.$$

Тогда из (21) следует оценка

$$S_{N,\tau,p} < C I_{\tau,p}, \tag{22}$$

где $S_{N,\tau,p}$ и $I_{\tau,p}$ определяются по формулам (20).

Так как неравенство (22) имеет место при любом N, то из (22) следует важная оценка ($\mu \to \infty$):

$$S_{\tau,p} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n^{(\tau)}}{(\lambda_n + \mu)^{2p}} \sim \frac{1}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty}\int \frac{q^\tau(x, y)}{\{q(x, y) + \mu\}^{2p-1}}\, dxdy. \tag{23}$$

Введем монотонную функцию от λ

$$\sigma(\lambda) = \operatorname{mes}\{q(x, y) < \lambda\}.$$

Тогда

$$\int_{-\infty}^{\infty}\int \frac{q^\tau(x, y)}{\{q(x, y) + \mu\}^{2p-1}}\, dxdy = \int_0^{\infty} \frac{\lambda^\tau\, d\sigma(\lambda)}{(\lambda + \mu)^{2p-1}} =$$

$$= (2p-1) \int_0^{\infty} \frac{\psi_\tau(\lambda)\, d\lambda}{(\lambda + \mu)^{2p}}. \tag{24}$$

Из (23) и (24) следует асимптотическая формула

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n^{(\tau)}}{(\lambda_n + \mu)^{2p}} \sim \frac{1}{4\pi} \int_0^{\infty} \frac{d\sigma_\tau(\lambda)}{(\lambda + \mu)^{2p}}, \tag{25}$$

где

$$\sigma_\tau(\lambda) = \int_0^{\lambda} (\lambda - \nu)\, \nu^\tau\, d\sigma(\nu).$$

Полагая

$$\sigma_\tau(\lambda) = \sum_{\lambda_n < \lambda} a_n^{(\tau)},$$

асимптотическую формулу (25) можем переписать так

$$\int_0^\infty \frac{d\alpha_\tau(\lambda)}{(\lambda+\mu)^{2p}} \sim \frac{1}{4\pi}\int_0^\infty \frac{d\varepsilon_\tau(\lambda)}{(\lambda+\mu)^{2p}}. \tag{26}$$

Тогда в силу условия (8) применима тауберова теорема М. В. Келдыша [6], в силу которой из (26) следует

$$\alpha_\tau(\lambda) \sim \frac{1}{4\pi}\varepsilon_\tau(\lambda)$$

или

$$\sum_{\lambda_n<\lambda} a_n^{(\tau)} \sim \frac{1}{4\pi}\iint_{q(x,y)<\lambda} \{\lambda - q(x,y)\}\, q^\tau(x,y)\, dxdy.$$

т. е. нужная нам формула (9).

Теорема доказана полностью.

Теперь из (23) получим одну оценку, которая нам пригодится в другой работе для изучения вопросов разложения и дифференцированных разложений по собственным функциям в случае неограниченно растущего потенциала в двумерном пространстве. При прежних обозначениях из (24) следует

$$\int_0^\infty \frac{d\sigma_\tau(\lambda)}{(\lambda+\mu)^{2p}} < C\int_0^\infty \frac{\psi_\tau(\lambda)\, d\lambda}{(\lambda+\mu)^{2p}}. \tag{27}$$

Если выполнено условие (10), то $\sigma(\lambda) < C\lambda^{2/\delta}$ (см. формулу (12)), в силу чего из (27) следует оценка ($\mu \to \infty$):

$$\int_0^\infty \frac{d\alpha_\tau(\lambda)}{(\lambda+\mu^2)^{2p}} < C\mu^{2\tau+4/\delta+2-4p}$$

и значит подавно

$$\int_{\mu^2}^{(\mu+1)^2} \frac{d\alpha_\tau(\lambda)}{(\lambda+\mu^2)^{2p}} < C\mu^{2\tau+4/\delta+2-4p}. \tag{28}$$

С другой стороны,

$$\int_{\mu^2}^{(\mu+1)^2} \frac{d\alpha_\tau(\lambda)}{(\lambda+\mu^2)^{2p}} > \frac{C}{\mu^{4p}}\{\alpha_\tau[(\mu+1)^2] - \alpha_\tau(\mu^2)\}. \tag{29}$$

Из (28) и (29) следует оценка ($\mu_n = \sqrt{\lambda_n}$):

$$\alpha_\tau[(\mu+1)^2] - \alpha_\tau(\mu^2) = \sum_{\mu \le \mu_n \le \mu+1} a_n^{(\tau)} < C\mu^{2\tau+4/\delta+2}. \tag{30}$$

Пользуясь оценкой (30), в другой работе мы изучим вопросы разложения и дифференцирования разложения по собственным функциям уравнения (1).

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Ի. Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

Շրեդինգերի օպերատորի սեփական արժեքների բաշխման մի ասիմպտոտիկ բանաձևի մասին

Ֆիքսուք $q(x, y)$ ֆունկցիան ամբողջ երկչափ տարածության վրա սահմանված իրական անընդհատ ֆունկցիա է և

$$\lim_{r\to\infty} q(x, y) = +\infty; \qquad (1)$$

որտեղ $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$:

Դիտարկենք հետևյալ հավասարումը

$$\Delta u + [\lambda - q(x, y)]\, u = 0.$$

Հայտնի է, որ եթե (1) պայմանը բավարարված է, ապա (2) հավասարման սպեկտրը դիսկրետ է և ունի միակ սահմանային կետ անվերջություն: Նշանակենք $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n, \ldots$ (2) հավասարման սեփական արժեքները, իսկ $\varphi_1(x, y), \varphi_2(x, y), \ldots, \varphi_n(x, y), \ldots$-ով՝ համապատասխան օրթոնորմավորված սեփական ֆունկցիաները: Այնուհետև, $N(\lambda)$-ով նշանակենք (2) հավասարման այն սեփական արժեքների թիվը, որոնք փոքր են տված λ-ից, այսինքն՝

$$N(\lambda) = \sum_{\lambda_n < \lambda} 1:$$

Ներկա հոդվածում ուսումնասիրվում է $N(\lambda)$ ֆունկցիայի ասիմպտոտիկ վարքը, երբ $\lambda \to \infty$: Առաջին անգամ այս հարցը ուսումնասիրվել է Վեյտի և Մանդելի կողմից [1] աշխատության մեջ: Նրանք $q(x, y)$ ֆունկցիայի վրա դնելով բավական ծանր պայմաններ, միաչափ, երկչափ և եռաչափ տարածությունների մեջ ստացել են համապատասխանաբար, (2), (2′) և (3) ասիմպտոտիկ բանաձևները (տես հիմնական տեքստում):

1953 թ. Տիտչմարշը [2] և 1954 թ. Ինյը [3] տվեցին, համապատասխանաբար, (2′) և (3) բանաձևերի նոր ապացույցներ: Բ. Մ. Լևիտանը [4] բուն (2) հավասարման սեփական ֆունկցիաների վերլուծության որոշ հարցերի կապակցությամբ բնգհանրացրեց (3) բանաձևը: Նրա արդյունքը կայանում է հետևյալում.

Նշանակենք ($\tau > 0$)

$$a_n^{(\tau)} = \int_{-\infty}^{\infty}\int\int q^{\tau}(x, y, z)\, \varphi_n^2(x, y, z)\, dxdydz:$$

Այդ դեպքում տեղի ունի (4) ասիմպտոտիկ բանաձևը (տես հիմնական տեքստում):

Ներկա հոդվածում մեր նպատակն է ստանալ (4) բանաձևին անալոգ բանաձև երկչափ տարածության մեջ:

Թեորեմ. Ֆիքսուք $q(x, y)$ ֆունկցիան բավարարում է հետևյալ պայմաններին.

1°. երբ $r < 1$

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

որտեղ A և α հաստատուններ են, բուն որում $0 < \alpha < 2/3$:

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 ունի այնպիսի $B > 0$ հաստատուն, որ

$$\int_{-\infty}^{\infty}\int\int |q(x, y)|^{-B}\, dxdy < \infty:$$

Նշանակենք ($\tau > 0$)

$$\sigma(\lambda) = \operatorname{mes}\{q(x, y) < \lambda\}, \quad \sigma_{\tau}(\lambda) = \int_{0}^{\lambda} (\lambda - \mu)^{\tau} d\sigma(\mu)$$

և ենթադրենք, որ գոյություն ունեն այնպիսի դրական α և β հաստատուններ, որ λ-ի բավականաչափ մեծ արժեքների համար

$$\alpha\sigma_{\tau}(\lambda) < \lambda\sigma'_{\tau}(\lambda) < \beta\sigma_{\tau}(\lambda).$$

Այդ ենթադրությունների դեպքում ($\lambda \to \infty$)

$$\sum_{\lambda_n < \lambda} a_n^{(\tau)} \sim \frac{1}{4\pi} \iint_{q(x, y) < \lambda} q^{\tau}(x, y) [\lambda - q(x, y)] \, dxdy:$$

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Дж. С. де Уэт* и *Ф. Мандль,* Proceedings of the Royal Society of London, vol. 200 (1950). [2] *E. C. Титчмарш,* Proceedings of the London Mathematical Society, III ser., 3 (1953). [3] *D. Рей,* Trans. Amer. Math. Society, 77, 2 (1954). [4] *Б. М. Левитан,* ДАН СССР, т. 103, 2 (1955). [5] *М. В. Келдыш,* Труды Математического института им. В. А. Стеклова, XXXVIII (1951).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 3

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

К. С. Чобанян

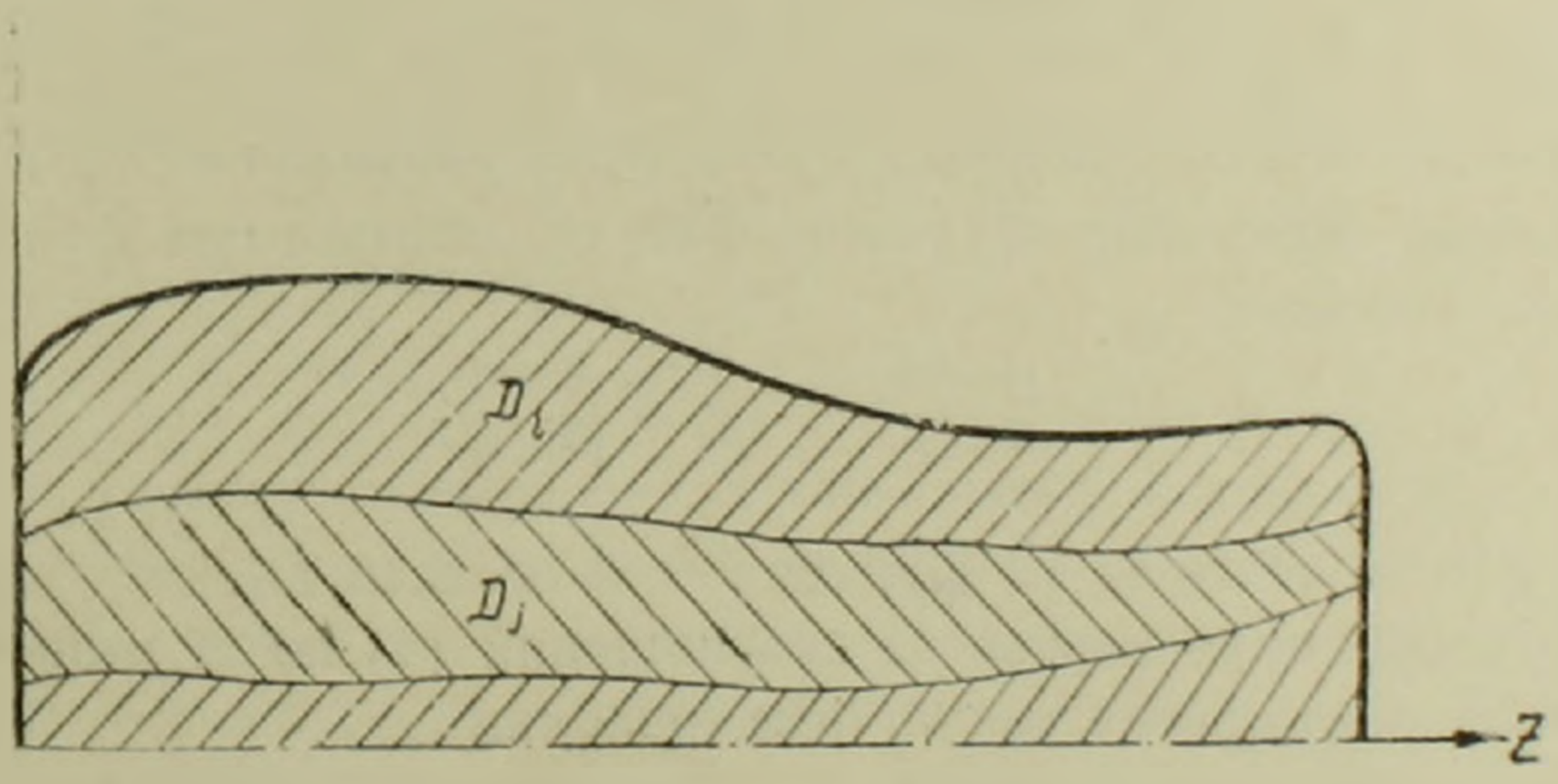
Кручение составного вала переменного диаметра

(Представлено Н. Х. Арутюняном 22 IV 1958)

В работе рассматривается задача о кручении вала переменного круглого сечения, составленного из различных материалов, спаянных по боковым поверхностям.

Рассмотрена также задача о кручении вала переменного сечения с тонким усиливающим покрытием в приближенной постановке.

1 Пусть тело вращения состоит из различных материалов, расположенных симметрично относительно оси вращения. Осевое сечение такого тела будет постоянным (фиг. 1). Область осевого сечения рас-



Фиг. 1

сматриваемого тела, которое в дальнейшем будем называть составным валом переменного сечения, состоит из нескольких областей. D_1, D_2,..., соответствующих различным материалам, из которых составлен вал.

Отнесем составной вал переменного сечения к цилиндрической системе координат r, φ, z, направляя ось z по оси вала.

Если составной вал переменного сечения подвергнуть только симметрично распределенным относительно оси вращения скручивающим внешним усилиям, то компоненты упругого перемещения по направлениям осей r и z, как и в случае однородного вала ([1]), будут

равны нулю, а перемещение по направлению координатной линии φ не будет зависеть от этой координаты φ.

Обозначим через $v(r, z)$ упругое перемещение в области D_i ($i = 1, 2, \ldots$). Тогда для деформаций и напряжений в соответствующих областях D_i будем иметь

$$\tau^i_{r,\varphi} = G_i \gamma^i_{r,\varphi} = G_i r \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{v_i}{r}\right), \quad (1)$$

$$\tau^i_{\varphi,z} = G_i \gamma^i_{\varphi,z} = G_i \frac{\partial v_i}{\partial z},$$

где G_i — модуль сдвига материала в области D_i. Остальные компоненты тензоров напряжений и деформаций равны нулю. Для упрощения записи индекс φ при напряжениях и деформациях в дальнейшем будет опущен.

Уравнение упругого равновесия бесконечно малого элемента материала, соответствующего области D_i, в цилиндрических координатах будет [1]

$$\frac{\partial \tau_r}{\partial r} + \frac{\partial \tau_z}{\partial z} + \frac{2\tau_r}{r} = 0. \quad (2)$$

Уравнение (2) можно представить в следующей более удобной форме

$$\frac{\partial}{\partial r}(r^2 \tau^i_r) = -\frac{\partial}{\partial z}(r^2 \tau^i_z). \quad (3)$$

Уравнение (3) будет удовлетворено, если напряжения τ^i_r и τ^i_z будут представлены через одну функцию $\Phi(r, z)$, называемую функцией напряжения, в форме

$$\tau^i_r = -\frac{1}{r^2}\frac{\partial \Phi_i}{\partial z}, \quad \tau^i_z = \frac{1}{r^2}\frac{\partial \Phi_i}{\partial r}. \quad (4)$$

Здесь через Φ_i обозначена функция Φ в области D_i.

Дифференцируя первое из соотношений (4) по z, второе по r и сопоставляя полученные результаты, находим

$$\frac{\partial \tau^i_r}{\partial z} - \frac{\partial \tau^i_z}{\partial r} = -\frac{1}{r}\tau^i_z. \quad (5)$$

Подставляя выражения τ^i_r и τ^i_z из (4) в уравнение (5), получаем дифференциальное уравнение, которому должна удовлетворять функция напряжений $\Phi(r, z)$ в каждой из областей D_i

$$\frac{\partial^2 \Phi_i}{\partial r^2} - \frac{3}{r}\frac{\partial \Phi_i}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Phi_i}{\partial z^2} = 0. \quad (6)$$

Обозначая напряжения, действующие на поверхности составного вала через $p(s)$, где s длина дуги контура осевого сечения, отсчиты-

ваемая от произвольно выбранной на контуре точки, будем иметь контурное условие

$$\tau_r \cos(r, \nu) + \tau_z \cos(z, \nu) = \tau_r l + \tau_z m = 0, \tag{7}$$

где ν — внешняя нормаль к контуру, а l и m ее направляющие косинусы

$$l = \frac{dz}{ds}, \quad m = -\frac{dr}{ds}. \tag{8}$$

На основании (7) и (8) получаем следующее контурное условие для функции Φ_i:

$$\Phi_i(r, s) = -\int_0^s r^2 p(s)\, ds + c_0. \tag{9}$$

Перейдем теперь к определению условий, которым должна удовлетворять функция напряжений Φ на линиях раздела L_{ij} областей D_i и D_j.

Из условия равновесия бесконечно малого элемента поверхности раздела следует, что проекция касательного напряжения на нормаль ν к линии раздела L_{ij} должна быть непрерывной на L_{ij}

$$\tau_r^i l + \tau_z^i m = \tau_r^j l + \tau_z^j m. \tag{10}$$

Здесь l и m направляющие косинусы нормали ν к линии раздела L_{ij}, которые через ее координаты r и z выражаются формулами (8).

Внося (4) и (8) в условие (10), находим

$$\frac{\partial \Phi_i}{\partial s} - \frac{\partial \Phi_j}{\partial s} = 0 \quad \text{на} \quad L_{ij}$$

или

$$\Phi_i - \Phi_j = c_{ij} \qquad \text{на} \quad L_{ij}. \tag{11}$$

На основании непрерывности граничного условия (9) постоянная c_{ij} будет равна нулю, если линия раздела L_{ij} пересекается с контуром L_0. В случае, когда линия раздела целиком лежит внутри контура L_0, функция Φ в области, ограниченной L_{ij}, будет определяться с точностью до постоянной c_{ij}, которая, согласно (4), не влияет на величины напряжений. Поэтому все постоянные c_{ij} могут быть приняты равными нулю.

Принимая, что на поверхностях раздела имеем полное слипание, используем непрерывность перемещения v на L_{ij}:

На основании соотношений (1) и (4) имеем

$$-\frac{1}{G_i r^3}\frac{\partial \Phi_i}{\partial z} = \frac{\partial v_i}{\partial r} - \frac{v_i}{r},$$

$$\frac{1}{G_i r^3}\frac{\partial \Phi_i}{\partial r} = \frac{\partial v_i}{\partial z}. \tag{12}$$

Умножая первое из соотношений (12) на $\frac{dr}{ds}$, а второе — на $\frac{dz}{ds}$ и складывая полученные результаты, будем иметь:

$$\frac{1}{G_i r^2} \cdot \frac{\partial \Phi_i}{\partial \nu} = \frac{\partial v_i}{\partial s} - \frac{v_i}{r} \frac{dr}{ds}, \qquad (13)$$

где ν — внешняя нормаль к линии раздела L_{ij}.

Принимая во внимание непрерывность перемещения v на линии L_{ij}, на основании (13), получаем второе условие, которому должна удовлетворять функция напряжения $\Phi(r, z)$ на L_{ij}

$$\frac{1}{G_i} \frac{\partial \Phi_i}{\partial \nu} = \frac{1}{G_j} \frac{\partial \Phi_j}{\partial \nu}. \qquad (14)$$

На основании симметричности рассматриваемой задачи относительно оси вала, функцию Φ можно определить только для одной половины области осевого сечения вала, ограниченной осью z и частью контура L_0. На оси сплошного вала напряжения равны нулю. Поэтому, согласно (4), производные функции Φ как по z, так и по r при $r = 0$ должны равняться нулю, т. е. функция Φ на оси z должна быть постоянной

$$\Phi = c \quad \text{при} \quad r = 0. \qquad (15)$$

Таким образом, при симметричном кручении составного круглого вала переменного сечения функция напряжения $\Phi(r, z)$ в каждой из областей D_i осевого сечения вала должна удовлетворять уравнению (6), контурному условию (9), условию (15) на оси z и условиям (11), (14) на линиях раздела L_{ij}.

В случае полого вала на внутренней поверхности должно выполняться условие (9), где $p(s)$ будет скручивающее внешнее усилие, действующее на этой поверхности.

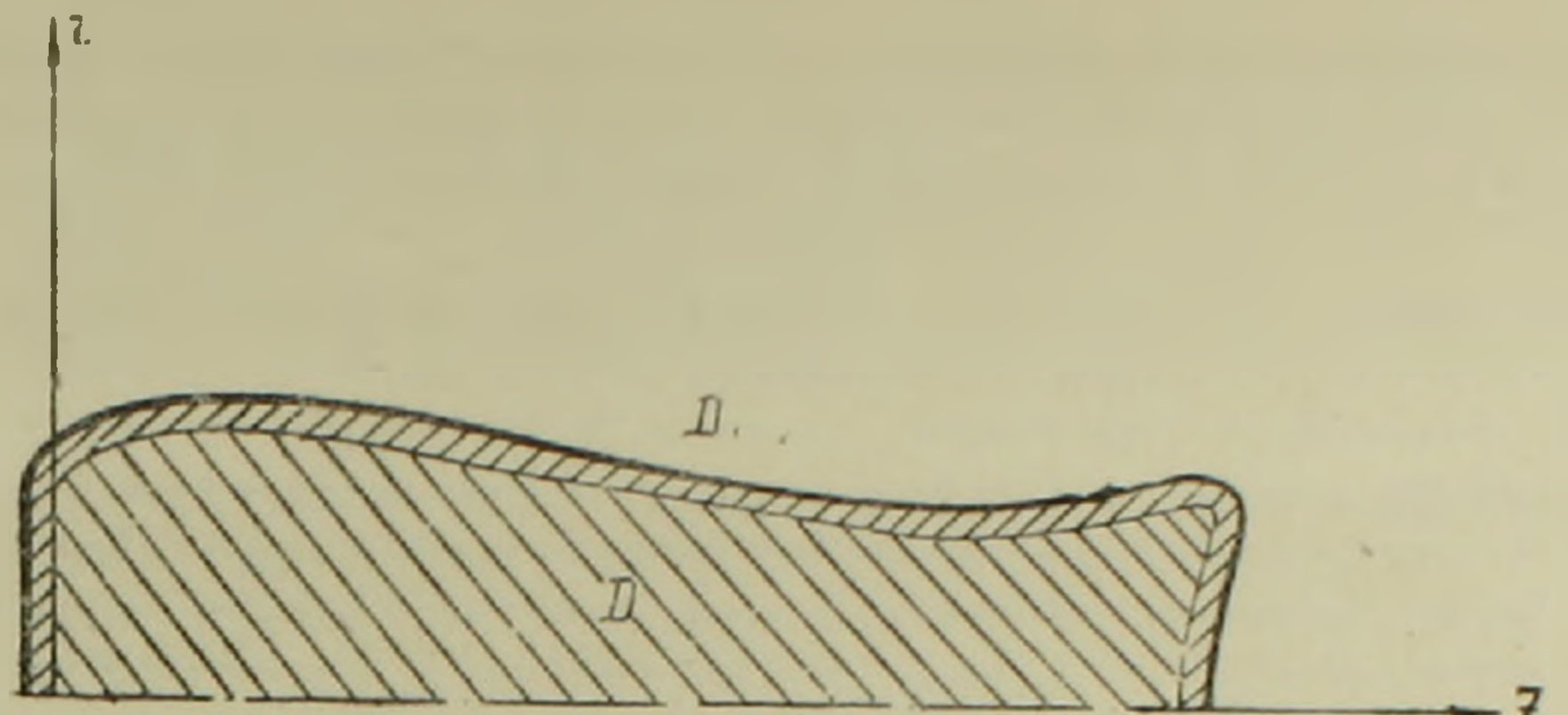
2. Рассмотрим теперь случай, когда внешняя область осевого сечения вала соответствует тонкому усиливающему покрытию. Для упрощения задачи определения функции напряжений Φ в двух областях воспользуемся тонкостью усиливающего покрытия, т. е. малостью толщины покрытия по сравнению с поперечными размерами вала.

