

Զ Ե Կ Ո Ւ Յ Ց Ն Ե Ր
Д О К Л А Д Ы

XLVII, № 4

1968

Խմբագրական կոլեգիա

Редакционная коллегия

Է. Գ. ԱՅՐԻՎՅԱՆ, կենսաբանական գիտությունների բեկնածու, Ա. Թ. ԲԱԲԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Ա. ԹԱԼԱԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ րդրակից-անդամ, Վ. Մ. ԲԱՌԱՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ րդրակից-անդամ, Վ. Հ. ՀԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ, ակադեմիկոս, Վ. Հ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ րդրակից-անդամ (պատ. խմբագրի տեղակալ), Ս. Հ. ՄԻՐՉՈՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ րդրակից-անդամ, Ս. Ս. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս, Ա. Գ. ՆԱԶԱՐՈՎ, ՀՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս (պատ. խմբագիր), Օ. Մ. ՍԱԳՈՆՋՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ րդրակից-անդամ, Մ. Լ. ՏԵՐ-ՄԻՔԱՅԵԼՅԱՆ, ՀՍՍՀ ԳԱ րդրակից-անդամ:

В. А. АМБАРЦУМЯН, академик, Э. Г. АФРИКЯН, кандидат биологических наук, А. Т. БАБАЯН, академик АН АрмССР, В. О. КАЗАРЯН, чл.-корр. АН АрмССР (зам. отв. редакгора), С. А. МИРЗОЯН, чл.-корр. АН АрмССР, С. С. МКРТЧЯН, академик АН АрмССР, А. Г. НАЗАРОВ, академик АН АрмССР (отв. редактор), О. М. САПОНДЖЯН, чл.-корр. АН АрмССР, А. А. ТАЛАЛЯН, чл.-корр. АН АрмССР, В. М. ТАРАЯН, чл.-корр. АН АрмССР, М. Л. ТЕР-МИКАЕЛЯН, чл.-корр. АН АрмССР.

Բ Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ի. Ի. Միքայելյան — Հավազույն մոտավորությունները բազմանդամներով ոչ կապակցված բազմությունների վրա 193

ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ռ. Ս. Մինասյան — Որոշ կորագիծ մարմիններում ջերմության հարթ կայունացած հոսանքի մասին 201

ԱԻՒԱԶԳԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅՈՒՆ

Վ. Ս. Սարգսյան — Փոփոխական տրամագծով անիզոտուպ (ոչ օրթոտրոպ) բաղադրյալ լիսեռների ոլորումը 208

ԱՆՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ՔԻՄԻԱ

Վ. Մ. Թառայան, Ս. Վ. Վարդանյան — Թիազինային շարքի ներկերը որպես ռեագենտներ ռենիումի էքստրակցիոն-ֆոտոսմետրիկ որոշման համար 214

ՀԱՆՔԱՐԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա. Ի. Կարապետյան — Ղափանի կոլլեզան-բաղամամետաղային հանքավայրում մոլիբդենի հանքայնացման հայտնաբերման մասին 217

ՍԳՐՈՔԻՄԻԱ

Թ. Թ. Վսուրդանյան — Մթնոլորտային տեղումների էլեկտրահաղորդականությունը Հայաստանում 221

ՄԻԿՐՈԿԵՆՍՍՔԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Է. Գ. Աֆրիկյան, Լ. Ա. Զիլ-Հակոբյան — էնտոմոցիդ տոքսիններ արտադրող սպորավոր բակտերիաների նոր ենթատեսակ 225

ԲՈՒՅՍՆՐԻ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Ա. Ս. Մելիճյան, Մ. Մ. Սարգիսովա — Խաղողի վազի արմատների և շվերի շնառության ինտենսիվության համակցված փոփոխությունները ըստ աճեցողության ֆենոլոգիական ֆազերի 231

ԳԵՂԱԳՈՐԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ս. Հ. Միրզոյան, Է. Ս. Գաբրիելյան, Ա. Մ. Սարգսյան — Արփենալի ներգործությունը ուղեղի արյան շրջանառության և զիլուղեղում աղբենայինի և նորաղբենայինի պարունակության վրա 235

ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ

Գ. Խ. Գրիգորյան — Ողնուղեղի հետին սյունների կտրճալատենտ պրոյեկցիան ուղեղի կեղևի ասոցիացիոն զոնայում 241

Վ. Վ. Ֆանարջյան, Զ. Ս. Սարգսյան — Կատվի մոտ ուղեղիկի և կարմիր կորիզի փոխհարարբերության էլեկտրոֆիզիոլոգիական ուսումնասիրությունը 251

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

- И. И. Микаелян*—Наилучшее приближение полиномами на несвязных совокупностях 193

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

- Р. С. Минасян*—О плоском установившемся течении тепла в некоторых криволинейных телах 201

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

- В. С. Саркисян*—Кручение анизотропных (неортоотропных) составных валов переменного диаметра 208

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

- В. М. Тараян, С. В. Вартамян*—Тиазиновые красители, как реагенты для экстракционно-фотометрического определения рения 214

МИНЕРАЛОГИЯ

- А. И. Карапетян*—Об обнаружении молибденовой минерализации в пределах Кафанского колчеданно-полиметаллического месторождения 219

АГРОХИМИЯ

- Т. Т. Варданян*—Электропроводность атмосферных осадков в Армении 223

МИКРОБИОЛОГИЯ

- Э. К. Африкян, Л. А. Чил-Акопян*—Новая разновидность спорообразующих бактерий-продуцентов энтомоцидных токсинов 227

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- А. С. Мелконян, М. М. Саркисова*—О сопряженном изменении интенсивности дыхания корневой системы и побегов винограда по фенофазам развития 232

ФАРМАКОЛОГИЯ

- С. А. Мирзоян, Э. С. Габриелян, А. М. Саркисян*—Влияние арпенала на мозговое кровообращение и содержание адреналина и норадреналина в головном мозгу 238

ФИЗИОЛОГИЯ

- Г. Е. Григорян*—О коротколатентной проекции дорсальных клатиков спинного мозга в теменной ассоциативной коре кошки 245

- В. В. Фанарджян, Д. С. Саркисян*—Электрофизиологическое изучение взаимоотношения мозжечка и красного ядра у кошек 251

УДК 517.5

МАТЕМАТИКА

И. И. Микаелян

Наилучшее приближение полиномами
на несвязных совокупностях

ПА-11,053

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Л. Шагиняном 11/VII 1968)

Если E — замкнутое множество, дополнение которого связно, то функция, непрерывная на E и аналитическая во всех его внутренних точках, представляется равномерно сходящимся рядом полиномов на этом множестве.

Второй по сложности вопрос—это вопрос об оценке скорости приближения, т. е. задача об оценке

$$\rho_n(f; E) = \inf_{\{P_n(z)\}} \max_{z \in E} |f(z) - P_n(z)|$$

где $P_n(z)$ — многочлен степени не выше n .

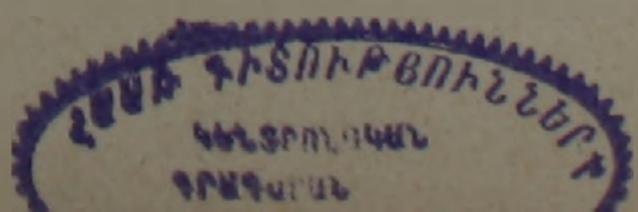
В настоящей заметке мы задались целью исследовать наилучшие полиномиальные приближения на замкнутых несвязных множествах с бесконечным множеством компонент; при этом мы ограничиваемся совокупностями определенного типа, представляющих качественный интерес.

Мы берем: 1) совокупность, состоящую из счетного числа кругов с предельной точкой, 2) совокупность кругов, расположенных всюду плотно извне к некоторой окружности, и, наконец, 3) совокупность, состоящую из счетного числа прямоугольников, расположенных плотно к некоторому отрезку.

Для выявления в какой степени скорость приближения зависит от чисто геометрических конфигураций, мы ограничимся кусочно-постоянными функциями.

При решении указанных задач пользуемся известными интерполяционными методами (ср. напр. (1)).

1. Рассмотрим множество E_1 , взаимно непересекающихся кругов $|z - a_k| < r_k$ ($k = 0, 1, 2, \dots$) a_k вещественные, причем $\sum_{k=1}^{\infty} r_k < +\infty$ и $a_k \rightarrow a_0$. Предположим, что последовательность $\{r_k\}$ монотонно убы-



вающая. Хотим показать, что мера наилучшего приближения полиномами на множестве может быть произвольно медленной в зависимости от радиусов кругов, от расстояния между ними и от функции, определенной на этом множестве. Δ_k расстояние между $|z - a_k| = r_k$ и $|z - a_{k+1}| = r_{k+1}$.

Возьмем последовательность положительных чисел $\{\beta_k\}$ и допустим, что β_k стремится к нулю, монотонно убывая.

Определим функцию $f(z)$ следующим образом:

$$f(z) = \beta_n \text{ при } |z - a_n| \leq r_n, \quad (n = 1, 2, \dots) \quad f(a_0) = 0.$$

Пусть $\varphi(x)$, $\psi(x)$ — непрерывные, монотонно убывающие функции, определенные для $1 \leq x < +\infty$, причем $\psi(m) = \beta_m$, а $\varphi(m) = \Delta_m$. При наличии этих условий, если обозначим $m = \theta(n)$ решение уравнения

$$e^{-\frac{n\varphi(m)}{4}} z + \frac{C}{\varphi(m)} = \psi_{(m+1)}, \quad (*)$$

где

$$C = 8\pi \left(\sum_{k=1}^m r_k + R_m \right),$$

$$R_m = \sum_{k=m+1}^{\infty} (\Delta_k + 2r_k)$$

(а такое решение существует, так как в случае фиксированного n левая часть (*) монотонно возрастающая, а правая часть — монотонно убывающая), будет иметь место следующая теорема.