Области осевого сечения вала, соответствующие покрытию и основному материалу, обозначим через D_1 и D_2, их линию раздела — через L_1. Постоянную толщину покрытия обозначим через δ.

Для области D_1, которая будет иметь форму криволинейной полосы, введем местную систему координат s и n, где s будет длина дуги линии раздела, отсчитываемая от ее левого конца, а n — расстояние точки до линии раздела по ее нормали.

На основании малости δ можно положить, что функция напряжения $\Phi(s, n)$ в области D_1 от координаты n зависит линейно:

$$\Phi_1(s, n) = A(s)n + B(s).$$



Фиг. 2.

Используя контурное условие (9) и условия (11) и (14) на линии раздела L_1, будем иметь:

$$A(s)\,\delta + B(s) = -\int_0^s r^2 p(s)\,ds, \tag{16}$$

$$B(s) = \Phi_2(r, z), \quad \frac{1}{G_1} A(s) = \frac{1}{G_2} \frac{\partial \Phi_2}{\partial n}. \tag{17}$$

Исключая из соотношений (16) и (17) функции $A(s)$ и $B(s)$, находим

$$\Phi + \delta \frac{G_1}{G_2} \frac{\partial \Phi}{\partial n} = -\int_0^s r^2 p(s)\,ds + c_0. \tag{18}$$

Здесь индекс при функции Φ опущен на основании предположения, что основной материал вала однороден.

Таким образом, задача кручения круглого вала переменного диаметра с тонким усиливающим покрытием в ее приближенной постановке свелась к той же задаче для однородного вала с несколько измененным контурным условием (18).

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Կ. Ս. ԶՈՒԱՆՅԱՆ

Փոփոխական տրամագծով բազապրյալ լիսեռի ոլորման խնդիրը

Դիտարկված է կոմպակտին մակերևույթներով իրար հետ զոդված և առանցքի նկատմամբ սիմետրիկ դասավորված տարբեր նյութերից բաղկացած փոփոխական տրամագծով կլոր լիսեռի ոլորման խնդիրը, երբ արտաքին ուժերը հանգիստանում են լիսեռի առանցքի նկատմամբ սիմետրիկ դասավորված և նրա մակերևույթի վրա կիրառված ոլորող ճիգեր այնպես, որ ոլորվող բազապրյալ լիսեռի ցանկացած կետի առաձգական տեղափոխությունը լինի ուղղահայաց այդ կետով և լիսեռի առանցքով անցնող հարթությանը, իսկ առանցքին ուղղահայաց և նրա վրա կենտրոն ունեցող շրջանագծի վրա դասավորված կետերը ստանան միևնույն տեղափոխությունները։

Քննարկվող խնդրի լուծումը բերվում է $F(r, z)$ լարումների ֆունկցիայի որոշմանը, որը լիսեռի առանցքային հատվածքի տարբեր նյութերի համապատասխանող տիրույթներից յուրաքանչյուրում պետք է բավարարի (8) հավասարմանը, (9) եզրային պայմանին և (11) ու (14) պայմաններին տիրույթների բաժանման L_{ij} գծերի վրա:

Դիտարկված է նաև այն դեպքը, երբ փոփոխական տրամագծով կլոր լիսեռն ունի ուժեղացնող բարակ ծածկույթ: Օգտագործելով լիսեռի շրջանային չափերի նկատմամբ ծածկույթի հաստության փոքրության պայմանը և կատարելով որոշակի մոտավորություններ, խնդրի գրվածքը պարզեցվում է այն իմաստով, որ վերանում է բարակ ծածկույթին համապատասխանող առանցքային հատվածքի տիրույթում լարումների ֆունկցիայի որոնման հարցը: Այսպիսով, ուժեղացնող բարակ ծածկույթով լիսեռի ոլորման խնդիրը մոտավոր գրվածքով բերվում է նույն խնդրի ծածկույթի բացակայության դեպքին, միայն լարումների $F(r, z)$ ֆունկցիան (9) պայմանի փոխարեն պետք է բավարարի (18) խառը եզրային պայմանին:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. *К. В. Соляник-Красса*, Кручение валов переменного сечения. Гостехиздат 1947
2. *С. П. Тимошенко*. Теория упругости, ОНТИ 1937

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

XXVII 1958 3

АСТРОФИЗИКА

Г. С. Бадалян

К вопросу о связи между распределениями галактических цефеид и нейтрального водорода

(Представлено В. А. Амбарцумяном 3. II. 1958)

С целью установления связи между нейтральным водородом и цефеидами, мы вычислили поверхностные яркости галактических цефеид и распределение интенсивности нейтрального водорода вдоль двух галактических меридианов: $l = 50°$ и $l = 90°$.

Были использованы данные Хелфера и Тейтела (1) о радиоизлучении нейтрального водорода на волне 21 *см*, в зависимости от галактических широт.

Для определения поверхностных яркостей, обусловленных цефеидами в зависимости от галактических широт, мы использовали способ В. А. Амбарцумяна (2) определения полных и парциальных поверхностных яркостей, которые обусловлены суммарными видимыми яркостями.

Для этого мы разделили небо на узкие широтные зоны и вычислили для каждой из них суммарные яркости цефеид по формуле:

$$\Sigma I = \Sigma\, 10^{-0.4m}. \qquad (1)$$

Полученные данные приведены во втором столбце табл. 1.

Звездные величины цефеид были взяты из Общего каталога переменных звезд Б. В. Кукаркина и П. П. Паренаго. Использованы цефеиды слабее шестой величины: количество использованных цефеид оказалось 517, из коих 360 расположены на широте $b = \pm 5°$.

Площадь каждой области определяется следующей формулой:

$$S = 2\pi\,(\sin b_1 - \sin b_2), \qquad (2)$$

где b_1 и b_2 представляют собой широты, соответствующие границам зоны.

Таким образом, поверхностные яркости, зависящие от галактических широт цефеид, вычисляли по следующей формуле:

$$I = \frac{\Sigma I}{(\sin b_1 - \sin b_2)\,2\pi}. \qquad (3)$$

Таблица 1

b	n	$\frac{\Sigma I}{(\sin b_1 - \sin b_2)\, 2\pi}$
0 - 1.25	138	0.077
1.25—2.5	115	0.074
2.5—5.0	107	0.051
5.0—7.5	53	0.045
7.5—10.0	34	0.025
10.0 – 12.5	24	0.021
12.5—15.0	11	0.011
15.0—20.0	23	0.005
20.0—30.0	12	0.0007

Полученные данные приведены в табл. 1.

Наряду с этим была вычислена суммарная интенсивность нейтрального водорода, выраженная в произвольных единицах, в зависимости от b по направлению вышеупомянутых двух галактических долгот.

Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

b	$-\log\sin\lvert b\rvert$	$\log\frac{T_a}{T_{a_0}}$	$\log\frac{I}{I_0}$
0	—	0.00	0.00
±1.25	1.63	—0.045	—0.017
2.5	1.36	0.060	0.179
5.0	1.06	0.20	0.234
7.5	0.89	0.44	0 490
10.0	0.75	0.65	0.566
12.5	0.67	0.69	0.848
15.0	0 59	0,75	1.194
17.5	0 52	0.72	—
20.0	0.47	0.82	—2.046
22.5	0.42	0,77	—
25.0	0,38	0.79	—
±30.0	0.30	—0.75	

Сходство между распределением поверхностной яркости цефеид и интенсивностью нейтрального водорода графически представлено на рис. 1, где по оси абсцисс отложены $-\log\sin\lvert b\rvert$, а по оси ординат $\log\frac{I}{I_0}$ (для цефеид) и $\log\frac{T_a}{T_{a_0}}$ (для нейтрального водорода).

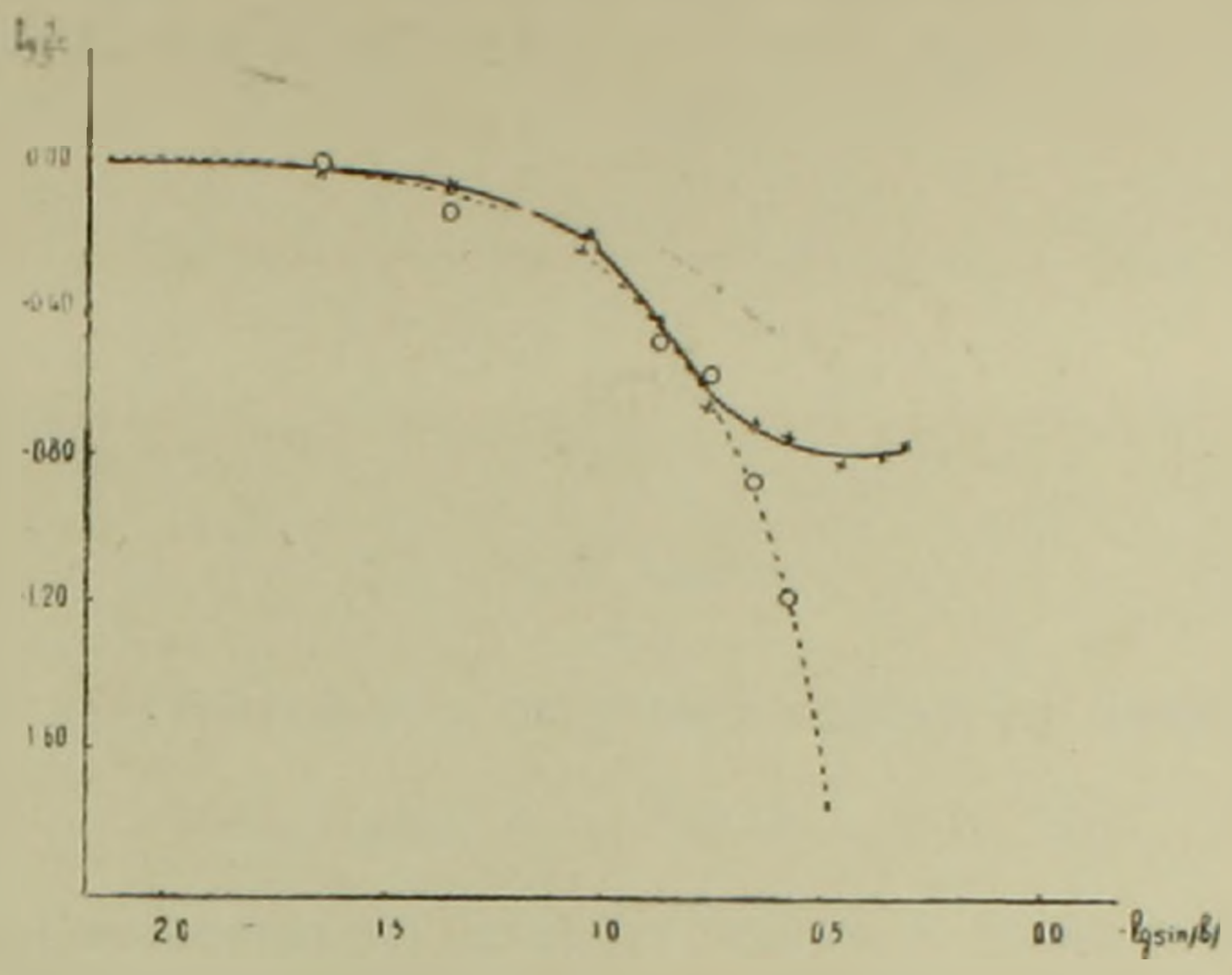


Рис. 1. ----- цефеиды,
—— нейтральный водород.

Из этого графика очевидно, что распределение нейтрального водорода и цефеид в пределах $b = \pm 20^\circ$ почти совпадает.

Этот факт подтверждает, что между этими объектами несомненно имеется генетическая связь. С другой стороны, цефеилы составляют более узкую систему, чем нейтральный водород.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
Академии наук Армянской ССР

Հ. Ս. ԲԱԴԱԼՅԱՆ

Գալակտիկական ցեֆեիդների և չեզոք ջրածնի բաշխվածության կապի հարցի մասին

Ներկա աշխատությունում գալակտիկական ցեֆեիդների և չեզոք ջրածնի միջև կապը հիմնավորելու նպատակով, կատարված է ցեֆեիդների մակերևութային պայծառության և չեզոք ջրածնի ինտենսիվության բաշխվածության, համեմատություն։

Չեզոք ջրածնի համար օգտագործված են Հելֆերի և Տեյտելի $l = 50^\circ$ և $l = 90^\circ$ ուղղություններում 21 սմ. ալիքային երկարությունում կատարած ռադիո դիտումների տվյալները։

Ստացված արդյունքները բերում են այն հետևության, որ անկասկած միջաստղային չեզոք ջրածնի և գալակտիկական ցեֆեիդների միջև գոյություն ունի գենետիկ կապ և ցեֆեիդներն ավելի նեղ սիստեմ են կազմում քան միջաստղային չեզոք ջրածինը։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Г. А. Хелфер* и *Г. Е. Тейтел*, Ap. J. 121, 3, 585 (1955). [2] *В. А. Амбарцумян*, АЖ. XXIII, 5, 257 (1946).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 3

ЭНЕРГЕТИКА

С. Е. Акопян

О действительных ветроэнергоресурсах Армении

(Представлено С. С. Мкртчяном 7. IV. 1958)

Данные метеостанций являются иногда не совершенными с точки зрения ветроэнергетики. Как известно, замеренная скорость ветра зависит от места расположения метеорологической станции. Большинство метеорологических станций расположено на площадках, защищенных от ветра в большей или меньшей степени различными искусственными и естественными препятствиями, вследствие чего показания флюгеров бывают значительно искажены. Таким образом, на величину скорости ветра, показываемую флюгером, оказывают решающее влияние не только макроклиматические условия данной территории, но и местные условия защищенности каждой метеостанции.

Изучение скоростей ветра над территорией России (позднее СССР) занимались такие крупные ученые и инженеры, как И. Д. Керсновский (1), М. М. Померцев (2), Н. В. Красовский (3), М. Е. Подтягин (4) и С. А. Сапожникова (5); из них Подтягин (4) впервые стал учитывать влияние местных условий и, в частности, влияние степени защищенности флюгера на скорость ветра.

Позднее вопросом о влиянии степени защищенности на измеряемую скорость ветра занимались С. А. Сапожникова, Ю. Милевский, Н. Н. Романенко, но все эти исследования были проведены для равнинных условий. Для горных условий исследований о степени защищенности метеостанций не было, если не считать исследований Подтягина для нескольких станций Кавказа.

На основании описания метеостанций, Подтягин ввел понятие „О классе открытости станций" и установил нормы снижения скоростей ветра с ухудшением открытости. Соответственно он ввел 9 классов от II класса (полная закрытость со всех сторон) до X (полная открытость), при этом поправка на один класс открытости составляет 0,6 *м/сек*.

По Подтягину, метеорологические станции Кавказа, видимо и Армении, относятся к VI—VII классам открытости.

В горных районах, в частности в горных районах Армении, большинство метеорологических станций расположено не только в за-

щищенных искусственными препятствиями местах, но и естественными, в связи со сложным рельефом местности, что не было учтено Подтягиным и другими исследователями. В связи с этим, указанный класс открытости, по Подтягину, не может соответствовать действительности для условий ряда районов Армении.

Для точного определения „класса открытости метеостанций" СОПСом Академии наук Армянской ССР летом 1957 года была организована экспедиция для определения степени защищенности метеостанций горных районов Армении. В экспедиции участвовали научные сотрудники Главной геофизической обсерватории, Центральной научно-исследовательской лаборатории по использованию энергии ветра и Управления гидрометслужбы Армянской ССР.

Экспедиция производила замеры скоростей ветра анеметром на открытых местах вблизи метеостанций, с одновременным наблюдением за флюгерами метеостанций. Наблюдения производились через каждые пять минут в течение дня, общей продолжительностью 5—6 дней.

Открытые места в районе метеостанций были выбраны с особой осторожностью, после тщательного изучения данного района. Часто выбирались вершины холмов или места со спокойным рельефом, достаточно открытые от искусственных и естественных препятствий. В открытых местах вокруг метеорологических станций одновременно производились от трех до семи замеров по разным румбам. После изучения полученных данных выяснилось, что почти все исследуемые метеорологические станции расположены на защищенных от ветра местах, вследствие чего показания их флюгеров в значительной мере занижены. В этом убеждает приведенная табл. 1, где показаны среднечасовая величина замеренной скорости ветра вокруг станции по определенным румбам (постам) и данные одновременных наблюдений по флюгерам.

Если рассмотреть средние пятиминутные данные одновременных наблюдений на некоторых метеостанциях (рис. 1, 2, 3) и среднеча-

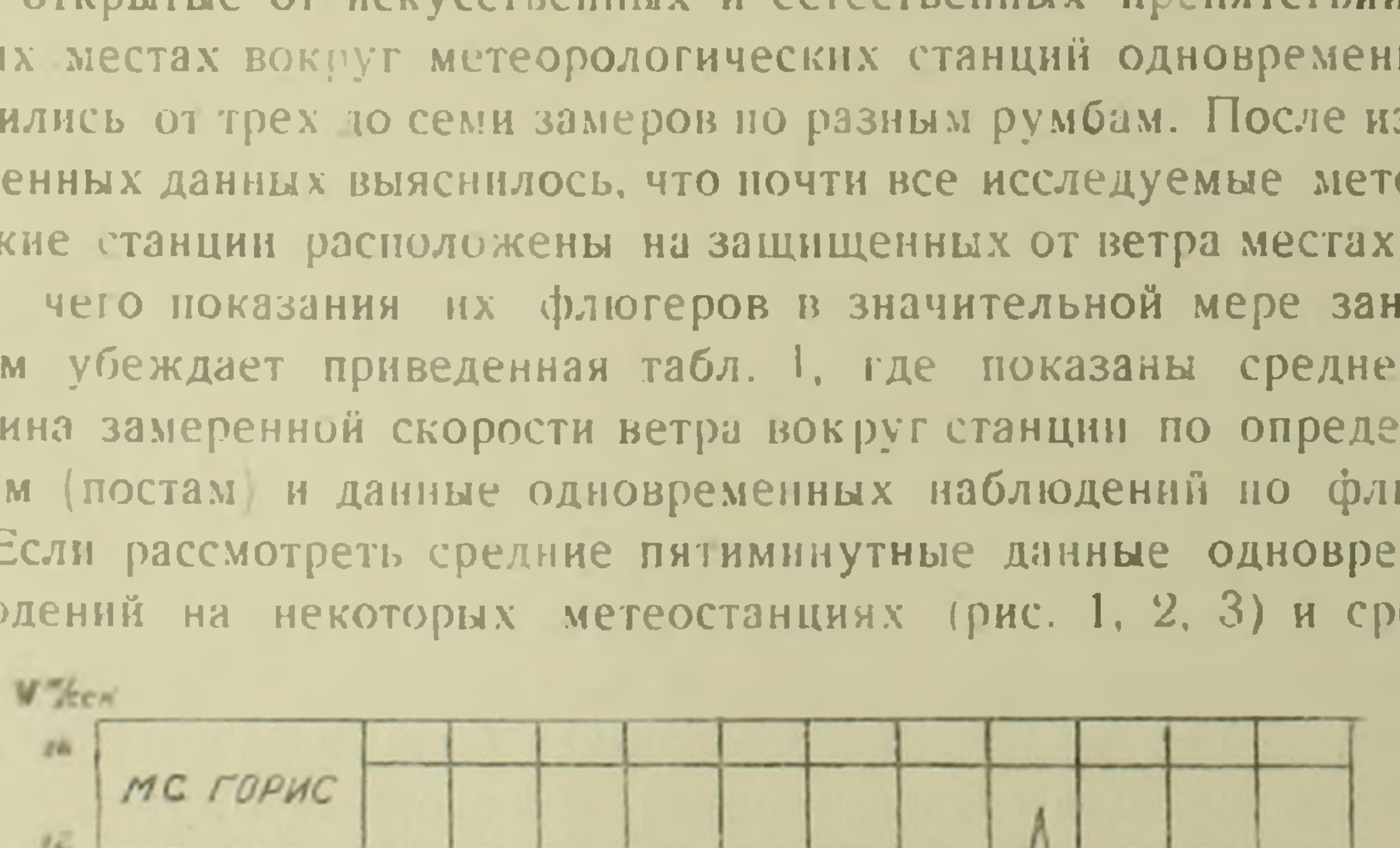


Рис 1

Рис. 1. *1* — средняя скорость ветра на метеостанции по флюгеру. *2, 3* — средняя скорость ветра на открытых местах в районе метеостанции

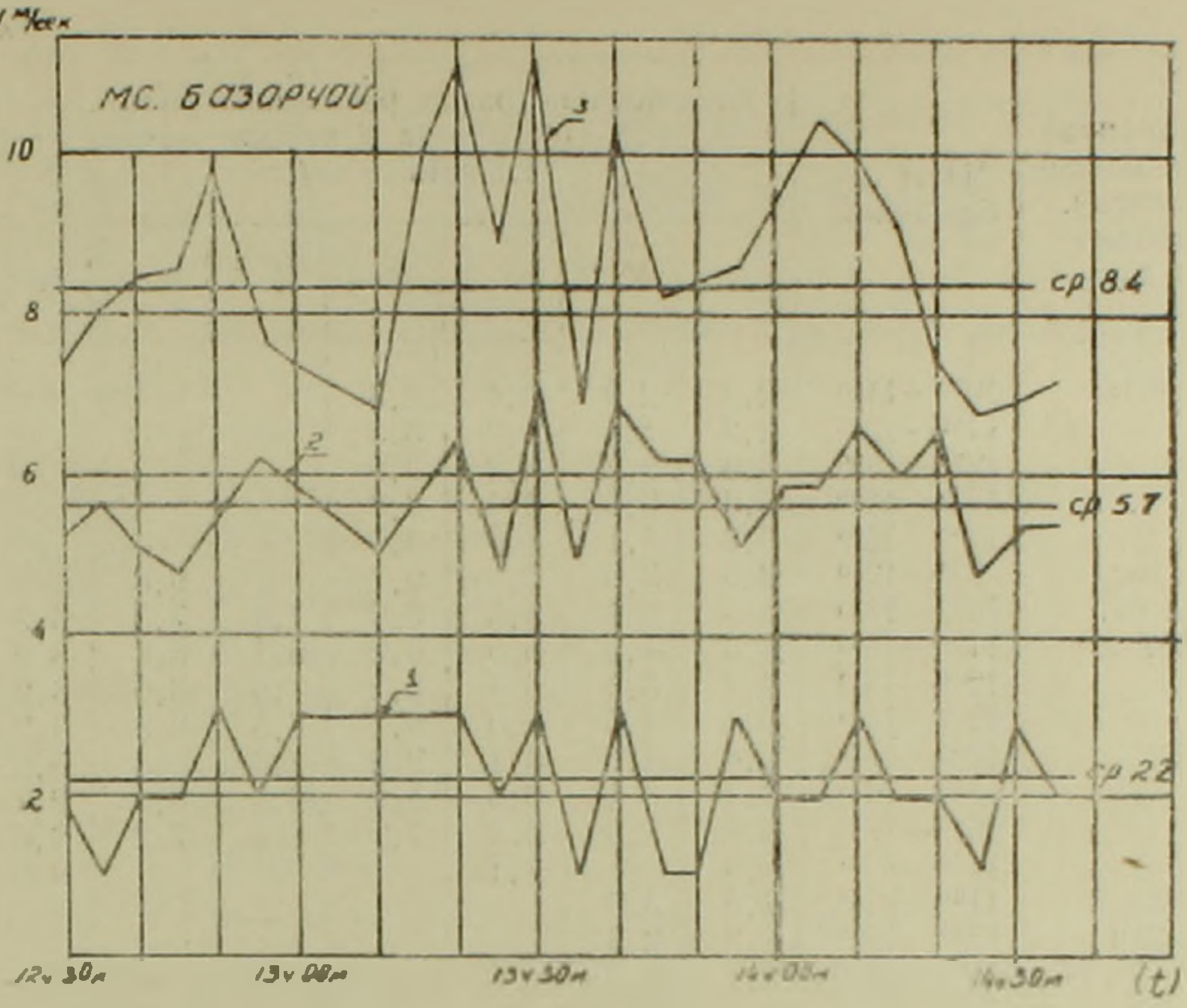


Рис. 2. *1*—средняя скорость ветра на метеостанции по флюгеру; *2*, *3*—средняя скорость ветра на открытых местах в районе метеостанции.