Теорема 1. Мера наилучшего приближения полиномами на множестве E_1 равна $2\psi[\theta(n)]$.

II. Возьмем $R_1 > R_2 > \dots > R_n > \dots > R_n \rightarrow 1$. На каждой из окружностей $|z| = R_k$ построим круги $|z - a_j^{(k)}| < r_j$ ($j = 1, 2, \dots, n_k$) и предположим, что центры $a_j^{(k)}$ на окружности $|z| = R_k$ распределены равномерно.

Множество кругов $|z - a_p^{(k)}| < r_p$ ($k = 1, 2, \dots$) ($p = 1, 2, \dots, n_k$) обозначим через E_2 и предположим, что они не пересекаются, для этого достаточно взять $r_k < \min \left[\frac{1}{4} (R_k - R_{k+1}); \frac{2\pi}{n_k} \right]$.

Обозначим через Δ_k расстояние между двумя соседними окружностями, имеющими центры на окружности $|z| = R_k$, а через δ_k — расстояние между соседними окружностями множества E_2 , имеющими центры на окружностях $|z| = R_k$ и $|z| = R_{k+1}$.

Предположим $\sum_{k=1}^{\infty} n_k r_k < +\infty$ и $\sigma_k = \min(\Delta_k; \delta_k; r_k)$.

Определим функцию $f(z)$: $f(z) = \beta_k$ при $|z - a^{(k)}| < r_k$ ($j=1, 2, \dots, n_k$).

Функции $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ непрерывны для $x \geq 0$ и монотонно убывая стремятся к нулю, кроме того $\varphi(m) = \sigma_m$, $\psi(m) = \beta_m$.

В этом случае имеет место следующая.

Теорема 2. Мера наилучшего приближения полиномами на множестве E_2 равна $\psi[\theta(n)]$, где $\theta(n)$ определяется из уравнения

$$e^{-\frac{n\varphi(m)}{8}} + \frac{c}{\varphi(m)} = \psi(m).$$

III. Определим множество E_3 .

Пусть $-1 \leq y \leq 1$, $a_k \leq x \leq b_k$.

Разность $b_k - a_k$ обозначим через h_k , $a_{k+1} - b_k$ через Δ_k , тогда

$$a_n = a_0 + \sum_{k=1}^n (h_k + \Delta_k), \quad b_n = b_0 + \sum_{k=1}^n (h_k + \Delta_k).$$

Определим функцию $f(z)$:

$$f(z) = \beta_k \text{ при } a_k \leq x \leq b_k, \quad -1 \leq y \leq 1, \text{ где } z = x + iy.$$

Если функции $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ имеют тот же смысл, что и в предыдущей теореме, а $m = \theta(n)$ является решением уравнения

$$e^{-\frac{n\varphi(m)}{4}} + \frac{m}{\varphi(m)} = \psi(m), \quad \text{то}$$

имеет место следующая

Теорема 3. Мера наилучшего приближения полиномами на множестве E_3 равна $\psi[\theta(n)]$.

Доказательство теоремы 1. Через E_m обозначим следующее множество:

$$|z - a_k| < r_k + \frac{\Delta_m}{4} \quad (k = 1, 2, \dots, m)$$

$$|z - a_0| < R_m + \frac{\Delta_m}{4} \quad (m = 1, 2, \dots),$$

где

$$R_m = \sum_{k=m+1}^{\infty} (\Delta_k + 2r_k).$$

Ясно, что $R_m \rightarrow 0$ при $m \rightarrow \infty$.

Через D_m обозначим дополнение множества E_m до всей плоскости.

Для области D_m через $G_m(z)$ обозначим функцию Грина, особенность которой находится в бесконечно удаленной точке.

Тогда имеем

$$G_m(z) = \gamma_m + \frac{1}{2\pi} \int_{\Gamma_m} \frac{\partial G_m}{\partial \nu} \ln \rho \, ds,$$

где Γ_m — граница D_m , ν — направление внешней нормали, γ_m — по-

стоянная Робэна для множества E_m , а ρ — расстояния точки z от граничной точки s .

Каждый из контуров Γ_m разложим на такие дуги Δs_i , что

$$\frac{1}{2\pi} \int_{\Delta s_i} \frac{\partial G_m}{\partial v} ds = \frac{1}{n}.$$

С другой стороны на контуре будут еще такие дуги $\Delta s'_j$, что

$$\frac{1}{2\pi} \int_{\Delta s'_j} \frac{\partial G_m}{\partial v} ds < \frac{1}{n}.$$

Число дуг Δs_i не больше n , а число дуг $\Delta s'_j$ — не больше $m+1$. На каждой из дуг Δs_i возьмем точку z_i и составим

$$\pi_n(z) = \prod_{(i)} (z - z_i).$$

Степень многочлена $\pi_n(z)$ не превосходит n .

На линии уровня D_m оценим выражение

$$\frac{\sqrt[n]{|\pi_n(z)|}}{e^{-\gamma_m + G_m(z)}}.$$

Имеем

$$\begin{aligned} & \left| G_m(z) - \gamma_m - \frac{1}{n} \ln |\pi_n(z)| \right| \leq \\ & \leq \sum_{\nu} \left| \frac{1}{2\pi} \int_{\Delta s_i} \frac{\partial G_m}{\partial v} (\ln \rho - \ln \rho_i) ds \right| + \sum_{\mu} \left| \frac{1}{2\pi} \int_{\Delta s'_j} \frac{\partial G_m}{\partial v} \ln \rho dz \right|, \end{aligned}$$

где

$$\rho_i = |z - z_i|.$$

Возьмем $\rho \geq \frac{\Delta_m}{8}$, тогда будем иметь

$$|\ln \rho - \ln \rho_i| \leq \frac{8 \cdot \Delta s_i}{\Delta_m}.$$

Следовательно

$$\begin{aligned} & \left| G_m(z) - \gamma_m - \frac{1}{n} \ln |\pi_n(z)| \right| \leq \sum_{(i)} \frac{1}{n} \cdot \frac{8 \Delta s_i}{\Delta_m} + \sum_{(j)} \frac{1}{n} \ln \frac{8}{\Delta_m} \leq \\ & \leq \frac{8}{n \cdot \Delta_m} \cdot 2\pi \left(\sum_{k=1}^m r_k + R_m \right) + \frac{m+1}{n} \cdot \ln \frac{4}{r_k}. \end{aligned}$$

Откуда получим

$$\exp \left[G_m(z) - \gamma_m - \frac{C}{n \cdot \Delta_m} - \frac{m+1}{n} \cdot \ln \frac{4}{r_m} \right] \leq \sqrt[n]{|\pi_n(z)|} \leq$$

$$\leq \exp \left[G_m(z) - \gamma_m - \frac{C}{n \cdot \Delta_m} - \frac{m+1}{n} \cdot \ln \frac{4}{r_m} \right],$$

где

$$C = 8\pi \left(\sum_{k=1}^m r_k + R_m \right).$$

Построим интерполяционный многочлен Лагранжа $P_n(z_i) = f(z_i)$, когда z_i находится на какой-либо из окружностей

$$|z - a_k| = r_k + \frac{\Delta_m}{4} \quad (k = 1, 2, \dots, m) \text{ и } P_n(z_i) = \beta_{m+1},$$

$$\text{когда } |z - a_0| = R_m + \frac{\Delta_m}{4}.$$

Пользуясь формулой Эрмита

$$f^*(z) - P_n(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{K_m} \frac{\pi_n(z) f^*(t)}{\pi_n(t)(t-z)} dt,$$

где $f^*(z) = f(z)$ при $|z - a_k| \leq r_k$ ($k = 1, 2, \dots, m$)

и

$$f^*(z) = \beta_{m+1} \text{ при } |z - a_0| \leq R_m$$

K_m — линия уровня D_m .

Оценим эту разность:

$$\begin{aligned} |f^*(z) - P_n(z)| &\leq \frac{1}{2\pi} \cdot \max \left| \frac{\pi_n(z)}{\pi_n(t)} \right| \cdot \beta_1 \cdot \text{дл. } K_m \leq \\ &\leq \frac{1}{2\pi} \exp \left[n [G_m(z) - G_m(t)] + \frac{C}{\Delta_m} + m \cdot \ln \frac{4}{\Delta_m} \right] \cdot \beta_1 \text{ дл. } K_m. \end{aligned}$$

Из следующей оценки функции Грина (2)

$$G_m(z) > \ln \frac{d}{d^*} e^{-\int_{L_m} \frac{ds}{\rho(s)}},$$

где L_m — кривая, содержащая множество E_m , $d = \max |z|$, когда $z \in L_m$, $d^* = \max |z|$, когда $z \in E_m$, а $\rho(s)$ — расстояние s от точек E_m , следует, что можно выбрать две такие линии уровня функции Грина, расстояние между которыми $\frac{\Delta_m}{4}$.

Следовательно

$$|f^*(z) - P_n(z)| < e^{-\frac{n\Delta_m}{8} + \frac{C_1}{\Delta_m}},$$

где C_1 — абсолютная константа.

Теперь предположим, что $\varphi(x)$ такая непрерывная, монотонно убывающая функция, что $\varphi(m) = \Delta_m$.

$$|f^*(z) - P_n(z)| \leq e^{-\frac{n\varphi(m)}{8} + \frac{C_1}{\varphi(m)}}$$

А в кругах $|z - a_k| \leq r_k$, ($k = m + 1, m + 2, \dots$) будем иметь

$$|\beta_k - P_n(z)| < e^{-\frac{n\varphi(m)}{8}} + \frac{C_1}{\varphi(m)} + \beta_{m+1} \quad \text{при} \quad |z - a_k| \leq r_k$$

$\psi(x)$ — такая непрерывная, монотонно убывающая функция, что

$$\psi(m) = \beta_m.$$

Следовательно, если потребуем выполнения равенства

$$e^{-\frac{n\varphi(m)}{8}} + \frac{C_1}{\varphi(m)} = \psi(m+1),$$

то получим оптимальную для данного способа оценку, и, если определим из этого уравнения $m^* = \theta(n)$, получим

$$|f(z) - P_n(z)| \leq 2\psi[\theta(n)], \quad \text{когда} \quad |z - a_k| \leq r_k \quad (k = 1, 2, \dots).$$

Приведем для этих же областей теоремы обратного типа. Из них видно будет, что полученные в прямых теоремах оценки, хотя и не предельно точны, но для частичных конфигураций и функций весьма близки. Более точные оценки нам не удалось получить.

Предположим, мера наилучшего приближения полиномами на множестве $E_1 \varepsilon(n)$, тогда

$$|\beta_m - P_n(z)| < \varepsilon(n) \quad \text{при} \quad |z - a_m| < r_m.$$

В этом случае

$$|\beta_m - P_n(z)| < \varepsilon(n) \left(1 + \frac{\Delta_m}{r_m}\right)^n, \quad |z - a_m| \leq r_m + \Delta_m,$$

так как $\beta_m - P_n(z)$ является многочленом n -ого порядка.

Следовательно,

$$\beta_m - \beta_{m+1} \leq |\beta_m - P_n(z)| + |\beta_{m+1} - P_n(z)| < \varepsilon(n) \left[1 + \left(1 + \frac{\Delta_m}{r_m}\right)^n\right]$$

откуда

$$\varepsilon(n) \geq \frac{\beta_m - \beta_{m+1}}{1 + \left(1 + \frac{\Delta_m}{r_m}\right)^n} = \frac{\psi(m) - \psi(m+1)}{1 + \left[1 + \frac{\varphi(m)}{\psi(m)}\right]^n},$$

где $h(x)$ — такая непрерывная, монотонно убывающая функция, что $h(m) = r_m$ ($m \geq 1$).

При фиксированном n полученное выражение будет функцией от m . Наибольшее значение этой функции обозначим через $\varepsilon(n)$.

Если потребуем, чтобы $\varepsilon(n) = 2\psi[\theta(n)]$ получим меру наилучшего приближения полиномами на данном множестве. Отсюда видно, что полученная оценка является наилучшей для некоторых конфигураций и функций.

Теорема 1*. Мера наилучшего приближения полиномами на множестве E_1 не превосходит $\varepsilon(n)$, где $\varepsilon(n)$ определено выше.

Рассмотрим пример:

$$\beta_m = \frac{1}{m^p}, \quad \Delta_m = \frac{1}{m^p}, \quad r_m = \frac{1}{m^q}, \quad p > q.$$

Для данного примера $\theta(n) = \frac{1}{n^{1/2p}}$. Наилучшее приближение полиномами: $\rho_n(E_1) \leq \frac{C_1}{n^{s/2p}}$.

С другой стороны

$$\rho_n(E_1) \geq \frac{C_2}{n^{\frac{2s-1}{p-4}}}$$

В случае $s = \frac{2p}{3p+q}$ прямая и обратная теоремы приводят к асимптотически точной оценке наилучшего приближения.

Теперь получим обратную теорему на множестве E_2 .

Так как $\beta_m \rightarrow 0$ при $m \rightarrow \infty$, то $|P_n(z)| < \varepsilon(n)$ на окружности $|z| = 1$, где $\varepsilon(n)$ — мера наилучшего приближения полиномами, а $P_n(z)$ — полином наилучшего приближения к функции $f(z)$, порядок которого равен n .

При $|z| < 1 + \frac{1}{n}$

$$|P_n(z)| < \varepsilon(n) \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n < e \cdot \varepsilon(n).$$

Определим m из следующего условия:

$$R_m < 1 + \frac{1}{n} < R_{m-1}.$$

Имеем

$$\beta_m \leq |\beta_m - P_n(z)| + |P_n(z)| < \varepsilon(n)(e+1)$$

откуда

$$\varepsilon(n) \geq \frac{\beta_m}{e+1}.$$

Получим следующую теорему:

Теорема 2*. Мера наилучшего приближения полиномами на множестве E_2 не превосходит $\frac{\beta_m}{e+1}$, где m определяется из неравенства

$$R_m < 1 + \frac{1}{n} < R_{m-1}.$$

Для получения наилучшего приближения полиномами на множестве E_3 , воспользуемся следующей леммой:

Лемма. Если $|P_n(x)| < M$ при $-1 \leq x \leq 1$, то $|P_n(x+i\delta)| < Me^{n\delta}$ для достаточно малых δ .

Доказательство. Известно, что если $|P_n(x)| < M$ при $-1 \leq x \leq 1$, то $|P_n(z)| \leq M(a+b)^n$, где z находится на эллипсе, фокусы которого $(-1, 0)$ и $(1, 0)$, полуоси a и b .

Если возьмем $b = \delta$, $a^2 - b^2 = 1$ $a = \sqrt{1 + \delta^2}$ получим

$$(a + b)^n = (\delta + \sqrt{1 + \delta^2})^n = e^{n \cdot \ln(\delta + \sqrt{1 + \delta^2})} \sim e^{n\delta}.$$

Отсюда следует, что

$$\beta_m - \beta_{m+1} \leq \left| \beta_m - P_n \left(b_m + \frac{\Delta_m}{2} \right) \right| + \left| \beta_{m+1} - P_n \left(b_m + \frac{\Delta_m}{2} \right) \right| \leq 2\varepsilon(n) \cdot e^{\frac{n\Delta_m}{2}},$$

где $\varepsilon(n)$ — мера наилучшего приближения полиномами на множестве E_3 .

Определим m из уравнения $\varphi(m) = \frac{1}{n}$, $m = \theta(n)$.

Откуда получим

$$\varepsilon(n) \geq \frac{\psi[\theta(n)] - \psi[\theta(n) + 1]}{2}.$$

Получим следующую теорему:

Теорема 3*. Мера наилучшего приближения полиномами на множестве E_3 не превосходит

$$\frac{\psi[\theta(n)] - \psi[\theta(n) + 1]}{2}.$$

Ереванский государственный университет

Ի. Ի. ՄԻՔԱՏԵԼՅԱՆ

Լավագույն մոտավորություններ բազմանդամներով ոչ կապակցված բազմությունների վրա

Քննարկում ենք անվերջ բազմությունների կոմպոնենտներով բազմությունների վրա բազմանդամներով լավագույն մոտավորության չափը, ընդ որում դիտարկում ենք որոշակի բազմություններ, որոնք իրենցից ներկայացնում են որակական հետաքրքրություն:

Մենք վերցնում ենք՝ ա) հաշվելի թվով շրջաններ, որոնք ունեն 1 կուտակման կետ, բ) շրջանների բազմություն, որոնք պասսավորված են ամենուրեք խիստ ինչ-որ շրջանագծի կետերի նկատմամբ, գ) հաշվելի թվով ուղղանկյուններ, որոնք կուտակվում են դեպի մի հատված:

Ցույց է տրվում, որ այդ բազմությունների վրա լավագույն մոտավորության չափը կարող է լինել կամայապես դանդաղ՝ կախված նրանց կոնֆիգուրացիայից և նրանց վրա որոշված ֆունկցիայից:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ М. В. Келдыш, Sur l'approximation en moyenne quadratique des fonctions analyt, Матем. сб. 5 (47) стр. 391—402, 1939. ² А. Л. Шагинян, Теория приближений в комплексной области, (стр. 101) (на армянском языке), Ереван, 1960.

УДК 518

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

Р. С. Минасян

О плоском установившемся течении тепла
 в некоторых криволинейных телах

(Представлено академиком АН Армянской ССР М. М. Джрбашяном 8/VII 1968)

В работе дается эффективное решение задачи плоского установившегося течения тепла в цилиндрических телах, имеющих в плане форму некоторых криволинейных четырехугольников. Подобные задачи встречаются, например, при определении теплового поля в лопастях турбин, деталях теплообменников и т. п.

Пусть имеем цилиндрическое тело, поперечное сечение которого ограничено линиями $r = R_1 e^{\omega_1 \varphi}$; $r = R_2 e^{\omega_1 \varphi}$; $\varphi = \omega_2 \ln \frac{r}{R_1}$; $\varphi = \omega_2 \ln \frac{r}{R_1} + (1 - \omega_1 \omega_2) \varphi_1$ (рис. 1). Функция распределения температуры $U(r, \varphi)$ в случае, если внутри тела имеются источники тепла, как известно (1), удовлетворяет следующему уравнению в цилиндрических координатах

$$\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} = -\frac{1}{\lambda} P(r, \varphi), \quad (1)$$

где λ — коэффициент теплопроводности, $P(r, \varphi)$, интенсивность тепловыделения.