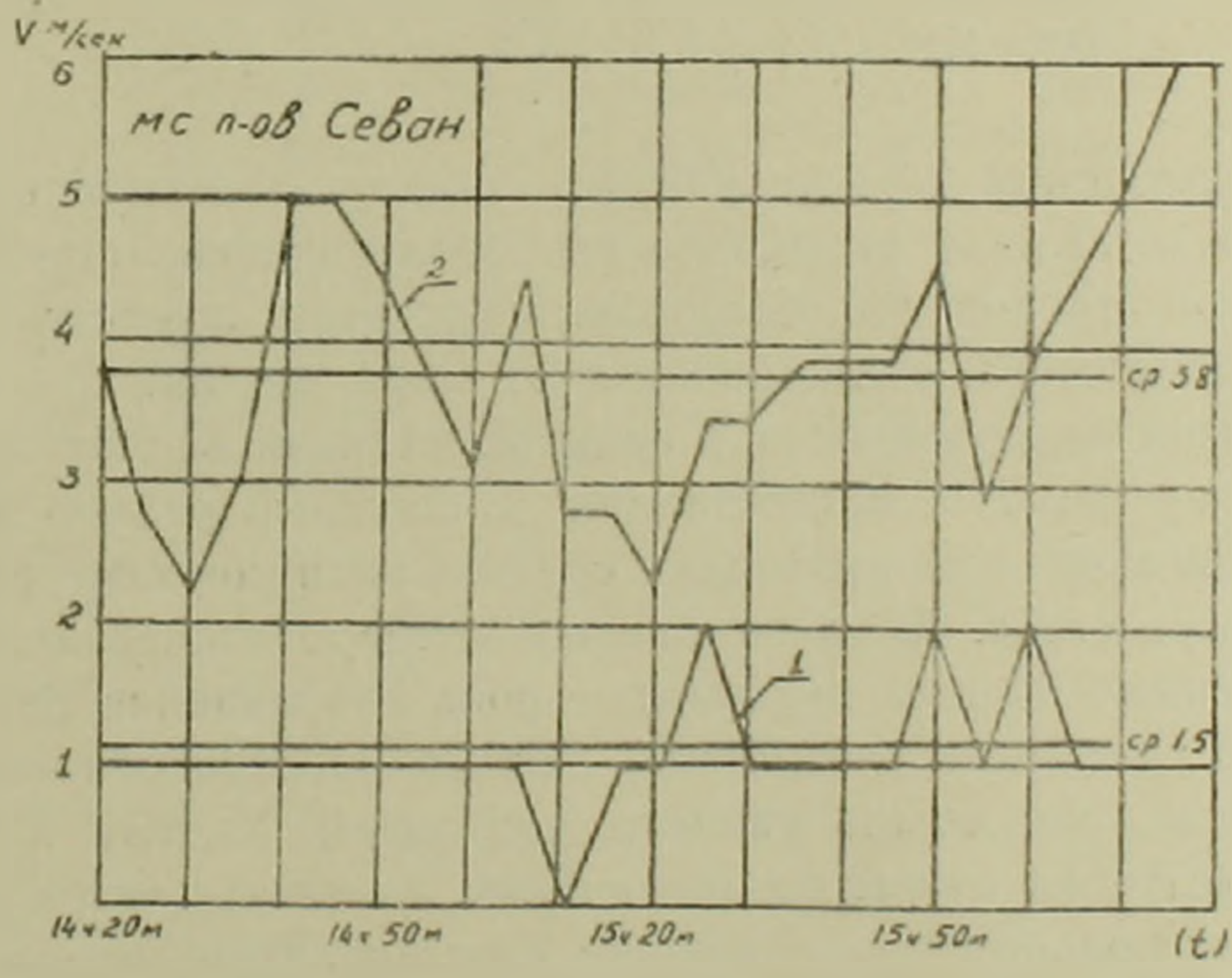


Рис. 3. *1*—средняя скорость ветра на метеостанции по флюгеру; *2*—средняя скорость ветра на открытых местах в районе метеостанции.

овые данные по табл. 1, го видно, что в среднем, в районе метео-станций величина скоростей ветра в три-четыре, иногда в восемь раз больше, чем показания флюгера на метеостанции.

Отсюда ясно, что нельзя использовать данные метеостанций без тщательных исследований степени защищенности метеостанций.

Такое положение объясняется тем, что степень защищенности в существующих условиях сильно изменилась и это вызвано измене-

Таблица 1

№ п/п	Наименование метеорологич. станций и даты	Часы наблюдений	Скорость ветра на различных постах в открытых местах в районе метеостанции в *м/сек*							Показание флюгера в *м/сек*
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	
1	Фонтан	10⁰⁰—11⁰⁰	2,2	2,9	2,4	2,3	—	—	—	1,0
		11⁰⁰—12⁰⁰	2,9	1,8	1,9	3,3	—	—	—	1,0
		12⁰⁰—13⁰⁰	3,0	2,2	2,2	3,0	—	—	—	1
		13⁰⁰—14⁰⁰	3,3	3,6	3,4	2,0	—	—	—	1
		14⁰⁰ 15⁰⁰	3,8	4,1	3,6	3,6	—	—	—	1,2
2	Горис	9³⁰—10³⁰	3,6	3,9	6,1	9,7	—	9,8	—	1
	19. 07.	10³⁰—11³⁰	4,5	4,4	5,5	6,9	7,8	7,3	6,2	1
	1957 г.	11³⁰—12³⁰	4,8	4,5	5,5	6,2	6,1	6,8	8,9	3
		12³⁰—13 ⁰	4,7	3,8	6,4	8,2	7,6	8,0	8,9	1,6
		13³⁰ 14 ⁰	5,4	4,5	7,0	9,1	7,8	6,8	8,2	1,1
		14³⁰ - 15³⁰	5,4	4,6	6,1	9,2	7,3	8,5	9,6	1,3
		15³⁰—16 ⁰	4,7	3,1	6,3	8,0	6,8	8,2	9,7	1,0
		16³⁰—17³⁰	3,9	2,9	6,8	7,2	7,6	7,2	9,6	1,0
		17⁴⁰—18 ⁰	3,8	—	7,1	—	—	—	9,0	1
3	П-ов	11⁰⁰—12⁰⁰	1,5	3,0	—	—	—	—	—	1
	Севан	12⁰⁰ 13⁰⁰	1,8	2,6	—	—	—	—	—	1
	31. VIII. 57 г	13⁰⁰—14⁰⁰	2,1	3,4	—	—	—	—	—	1,0
		14⁰⁰ - 15⁰⁰	2,6	3,0	—	—	—	—	—	1,0
		15⁰⁰—16⁰⁰	2,8	3,5	—	—	—	—	—	1,0
		16⁰⁰—17⁰⁰	4,0	6,0	—	—	—	—	—	2,0
4	Базарчай	11⁰⁰ 12⁰⁰	4,4	7,8	5,8	—	—	—	—	2,2
	30. VII. 57 г	12⁰⁰—13⁰⁰	5,4	8,1	6,6	—	—	—	—	1,7
		13⁰⁰—14⁰⁰	5,8	8,8	8,0	—	—	—	—	2,5
		14⁰⁰—15⁰⁰	5,2	8,6	8,3	—	—	—	—	2,0

ниями, происшедшими в окружающей станцию среде (застройки, насаждения и т. п.). Кроме этого, сеть метеорологических станций строилась с учетом требований балансовых расчетов, поэтому станции в основном расположены в защищенных от ветра местах.

На степень защищенности в сильной степени влияет также расположение гор вокруг метеостанций и сложный рельеф местности. В качестве примера ниже приведены средние пятиминутные замеры над скоростью ветра (табл. 2) на некоторых метеорологических станциях.

Приведенные данные показывают роль направления ветра в горных условиях. Так, если рассмотреть данные метеорологических станций п-ва Севан, то можно увидеть, что при В, Ю, ЮВ и ЮЮВ направлениях ветра на открытых площадках скорость ветра в среднем в четыре раза больше, чем показание флюгера. При северо-западных направлениях показания скоростей ветра на открытых местах и на флюгере почти одинаковы.

Действительно, к Ю, ЮВ, ЮЮВ от площадки метеостанции расположена большая возвышенность, вытянутая с запада на восток, протяженностью 500—600 *м*. Относительная высота возвышенности от метеоплощадки до вершин составляет примерно 40—50 *м*. Кроме этого, в 10—15 *м* к югу и востоку от метеостанции расположены деревья и здания высотой 7—9 *м*, поэтому при В, Ю, ЮВ направлениях скоростей ветра показания флюгера всегда меньше в среднем в четыре раза

Таблица 2

№ п/п	Наименование метеостанций и даты	Часы наблюдений	Направление и скорость ветра на различных постах в открытых местах в районе метеостанции				Показание флюгера	
			пост № 1		пост № 2			
			Скорость ветра в м/сек	Направление	Скорость ветра в м/сек	Направление	скорость ветра в м/сек	направление
1	П-ов Севан 30. VIII. 1957 г.	13 ч. 00 м.	2,6	ЮЮВ	4,8	ЮЮВ	1	ЮЮВ
		13 ч. 05 м.	3,0	Ю	4,3	Ю	1	Ю
		13 ч. 10 м.	2,3	Ю	3,6	Ю	1	Ю
		13 ч. 15 м.	2,5	Ю	3,1	Ю	1	Ю
		13 ч. 20 м.	1,2	Ю	2,1	Ю	1	Ю
		13 ч. 55 м.	1,5	ССЗ	1,0	ССЗ	1	ССЗ
		14 ч. 00 м.	1,1	СЗ	1,5	СЗ	1	СЗ
		14 ч. 05 м.	1,3	СЗ	1,2	СЗ	1	СЗ
		14 ч. 20 м.	1,4	ССЗ	0	ССЗ	1	ССЗ
	31. VIII. 57 г.	14 ч. 35 м.	2,5	ЮЮВ	3,0	ЮЮВ	1	ЮЮВ
		14 ч. 40 м.	3,4	ЮЮВ	5,0	"	1	ЮЮВ
		14 ч. 45 м.	2,5	"	5,0	"	1	"
		14 ч. 50 м.	2,1	"	4,5	"	1	"
		14 ч. 55 м.	3,0	"	3,9	"	1	"
		15 ч. 00 м.	3,5	ЮЮВ	3,4	ЮЮВ	1	ЮЮВ
		15 ч. 05 м.	4,1	ВЮВ	4,5	ВЮВ	1	ВЮВ
		15 ч. 10 м.	2,7	ВЮВ	2,8	"	1	"
		16 ч. 40 м.	5,5	ЮВ	8,3	ЮВ	2	ЮВ
		16 ч. 45 м.	5,5	ЮВ	7,5	"	2	ЮВ
		16 ч. 50 м.	4,1	"	6,5	"	2	"
		16 ч. 55 м.	3,7	"	5,5	"	1	"
2	Семеновка 30. VIII. 57 г.	13 ч. 00 м.	4,5	"	3,1	ЗСЗ	3	ЗСЗ
		13 ч. 05 м.	4,5	"	4,0	"	3	Ю
		13 ч. 40 м.	2,3	Ю	1,7	Ю	1	Ю
		13 ч. 45 м.	2,8	ЮЮВ	3,3	ВЮВ	1	ВЮВ
		13 ч. 50 м.	4,5	ЮВ	3,2	ЮВ	2	ЮВ
		13 ч. 55 м.	5,5	ЮВ	2,6	ЮВ	2	ЮВ
		14 ч. 00 м.	7,0	ЮВ	3,5	ЮВ	3	ЮВ
		14 ч. 05 м.	6,0	ЮЮВ	2,3	ЮЮВ	1	ЮЮВ
		14 ч. 10 м.	7,0	ЮЮВ	3,2	ЮЮВ	1	ЮЮВ

Такое положение наблюдается на всех метеорологических станциях. Следовательно, при определении коэффициента защищенности необходимо учитывать направления ветра за многолетний период, по данным УГМС Армянской ССР.

На основании полученных материалов, можно определить для каждой метеостанции коэффициент защищенности (K).

Коэффициент защищенности можно было бы получить путем вывода разницы средней измеряемой величины показаний флюгера и величины скорости ветра в тех пунктах, где средняя величина последней более высока. В этом случае получится высокий коэффициент защищенности. Но так как при установке ветродвигателя приходится иногда использовать также места, которые имеют относительную защищенность, коэффициент защищенности следует определять следующим образом.

Среднесуточные величины скоростей ветра всех пунктов, замеренные на открытых местах в районе метеостанции, суммируются, затем сумма эта делится на число замеренных пунктов. Таким образом получается средняя величина скоростей ветра, замеренных на открытых площадках в районе метеостанций. Далее эта величина делится на величину среднесуточной скорости ветра, замеренной флюгером метеостанции, что дает коэффициент защищенности данной метеорологической станции.

После соответствующей поправки среднегодовой скорости ветра за многолетие на степень защищенности по некоторым исследуемым метеостанциям можно прийти к выводу, что в горных районах имеются высокие скорости ветра, которые могут быть использованы в энергетике (табл. 3).

Таблица 3

№ п/п	Наименование метеорологических станций	Средняя многолетняя скорость ветра в *м/сек.* (1936—1957 гг.) по данным УГМС	Коэффициент защищенности (*K*)	Средняя многолетняя скорость ветра (1936—1957 гг.) с учетом коэффициента защищенности (*K*).
1	Мартуни	2,9	3	8,7
2	Фонтан	3,4	3	10,2
3	Горис	1,6	8	12,8
4	П-ов Севан	4,2	3	12,6
5	Базарчай	2,2	3,7	8,1
6	Яных	3,8	2,5	9,5
	Средняя	3,0		10,3

Эти данные одновременно показывают, что не во всех случаях можно использовать классификацию Подтягина о классе открытости станций, так как в этой классификации не учтен сложный рельеф местности, особенно расположение гор вокруг метеостанций, вследствие чего полученные данные, по Подтягину, могут оказаться значительно заниженными. В связи с этим для условий горных районов необходимо разработать новую классификацию о классе открытости метеостанций, где должно быть учтено расположение гор, их высота и сложный рельеф местности.

Выводы: 1. Метеорологические станции горных районов Армении в основном расположены на защищенных от ветра местах.

вследствие этого показания флюгеров искажены и их нельзя использовать для ветроэнергетических расчетов.

2. В связи с защищенностью метеостанций, показания флюгеров занижены в среднем в три-четыре раза против данных, замеренных на открытых местах в районе метеостанции.

3. В условиях горных районов требуется определить для каждой метеостанции коэффициент защищенности и разработать новую классификацию класса открытости метеостанции, где должен учитываться сложный рельеф местности, расположение окружающих гор и их высоты.

Совет по изучению производительных сил
Академии наук Армянской ССР

Ս. Ե. ՀԱԿՈԲՅԱՆ

Հայաստանում քամու իրական էներգիայի ռեսուրսների մասին

Որպեսզի ունենանք վստահելի տվյալներ քամու ռեժիմի վերաբերյալ, անհրաժեշտ է ունենալ սիստեմատիկ դիտումներ քամու էլեկտրակայանի կառուցման վայրում: Բայց գործնականում այդպիսի տվյալների բացակայության պատճառով օգտվում են մոտակա օդերևութաբանական կայանի դիտումներից, որոնք էներգետիկ հաշվումների համար պիտանի չեն:

Օդերևութաբանական կայանները Հայաստանի լեռնային շրջաններում ծածկված են արհեստական և բնական արգելքներով, որոնց շնորհիվ կայանում կատարվող չափումները մեծ չափով փոքրացված են:

Հոդվածում քննության է առնված քամու իրական ռեսուրսների չափը կախված օդերևութաբանական կայանի բացվածության դասից: Աշխատանքը կատարված է ելնելով ԱՈՒՍԽ-ի կողմից քամու էներգիայի օգտագործման կապակցությամբ 1957 թ. կազմակերպված էքսպեդիցիոն նյութերից:

Քամու ռեսուրսների ուսումնասիրությունը ցույց է տալիս, որ Հայաստանի լեռնային շրջաններում քամու էական արագությունն օդերևութաբանական կայանի շրջակայքի բաց մասերում միջին հաշվով 3—4 և ավելի անգամ գերազանցում է օդերևութաբանական կայանում գրանցված քամու արագության մեծություններից: Այդ հանգամանքը ցույց է տալիս, որ Հայաստանի լեռնային շրջաններն օժտված են քամու էներգետիկ ռեսուրսներով և քամու էներգետիկայի զարգացման համար կան մեծ հեռանկարներ:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *И. Д. Керсновский.* О направлении и силе ветра в Российской империи. 1895. Записки АН, т. 2, № 1. [2] *М. М. Поморцев.* О законе распределения скоростей ветра. Географическое распределение силы ветра. Записки по гидрографии, 15, 1894. [3] *Н. В. Красовский.* Как использовать энергию ветра. М., 1936. [4] *М. Е. Подтягин.* Математический анализ измерений ветра. Геофизика, т. V, вып. 1, 1935. [5] *С. А. Сапожникова.* Изменение скорости ветра с высотой в нижнем слое воздуха. Л., 1946. [6] *Н. Г. Романенко.* Труды Кишиневского сельскохозяйственного института им. М. В. Фрунзе, т. 17. Кишинев, 1956.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

XXVII 1958 3

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

В. М. Тараян, чл.-корр. АН Армянской ССР, и Л. Г. Мушегян

Новый метод разделения рения и молибдена

(Представлено 20.V.1958)

Наиболее распространенный, и не утративший до настоящего времени своего значения метод колориметрического определения рения основан на образовании окрашенного рений-роданидного комплексного соединения. Кроме этого метода, Полуэктовым ([1]) был разработан отличающийся высокой чувствительностью непрямой каталитический метод колориметрического определения рения. В обоих случаях молибден мешает определению и его следует предварительно отделить от рения.

Известны различные методы отделения рения от молибдена. Эти методы основаны: 1) на летучести семивалентного рения, 2) осаждении молибдена органическими и неорганическими реагентами, 3) экстрагировании соединений молибдена или рения органическими растворителями, 4) хроматографическом разделении.

Почти все перечисленные методы разделения рения и молибдена кропотливы, длительны и не всегда обеспечивают полноту разделения. Наилучшие результаты достигаются методом Гофмана и Лендя ([2]).

Однако многократное экстрагирование роданидного комплекса молибдена и употребление металлической ртути в качестве восстановителя сильно ограничивают применение этого метода. Поэтому разработка более простого и быстрого метода разделения молибдена и рения представляет несомненный интерес.

Ранее ([3]) при потенциометрическом титровании перрената меркуронерхлоратом, согласно реакции

$$2ReO_4^- + 3Hg_2^{2+} + 16H^+ = 2Re^{4+} + 6Hg^{2+} + 8H_2O$$

нам пришлось убедиться в том, что перренат в сернокислой среде, в отличие от солянокислой, меркуросолями не восстанавливается. Наоборот, восстановление молибдата меркуросолями, согласно уравнению

$$2MoO_2^{2+} + Hg_2^{2+} + 4H^+ = 2MoO^{3+} + 2Hg^{2+} + 2H_2O$$

с легкостью осуществляется в 0,5—1,0 н растворе серной кислоты ([4]). Отмеченную разницу в поведении перрената и молибдата в про-

цессе их восстановления меркуросолями, было решено использовать для предварительного отделения молибдена от рения. С этой целью было исследовано влияние концентрации серной кислоты на процесс восстановления молибдата и перрената. Для этого определенное количество молибдата (100 γ Mo) восстанавливалось в присутствии роданида и серной кислоты. Концентрация последней от опыта к опыту повышалась. Восстановление осуществлялось 0,1 н раствором меркуронитрата (3—5 капель). Образовавшийся молибден-роданидный комплекс экстрагировался этиловым эфиром. Затем определялась оптическая плотность эфирной вытяжки. Результаты приведены на рис. 1 (кривая I).