Предполагаем, что на границе тела задано распределение температуры:

$$U(R_1 e^{\omega_1 \varphi}; \varphi) = T_0(\varphi), \quad (0 \leq \varphi \leq \varphi_1);$$

$$U(R_2 e^{\omega_1 \varphi}; \varphi) = T(\varphi), \quad \left(\Omega \omega_2 \ln \frac{R_2}{R_1} \leq \varphi \leq \varphi_1 + \Omega \omega_2 \ln \frac{R_2}{R_1} \right); \quad (2)$$

$$U\left(r; \omega_2 \ln \frac{r}{R_1}\right) = S_0(r), \quad (R_1 \leq r \leq R_1^{1-\Omega} R_2^\Omega);$$

$$U\left(r; \omega_2 \ln \frac{r}{R_1} + \varphi_1 - \omega_1 \omega_2 \varphi_1\right) = S(r), \quad (R_1 e^{\omega_1 \varphi_1} \leq r \leq R_1^{1-\Omega} R_2^\Omega e^{\omega_1 \varphi_1}),$$

где $\Omega = \frac{1}{1 - \omega_1 \omega_2}$.

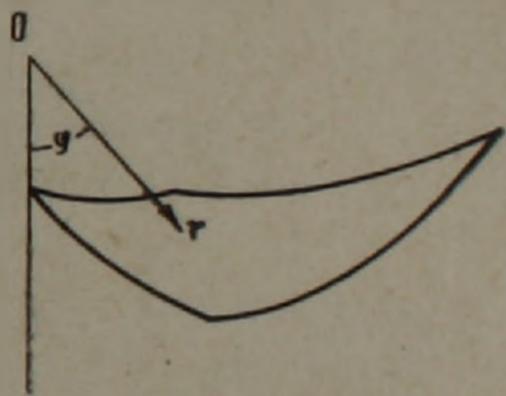


Рис. 1.

Относительно функций $S_0(r)$, $S(r)$, $T_0(\varphi)$ и $T(\varphi)$ предполагаем, что они непрерывны в соответствующих интервалах и почти всюду обладают суммируемой производной, а также, что $T_0(0) = S(R_1)$; $T_0(\varphi_1) = S(R_1 e^{\omega_1 \varphi_1})$; $T\left(\omega_2 \Omega \ln \frac{R_2}{R_1}\right) = S_0(R_1^{1-\omega_2} R_2^{\omega_2})$; $T\left(\varphi_1 + \omega_2 \Omega \ln \frac{R_2}{R_1}\right) = S(R_1^{1-\omega_2} R_2^{\omega_2} e^{\omega_1 \varphi_1})$. Что касается интенсивности тепловыделения $P(r, \varphi)$, то предполагаем, что она является суммируемой функцией.

Прежде, чем переходить к решению задачи, преобразуем систему координат, обозначив

$$r e^{-\omega_2 \varphi} = R_1 e^{\sqrt{1+\omega_1^2} \xi}; \quad \varphi - \omega_2 \ln \frac{r}{R_1} = \sqrt{1+\omega_2^2} \eta. \quad (3)$$

Подставляя значения r и φ из (3) в (1), для функции

$$U^*(\xi, \eta) = U\left(R_1 \exp \frac{\omega_1 \sqrt{1+\omega_2^2} \eta + \sqrt{1+\omega_1^2} \xi}{1-\omega_1 \omega_2}; \frac{\sqrt{1+\omega_2^2} \eta + \omega_2 \sqrt{1+\omega_1^2} \xi}{1-\omega_1 \omega_2}\right),$$

определенной в прямоугольнике $\left(0 \leq \eta \leq \frac{\varphi_1(1-\omega_1 \omega_2)}{\sqrt{1+\omega_1^2}}; 0 \leq \xi \leq \frac{1}{\sqrt{1+\omega_2^2}} \times \ln \frac{R_2}{R_1}\right)^*$, получим следующее уравнение с неразделяющимися переменными

$$\frac{\partial^2 U^*}{\partial \xi^2} - 2\alpha \frac{\partial^2 U^*}{\partial \xi \partial \eta} + \frac{\partial^2 U^*}{\partial \eta^2} = -Q(\xi, \eta), \quad (4)$$

где

$$\alpha = \frac{\omega_1 + \omega_2}{\sqrt{(1+\omega_1^2)(1+\omega_2^2)}}; \quad Q(\xi, \eta) = \frac{R_1^2}{\lambda} e^{2(\Omega_1 \xi + \omega_1 \Omega_2 \eta)} \times \quad (5)$$

$$\times P(R_1 e^{\Omega_1 \xi + \omega_1 \Omega_2 \eta}; \quad \Omega_2 \eta + \omega_2 \Omega_1 \xi); \quad \Omega_1 = \frac{\sqrt{1+\omega_1^2}}{1-\omega_1 \omega_2}; \quad \Omega_2 = \frac{\sqrt{1+\omega_2^2}}{1-\omega_1 \omega_2}.$$

На границе функция $U^*(\xi, \eta)$ удовлетворяет следующим условиям

$$U^*(\xi, 0) = S_0^*(\xi); \quad U^*(\xi, d) = S^*(\xi); \quad U^*(0, \eta) = T_0^*(\eta); \quad U^*(c, \eta) = T^*(\eta). \quad (6)$$

Здесь обозначено

$$d = \frac{(1-\omega_1 \omega_2) \varphi_1}{\sqrt{1+\omega_2^2}}; \quad c = \frac{1}{\sqrt{1+\omega_1^2}} \ln \frac{R_2}{R_1}; \quad S_0^*(\xi) = S_0(R_1 e^{\Omega_1 \xi});$$

$$S^*(\xi) = S(R_1 e^{\Omega_1 \xi + \omega_1 \varphi_1}); \quad T_0^*(\eta) = T_0(\Omega_2 \eta); \quad T^*(\eta) = T\left(\Omega_2 \eta + \omega_2 \Omega \ln \frac{R_2}{R_1}\right). \quad (7)$$

Для нахождения функции $U^*(\xi, \eta)$ воспользуемся способом, изложенным в (2).

* Здесь и ниже предполагается, что $1 - \omega_1 \omega_2 > 0$; $R_2 > R_1$. В противном случае следует изменить знаки в соответствующих неравенствах.

Будем искать решение уравнения (4) в виде ряда Фурье по тригонометрическим функциям

$$U^*(\xi, \eta) = \frac{g_0(\xi)}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} [f_k(\xi) \sin \gamma_k \eta + g_k(\xi) \cos \gamma_k \eta], \quad (8)$$

где

$$\gamma_k = \frac{2k\pi}{d}; \quad f_k(\xi) = \frac{2}{d} \int_0^d U^*(\xi, \eta) \sin \gamma_k \eta d\eta; \quad g_k(\xi) = \frac{2}{d} \int_0^d U^*(\xi, \eta) \cos \gamma_k \eta d\eta.$$

Для определения коэффициентов $f_k(\xi)$ и $g_k(\xi)$ умножим уравнение (4) соответственно на $\frac{2}{d} \sin \gamma_k \eta$ и $\frac{2}{d} \cos \gamma_k \eta$ и проинтегрируем от 0 до d . Принимая во внимание (6), для $f_k(\xi)$ и $g_k(\xi)$ получим систему обыкновенных дифференциальных уравнений

$$f_k''(\xi) + 2\alpha \gamma_k g_k'(\xi) - \gamma_k^2 f_k(\xi) = \frac{2}{d} p_k(\xi); \quad (9)$$

$$g_k''(\xi) - 2\alpha \gamma_k f_k'(\xi) - \gamma_k^2 g_k(\xi) = \frac{2}{d} q_k(\xi),$$

где обозначено:

$$p_k(\xi) = - \int_0^d Q(\xi, \eta) \sin \gamma_k \eta d\eta - \gamma_k [S_0^*(\xi) - S^*(\xi)];$$

$$q_k(\xi) = - \int_0^d Q(\xi, \eta) \cos \gamma_k \eta d\eta - 2\alpha [S_0''(\xi) - S''(\xi)] + S_1(\xi) - S_2(\xi); \quad (10)$$

$$S_1(\xi) = \frac{\partial U^*}{\partial \eta} \Big|_{\eta=0}; \quad S_2(\xi) = \frac{\partial U^*}{\partial \eta} \Big|_{\eta=d}.$$

Как видно из (10), ввиду того, что $\{\cos \gamma_k \xi\}$ не являются собственными функциями рассматриваемой краевой задачи, в правую часть второго из уравнений (9) входят неизвестные значения $\frac{\partial U^*}{\partial \eta} \Big|_{\eta=0}$ и $\frac{\partial U^*}{\partial \eta} \Big|_{\eta=d}$. Решая уравнения (9) и удовлетворяя соответствующим граничным условиям, для $f_k(\xi)$ и $g_k'(\xi)$ получаем следующие выражения:

$$f_k(\xi) = \frac{2}{d \operatorname{sh} \nu \gamma_k c} \left\{ \operatorname{sh} \nu \gamma_k (c - \xi) \left[\int_0^d T_0^*(\eta) \sin \gamma_k (\eta - a\xi) d\eta - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{1}{\nu \gamma_k} \int_0^{\xi} \left(p_k(\zeta) \cos \alpha \gamma_k (\xi - \zeta) - q_k(\zeta) \sin \alpha \gamma_k (\xi - \zeta) \right) \operatorname{sh} \nu \gamma_k \zeta d\zeta \right] + \right.$$

$$+ \operatorname{sh} \nu \gamma_k \xi \left[\int_0^d T^*(\eta) \sin \gamma_k (\eta - \alpha \xi + \alpha c) d\eta - \frac{1}{\nu \gamma_k} \int_{\xi}^c \left(p_k(\zeta) \cos \alpha \gamma_k (\zeta - \xi) + q_k(\zeta) \sin \alpha \gamma_k (\zeta - \xi) \right) \operatorname{sh} \nu \gamma_k (c - \zeta) d\zeta \right];$$