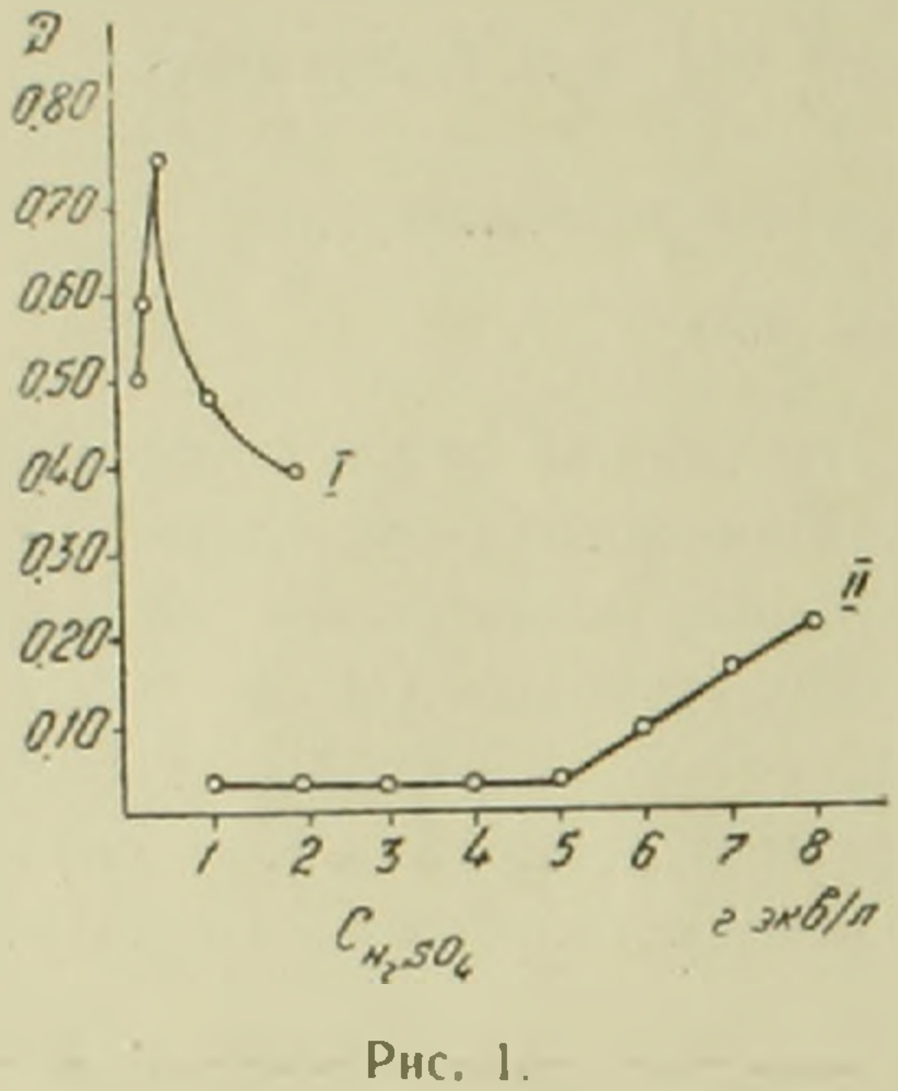


Рис. 1.

Из приведенной кривой видно, что процесс восстановления молибдата имеет место даже при сравнительно низкой концентрации серной кислоты. При этом максимальная оптическая плотность достигается при 0,5 н концентрации серной кислоты, после чего наблюдается понижение оптической плотности раствора, содержащего молибден-роданидный комплекс. Последнее, по-видимому, наблюдается в связи с выцветанием указанного окрашенного соединения.

Аналогичные опыты были поставлены и с растворами перрената (20 γ) при этом оказалось, что восстановление перрената меркуронитратом в присутствии роданида начинается в растворах, где концентрация серной кислоты превышает 5 н (кривая II на рис. 1).

Следующая серия опытов была поставлена со смесью, содержащей одновременно молибдат и перренат. К указанной смеси добавлялась серная кислота с таким расчетом, чтобы создать 2 н ее концентрацию, что имело целью обеспечить полноту восстановления молибдата. По добавлении раствора роданида калия и 3—5 капель 0,1 н раствора меркуронитрата образовавшееся молибден-роданидное окрашенное соединение извлекалось этиловым эфиром. Двух-трехкратного экстрагирования вполне достаточно для полного отделения молибдена от рения. Затем находящийся в водном слое рений, после добавления 8—10 *мл* соляной кислоты, восстанавливается хлоридом двухвалентного олова. Образовавшийся вследствие этого рений-роданидный комплекс извлекался через 10 минут нормальным бутиловым спиртом и оптическая плотность этого раствора измерялась на фотометре Пульфриха при длине волны 428 *mμ*. Для построения калибровочной кривой был использован раствор чистого перрената, который пропускался через все вышеупомянутые стадии обра-

ботки, аналогично раствору, содержащему одновременно перренат и молибдат.

Результаты приведены в табл. 1.

Следует отметить, что применением раствора хлорида двухвалентного олова, приготовленным растворением его в серной кислоте. разделить молибден и рений не удалось, так как хлористое олово восстанавливает перренат (в отсутствии соляной кислоты) уже при низких концентрациях серной кислоты. Вышеописанное действие

Таблица 1

Взято b_j		D по калибровочной кривой	D испытуемого раствора после отделения молибдена	Примечания
Re	Mo			
1	200	0,04	0,05	Измерения производились в 3-сантиметровой кювете
3	200	0,09	0,09	
5	200	0,12	0,12	
8	200	0,19	0,20	
10	200	0,24	0,24	
10	200	0,14	0,15	Измерения производились в 2-сантиметровой кювете
20	200	0,33	0,32	
30	200	0,51	0,50	
40	200	0,73	0,72	
50	200	0,89	0,89	
8	1000	0,19	0.20	Измерения производились в 3-сантиметровой кювете
5	1000	0,12	0,13	

меркуронитрата, вызывающее дробное восстановление молибдата в присутствии перрената, в первую очередь следует объяснить отсутствием ионов хлора, необходимых для образования комплексной хлоренистой кислоты H_2ReCl_6, возникновение которой ускоряет процесс восстановления перрената до четырехвалентного рения.

В растворах с высокой концентрацией серной кислоты восстановление перрената происходит за счет сероводорода, который образуется в сильно кислых растворах в соответствии с уравнениями

$$KCNS + 2H_2SO_4 + H_2O = KHSO_4 + NH_4HSO_4 + COS,$$

$$COS + H_2O = CO_2 + H_2S.$$

Таким образом, предложенный метод отделения рения и молибдена чрезвычайно прост, быстро выполним и по точности не уступает методу Гофмана и Ленделя.

Институт геологических наук
Академии наук Армянской ССР

Վ. Ս. ՔԱՌԱՅԱՆ ԵՎ Լ. Գ. ՄՈՒՇԵՂՅԱՆ

Ինդիումի և մոլիբդենի բաժանման նոր եղանակ

Ինդիումի կոլորիմետրիկ որոշման խոչընդոտում է մոլիբդենի ներկայությունը, այդ պատճառով վերջինս անհրաժեշտ է նախօրոք անջատել:

Ինդիումի և մոլիբդենի բաժանման հայտնի եղած մեթոդները տևական են, ժամանակրկիտ և միշտ չէ, որ ապահովում են բաժանման լրիվությունը:

Ջրածնական քթվի միջավայրում, երբ նրա կոնցենտրացիան 5 N-ից բարձր չէ, ծծմբաջրածինը վերականգնում է միայն մոլիբդենին (VI):

Ռեակցիան բնթանում է հետևյալ սխեմայով՝

$$2MoO_4^{2-} + Hg_2^{2+} + 4H^+ = 2MoO^3 + 2Hg^{2+} + 2H_2O$$

Նշված պայմաններում ռենիումը (VII) չի վերականգնվում:

Պերռենատի և մոլիբդատի վարքի նշված տարբերություններ օգտագործվել է ռենիումի և մոլիբդենի բաժանման համար:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Н. С. Полуэктов*, ЖПХ, 14, 695 (1941). [2] *Д. И. Гофман* и *Г. Э. Хендель*. J. Research. NBS. 23. 497 (1939). [3] *В. М. Тараян* и *Е. Н. Овсепян*, ДАН АрмССР. т. XXV, № 1 (1957). [4] *В. М. Тараян* и *Е. Н. Овсепян*, „Заводская лаборатория", XVII, № 5, 527, (1951)

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 3

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. Л. Миджоян, академик АН Армянской ССР, В. Г. Африкян, В. Е. Бадалян, Э. А. Маркарян и Г. А. Хоренян

Исследование в области производных п-алкоксибензойных кислот

Сообщение XV. Синтез аналогов ганглерона

(Представлено 4. VI. 1958)

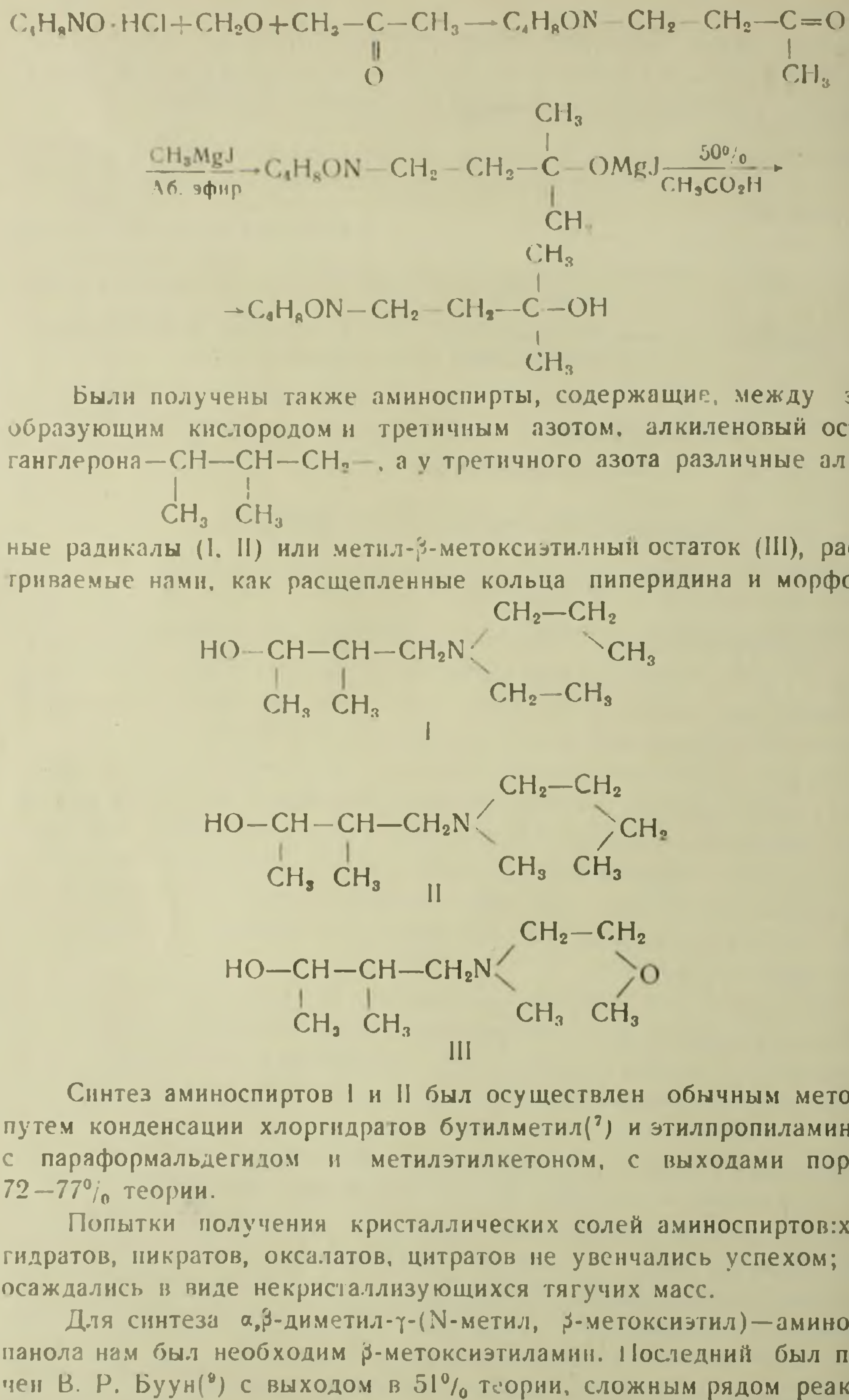
Холинолитическая активность аминоэфиров п-бутоксибензойных кислот (1) и их избирательная способность снимать спазм коронарных сосудов сердца выявила препарат ганглерон, который в настоящее время широко применяется для лечения грудной жабы.

Исследование связи между строением и спазмолитической активностью разветвленных γ-диалкиламинобутиловых и амиловых эфиров п-бутоксибензойных кислот (1) показало, что для кислотной части молекулы наиболее активной структурой является нормальное бутильное и первичноизобутильное строение алкоксирадикала. Для аминоспиртового остатка благоприятной оказалась α, β-диметил-γ-диэтиламинопропиловая структура.

Ввиду того, что клиника располагает сравнительно небольшим количеством избирательно действующих спазмолитиков и, в частности, препаратов для лечения стенокардии, дальнейшие исследования в ряду аминоэфиров п-бутоксибензойных кислот приобретают актуальное значение.

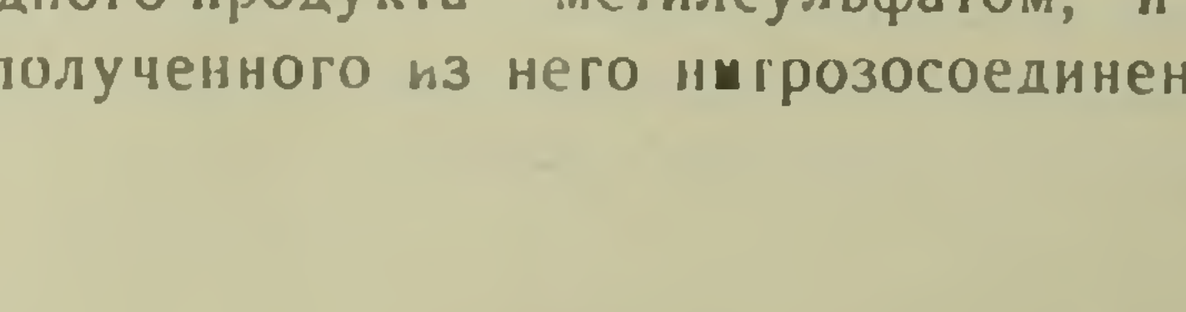
В связи с этим целью настоящей работы является синтез аналогов ганглерона, в которых новым изменениям подвергнута аминоспиртовая часть молекулы. При этом для проверки влияния циклически связанного азота на ганглиоблокирующую активность аналогов ганглерона синтезированы описанными ранее методами α-метил([2]), α,α-диметил([2]), α,β-диметил([2]) и β,β-диметил([3])-γ-(N-пиперидино)-пропанолы.

Для выяснения вопроса, как изменяются спазмолитические свойства соединений при замене пиперидинового кольца морфолиновым, были синтезированы соответствующие α-метил([4]), α,α-диметил, α,β-диметил([5]), β,β-диметил([6])-γ-(N-морфолино)-пропанолы. Из них α,α-диметилпроизводное получено нами по схеме—

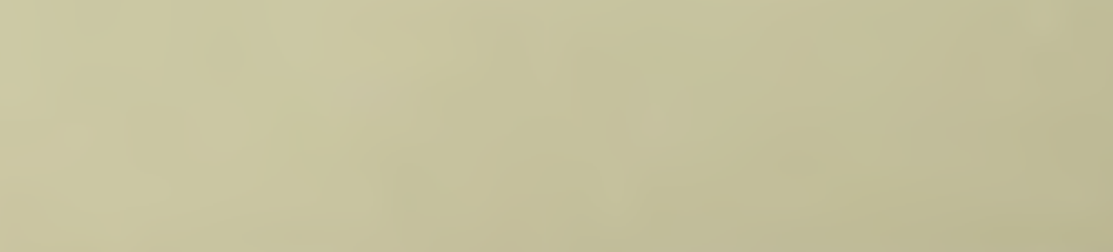


Были получены также аминоспирты, содержащие, между эфирообразующим кислородом и третичным азотом, алкиленовый остаток ганглерона $-CH(CH_3)-CH(CH_3)-CH_2-$, а у третичного азота различные алкильные радикалы (I, II) или метил-β-метоксиэтилный остаток (III), рассматриваемые нами, как расщепленные кольца пиперидина и морфолина

I



II



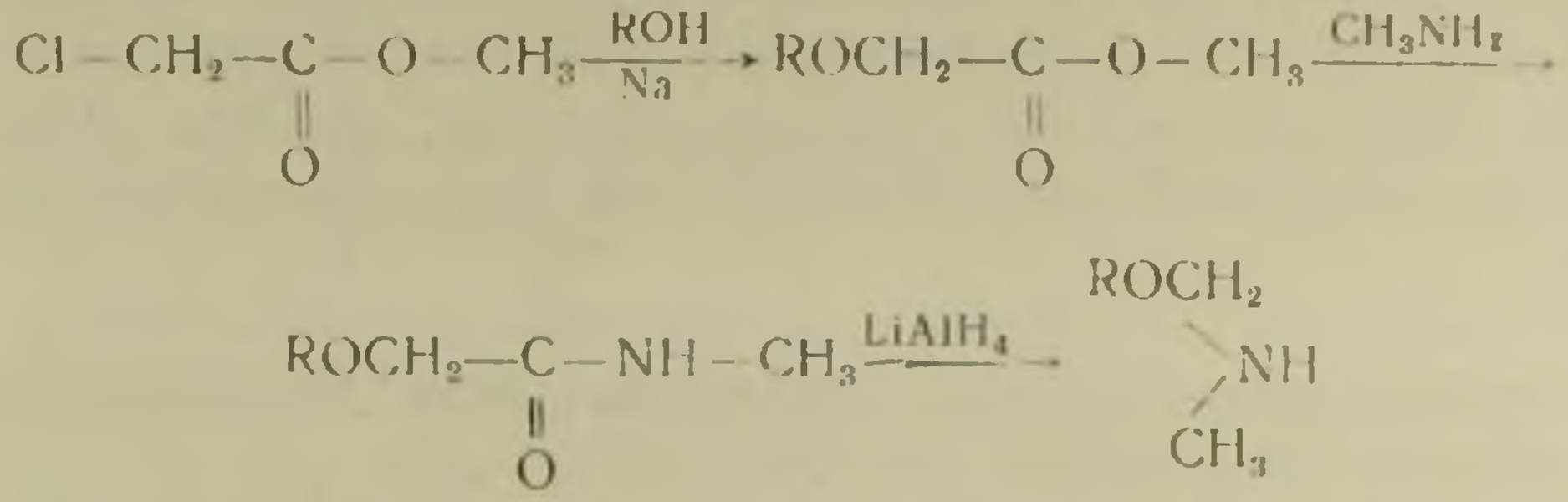
III

Синтез аминоспиртов I и II был осуществлен обычным методом, путем конденсации хлоргидратов бутилметил([7]) и этилпропиламинов([8]) с параформальдегидом и метилэтилкетоном, с выходами порядка 72—77% теории.

Попытки получения кристаллических солей аминоспиртов:хлоргидратов, пикратов, оксалатов, цитратов не увенчались успехом; соли осаждались в виде некристаллизующихся тягучих масс.

Для синтеза α,β-диметил-γ-(N-метил, β-метоксиэтил)—аминопропанола нам был необходим β-метоксиэтиламин. Последний был получен В. Р. Буун([9]) с выходом в 51% теории, сложным рядом реакций, из малодоступного метил-2-оксиэтиланилина, с последующим метилированием исходного продукта —метилсульфатом, и далее щелочным расщеплением полученного из него нитрозосоединения.

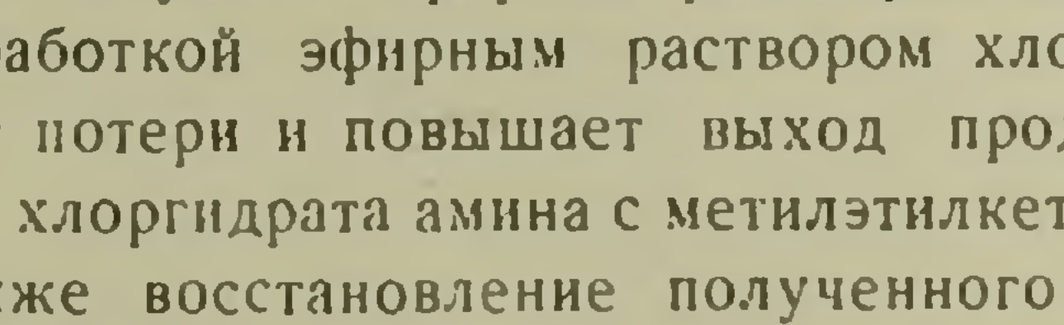
Для метил, β-метоксиэтиламина и такого типа соединений нами был разработан простой и доступный путь синтеза.



Вначале мы исходили из этилового эфира хлоруксусной кислоты, но в этом случае, ввиду имевшей место частичной переэстерификации, выход этилового эфира метоксиуксусной кислоты не превышал 37—38% теории. Применение метилового эфира хлоруксусной кислоты позволило повысить выход метоксипроизводного до 48—50% теории. Попытки получения метиламида путем конденсации хлорангидрида кислоты с метиламином не дали хороших результатов. Выход метоксиуксусной кислоты и ее хлорангидрида доходил до 13 и 53% соответственно. Поэтому мы избрали второй путь—конденсацию метилового эфира этой кислоты с метиламином, растворенным в метаноле, в автоклаве при 120—140° температуры. Использование метанолового раствора амина против обычно применяемого бензольного уменьшило объем реакционной смеси и увеличило выход на 8—10%. Восстановление амида метоксиуксусной кислоты проведено алюмогидридом лития, что обеспечивает чистоту и хороший выход амина по сравнению с прочими способами восстановления. Полученный в данном случае недостаточно высокий выход (71, 3%) объясняется очень большой летучестью продукта. Целесообразно после восстановления амида, разложения остатков алюмогидрида лития и удаления гидратов окисей алюминия и лития высушить эфирный раствор амина и перевести его в хлоргидрат обработкой эфирным раствором хлористого водорода; это предотвращает потери и повышает выход продукта до 80—82%.

Конденсация хлоргидрата амина с метилэтилкетоном и параформальдегидом, а также восстановление полученного аминокетона 2% амальгамой натрия до спирта, проходит гладко, без отклонений от принятых для аминоспиртов способов, с выходом 74, 8%.

Данные литературы о том, что замена кислорода на двухвалентную серу, в физиологически активных соединениях, зачастую повышает избирательный характер их действия, побудили нас синтезировать аминоспирт (IV) с разомкнутым кольцом тетрагидротиазина



IV

Синтез этого серусодержащего аналога проведен по схеме, данной для метил, β-метоксиэтилпроизводного. Метил,-β-метилмеркаптоэтиламин получен нами впервые через метиловый эфир метилмеркаптоуксусной кислоты и конденсирован с формальдегидом, метилэтилкетоном обычным методом. Следует отметить, что нам не удалось получить кристаллические соли и этого серусодержащего аминоспирта.