(11)

$$g_k(\xi) = \frac{2}{d \operatorname{sh} \nu \gamma_k c} \left\{ \operatorname{sh} \nu \gamma_k (c - \xi) \left[\int_0^d T_0^*(\eta) \cos \gamma_k (\eta - \alpha \xi) d\eta - \frac{1}{\nu \gamma_k} \int_0^{\xi} \left(p_k(\zeta) \sin \alpha \gamma_k (\xi - \zeta) + q_k(\zeta) \cos \alpha \gamma_k (\xi - \zeta) \right) \operatorname{sh} \nu \gamma_k \zeta d\zeta \right] + \operatorname{sh} \nu \gamma_k \xi \left[\int_0^d T^*(\eta) \cos \gamma_k (\eta - \alpha \xi + \alpha c) d\eta + \frac{1}{\nu \gamma_k} \int_{\xi}^c \left(p_k(\zeta) \sin \alpha \gamma_k (\zeta - \xi) - q_k(\zeta) \cos \alpha \gamma_k (\zeta - \xi) \right) \operatorname{sh} \nu \gamma_k (c - \zeta) d\zeta \right] \right\},$$

где $\nu = \sqrt{1 - \alpha^2}$. В выражения для $f_k(\xi)$ и $g_k(\xi)$ входят неизвестные функции $S_1(\xi)$ и $S_2(\xi)$. Прежде, чем перейти к их определению, заметим, что вследствие неоднородности граничных условий ряд (8) медленно сходится — коэффициенты $f_k(\xi)$ при возрастании k убывают с быстротой $O\left(\frac{1}{k}\right)$. Усилим сходимость ряда (8), для чего выделим и просуммируем выражение, обуславливающее слабую сходимость:

$$U^*(\xi, \eta) = \left(\frac{1}{2} - \frac{\eta}{d} \right) [S_0^*(\xi) - S^*(\xi)] + \frac{g_0(\xi)}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \left[f_k(\xi) - 2 \frac{S_0^*(\xi) - S^*(\xi)}{\lambda_k d} \right] \sin \gamma_k \eta + g_k(\xi) \cos \gamma_k \eta \right\}. \quad (12)$$

Ряд в (12) обладает усиленной сходимостью — члены его убывают с быстротой $O\left(\frac{1}{k^2}\right)$ и $O\left(\frac{1}{k^3}\right)$. Перейдем теперь к определению $S_1(\xi) - S_2(\xi)$. Для этого потребуем выполнение граничных условий на $\eta = 0$ и $\eta = d$:

$$\frac{g_0(\xi)}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} g_k(\xi) = \frac{S_0(\xi) + S(\xi)}{2}. \quad (13)$$

Умножим уравнение (13) на $\frac{2}{c} \sin \delta_j \xi$, где $\delta_j = \frac{j\pi}{c}$, и проинтегрируем от 0 до c . При этом, вследствие равномерной сходимости ряда (13), возможна перестановка знаков суммы и интеграла. Для нахождения значения $\int_0^c g_k(\xi) \sin \delta_j \xi d\xi$ воспользуемся уравнениями (9) и гра-

ничными условиями (6). После некоторых преобразований для определения коэффициентов Фурье функции $S_1(\xi) - S_2(\xi)$ получим следующее соотношение:

$$a_j = -8\alpha v \delta_j^3 \frac{\text{ch } v \delta_j d - \cos \alpha \delta_j d}{d \text{sh } v \delta_j d} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{m_k^{(j)}}{(\gamma_k^2 + \delta_j^2)^2 - 4\alpha^2 \gamma_k^2 \delta_j^2} + t_j. \quad (14)$$

Здесь обозначено:

$$a_j = 2\delta_j \int_0^c [S_1(\xi) - S_2(\xi)] \sin \delta_j \xi d\xi; \quad m_k^{(j)} = \gamma_k d [f_k'(0) - (-1)^j f_k'(c)];$$

$$t_j = \frac{2\delta_j}{\text{sh } v \delta_j d} \left\{ \int_0^d [T_0^{*'}(\eta) - T^{*'}(\eta)] [v(\text{ch } v \delta_j (d - \eta) \cos \alpha \delta_j \eta - \text{ch } v \delta_j \eta \cos \alpha \delta_j (d - \eta)) + \alpha(\text{sh } v \delta_j (d - \eta) \sin \alpha \delta_j \eta - \text{sh } v \delta_j \eta \sin \alpha \delta_j (d - \eta))] d\eta + \right. \quad (15)$$

$$\left. + (\alpha \text{sh } v \delta_j d - v \sin \alpha \delta_j d) \int_0^c [S_0^{*'}(\xi) - S^{*'}(\xi)] \sin \delta_j \xi d\xi - \right.$$

$$\left. - v(\text{ch } v \delta_j d - \cos \alpha \delta_j d) \int_0^c [S^{*'}(\xi) + S_0^{*'}(\xi)] \cos \delta_j \xi d\xi + \right.$$

$$\left. + \int_0^c \int_0^d Q(\xi, \eta) [\text{sh } v \delta_j (d - \eta) \sin \delta_j (\alpha + \xi \eta) + \text{sh } v \delta_j \eta \sin \delta_j (\xi + \alpha \eta - \alpha d)] d\xi d\eta \right\}.$$

В свою очередь, $m_k^{(s)}$, входящие в (14) выразятся посредством a_j из следующего уравнения:

$$m_k^{(s)} = -4\alpha v \gamma_k^3 \frac{\text{ch } v \gamma_k c - (-1)^s \cos \alpha \gamma_k c}{c \text{sh } v \gamma_k c} \sum_{j=1}^{\infty} \frac{[1 + (-1)^{j+s}] a_j}{(\gamma_k^2 + \delta_j^2)^2 - 4\alpha^2 \gamma_k^2 \delta_j^2} + \rho_k^{(s)},$$

где

$$\rho_k^{(s)} = \frac{2\gamma_k}{\text{sh } v \gamma_k c} \left\{ \int_0^c [S_0^{*'}(\xi) - S^{*'}(\xi)] [v \text{ch } v \gamma_k (c - \xi) \cos \alpha \gamma_k \xi + \right.$$

$$\left. + \alpha \text{sh } v \gamma_k (c - \xi) \sin \alpha \gamma_k \xi - (-1)^s (\alpha \text{sh } v \gamma_k \xi \sin \alpha \gamma_k (c - \xi) + \right.$$

$$\left. + v \text{ch } v \gamma_k \xi \cos \alpha \gamma_k (c - \xi)) d\xi + [\alpha \text{sh } v \gamma_k c + (-1)^s v \sin \alpha \gamma_k c] \times \right.$$

$$\times \int_0^d [T_0^{*'}(\eta) - (-1)^s T^{*'}(\eta)] \sin \gamma_k \eta d\eta - v [\text{ch } v \gamma_k c - (-1)^s \cos \alpha \gamma_k c] \times$$

$$\times \int_0^d [T_0^{*'}(\eta) + (-1)^s T^{*'}(\eta)] \cos \gamma_k \eta d\eta +$$

$$+ \int_0^c \int_0^d Q(\xi, \eta) \left[\sin \gamma_k (\eta + \alpha \xi) \operatorname{sh} \nu \gamma_k (c - \xi) + (-1)^s \sin \gamma_k (\eta + \alpha \xi - \alpha c) \operatorname{sh} \nu \gamma_k \xi \right] d\eta d\xi \Bigg\}. \quad (17)$$

Таким образом, для определения неизвестных a_j и $m_k^{(s)}$ получим совокупность двух бесконечных систем линейных алгебраических уравнений (14) и (16). Займемся исследованием полученной совокупности. Определим вначале суммы модулей коэффициентов в каждом из уравнений полученных систем. Сумма модулей коэффициентов в j -м уравнении системы (14) равна

$$\sigma_j = |\alpha| \left[1 + \nu \frac{\sin \alpha \delta_j d}{\alpha \operatorname{sh} \nu \delta_j d} - \frac{4\nu}{\delta_j d} \left(\operatorname{cth} \nu \delta_j d - \frac{\cos \alpha \delta_j d}{\operatorname{sh} \nu \delta_j d} \right) \right]. \quad (18)$$

Аналогичные значения получаются и для суммы модулей коэффициентов системы (14). Второе слагаемое в выражении (18) убывает с экспоненциальной быстротой и, начиная с некоторого j , σ_j , вследствие неравенства $|\alpha| < 1$, становится меньше 1. Заметим, что при

$|\alpha| \leq \frac{2}{\sqrt{5}}$ сумма модулей коэффициентов систем (14) и (16) строго

меньше единицы для всех j и k и при любых отношениях $\frac{d}{c}$, т. е.

системы вполне регулярны. Свободные члены t_j и $p_k^{(s)}$, как легко видеть из (15) и (17), ограничены в своей совокупности. Из теории бесконечных систем ⁽³⁾ следует единственность ограниченного решения бесконечных систем (14) и (16) и сходимость методов последовательных приближений. Заметим далее, что системы (14) и (16) распадаются на две независимые совокупности. Это обстоятельство значительно облегчает работу при решении усеченных систем.

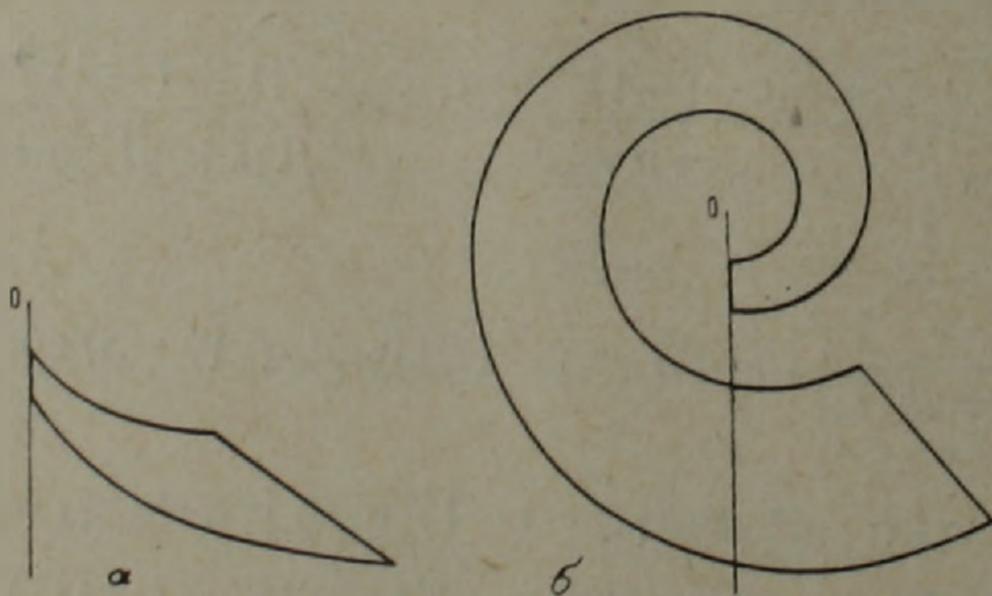


Рис. 2.

Задаваясь значениями $S_0(r)$, $S(r)$, $T_0(\varphi)$, $T(\varphi)$ и $Q(r, \varphi)$, а также величинами ω_1 , ω_2 , φ_1 и $\frac{R_2}{R_1}$, из (3), (7), (14) — (17) определим значения a_j , $m_k^{(1)}$ и $m_k^{(2)}$ сверху и снизу, после чего способом, описанным в ⁽⁴⁾, найдем значения $U(r, \varphi)$ с избытком и недостатком.

В заключение рассмотрим некоторые частные случаи. а) Если $\omega_2 = 0$, получаем область, ограниченную отрезками радиусов и экспоненциальных кривых (рис. 2а). При этом, если $\varphi_1 > 2\pi$, область огибает начало координат (рис. 2б). б) При $\omega_1 = 0$ получаем область, ограниченную дугами окружностей и логарифмических спиралей. в) Если $\omega_1 = -\omega_2$, ряды, входящие в выражения для a_j и $m_k^{(s)}$, исчезают, и бесконечные системы (14) и (16) вырождаются в равенства.

Институт математики и механики
Академии наук Армянской ССР

Ռ. Ս. ՄԻՆԱՍՅԱՆ

Որոշ կորագիծ մարմիններում ջերմության հարթ կայունացած հոսանքի մասին

Հոդվածում տրվում է $r = R_1 e^{\omega_1 \varphi}$; $r = R_2 e^{\omega_2 \varphi}$; $\varphi = \omega_2 \ln \frac{r}{R_1}$ և $\varphi = \omega_2 \ln \frac{r}{R_1} + (1 - \omega_1 \omega_2) \varphi_1$

կորերով սահմանափակված ընդլայնական կտրվածք ունեցող գլանային մարմիններում ջերմության հարթ կայունացած հոսանքի խնդրի էֆեկտիվ լուծումը՝ ջերմության աղբյուրների առկայության դեպքում:

Կոորդինատական սիստեմի ձևափոխման շնորհիվ, (1) հավասարման լուծումը դիտարկվող կորագիծ քառանկյան տիրույթում վերածվում է շտրոհվող փոփոխականներով (4) հավասարման լուծումը տրվում է արագ նվազող շարքով ըստ եռանկյունային և ցուցիչային ֆունկցիաների, որի անհայտ գործակիցները որոշվում են գծային հանրահաշվական հավասարումների լիովին ուղղակի անվերջ սիստեմներից:

Դիտարկվում են մասնակի դեպքեր՝ երբ $\omega_1 = -\omega_2$, այս հավասարումների անվերջ սիստեմները վերածվում են սովորական հավասարությունների, երբ $\omega_2 = 0$, $\varphi_1 > 2\pi$, ստացվում է սպիրալաձև տիրույթ, և այլն:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- ¹ А. В. Лыков, Теория теплопроводности, изд. „Высшая школа“, М., 1967.
- ² Р. С. Минасян, ДАН АрмССР, т. XXIII, № 4 (1956). ³ Л. К. Канторович и В. И. Крылов, Приближенные методы высшего анализа, М.—Л., Физматгиз, 1962.
- ⁴ Р. С. Минасян, „Известия АН АрмССР“, серия физ.-мат. наук, XI, № 3 (1958).

УДК 539.3

ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ

В. С. Саркисян

Кручение анизотропных (неортотропных) составных валов
 переменного диаметра*

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР О. М. Сапонджяном 11/V 1968)

Задача о кручении изотропных составных валов переменного сечения при помощи функции напряжений решена в работе (1).

В настоящей работе рассматривается кручение анизотропных (неортотропных) составных валов переменного диаметра. Получены основные дифференциальные уравнения задачи и необходимые условия, при помощи которых однозначно определяются как функция напряжений так и функция перемещения во всей области осевого сечения вала.

1. Функция напряжений. Рассмотрим тело вращения, составленное из различных материалов, расположенных симметрично относительно оси вращения. Пусть область осевого сечения вала разбивается на отдельные области D_1, \dots, D_m , соответствующие различным анизотропным (неортотропным) материалам, из которых составлен вал (рис.1).

Далее, как и в случае изотропного тела, примем (2)

$$u_r^{(i)} = 0, \quad u_\theta^{(i)} = u_\theta^{(i)}(r, z), \quad w = 0. \quad (1.1)$$

Тогда

$$\varepsilon_r^{(i)} = \varepsilon_\theta^{(i)} = \varepsilon_z^{(i)} = \gamma_{rz}^{(i)} = 0, \quad (1.2)$$

$$\gamma_{\theta z}^{(i)} = \frac{\partial u_\theta^{(i)}}{\partial z}, \quad (1.3)$$

$$\gamma_{r\theta}^{(i)} = \frac{\partial u_\theta^{(i)}}{\partial r} - \frac{u_\theta^{(i)}}{r}. \quad (1.4)$$

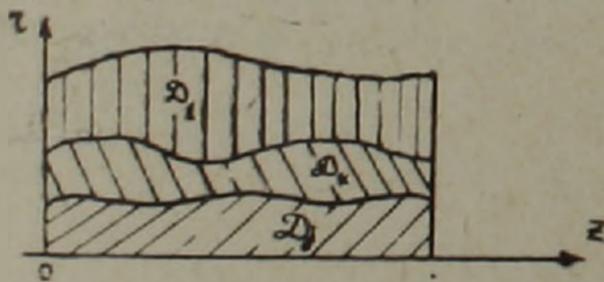


Рис. 1.

Относительно материала, примем следующий обобщенный закон Гука, т. е. каждый материал обладает цилиндрической анизотропией (ось анизотропии совпадает с геометрической осью и все радиальные плоскости являются плоскостями упругой симметрии) (3):

* Работа доложена на III Всесоюзном съезде по теоретической и прикладной механике. Москва, 1968 г.

$$\begin{aligned}\gamma_{\theta z}^{(i)} &= a_{44}^{(i)} \tau_{\theta z}^{(i)} + a_{46}^{(i)} \tau_{r\theta}^{(i)}, \\ \gamma_{r\theta}^{(i)} &= a_{46}^{(i)} \tau_{\theta z}^{(i)} + a_{66}^{(i)} \tau_{r\theta}^{(i)},\end{aligned}\quad (1.5)$$

где $a_{kj}^{(i)}$ упругие постоянные, удовлетворяющие следующим неравенствам

$$a_{44}^{(i)} > 0, \quad a_{66}^{(i)} > 0, \quad a_{44}^{(i)} a_{66}^{(i)} - [a_{46}^{(i)}]^2 > 0. \quad (1.6)$$

Уравнение равновесия элемента вала для области, занятой i -м материалом, имеет вид

$$\frac{\partial \tau_{r\theta}^{(i)}}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{\theta z}^{(i)}}{\partial z} + \frac{2\tau_{r\theta}^{(i)}}{r} = 0, \quad (1.7)$$

которые будут удовлетворены, если положить

$$\tau_{r\theta}^{(i)} = -\frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial \Psi_i}{\partial z}, \quad (1.8)$$

$$\tau_{\theta z}^{(i)} = \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial \Psi_i}{\partial r}.$$

Здесь $\Psi_i(r, z)$ — функция напряжения.