В результате синтезировано четыре промежуточных аминокетона и пять аминоспиртов, впервые описываемых нами. Некоторые данные о полученных соединениях сведены в табл. 1 и 2.

На рисунках 1—5 приведены спектры поглощения пяти амино-

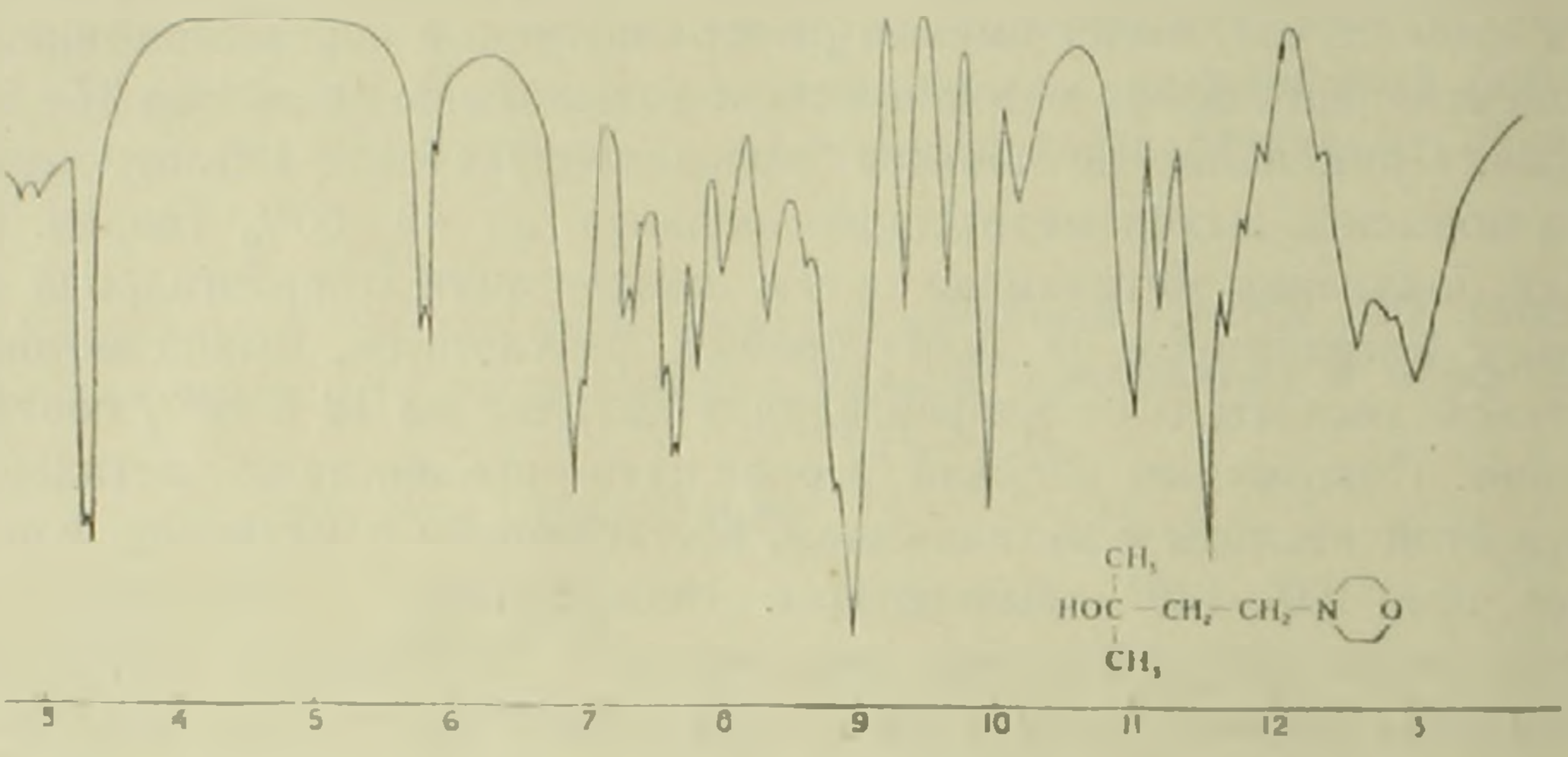


Рис. 1.

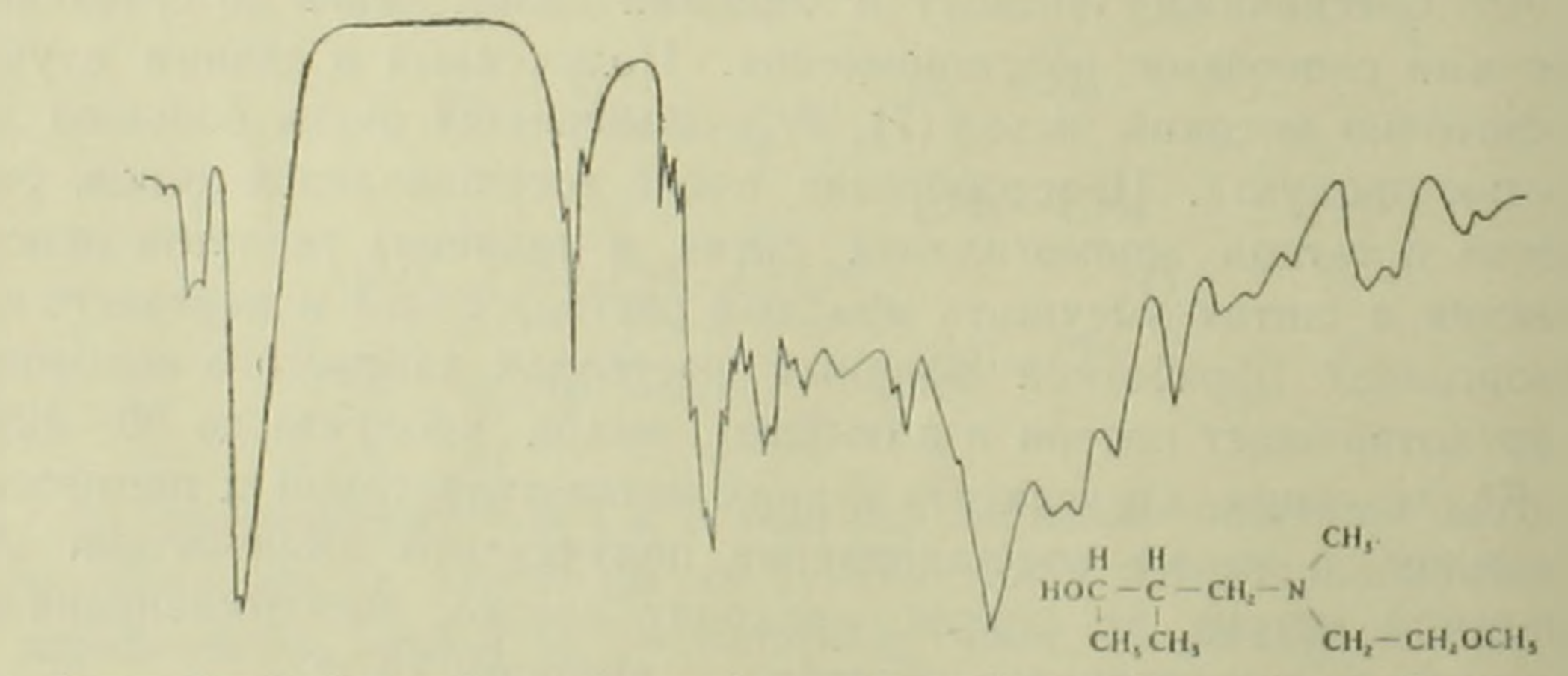


Рис. 2.

спиртов в инфракрасной области, снятые сотрудником отдела физических констант нашего института Л. В. Хажакяном.

Эстерификацией аминоспиртов хлорангидридами п-бутокси и первичноизобутоксибензойных кислот получено 24 аминоэфира, формулы и физико-химические свойства которых приведены в табл. 3 и 4.

Растворимые в воде соли аминоэфиров, приготовленные с целью испытаний биологических свойств, в большинстве своем, представляют собой некристаллизующиеся тягучие массы; в таблице приведены тем-

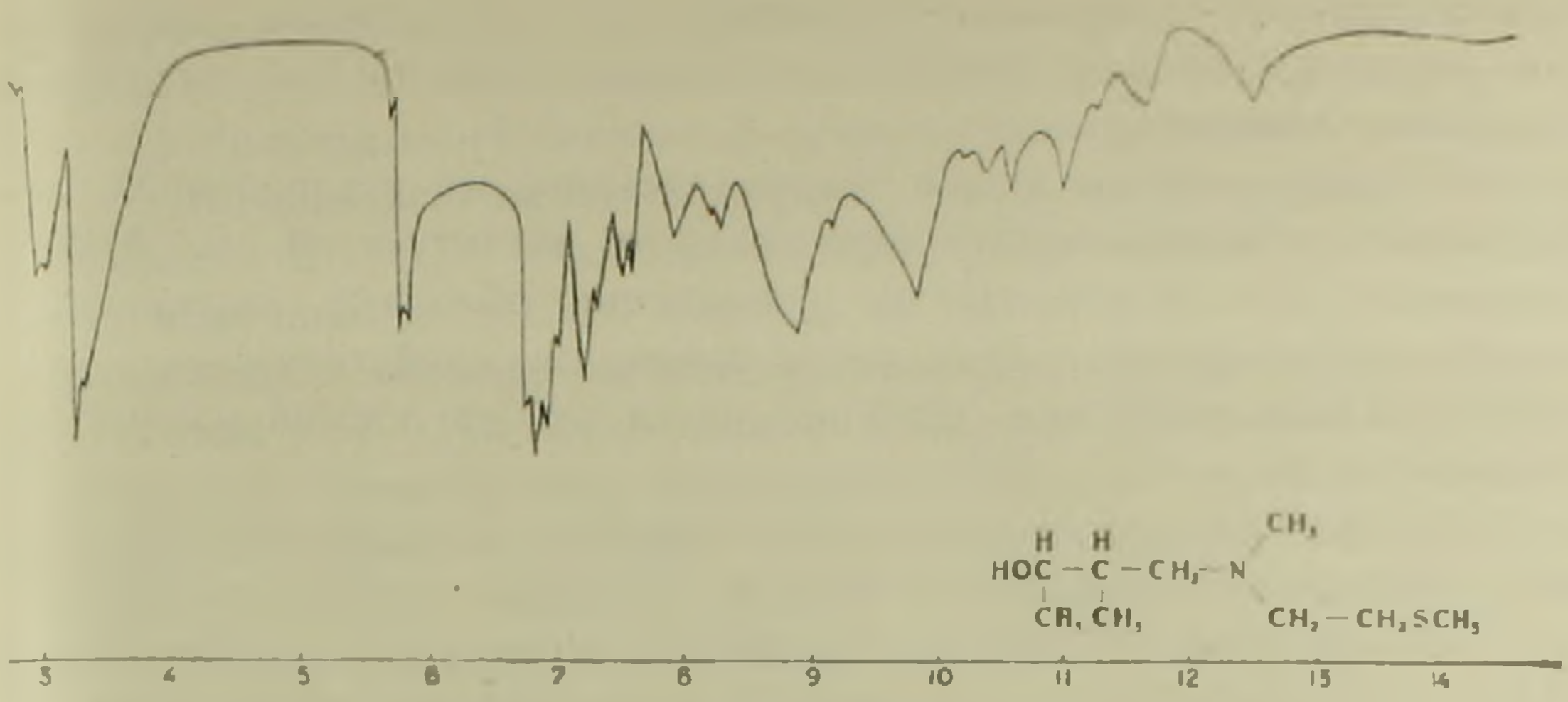


Рис. 3.

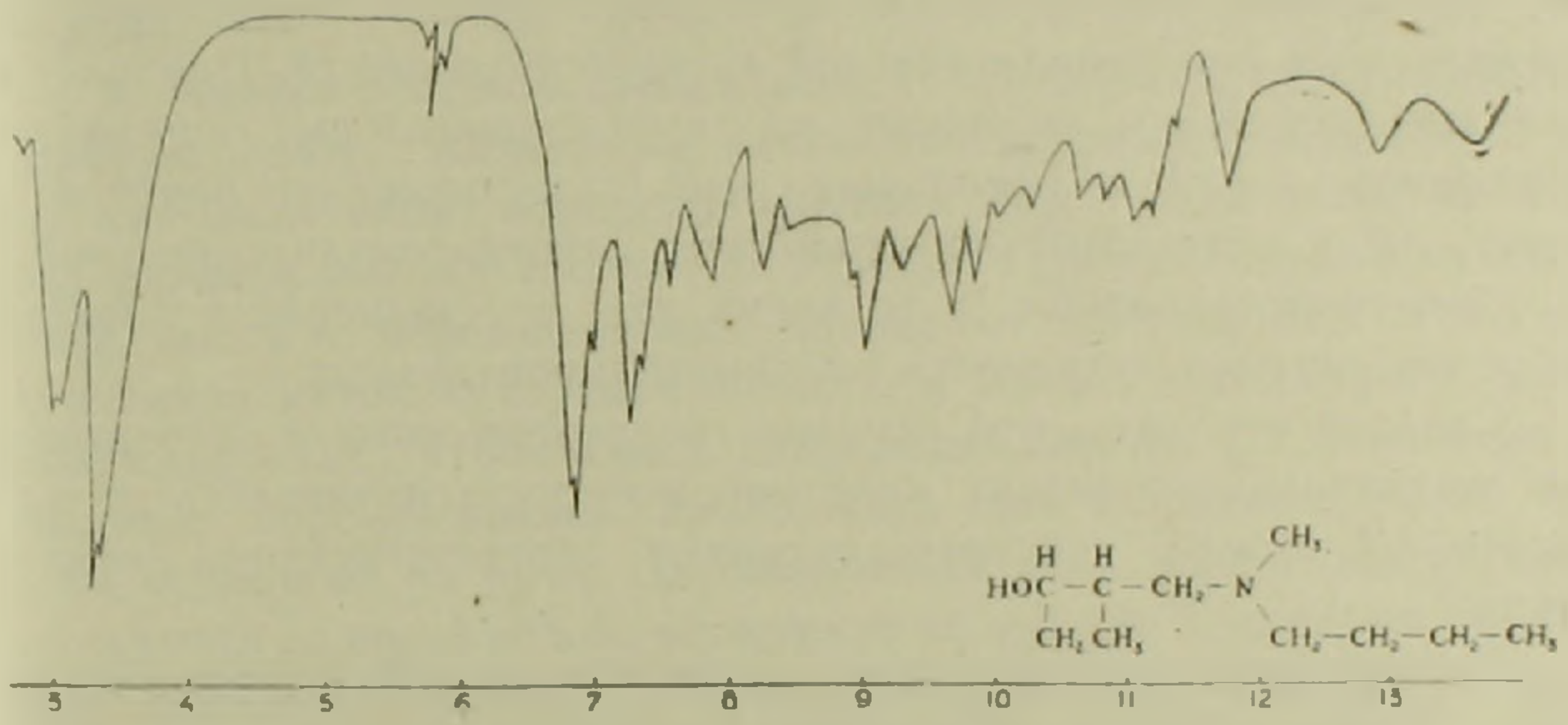


Рис. 4.

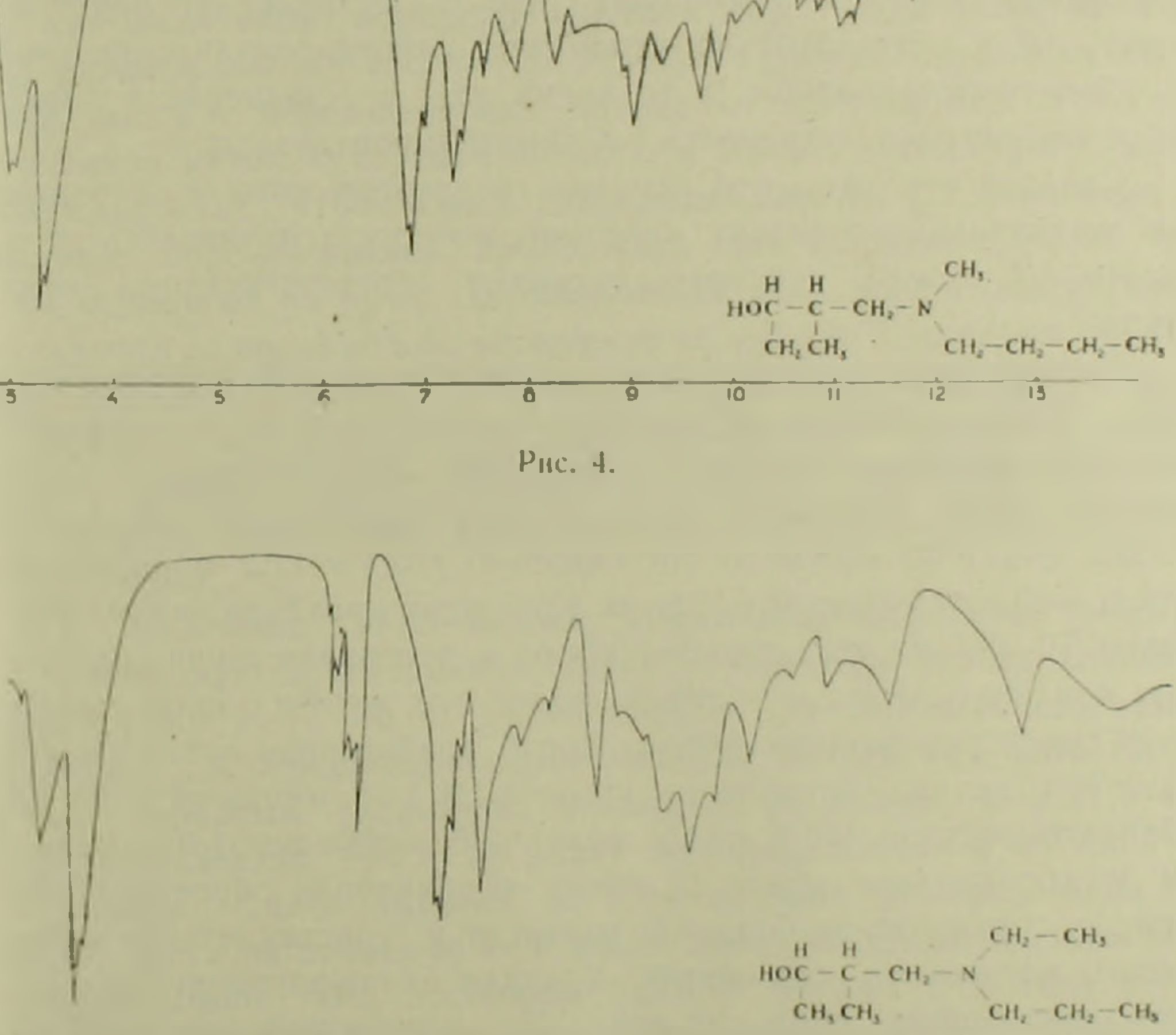


Рис. 5.

пературы плавления солей, которые нам удалось выкристаллизовать. Для остальных приготовлены водные растворы.

В экспериментальной части описывается способ получения

α,α-диметил-γ-(N-морфолино)-пропанола и α,β-диметил-γ-(N-метил, β-метоксиэтил)-аминопропанола, по примеру которых синтезированы остальные аминоспирты.

Предварительные данные фармакологических исследований, проведенные в отделе фармакологии нашего института Н. Е. Акопян, свидетельствуют о том, что все соединения обладают выраженными никотинолитическими и ганглиоблокирующими свойствами.

Никотинолитическое действие изучалось на прямой мышце живота лягушки.

По силе действия пиперидинопроизводные сильнее соответствующих морфолинопроизводных. Разрыв пиперидинового и морфолинового кольца повышает активность, причем в этом случае также аминоэфиры с разомкнутым пиперидиновым кольцом более эффективны. Замена кислорода на серу не приводит к закономерным сдвигам в сторону повышения. Расположение метильных групп в алкиленовой цепи отражается на никотинолитической активности веществ. Наиболее выраженным действием обладают α,β-диметилпропиловые производные, перемещение одной из метильных групп в α-положение почти не изменяет, либо незначительно усиливает никотинолитические свойства в α,α-диметилпроизводных, в то время как перемещение в β-положение резко снижает активность β,β-диметилпроизводных.

Следует отметить, что перевод третичного азота в четвертичную соль значительно усиливает никотинолитическую активность и хлоргидраты по своему действию уступают соответствующим иодалкилатам.

Экспериментальная часть. α,α-диметил-γ-(N-морфолино)-пропанол. В двухлитровую круглодонную трехгорлую колбу, снабженную мешалкой, капельной воронкой и обратным холодильником с хлоркальциевой трубкой, помещают 29, 2 *г* (1,2 моля) магниевой стружки, кристаллик иода и 50 *мл* смеси, состоящей из 170,4 *г* (1,2 моля) иодистого метила и 50 *мл* абсолютного эфира. Как только реакция начинается приливают 70—80 *мл* абсолютного эфира и, при охлаждении водой, начинают приливать остаток раствора иодистого метила с такой скоростью, чтобы смесь равномерно кипела. После прибавления всего количества иодистого метила осторожно пускают в ход мешалку и по каплям добавляют раствор 188,4 *г* (1,2 моля) γ-(N-морфолино)-бутанона-2(⁴) в 200 мл абсолютного эфира. К концу прибавления смеси мешалка работает с трудом из-за большой вязкости и кристаллизации промежуточного магниевого соединения. Удаляют охлаждающую баню и оставляют реакционную смесь на ночь. На следующий день, при охлаждении колбы водой, разлагают соль 500 *мл* 50% уксусной кислоты, насыщают едким калием и подвергают смесь непрерывной экстракции. Эфирный экстракт сушат над прокаленным сульфатом натрия, отгоня-

ют растворитель и остаток перегоняют в вакууме, собирая фракцию, кипящую при 107—112°/70 *мм*. Выход 88,2 *г*, или 42,5% теории.

α,β-диметил-γ-(N-метил, β-метоксиэтил)-аминопропанол.

1. *Метиламид метоксиуксусной кислоты.* В литровый автоклав помещают 104 *г* (1 моль) метилового эфира метоксиуксусной кислоты, полученного, в свою очередь, из метилового эфира хлоруксусной кислоты и метилата натрия, и приливают раствор 34.1 *г* (1,1 моля) метиламина в 90—100 *мл* метанола. Содержимое автоклава нагревают в течение 6—8 часов при температуре 120—140°; после охлаждения фильтруют, отгоняют растворитель и остаток перегоняют в вакууме, собирая фракцию, кипящую при 109—111°/28 *мм*. Выход 86,0 *г*, или 83,5% теории. Найдено %: C—46,81; H—9,03; N—13,31;

$C_4H_9NO_2$. Вычислено %: C—46,60; H—8,80;

N—13,58; d_4^{20}—1,0565, n_D^{20}—1,4430; MR_D найдено 25,88, вычислено 25,93.

2. *Метил-β-метоксиэтиламин.* В трехгорлую круглодонную 1,5 литровую колбу, снабженную мешалкой, капельной воронкой и мощным холодильником, помещают раствор 28,5 *г* (0,75 моля) алюмогидрида лития в 600 *мл* абсолютного эфира. При охлаждении колбы ледяной водой и перемешивании приливают раствор 51,6 *г* (0,5 моля) метиламида метоксиуксусной кислоты в 200 *мл* абсолютного эфира с такой скоростью, чтобы смесь равномерно кипела. По окончании прибавления, перемешивание продолжают еще в течение одного часа и затем оставляют на ночь. На следующий день, при перемешивании и охлаждении ледяной водой, осторожно по каплям приливают 50—60 *мл* воды. Осадок отсасывают и тщательно промывают эфиром. Соединенные эфирные экстракты сушат над прокаленным сульфатом натрия и фракционируют из колбы Кляйзена с мощным дефлегматором. Фракция, кипящая при 85—90°, представляет собой амин. Выход 31,8 *г*, или 71,3% теории.

3. *3-метил, 4-(N-метил, β-метоксиэтил)-аминобутанон-2.* В 0,75 литровую круглодонную колбу с обратным холодильником помещают 125,6 *г* (1 моль) солянокислого метил-β-метоксиэтиламина, полученного в реакционной колбе взаимодействием эфирного раствора амина с эфирным раствором хлористого водорода, 45 *г* (1,5 моля) параформальдегида, 144 *г* (2 моля) метилэтилкетона и 40 *мл* этилового спирта. Смесь кипятят на водяной бане до образования однородного раствора примерно 4—6 часов, дают реакционной смеси остыть и обрабатывают 50% раствором едкого натрия. Отделяют верхний слой, а нижний несколько раз экстрагируют эфиром. Присоединив эфирные экстракты к основному продукту, сушат его над прокаленным сульфатом натрия, отгоняют растворитель и остаток перегоняют в вакууме, собирая фракцию, кипящую при 122—130°/60 *мм*. Выход 123,2 *г*, или 71,2% теории.

4. α,β-диметил-γ-(N-метил, β-метоксиэтил)-аминопропанол. В литровый цилиндр с притертой пробкой помещают 200 мл 50% уксусной кислоты, 34,6 *г* (0,2 моля) 3-метил-4-(N-метил, β-метоксиэтил)-аминобутанона-2 и небольшими порциями вносят 1 *кг* 3% амальгамы натрия. Каждую новую порцию вносят после разложения предыдущей и взбалтывания в течение 2—3 минут. После окончания прибавления отделяют выделившуюся ртуть, а водный слой, при охлаждении водой, насыщают едким калием. Отделив маслянистый слой, водный несколько раз экстрагируют эфиром. Соединенные эфирные экстракты высушивают над прокаленным сульфатом натрия и, отогнав растворитель, фракционируют, собирая фракцию, кипящую при 132—140°/60 *мм*. Выход 26,2 *г*, или 74,8% теории.

Метиламид метилмеркаптоуксусной кислоты. Получают по описанию, данному для метиламида метоксиуксусной кислоты.

Взято в реакцию 1 моль метилового эфира метилмеркаптоуксусной кислоты и 1,1 моля метиламина в 90—100 *мл* метанола. Нагревают в автоклаве при 100—120° в течение 6—8 часов и после соответствующей обработки фракционируют, собирая продукт, кипящий при 146—148°/30 *мм*. Выход 95,8 *г*, или 82,1% теории. Найдено%: C—40,54; H—7,60; N—11,47; S—26,85; C_4H_9NOS. Вычислено%: C—40,30; H—7,61; N—11,75, S—26,99; d_4^{20}—1.1157, n_D^{20}—1.5100;

MR_D найдено —31,95, вычислено —31,99.

Метил,-β-метилмеркаптоэтиламин. Амин получен восстановлением, алюмогидридом лития, метиламида меркаптоуксусной кислоты. Взято в реакцию 0,5 моля амида и 0,75 моля алюмогидрида лития в 600 *мл* абсолютного эфира. После обычной обработки, полученный амин перегоняют при атмосферном давлении из колбы Кляйзена с мощным дефлегматором: т. к. 140—148°. Выход 72,7 *г*, или 69,1% теории. d_4^{20} 0,9455. n_D^{20} 1.4825; MR_D Найдено 31,44, вычислено 31,20.

Ввиду летучести, анализ амина произведен для его хлоргидрата с т. п. 122—123°. Найдено %: C—33,46; H—8,87; N—10,01; S—23,25; Cl—25,08; $C_4H_{12}NSCl$. Вычислено %: C—33,91; H—8,55; N—9,88; S—23,63; Cl—25,02.

Синтез аминокетона и аминоспирта с применением метил,-β-метилмеркаптоэтиламина проведен по описанию, данному для кислородсодержащего аналога.

Аминоэфиры п-бутокси и п-изобутоксибензойных кислот. К 0,1 моля бензольного раствора хлорангидрида кислоты при помешивании приливают бензольный раствор 0,12 моля соответствующего аминоспирта. Смесь нагревают на водяной бане в течение 4 часов, обрабатывают 10% раствором соляной кислоты до кислой реакции на конго, отделяют водный слой, насыщают его поташом, приливают 2—3 *мл* 10% раствора едкого натра и несколько раз экстрагируют эфиром. Соединенные эфирные экстракты высушивают над прокаленным сульфатом натрия, отгоняют растворитель и остаток фракционируют в

CH_3-C-C
‖
O C

R	Выход в %	Температура кипен. в C	Давление в мм	d_4^{20}
$-N\begin{matrix}CH_3\\CH_2-CH_2-O-CH_3\end{matrix}$	71,2	122—130	60	0,9312
$-N\begin{matrix}CH_3\\CH_2-CH_2-S-CH_3\end{matrix}$	78,4	142—150	60	0,9768
$-N\begin{matrix}CH_3\\CH_2-CH_2 \quad CH_2 \quad CH_3\\CH_2 \quad CH_3\end{matrix}$	72,4	92—98	60	0,8531
$-N\begin{matrix}CH_2 \quad CH_3\\CH_2 \quad -CH_2-CH_3\end{matrix}$	72,1	114—116	50	0,8573

Таблица 1

$CH-CH_2R$

CH_3

n_D^{20}	MR_D		Анализ в %							
			C		H		N		S	
	вычис.	найдено	вычис.	найдено	вычис.	найдено	вычис.	найдено	вычис.	найдено
1,4410	48,79	49,41	62,38	62,08	11,05	11,24	8,08	8,06	—	—
1,4800	55,40	55,06	57,10	57,39	10,12	10,17	7,40	7,26	16,93	16,74
1,4340	52,33	52,28	70,12	69,99	12,36	12,39	8,18	8,26	—	—
1,4325	52,33	51,67	70,12	70,05	12,36	12,26	8,18	8,04	—	—

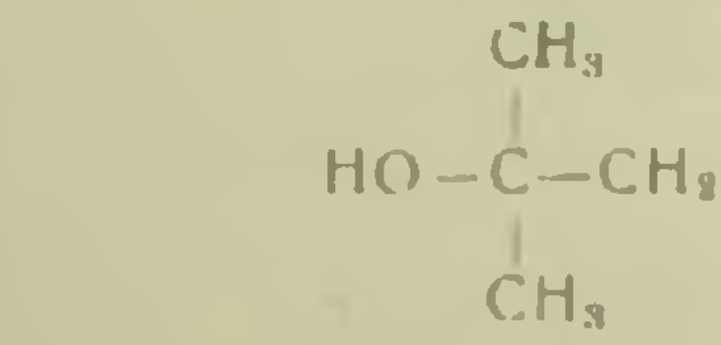
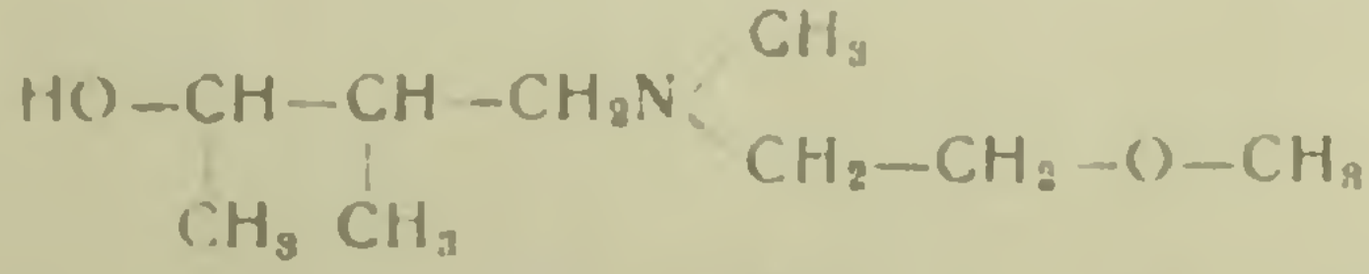
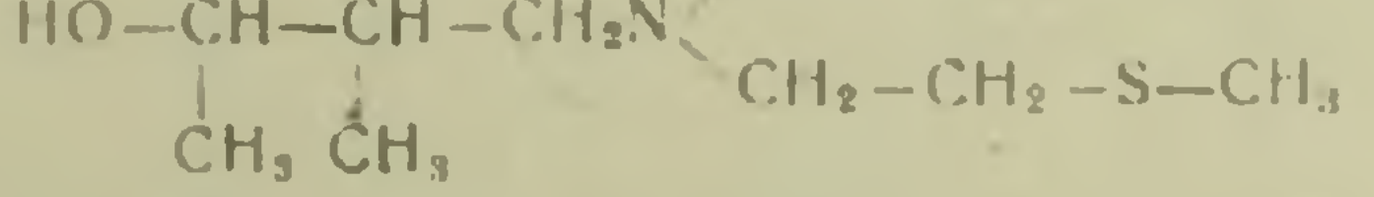
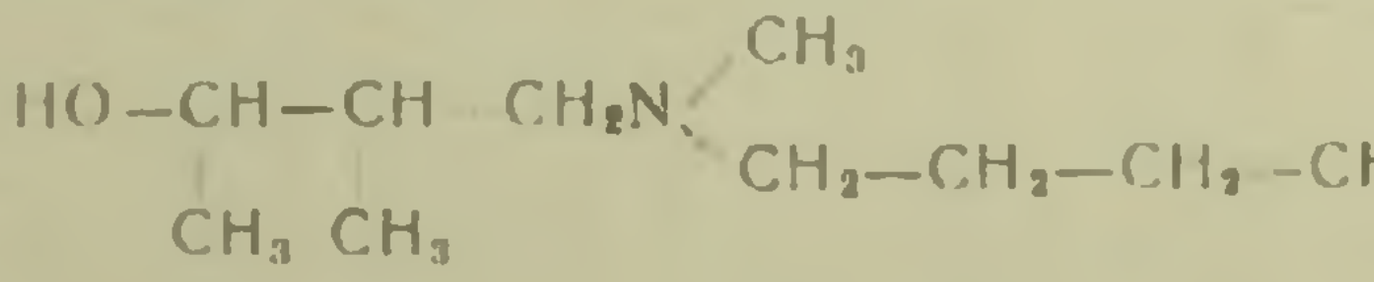
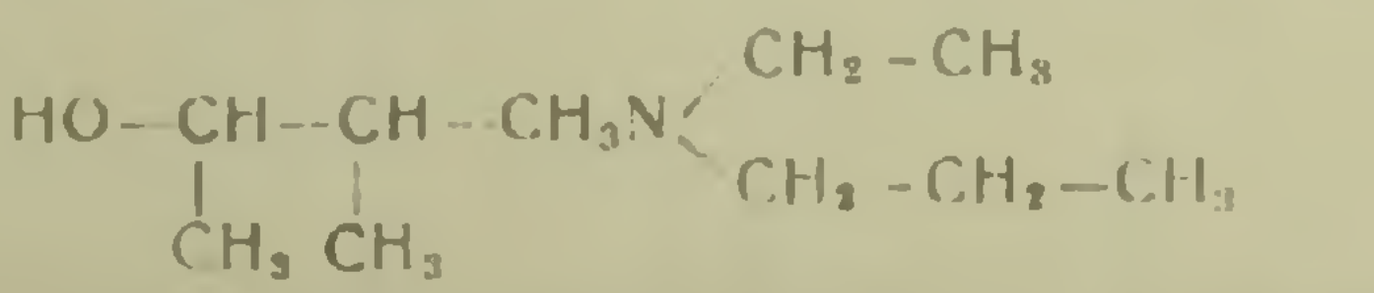
Формула	Выход в %
	42,5
	74,8
	72,3
	72,6
	77,5

Таблица 2

Температура кипения в °C	Давление в мм	d_4^{20}	n_D^{20}	MR_D вычислено	MR_D найдено
107—112	70	0,9522	1,4675	48,57	50,53
132—140	60	0,9287	1,4440	50,87	50,13
145—152	50	0,9680	1,4790	56,92	56,02
130—138	60	0,8575	1,4400	53,84	53,26
128—130	50	0,8650	1,4400	53,84	52,80

Таблица 2 (продолжение)

Анализ в %												
C		H		N		S		OH		Cl		Температура плавления хлоргидратов
вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено	
62,38	62,36	11,05	10,88	8,08	8,32	—	—	9,81	7,24	16,90	16,67	181—182
61,67	61,96	12,07	12,03	7,99	7,78	—	—	9,71	8,77	—	—	—
56,53	56,30	11,07	11,14	7,32	7,06	16,76	16,61	8,89	8,60	—	—	—
69,31	69,06	13,37	13,33	8,08	8,08	—	—	9,81	11,13	—	—	—
69,31	69,59	13,37	13,15	8,08	8,06	—	—	9,81	11,11	—	—	—

$CH_3(CH_2)_3O$

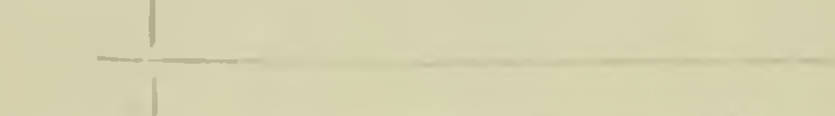
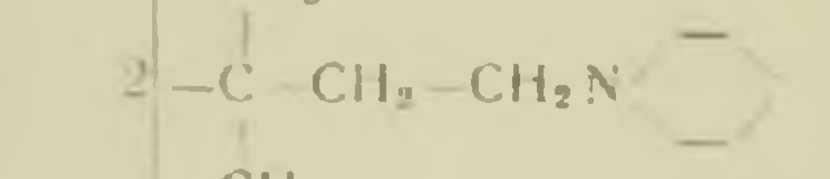
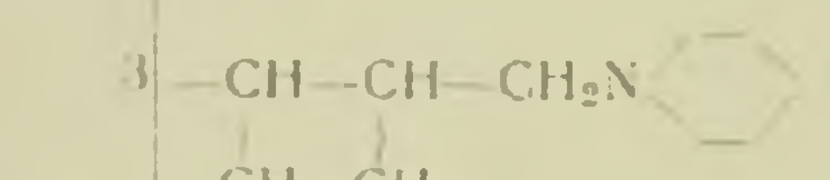
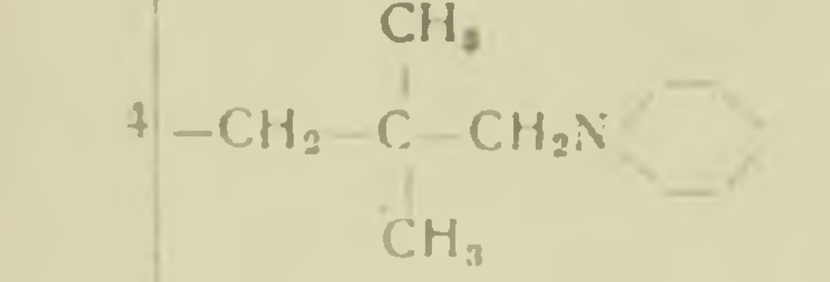
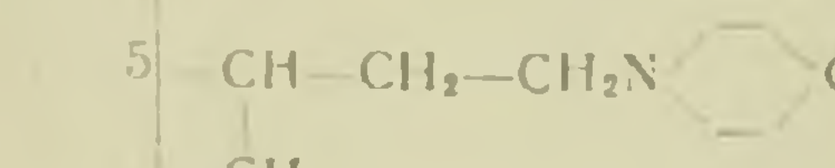
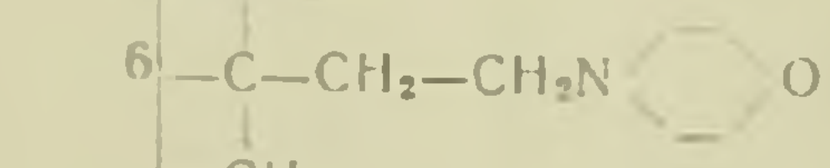
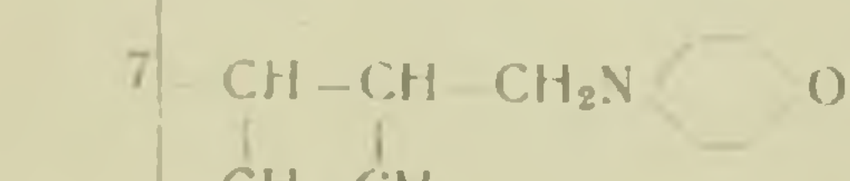
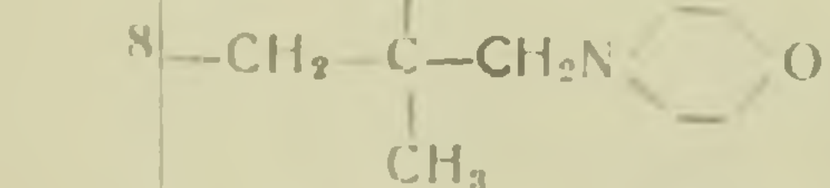
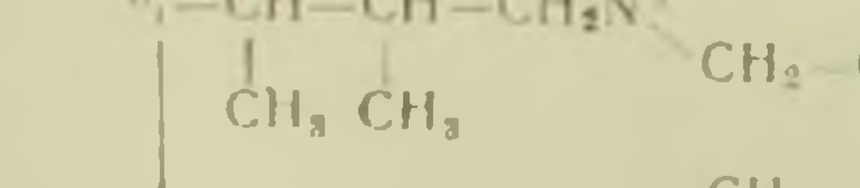
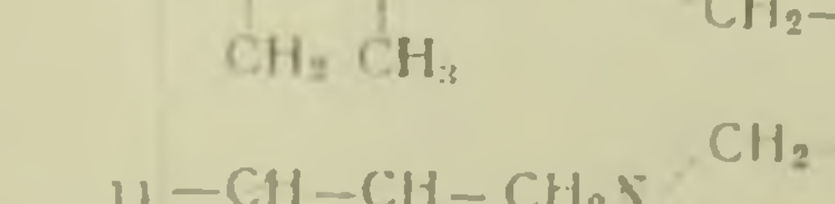
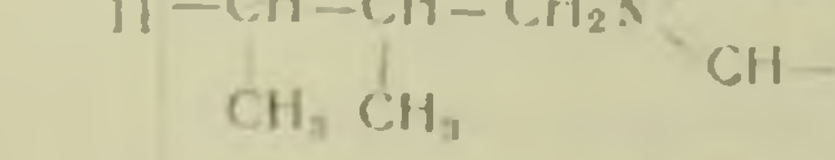
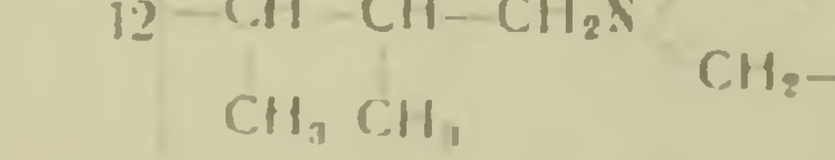
	R	Выход в %	Температура кипения в °C	Давление в мм	Плотность и коэффициент преломления	
					d_4^{20}	n_D^{20}
1		80,8	220—221	1	1,0249	1,5146
2		72,1	194—195	1	крист. т. п.	58—60
3		78,5	218—219	1	1,0134	1,5112
4		82,1	205—206	1	1,0092	1,5095
5		70,0	205—206	1	1,0650	1,5175
6		68,5	202—203	1	крист. т. п.	46—48
7		71,3	207—208	1	1,0560	1,5160
8		70,7	213—214	1	1,0506	1,5100
9		73,9	192—193	1	1,0116	1,4982
10		58,3	239—240	1	1,0441	1,5200
11		89,3	184—185	1	0,9703	1,4970
12		82,3	192—193	1	0,9741	1,4972

Таблица 3

COR
O

MR_D		Анализ в %						Температура плавления солей в °С		
		C		H		N		иодметилатов	иодэтилатов	хлоргидратов
вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено			
95,99	98,04	72,05	71,87	9,37	9,10	4,20	4,18	101—102	163—165	162—163
		72,58	72,75	9,57	9,27	4,03	4,27	153—154	182—184	168—169
100,61	102,75	72,58	72,40	9,57	9,27	4,03	4,15	126—128	104—106	164—165
100,61	102,89	72,58	72,70	9,57	9,52	4,03	3,79	98—100	—	143—144
93,02	95,36	68,01	67,92	8,72	8,63	4,18	4,16	116—118	152—153	139—140
		68,70	68,71	8,96	8,95	4,02	4,17	141—143	—	179—180
97,83	99,95	68,70	68,86	8,96	9,09	4,02	4,14	81—83	100—102	155—156
97,63	99,47	68,70	68,49	8,96	9,01	4,02	3,75	—	—	148—149
99,83	101,88	68,34	68,48	9,46	9,45	3,98	3,91	—	—	—
106,28	107,01	65,37	65,71	9,05	9,00	3,81	3,70	—	—	—
102,81	105,40	72,16	71,94	10,09	10,36	4,01	4,01	—	100—101	—
102,81	105,02	72,16	71,91	10,09	10,03	4,01	3,92	—	—	94—96

CH_3
$CH-CH_2-O-$
CH_3

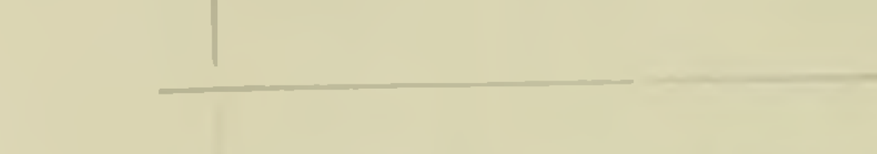
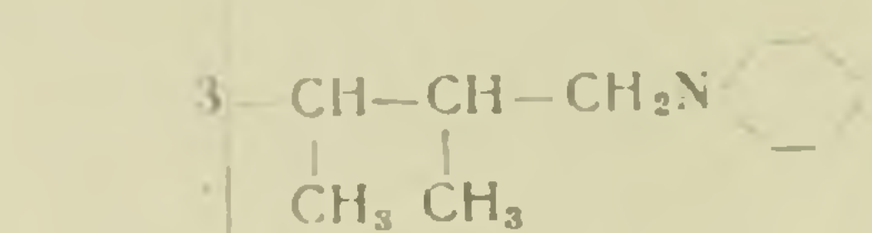
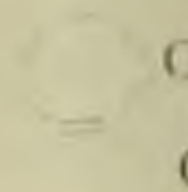
	R	Выход в %	Температура кипения в °C	Давление в мм	Плотность и коэффициент преломления	
					d_4^{20}	n_D^{20}
1		76,9	217—218	1	1,0197	1,5130
2		72,4	184—185	1	1,0675	1,5345
3		74,2	221—222	1	1,0081	1,5110
4		76,9	205—206	1	1,0024	1,5020
5		76,2	196—197	1	1,0516	1,5150
6		67,7	193—194	1	кристал т. пл. 58—60	
7		68,9	206—207	1	1,0534	1,5130
8		68,5	203—204	1	1,0488	1,5045
9		68,0	195—196	1	1,0100	1,4970
10		63,7	206—208	1	1,0424	1,5280
11		92,6	181—182	1	0,9710	1,4952
12		80,0	184—185	1	0,9728	1,4960

Таблица 4



MR_D		Анализ в %						Температура плавления солей в °С		
		C		H		N				
вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено	подметилат	подэтилат	хлоргидрат
95,99	98,26	72,05	72,02	9,37	9,16	4,20	4,22	126–127	145–146	180–181
100,61	101,26	72,58	72,67	9,57	9,35	4,03	4,23	140–142	160–162	179–180
100,61	103,23	72,58	72,72	9,57	9,51	4,03	4,28	121–123	101–103	161–163
100,61	103,50	72,58	72,38	9,57	9,61	4,03	4,06	–	–	134–135

93,02	96,18	68,01	68,24	8,72	8,61	4,18	4,35	156—158	124—125	156—157
		68,70	68,83	8,96	8,35	4,02	4,04	114—116	—	186—187
97,63	99,70	68,70	68,95	8,96	9,07	4,02	4,01	84—86	—	166—167
97,63	99,73	68,70	68,80	8,96	8,94	4,02	3,89	—	—	132—134
99,83	101,83	68,34	68,33	9,46	9,31	3,98	4,07	—	—	—
105,88	108,56	65,37	65,49	9,05	8,83	3,81	4,01	86—88	—	—
102,81	105,19	72,16	72,13	10,09	10,28	4,01	4,04	—	—	—
98,19	100,73	72,16	71,99	10,09	10,13	4,01	3,83	—	—	—

вакууме. В случае α,α-диаметил-γ-(N-морфолино)-пропилового эфира, реакционную смесь обрабатывают 5% раствором едкого натра, затем водой, высушивают над прокаленным сернокислым натрием, отгоняют растворитель и остаток перегоняют в вакууме.