Из (1.3) и (1.4) легко получить, что

$$\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\gamma_{\theta z}^{(i)}}{r} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\gamma_{r\theta}^{(i)}}{r} \right) = 0. \quad (1.9)$$

Тогда при помощи (1.5) и (1.8) из (1.9) для определения получим следующее дифференциальное уравнение в частных производных с неразделяющимися переменными

$$a_{44}^{(i)} \frac{\partial^2 \Psi_i}{\partial r^2} - 2a_{46}^{(i)} \frac{\partial^2 \Psi_i}{\partial r \partial z} + a_{66}^{(i)} \frac{\partial^2 \Psi_i}{\partial z^2} - \frac{3a_{44}^{(i)}}{r} \cdot \frac{\partial \Psi_i}{\partial r} + \frac{3a_{46}^{(i)}}{r} \cdot \frac{\partial \Psi_i}{\partial z} = 0. \quad (1.10)$$

Граничные условия задаются в виде

$$\tau_{r\theta} \cos(r, n) + \tau_{z\theta} \cos(z, n) = T_n(s), \quad (1.11)$$

где $T_n(s)$ — напряжение, которое действует на поверхности составного вала, n — внешняя нормаль к контуру, а

$$l = \cos(r, n) = \frac{dz}{ds} = \frac{dr}{dn}, \quad m = \cos(z, n) = \frac{dz}{dn} = -\frac{dr}{ds}. \quad (1.12)$$

Согласно (1.8), (1.11) и (1.12) получим

$$\Psi_i[r(s), z(s)] = \varphi(s) \left(\varphi(s) = - \int_0^s r^2(s) T_n(s) ds + c_0 \right), \quad (1.13)$$

где $r(s)$ и $z(s)$ — координаты точки на поверхности вала на расстоянии s по длине образующей вала.

На линии раздела L_{kj} имеем

$$\tau_{r\theta}^{(k)} l + \tau_{z\theta}^{(k)} m = \tau_{r\theta}^{(j)} l + \tau_{z\theta}^{(j)} m, \quad (1.14)$$

где $l = \cos(r, n)$ и $m = \cos(z, n)$ — направляющие косинусы нормали к линии раздела L_{kj} . Учитывая (1.12) и (1.14), получим

$$\frac{\partial \Psi_k}{\partial s} = \frac{\partial \Psi_j}{\partial s} \quad \text{на } L_{kj} \quad (1.15)$$

или

$$\Psi_k = \Psi_j + C_{kj} \quad \text{на } L_{kj}.$$

Нетрудно понять, что можно всегда принять $C_{kj} = 0$

При помощи (1.3)–(1.5) можно написать, что

$$a_{44}^{(k)} \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial \Psi_k}{\partial r} - a_{46}^{(k)} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial \Psi_k}{\partial z} = r \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{u_\theta^{(k)}}{r} \right), \quad (1.16)$$

$$\tilde{a}_{46}^{(k)} \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial \Psi_k}{\partial r} - a_{66}^{(k)} \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial \Psi_k}{\partial z} = r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{u_\theta^{(k)}}{r} \right). \quad (1.17)$$

Умножая равенства (1.16) и (1.17) соответственно $\frac{dz}{ds}$ и $\frac{dr}{ds}$ и учитывая (1.12) и на поверхности раздела полное сцепление, т. е. $u_\theta^{(k)} = u_\theta^{(j)}$, находим

$$\left(\frac{\partial^* \Psi}{\partial n} \right)_k = \left(\frac{\partial^* \Psi}{\partial n} \right)_j \quad \text{на } L_{kj}, \quad (1.18)$$

где введено обозначение

$$\left(\frac{\partial^*}{\partial n} \right)_k \equiv a_{44}^{(k)} l \frac{\partial}{\partial r} + a_{66}^{(k)} m \frac{\partial}{\partial z} - a_{46}^{(k)} \left(l \frac{\partial}{\partial z} + m \frac{\partial}{\partial r} \right). \quad (1.19)$$

Неизлишне отметить, что если имеем сплошной вал, то на оси имеет место

$$\Psi(0, z) = \Psi_0 \equiv \text{const}, \quad (1.20)$$

а если полый вал, то на внутренней поверхности должно выполняться условие (1.13), где $T_n(s)$ будет скручивающее внешнее усилие, которое действует на этой поверхности.

Таким образом, задача о кручении анизотропного составного вала переменного сечения сводится к нахождению в каждой из областей D_i , соответствующей анизотропному материалу с упругими постоянными $a_{kj}^{(i)}$, функции напряжений Ψ_i , которая в этой области удовлетворяет дифференциальному уравнению (1.10), граничным условиям (1.13) и (1.20) и условиям сопряжения (1.15) и (1.18).

2. Функция перемещения. Введем функцию перемещения F_i следующим образом (4, 5):

$$F_i = \frac{u_\theta^{(i)}}{r}, \quad (2.1)$$

при этом удовлетворяется (1.9) тождественно.

Тогда при помощи (1.3)–(1.5) можно получить, что

$$\tau_{r\theta}^{(i)} = A_{44}^{(i)} r \frac{\partial F_i}{\partial r} - A_{46}^{(i)} r \frac{\partial F_i}{\partial z}, \quad (2.2)$$

$$\tau_{\theta z}^{(i)} = A_{66}^{(i)} r \frac{\partial F_i}{\partial z} - A_{46}^{(i)} r \frac{\partial F_i}{\partial r}, \quad (2.3)$$

где

$$A_{44}^{(i)} = a_{44}^{(i)} \cdot a^{(i)}, \quad A_{46}^{(i)} = a_{46}^{(i)} a^{(i)}, \quad A_{66}^{(i)} = a_{66}^{(i)} a^{(i)}, \quad a^{(i)} = \frac{1}{a_{44}^{(i)} a_{66}^{(i)} - [a_{46}^{(i)}]^2} \quad (2.4)$$

Подставляя выражения $\tau_{r\theta}^{(i)}$ и $\tau_{\theta z}^{(i)}$ из (2.2), (2.3) в уравнение равновесия элемента вала для области (1.7), получим уравнение для определения функции F_i

$$a_{44}^{(i)} \left(\frac{\partial^2 F_i}{\partial r^2} + \frac{3}{r} \cdot \frac{\partial F_i}{\partial r} \right) + a_{66}^{(i)} \frac{\partial^2 F_i}{\partial z^2} - a_{46}^{(i)} \left(\frac{3}{r} \cdot \frac{\partial F_i}{\partial z} + 2 \frac{\partial^2 F_i}{\partial r \partial z} \right) = 0. \quad (2.5)$$

Функция F_i на контуре осевого сечения удовлетворяет

$$D_i [F_i] = \frac{T_n(s)}{r}, \quad (2.6)$$

где T_n — проекция полного напряжения на нормаль к контуру осевого сечения, заданная на свободной поверхности вала, а для оператора $D_i []$ принято такое обозначение

$$D_i [] \equiv A_{44}^{(i)} l \frac{\partial}{\partial r} + A_{66}^{(i)} m \frac{\partial}{\partial z} - A_{46}^{(i)} \left(l \frac{\partial}{\partial z} + m \frac{\partial}{\partial r} \right). \quad (2.7)$$

Условия на линии L_{kj} немедленно получаются, если учесть условие непрерывности напряжения T_n и u_θ на линии L_{kj} . Они имеют следующий вид:

$$D_k [F_k] = D_j [F_j] \quad \text{на } L_{kj}. \quad (2.8)$$

$$F_k = F_j.$$

3. О решении задачи кручения неортотропных составных валов переменного диаметра. Обозначим через μ малый параметр для области D_1

$$\mu = \frac{a_{46}^{(1)}}{\sqrt{a_{44}^{(1)} a_{66}^{(1)}}}, \quad (3.1)$$

который меньше единицы и обращается в нуль в случае ортотропного материала, когда главные направления упругости совпадают с геометрическими осями.