Хлоргидраты аминоэфиров. К эфирному раствору аминоэфира приливают эфирный раствор хлористого водорода. Осаждается хлоргидрат, который отфильтровывают и тщательно промывают абсолютным эфиром.

Четвертичные аммонийные соли. К эфирному раствору аминоэфира приливают алкилиодид. При стоянии выпадает осадок, который отсасывают и многократно промывают абсолютным эфиром.

Институт тонкой органической химии
Академии наук Армянской ССР

Ա. Լ. ՄՆՋՈՅԱՆ, Վ. Գ. ԱՖՐԻԿՅԱՆ, Վ. Ե. ԲԱԴԱԼՅԱՆ
Է. Ա. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ և Գ. Ա. ԽՈՐԵՆՅԱՆ

Հետազոտություն պ-ալկօքսիբենզոական թթուների ածանցյալների սինթեզի բնագավառում

Հաղորդում XV: Դանգլերոնի անալոգների սինթեզը

պ-Բութօքսի բենզոական թթուների ամինոէսթերների խոլինոլիտիկ ակտիվության, ինչպես նաև սրտի կորոնար անոթների սպազմը վերացնելու նրանց ընդունակության ուսումնասիրությունները ի հայտ բերեցին դանգլերոն պրեպարատը, որը այժմ լայն չափերով օգտագործվում է կրծքային անգինային (грудная жаба) *բուժման համար։ Ներկա աշխատանքում նկարագրվում են դանգլերոնի այն անալոգների սինթեզը, որտեղ փոփոխությունների է ենթարկված մոլեկուլի ամինոսպիրտային մասը։ Ցիկլի բաղադրության մեջ մտնող ազոտի ազդեցությունն ուսումնասիրելու համար, սինթեզված են այդ թթուների α-մեթիլ, α,α-դիմեթիլ, α,β-դիմեթիլ և β,β-դիմեթիլ-γ-(N-պիպերիդին) պրոպիլ էսթերները։ Նպատակ ունենալով պարզել, թե ինչպես կփոփոխվի միացության ֆարմակոլոգիական հատկությունները, պիպերիդինային օղակը մորֆոլինայինով փոխարինելիս, սինթեզված են α-մեթիլ, α,α-դիմեթիլ, α,β-դիմեթիլ, β,β-դիմեթիլ-γ-(N-մորֆոլինո) պրոպանոլներ և նրանց էսթերները։*

Սինթեզված են նաև այնպիսի ամինոէսթերներ, որտեղ եթերային թթվածնի և ազոտի միջև պահպանված է դանգլերոնին բնորոշ խմբավորումը և փոփոխություններ են կատարված երրորդային ազոտի հաշվին՝ ալկօքսի և ալկիլմերկապտո խմբերի ներմուծման միջոցով։ Այդ հետազոտությունների ընթացքում սինթեզված են միջանկյալ 4 ամինոկետոններ և 5-ամինոսպիրտներ, որոնք նկարագրվում են առաջին անգամ։ Ստացված միացությունների ֆիզիկո-քիմիական հատկությունները բնութագրող մի քանի տվյալներ բերված են 1 և 2 աղյուսակներում։ 1—5 պատկերներում բերված են 5-ամինոսպիրտների կլանման սպեկտրները ինֆրակարմիր տիրույթներում։

պ-Բութօքսի և պ-առաջնային իզոբութօքսի բենզոական թթուների քլորանհիդրիդների և ամինոսպիրտների փոխազդեցության միջոցով սինթեզված են 24 ամինոէսթերներ, որոնց ֆորմուլաները և ֆիզիկո-քիմիական որոշ հաստատուններ բերված են 3 և 4 աղյուսակներում։ Բիոլոգիական հատկությունները հետազոտելու նպատակով, ստացված են այդ ամինոէսթերների ջրում լուծելի աղերը՝ քլորհիդրատները, յոդմեթիլատները և յոդէթիլատները։

Նախնական ֆարմակոլոգիական փորձարկումները ցույց են տալիս, որ այդ բոլոր միացությունները էլ ունեն նիկոտինոլիթիկ և գանգլիաները բլոկադայի ենթարկող հատկություններ։ Ընդորում պիպերիդինային ածանցյալներն ազդում են ավելի ուժեղ քան մորֆոլինային ածանցյալները։

Պիպերիդինային և մորֆոլինային պրակների ճեղքումը բարձրացնում է միացության ակտիվությունը։ Մեթիլ խմբերի դիրքը ալկիլենային մասում ազդում է միացության նիկոտինոլիթիկ ակտիվության վրա։ Ամենամեծ ակտիվություն հանդես են բերում β-դիմեթիլ պրոպանոլային ածանցյալները։

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *А. Л. Мнджоян, В. Г. Африкян, А. Н. Оганесян,* ДАН АрмССР, т. XXIV. 105 (1957). [2] *К. Манних,* Вольфганг, Гоф. Arch. Pharm. **265**, 589 (1927); C. A. 22,590. [3] *К. Манних, Б. Лессер, Ф. Зилтен,* B. **65**, 378 (1932); C. A. 26. 2966. [4] *Р. Арраденс, Ф. Лионс,* J. Proc. Roy. Soc. N. S. Wales **72**, 233 (1939); C. A. 33, 5855. [5] *А. Даунес, Н. Гилл, Ф. Лионс,* J. Am. Chem. Soc. **72**, 3464 (1950); C. A. 45, 1047. [6] *Л. Чени,* J. Am. Chem. Soc. 73, 685 (1951); C. A. 45, 5696 [7] *Лоффлер, Фрайтаг,* B. **42**. 3429 (1909). [8] *А. Уффер, Е. Шлиттлер.* Helv. Chim. Acta. **31**. 1397 (1948); C. A. 43 1218. [9] *В. Буун* Chem. Soc. **307** (1947); C. A. 41, 5448.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

XXVII 1958 3

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

А. Л. Мнджоян, академик АН Армянской ССР, Г. Т. Татевосян, С. Г. Агбалян, Р. Х. Бостанджян

Исследование в области производных замещенных уксусных кислот

Сообщение XV. β,β-диметил-γ-диалкиламинопропиловые и тетраалкилдиаминоизопропиловые эфиры диалкилфенилуксусных кислот

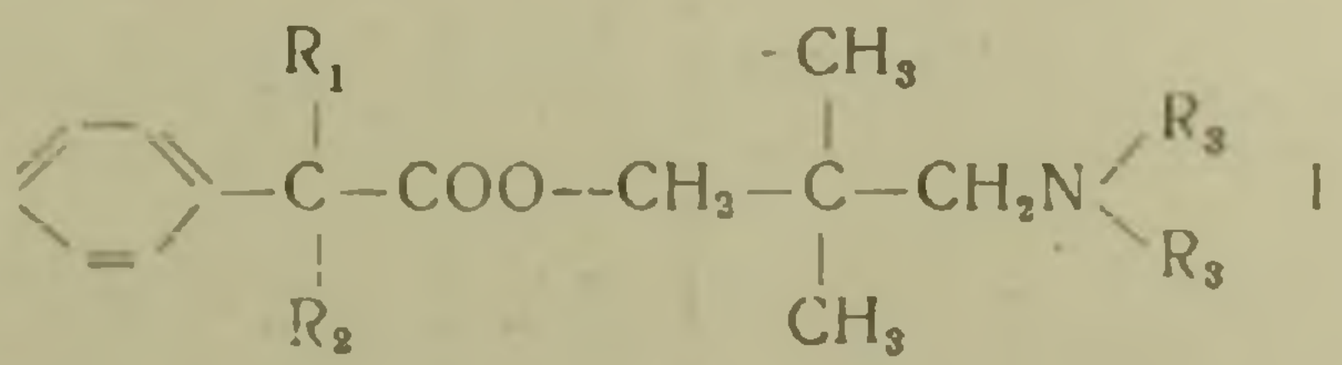
(Представлено 3. III. 1958)

В сообщениях IX и XIII были описаны ряды аминоэфиров диалкилфенилуксусных кислот, синтезированных с целью изыскания новых спазмолитических средств, близких по своим биологическим свойствам к пентафену ([1,2]). Предварительные данные фармакологических исследований говорят о том, что варьирование кислотных, а также и аминоспиртовых компонентов молекул аминоэфиров приводит к изменениям их холинолитической активности.

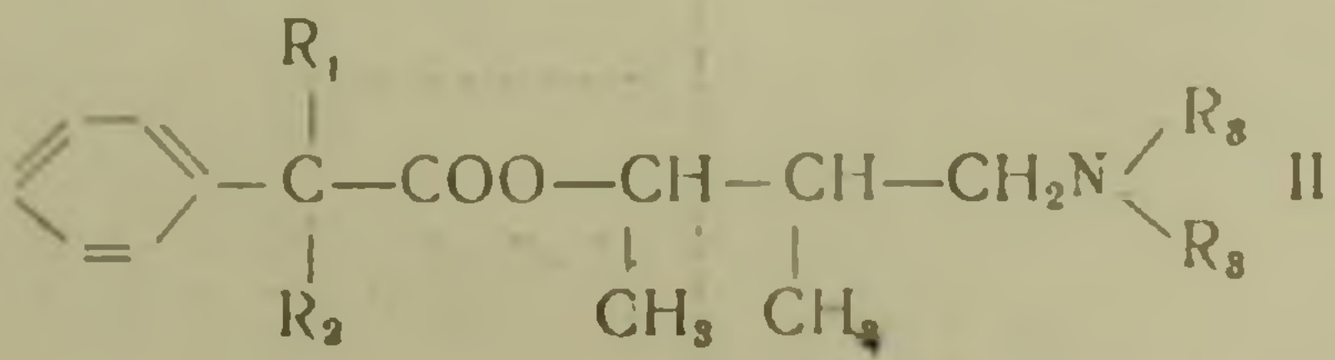
При испытании аминоэфиров 1-фенилциклопентан-1-карбоновой кислоты также были получены интересные данные, свидетельствующие об определяющем влиянии аминоспирта ([3]).

Поэтому и возникала необходимость расширения исследований в области аминоэфиров диалкилфенилуксусных кислот.

В данной статье сообщается о синтезе β,β-диметил-γ-диалкиламинопропиловых эфиров (I), полученных с целью сравнения их биологических свойств со свойствами α,β-диметил-γ-диалкиламинопропиловых эфиров диалкилфенилуксусных кислот (II), которые изомерны им.



I



II

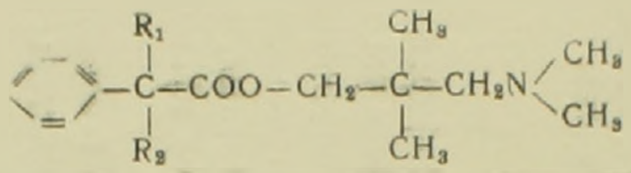


Таблица 1

R_1	R_2	Выход в %	Т. кип. в °С	Давление в *мм*	$d_{4^\circ}^{20}$	n_D^{20}	MR_D		Анализ в %						Температура плавления в °С		
									N		C		H				
							вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено	вычислено	найдено	хлоргидратов	иодметилатов	цитратов
CH_3	CH_3	85,6	136—138	3	0,9668	1,4861	82,70	82,39	5,05	4,78	73,60	73,52	9,81	9,67	140	159	93—94
CH_3	C_2H_5	73,2	137—141	2	0,9635	1,4900	87,32	87,45	4,81	4,74	74,16	74,40	10,03	9,96	—	87	94
CH_3	C_3H_7	82,8	177—180	5	0,9542	1,4830	91,93	91,42	4,58	4,31	74,72	75,02	10,03	10,28	111	107—109	80
CH_3	C_4H_9	87,7	165—167	2	0,9516	1,4843	96,55	96,10	4,38	4,18	75,18	75,22	10,41	10,67	—	—	78—80
C_2H_5	C_2H_5	83,6	157—158	2	0,9503	1,4870	91,93	92,44	4,58	4,97	74,72	74,97	10,23	10,23	—	—	73—77
C_2H_5	C_3H_7	67,5	155—157	1	0,9415	1,4825	96,55	96,82	4,38	4,18	75,18	75,17	10,41	10,26	—	—	70—72
C_2H_5	C_4H_9	84,1	160—162	2	0,9466	1,4835	101,17	100,71	4,20	4,09	75,62	75,92	10,58	10,45	—	—	—
C_3H_7	C_3H_7	77,2	157—160	2	0,9477	1,4843	101,17	100,73	4,20	3,99	75,62	75,43	10,58	10,29	112	—	—
C_3H_7	C_4H_9	73,4	172—173	1	0,9393	1,4820	105,79	105,48	4,03	4,11	76,03	76,23	10,73	10,90	—	—	67
C_4H_9	C_4H_9	86,6	173—175	2	0,9393	1,4822	109,77	109,20	3,87	3,85	76,41	76,43	10,87	10,92	117	—	65—66

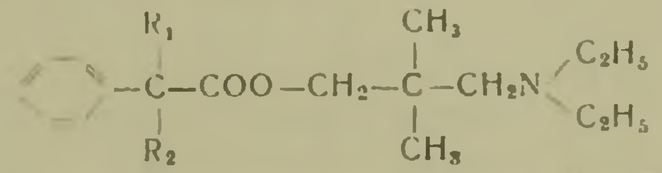
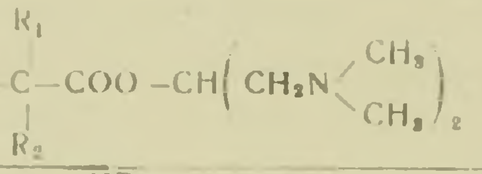


Таблица 2

R_1	R_2	Выход в %	Т. кип. в °С	Давление в *мм*	d_4^{20}	n_D^{20}	MR_D вычислено	MR_D найдено	Анализ в %: N вычислено	N найдено	C вычислено	C найдено	H вычислено	H найдено	Температура плавления в °С: хлоргидратов	нитратов
CH_3	CH_3	79,5	160—162	4	0,9666	1,4869	91,93	90,87	4,58	4,79	74,72	74,88	10,23	10,23	82	—
CH_3	C_2H_5	71,9	151—154	1	0,9515	1,4868	96,55	96,11	4,38	4,48	75,18	75,29	10,41	10,75	—	—
CH_3	C_3H_7	73,0	185—187	1	0,9521	1,4855	101,17	100,47	4,20	4,39	75,62	75,66	10,58	10,45		—
CH_3	C_4H_9	88,0	179—181	2	0,9397	1,4830	105,80	105,62	4,03	4,46	76,03	76,08	10,73	10,57	—	—
C_2H_5	C_2H_5	78,2	176—179	2	0,9586	1,4875	101,17	100,15	4,20	4,14	75,62	75,64	10,58	10,65	—	—
C_2H_5	C_3H_7	69,9	180—181	3	0,9500	1,4842	105,80	104,70	4,03	4,12	76,03	76,15	10,73	10,64	—	69—72
C_2H_5	C_4H_9	61,3	178—179	2	0,9395	1,4845	110,41	110,20	3,87	3,61	76,41	76,35	10,87	10,44	—	
C_3H_7	C_3H_7	72,5	176—177	2	0,9456	1,4830	110,41	109,20	3,87	3,93	76,41	76,29	10,87	10,67	—	—
C_3H_7	C_4H_9	76,1	190—192	2	0,9416	1,4830	115,02	113,91	3,72	4,00	76,77	77,05	10,97	11,26	—	—
C_4H_9	C_4H_9	78,4	198—204	2	0,9354	1,4830	119,64	118,95	3,59	3,54	77,06	77,08	11,11	10,86	—	—

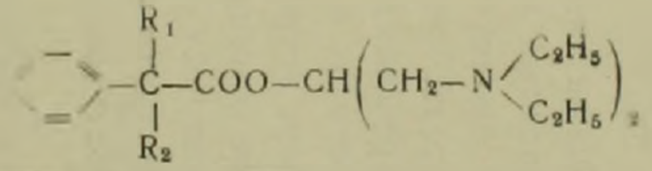
Таблица 3



R_1	R_2	Выход в %	Т. кип. в °С	Давление в *мм*	d_4^{20}	n_D^{20}	MR_D вычислено	MR_D найдено	Анализ в %: N вычислено	N найдено	C вычислено	C найдено	H вычислено	H найдено	Температура плавления в °С: хлоргидратов	иодметилатов	цитратов
CH_3	CH_3	78,6	150—152	3	0,9856	1,4915	86,64	85,99	9,58	9,40	69,82	69,81	9,62	10,01	205	224	75—85*
CH_3	C_2H_5	83,3	151—152	1	0,9305	1,4910	91,2	90,51	9,13	8,78	70,53	70,97	9,86	9,57	166—167	—	70*
CH_3	C_3H_7	80,0	181—183	4	0,9785	1,4890	95,87	94,34	8,74	8,97	71,22	70,95	10,07	9,93	139	145	65—70*
CH_3	C_4H_9	66,0	182—184	2	0,9649	1,4883	100,49	99,93	8,37	8,50	71,81	72,05	10,24	10,41	142	149	62—65*
C_2H_5	C_2H_5	71,9	150—152	2	9,9678	1,4900	95,87	95,73	8,74	8,57	71,22	70,96	10,07	10,11	186	—	68*
C_2H_5	C_3H_7	65,0	157—159	3	0,9564	1,4880	100,49	100,76	8,37	8,39	71,81	71,94	10,24	10,13	160	135	70*
C_2H_5	C_4H_9	71,7	174—175	3	0,9558	1,4865	105,11	104,78	8,13	7,94	72,37	72,19	10,41	10,34	154	171	65—70*
C_3H_7	C_3H_7	73,4	169—171	2	0,9485	1,4845	105,11	103,04	8,13	7,86	72,37	71,98	10,41	10,11	145	199	62*
C_3H_7	C_4H_9	69,3	181—184	2	0,9503	1,4855	109,20	109,44	7,73	8,01	72,88	73,26	10,57	10,55	134	115	70*
C_4H_9	C_4H_9	67,0	190—193	2	0,9470	1,4845	113,85	113,86	7,44	7,28	73,36	73,24	10,71	10,63	129	197	—

* При указанной температуре соли плавятся с разложением.

Таблица 4

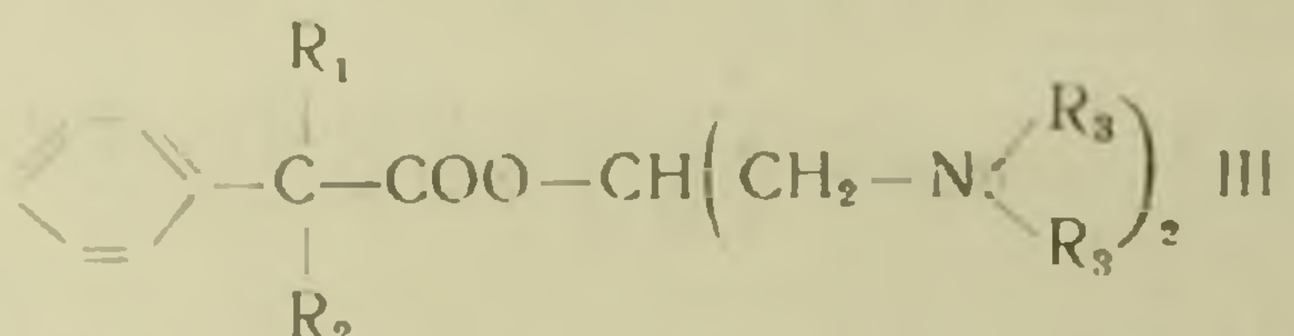


R_1	R_2	Выход в %	Т. кип. в °С	Давление в *мм*	d_4^{20}	n_D^{20}	MR_D вычислено	MR_D найдено	Анализ в %: N вычислено	N найдено	C вычислено	C найдено	H вычислено	H найдено	Температура плавления в °С: иодметилатов	цитратов
CH_3	CH_3	58,9	177—180	3	0,9792	1,4910	105,11	103,08	8,13	8,15	72,37	72,01	10,41	10,21	—	75*
CH_3	C_2H_5	80,0	175—178	1	0,9680	1,4882	109,20	107,95	7,73	7,97	72,88	73,00	10,57	10,65	—	65—70*
CH_3	C_3H_7	72,8	192—195	2	0,9756	1,4905	114,35	111,69	7,44	7,27	73,36	73,06	10,71	10,55	88	60*
CH_3	C_4H_9	62,8	196—198	3	0,9791	1,4900	118,96	115,34	7,17	7,16	73,79	73,57	10,82	10,50	—	—
C_2H_5	C_2H_5	60,0	173—176	2	9,9773	1,4930	114,35	112,01	7,44	7,80	73,36	73,63	10,71	10,66	—	—
C_2H_5	C_3H_7	62,1	188—191	3	0,9763	1,4922	118,96	116,11	7,17	7,22	73,79	73,45	10,82	10,68	—	—
C_2H_5	C_4H_9	70,0	183—187	2					6,92	7,20	74,21	74,50	10,95	10,99	—	—
C_3H_7	C_3H_7	60,6	185—188	2	0,9489	1,4865	123,58	122,53	6,92	6,77	74,21	74,51	10,95	10,75	129	70—75*
C_3H_7	C_4H_9	69,3	194—198	2	0,9442	1,4845	128,20	126,96	6,69	7,00	74,57	74,41	11,07	11,27	106	65*
C_4H_9	C_4H_9	65,7	200—202	2	0,9408	1,4840	132,82	131,58	6,47	6,20	74,94	74,98	11,18	11,06	—	—

* При указанной температуре соли плавятся с разложением.

R_1 и R_2=CH_3; C_2H_5; C_3H_7; C_4H_9, R_3=CH_3; C_2H_5.

Кроме того, синтезированы тетраалкилдиаминоизопропиловые эфиры тех же кислот (III), так как имеющиеся литературные данные свидетельствуют о биологической активности этих эфиров замещенных уксусных кислот (4)



III

R_1=R_2=CH_3; C_2H_5; C_3H_7; C_4H_9; R_3=CH_3; C_2H_5.

Получение диалкилфенилуксусных кислот, их хлорангидридов конденсация последних с аминоспиртами в соответствующие аминоэфиры проводились по методике, описанной в сообщении IX (1).

β,β-Диметил-γ-диалкиламинопропиловые и тетраалкилдиаминоизопропиловые спирты синтезированы по известным литературным прописям

Полученные аминоэфиры являются высококипящими тяжелыми жидкостями; они бесцветны, либо слабо окрашены в желтый цвет

Для идентификации аминоэфиров, а также для биологических испытаний были получены четвертичные соли, хлоргидраты и цитраты всех синтезированных соединений. Способность солеобразования и характер полученных солей находятся в тесной зависимости от природы аминоспирта, образовавшего аминоэфир. Так, например, тетраметилдиаминоизопропиловые эфиры образуют кристаллические хлоргидраты, цитраты, иодметилаты; соли тетраэтилдиаминоизопропиловых эфиров тех же кислот не удалось получить в кристаллическом состоянии. Ни одна группа аминоэфиров не дает кристаллических иодэтилатов: все они маслообразны.

Физико-химические константы синтезированных соединений сведены в табл. 1, 2, 3, 4.

Вывод. Синтезирован ряд новых ββ-диметил-γ-диалкиламинопропиловых, а также тетраалкилдиаминоизопропиловых эфиров диалкилфенилуксусных кислот.

Институт тонкой органической химии
Академии наук Армянской ССР

Ա. Լ. ՄՆՋՈՅԱՆ, Գ. Տ. ԹԱԴԵՎՈՍՅԱՆ, Ս. Գ. ԱՂԲԱԼՑԱՆ Ռ. Խ. ԲՈՍՏԱՆՋՅԱՆ

Հետազոտություն տեղակալված բացախաթթուների ածանցյալների բնագավառում

Հաղորդում XV: Դիալկիլֆենիլացախաթթուների β,β-դիմեթիլ-γ-դիալկիլամինոպրոպիլ և պեռաալկիլդիամինոիզոպրոպիլ-էսթերները.

Դիալկիլֆենիլքացախաթթուների ամինոէսթերների խոլինոլիտիկ ակտիվության վրա այդ միացությունների ամինոսպիրտային մասի կառուցվածքի ազդեցության ուսումնասիրության նպատակով սինթեզված են նշված թթուների β,β-դիմեթիլ-γ-

դիալկիլամինոպրոպիլ և տետրաալկիլդիամինոիզոպրոպիլ- էսթերները: Ստացված միացությունները ցույց են տրված 1, 2, 3 և 4 աղյուսակներում: Այդ ամինոէսթերների բնորոշման և բիոլոգիական ուսումնասիրության համար ստացված են նրանց քլորհիդրատները, ցիտրատները և չորրորդային աղերը, ընդ որում պարզված է, աղեր գոյացնելու ունակության և ստացվող աղերի բնույթի կախումը ամինոսպիրտային մնացորդի կառուցվածքից:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *А. Л. Мнджоян, Г. Т. Татевосян, С. Г. Агбалян*, ДАН АрмССР, т. XXV, 11 (1957). [2] *А. Л. Мнджоян, Г. Т. Татевосян, С. Г. Агбалян*. ДАН АрмССР, т. XXVII, 41 (1958). [3] *А. Л. Мнджоян, Г. Т. Татевосян, С. Г. Агбалян*. ДАН АрмССР, т. XXVII, 93 (1958). [4] *К. Г. Тильфорд, М. И. Ван-Кампен, Р. С. Шельтон*, J. Am. Chem. Soc. 69, 2902 (1947).

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
XXVII 1958 3

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Э. С. Авунджян

К вопросу о причине листопада растений

(Представлено М. А. Тер-Карапетяном 4. V. 1958)

Как известно, до наступления осеннего опадения листьев в них происходит ряд глубоких физиологических изменений, которые ведут сначала к ослаблению, а затем к полному прекращению жизнедеятельности. На ход изменения жизнедеятельности листьев оказывает существенное влияние отток запасных пластических и конституционных веществ от них к различным органам.

Прямые опыты, проведенные с целью установления наличия оттока пластических веществ из листьев перед листопадом, проведены Комба [1] и Эшевеном [2]. Комба, определяя количество сухого вещества и азота в листьях дуба и в других органах растений до и после опадения листьев, показал, что основная часть оттекающего из листьев азота обнаруживается в корнях. Перед этим Риппелем [3] получены количественные данные о медленно протекающем опорожнении листьев от соединений азота и переброске значительной части его из листьев к корням и стеблям, в то время как весной, при распускании листвы, наблюдается движение азотистых веществ в обратном направлении.

Для осуществления нормального оттока пластических веществ из листьев к различным органам растений прежде всего необходимо, чтобы они превращались в растворимые соединения. Суточная ферментативная ритмика как раз обеспечивает эту функцию листа. Однако, когда гидролитическая направленность ферментов необратимо превалирует над синтетической направленностью, то в этом случае из листьев передвигаются не только синтезированные в течение дня ассимиляты, но и часть запасных или конституционных веществ клеток листа. Это, по-видимому, и является основной причиной отмирания и опадения листьев. Следовательно, для увеличения продолжительности жизни листьев необходимо тем или иным путем предотвратить или, по крайней мере, сильно ослабить гидролиз и дальнейший отток конституционных веществ из них.

Согласно имеющимся литературным данным [4–9], удаление генеративных органов растений приводит к повышению синтетической

активности ферментов в листьях, вследствие чего повышается их жизнеспособность. Но вопреки этому, в опытах с краснолистной перилой выяснилось, что растения, подвергшиеся дефлорации, показывают более ранний листопад, чем это наблюдается у контрольных растений. Исходя из этого нами в 1955 г. были поставлены специальные опыты с целью выяснения зависимости листопада от дефлорации (рис. 1). С этой целью у одной группы растений соцветия оставлялись, а у другой группы—удалялись. В дальнейшем наблюдения велись за сроками листопада (табл. 1).

Рис. 1. Наступление листопада у перилы в зависимости от удаления соцветий.

Данные этой таблицы показывают, что листья контрольных растений, носящих генеративные побеги, опадают позже, чем листья растений, у которых удалялись генеративные побеги.

В дальнейшем для выяснения природы преждевременного опадения листьев нами был проведен ряд биохимических анализов по определению разных форм углеводов и азота, а также общей суммы зольных элементов в листьях и стеблях. Данные этих анализов приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 1

Сроки наступления листопада у перилы в зависимости от удаления соцветий

Варианты	Начало листопада	Конец листопада	Продолж. в днях
Контрольн. растения	19.I	3.III	45
Растения с удален. соцветиями	5.I	15.I	10

Как показывают данные табл. 2, листья и стебли растений с удаленными генеративными органами значительно богаче всеми видами сахаров. Так, в листьях и черешках подопытных растений сумма растворимых сахаров примерно на 77%, а общая сумма на 47% больше, по сравнению с сахарами, находящимися в опавших листьях контрольных растений. В стеблях же подопытных растений количество растворимых сахаров на 70%, а сумма сахаров на 30% больше, чем в стеблях контрольных растений. Интересно также отметить, что величина соотно-

Таблица 2

Количество различных форм углеводов в листьях и стеблях периллы (в $^0/_0$ на сухой вес)

Варианты	Органы растений, подвергшиеся анализу	Редуц. сахара	Дисахариды	Сумма раств. сахаров	Нераств. сахары	Общ. сумма сахаров	Раств. / нераст.
Контроль	Листья с черешк.	5,56	3,95	9,51	11,31	19,82	0,93
Растение с удален. соцветиями . . .	. .	7,60	9,26	16,86	12,11	29,01	1,39
Контроль	Стебель	4,70	2,90	7,20	10,67	17,88	0,67
Растения с удален. соцветиями . . .	.	5,87	6,24	12,11	10,92	23,04	1,11

шения растворимых и нерастворимых сахаров почти в 1,5 раза больше в листьях подопытных растений, что указывает на большую гидролитическую активность ферментов в листьях дефлорированных растений.

Данные табл. 3, аналогично предыдущим, показывают, что в листьях и черешках, а также в стеблях азотистые вещества и зольные элементы содержатся в большем количестве у подопытных растений, чем у контрольных.

Таблица 3

Количество различных форм азотистых веществ и зольных элементов в листьях и стеблях периллы (в $^0/_0$ на сухой вес)

Варианты	Органы растен., подверг. анализу	Небелк. азот	Белковый азот	Общий азот	Небелк. / белков.	Сумма золы элемент.
Контроль	Листья с черешками	0,23	1,12	1,35	0,20	3,74
Раст. с удален. соцвет.	. .	0,35	2,17	2,52	0,16	4,08
Контроль	Стебель	0,20	0,83	1,03	0,24	3,42
Раст. с удален. соцвет.	.	0,29	1,59	1,88	0,18	3,65

Эти данные, в сущности, дают нам возможность ближе подойти к выяснению природы опадения листьев осенью. Прежде всего выясняется, что листопад у растений с удаленными генеративными органами является не естественным, а вынужденным, так как в данном случае опадают листья, богатые пластическими веществами, что не наблюдается в естественных условиях.

Опадение листьев у подопытных растений, как показывают полученные данные, имело место в связи с исключением оттока пластических веществ из листьев, что привело к образованию отделяющего слоя в зоне отрыва листьев от побегов. Этот вывод нами был подтвержден более прямым опытом, проведенным с некоторыми тропиче-

скими деревьями, выращиваемыми в оранжерее Ботанического института АН АрмССР. На побегах Sileniae litoralis, Mallotus japonicus и Rosa chinensis были отобраны по 4—5 листьев и проведены кольцевания на их черенках. Листья же, расположенные рядом, были оставлены в качестве контроля. Спустя 12—16 дней, началось массовое опадение всех окольцеванных листьев (рис. 2), хотя они были вполне жизнедеятельными и отличались большим содержанием пластических веществ и хлорофилла (табл. 4).

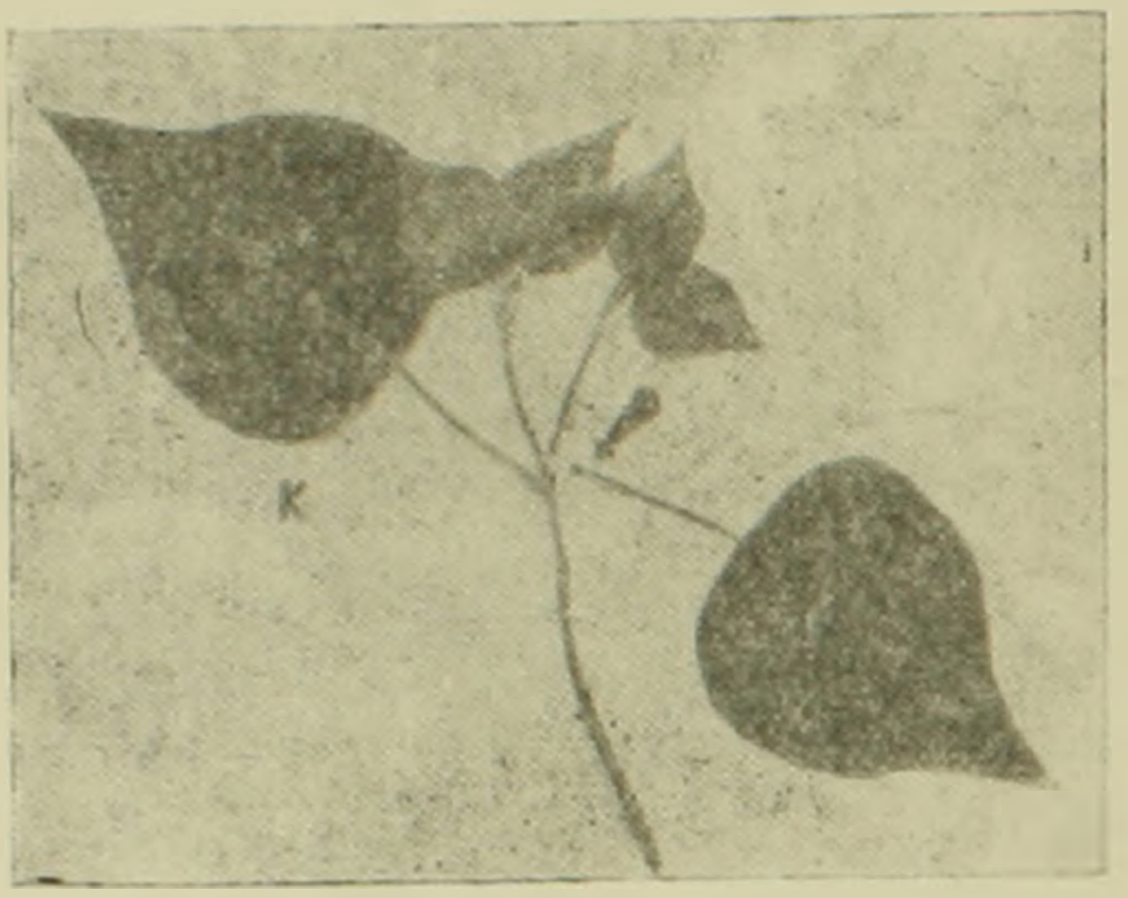


Рис. 2. Опадение листа у Mallotus japonicus вследствие кольцевания черенка.

Приведенный фотоснимок (рис. 2) и данные табл. 4 показывают, что опадение листьев, т. е. образование отделяющего слоя в зоне прикрепления листа к побегу, связано с прекращением оттока ассимилятов из листьев. Так, например, в окольцованных опадающих листьях содержание сахаров было примерно на 25% больше, чем в контрольных, неопадающих

Таблица 4

Количество углеводов и азотистых веществ в % на сухой вес у окольцованных и контрольных листьев Seleniae litoralis

Варианты	Сахара					Азот		
	редуц.	дисахариды	сумма раств. сах.	нераств. сахар	общая сумма	небелк.	белк.	общий
Окольцованные	18,7	1,23	19,23	32,70	52,63	0,70	1,64	2,34
Контроль	13,3	2,04	15,34	26,10	41,44	0,56	1,49	2,05

листьях. Таким образом, аналогично тому, как опадающие побеги у ряда древесных растений являются результатом прекращения передвижения ассимилятов из них к материнскому дереву ([10]), так и опадение листьев связано с прекращением передачи ассимилятов к побегу, от которого он отходит.

Осеннее опадение листьев, как известно, следует за полным опорожнением и, следовательно, прекращением оттока веществ из листьев. В нашем опыте также имело место прекращение оттока веществ, хотя листья бы..и обогащены питательными веществами. Это уже сви-

детельствует о том, что опадение листьев наступает лишь в тех случаях, когда они перестают снабжать остальные органы растений питательными веществами.

Однако другие авторы причины опадения листьев связывали с влиянием ростовых веществ, хотя имеющиеся данные часто противоречивы. Так, например, по мнению К. М. Гаврилова ([11]), причины образования отделяющего слоя перед листопадом связаны с накоплением в этой зоне В-гормона, в то время как, по мнению Г. Зединга ([12]), ростовые вещества, наоборот, задерживают образование этого слоя у листовых черешков. Этот факт уже свидетельствует о несостоятельности этих воззрений.

Ботанический институт Академии наук
Армянской ССР

Է. Ս. ՀԱՎՈՒՆՋՅԱՆ

Բույսերի աճերնաթափի հարցի շուրջը

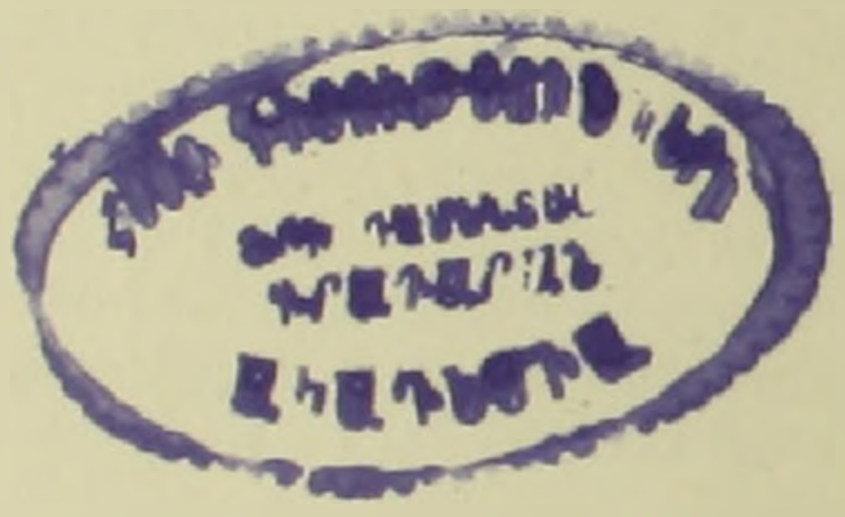
Մինչև աշնանային տերևաթափը, տերևների մոտ տեղի են ունենում մի շարք ֆիզիոլոգիական փոփոխություններ, որոնք սկզբում առաջացնում են կենսական պրոցեսների դանդաղեցում, իսկ հետագայում լրիվ դադարեցում: Տերևների կենսագործության փոփոխության վրա զգալի ազդեցություն է իրողնում ոչ միայն նրա պահեստային սննդանյութերի, այլև նրա կառուցվածքային նյութերի քայքայումը և նրանց հոսքը դեպի բույսի տարբեր մասերը: Մյուս կողմից էլ, պլաստիկ սննդանյութերի նորմալ հոսք տեղի է ունենում միայն այն դեպքում, երբ նրանք վճռ են ածվում լուծվող միացությունների, որոնք հեշտությամբ տեղափոխվում են ևս կոպակցությամբ, տերևների ծերացման և մահացման հիմնական պատճառներից մեկը պետք է համարել նրանց պահեստային և այնուհետև, կառուցվածքային նյութերի քայքայումն ու հոսքը դեպի ուրիշ մասեր:

Գրականության մեջ եղած մի շարք տվյալներից երևում է, որ բույսերի գեներատիվ մասերի հեռացման ճանապարհով կարելի է հասնել նրանց սինթեզող ընդունակության և բողհանուր կենսագործունեության ուժեղացման: Սակայն միևնույն կոմպրատերև պերիլլայի հետ մի շարք փորձեր կատարելիս, վերև նշվածին հակառակ պարզվեց, որ ծաղկահատված բույսերի մոտ տերևաթափն սկսվում է անհամեմատ ավելի վաղ քան կոնտրոլ բույսերի մոտ: Այս երևույթի պատճառները պարզաբանելու նպատակով հեղինակի կողմից կատարված փորձերի արդյունքները ցույց են տալիս, որ կոնտրոլ բույսերի տերևները, համեմատած ծաղկահատված բույսերի տերևների հետ, թափվում են 2—3 շաբաթ ավելի ուշ, իսկ տերևաթափի տևողությունն առաջինների մոտ 5—6 անգամ ավելի երկար է:

Տերևների ժամանակից շուտ թափվելու պատճառները ուսումնասիրելու նպատակով, հեղինակի կողմից կատարվեցին մի շարք քիմիական անալիզներ կոնտրոլ և փորձնական բույսերի տերևներում ու ցողուններում: Անալիզները (ածխաջրատների, ազոտական միացությունների և մոխրային էլեմենտների քանակները) ցույց են տալիս, որ փորձնական տերևները, որոնց տերևները շուտ են թափվում, պարունակում են ավելի մեծ քանակությամբ վերևում նշված նյութերից քննչպես տերևներում, այնպես էլ ցողուններում:

Հատուկ փորձով միաժամանակ պարզվել է, որ տերևակոթունների վրա օղակաձուռումներ կատարելով և դրանով իսկ դադարեցնելով պլաստիկ սննդանյութերի հոսքը տերևից դեպի մյուս աճող մասերը, նորից տեղի է ունենում տերևաթափ, չնայած տերևներն ավելի հարուստ են սննդանյութերով:

Այս տվյալները հեղինակին հիմք են տալիս ավելի մոտենալ աշնանային տերևաթափի հարցի պարզաբանմանը: Ամենից առաջ պարզվում է, որ ծաղկահատված բույսերի մոտ տերևաթափը ոչ թե բնական է, այլ հարկադիր, քանի որ տվյալ պնպքում թափվում են այնպիսի տերևներ, որոնք աննպաստ թերով ավելի հարուստ են, քան բնական տերևաթափի ժամանակ բնկած տերևները: Ինչպես յուրց են տալիս ստացված տվյալները, փորձնական բույսերի մոտ տերևաթափ է տեղի ունենում տերևներից զեպի տարբեր օրգաններ կատարվող պլաստիկ աննպանյութերի հոսքի դադարեցման հետևանքով, մի բան, որն իր հերթին տանում է տերևի հիմքում բաժանող շերտի առաջացման:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

[1] *Р. Комба*, Rev. gen. bot. t. 38, 1, 1927. [2] *Р. Эшевен*, 1927. Цит. по Сабинину, 1940. [3] *А. Риппель*, Biochem. Ztchr. Bd. 113, 125, 1921. [4] *К. Мотес*, Planta, Bd, 1, 472 1926. [5] *В. Шумахер*, Wiss. Bot. Bd. 73, 776, 1930. [6] *Д. А. Смирнов*. Минеральное питание растений, 1940. [7] *В. О. Казарян*, Стадийность развития и старения однолетних растений. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1952. [8] *Э. С. Авунджян*, Изв. АН АрмССР, т. 7, № 7, 1954. [9] *Э. С. Авунджян* и *Г. Г. Габриелян*, Тр. Бот. ин-та АН АрмССР, т. 10, 1955. [10] *В. О. Казарян*, Тр. Ер. гос. ун-та., сер. биол. (1957). [11] *К. М. Гаврилов*, ДАН СССР, т. 23, № 7 (1939). [12] *Г. Г. Зединг*, Ростовые вещества растений. Изд. ин. лит., М., 1955.