Произведя преобразования

$$z = \zeta \sqrt{\frac{a_{66}^{(1)}}{a_{44}^{(1)}}}, \quad \Psi_i(r, z) = \Phi_i(r, \zeta), \quad (3.2)$$

из (1.10) и (1.18) придем

$$\frac{\partial^2 \Phi_k}{\partial r^2} - \frac{3}{r} \frac{\partial \Phi_k}{\partial r} + \delta_k \frac{\partial^2 \Phi_k}{\partial \zeta^2} - \mu \lambda_k \left(2 \frac{\partial^2 \Phi_k}{\partial r \partial \zeta} - \frac{\partial \Phi_k}{\partial \zeta} \right) = 0, \quad (3.3)$$

$$N_1 [\Phi]_k + \mu N_2 [\Phi]_k = N_1 [\Phi]_j + \mu N_2 [\Phi]_j, \quad (3.4)$$

где введены такие обозначения:

$$\delta_k = \frac{a_{44}^{(1)} a_{66}^{(k)}}{a_{66}^{(1)} a_{44}^{(k)}}, \quad \lambda_k = e_k \frac{a_{44}^{(1)}}{a_{44}^{(k)}}, \quad e_k = \frac{a_{46}^{(k)}}{a_{46}^{(1)}},$$

$$N_1 | | _k \equiv a_{44}^{(k)} l \frac{\partial}{\partial r} + a_{66}^{(k)} \sqrt{\frac{a_{44}^{(1)}}{a_{66}^{(1)}}} m \frac{\partial}{\partial \zeta}, \quad N_2 | | _k \equiv -e_k \left(l a_{44}^{(1)} \frac{\partial}{\partial \zeta} + m \sqrt{\frac{a_{44}^{(1)}}{a_{66}^{(1)}}} \frac{\partial}{\partial r} \right). \quad (3.5)$$

Представим решение (3.3) в виде

$$\Phi_k(r, \zeta) = \Phi_k^{(0)} + \sum_{p=1}^{\infty} \Phi_k^{(p)}(r, \zeta) \cdot \mu^p. \quad (3.6)$$

Тогда при помощи (3.6) решение краевой задачи (3.3), (1.13), (1.15), (3.4), (1.20) можно свести к решению следующих рекуррентных краевых задач:

$$\frac{\partial^2 \Phi_k^{(0)}}{\partial r^2} - \frac{3}{r} \frac{\partial \Phi_k^{(0)}}{\partial r} + \delta_k \frac{\partial^2 \Phi_k^{(0)}}{\partial \zeta^2} = 0,$$

$$\Phi_k^{(0)} | r(s), \zeta(s) | = \varphi(s),$$

$$\Phi_k^{(0)} = \Phi_j^{(0)},$$

$$N_1 [\Phi^{(0)}]_k = N_1 [\Phi^{(0)}]_j, \quad (3.7)$$

$$\Phi^{(0)}(0, \zeta) = \Phi_0 = \text{const};$$

$$\frac{\partial^2 \Phi_k^{(p)}}{\partial r^2} - \frac{3}{r} \frac{\partial \Phi_k^{(p)}}{\partial r} + \delta_p \frac{\partial^2 \Phi_k^{(p)}}{\partial \zeta^2} = Q_k^{(p-1)},$$

$$\Phi_k^{(p)} = 0, \quad (p=1, 2, \dots)$$

$$\Phi_k^{(p)} = \Phi_j^{(p)}, \quad (3.8)$$

$$N_1 [\Phi^{(p)}]_k + N_2 [\Phi^{(p-1)}]_k = N_1 [\Phi^{(p)}]_j + N_2 [\Phi^{(p-1)}]_j,$$

$$\Phi^{(p)}(0, \zeta) = 0,$$

где

$$Q_k = \lambda_k \left(2 \frac{\partial^2 \Phi_k^{(p)}}{\partial r \partial \zeta} - \frac{3}{r} \frac{\partial \Phi_k^{(p)}}{\partial \zeta} \right). \quad (3.9)$$

Таким образом, задача о кручении неортотропных составных валов переменного диаметра сводится к ряду рекуррентных задач (3.7)–(3.8) сходных с задачей кручения ортотропных составных валов переменного диаметра, которые последовательно можно решать.

Ереванский государственный университет

Վ. Ս. ՍԱՐԴՍՅԱՆ

Փոփոխական տրամագծով անիզոտրոպ (ոչ օրթոտրոպ) բաղադրյալ լիսեռների ոլորումը

Դիտարկված է փոփոխական տրամագծով անիզոտրոպ բաղադրյալ լիսեռների ոլորման խնդիրը: Ստացված են խնդրի հիմնական դիֆերենցիալ հավասարումները և այն բոլոր անհրաժեշտ պայմանները, որոնց օգնությամբ միարժեք կերպով սրոշվում են ինչպես լարումների, այնպես էլ տեղափոխման ֆունկցիաները լիսեռի առանցքային տիրույթում:

Այնուհետև, ներմուծելով ֆիզիկական փոքր պարամետր, դիտարկվող խնդիրը բերվում է փոփոխական տրամագծով օրթոտրոպ բազադրյալ լիսենների ոլորման մի շարք խնդիրներ:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ К. С. Чобанян, Кручение составного вала переменного диаметра. ДАН АрмССР, XXVII, № 3 (1958). ² С. П. Тимошенко, Теория упругости, ОНТИ, 1937.
С. Г. Лехницкий, Теория упругости анизотропного тела, Гостехиздат, М., 1957.
К. В. Соляник-Красса, Кручение валов переменного сечения, Гостехиздат, М., 1949.
Н. Х. Арутюнян, Б. Л. Абрамян, Кручение упругих тел, Гос. изд. физ.-мат. лит-ры, М., 1963.

УДК 546.719+667.622

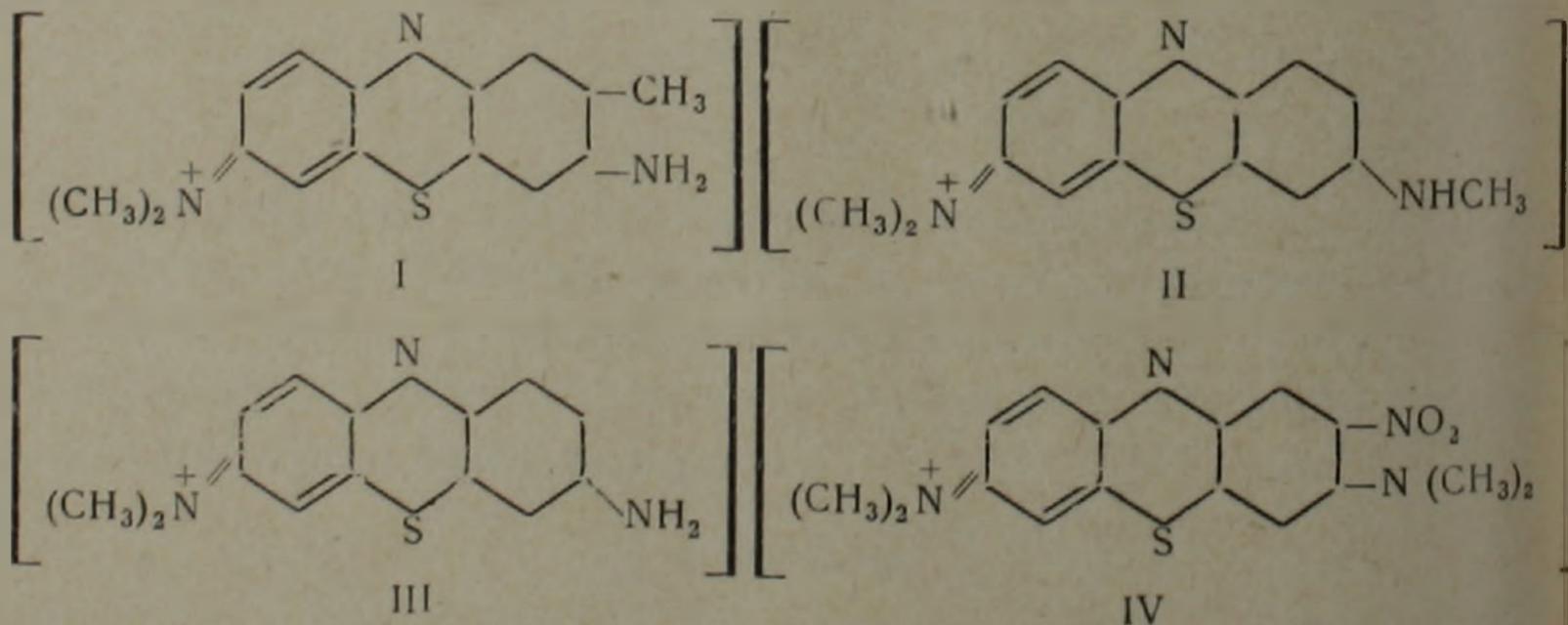
НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Член-корреспондент АН Армянской ССР В. М. Тараян, С. В. Вартанян

Тиазиновые красители, как реагенты для
 экстракционно-фотометрического определения рения

(Представлено 11/VII 1968)

Экстракционно-фотометрические методы определения рения использованием различных органических основных красителей, отличаются высокой чувствительностью и заметной избирательностью. Для указанной цели предложены различные трифенилметановые (1-6) а также антипириновые красители (7-9). Из красителей тиазинового ряда применен метиленовый голубой (10), а пригодность других красителей относящихся к этому ряду соединений, не исследована. Поэтому в качестве возможных реагентов для экстракционно-фотометрического определения рения, были изучены тиазиновые красители: толудиновый голубой — (I), триметилтионин — (азур II) — (II), диметилтионин — (азур I) — (III), отличающиеся друг от друга содержанием и расположением метильных групп и метиленовый зеленый — (IV) — мононитропроизводное тетраметилтионина (метиленового голубого). Изученные



чаемые красители реагируют с семивалентным рением. Образующиеся соединения экстрагируются дихлорэтаном.

Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре СФ-4А. Объем водной фазы составлял 25 мл, объем органической — 10 мл. В сернокислой и в особенности солянокислой средах величина оптической плотности холостого опыта становится недопустимо высо-

ой. В среде же фосфорной кислоты, для каждого красителя при извлечении дихлорэтаном наблюдается сравнительно небольшое растворение простых солей красителя. Вместе с тем оптическая плотность холостого опыта в указанной среде достаточно постоянна и не влияет на точность определения. Поэтому наиболее целесообразным оказалось экстрагирование из фосфорнокислой среды.

На рис. 1 приведены спектры поглощения дихлорэтановых экстрактов соединений перренат-иона с вышперечисленными красителями.

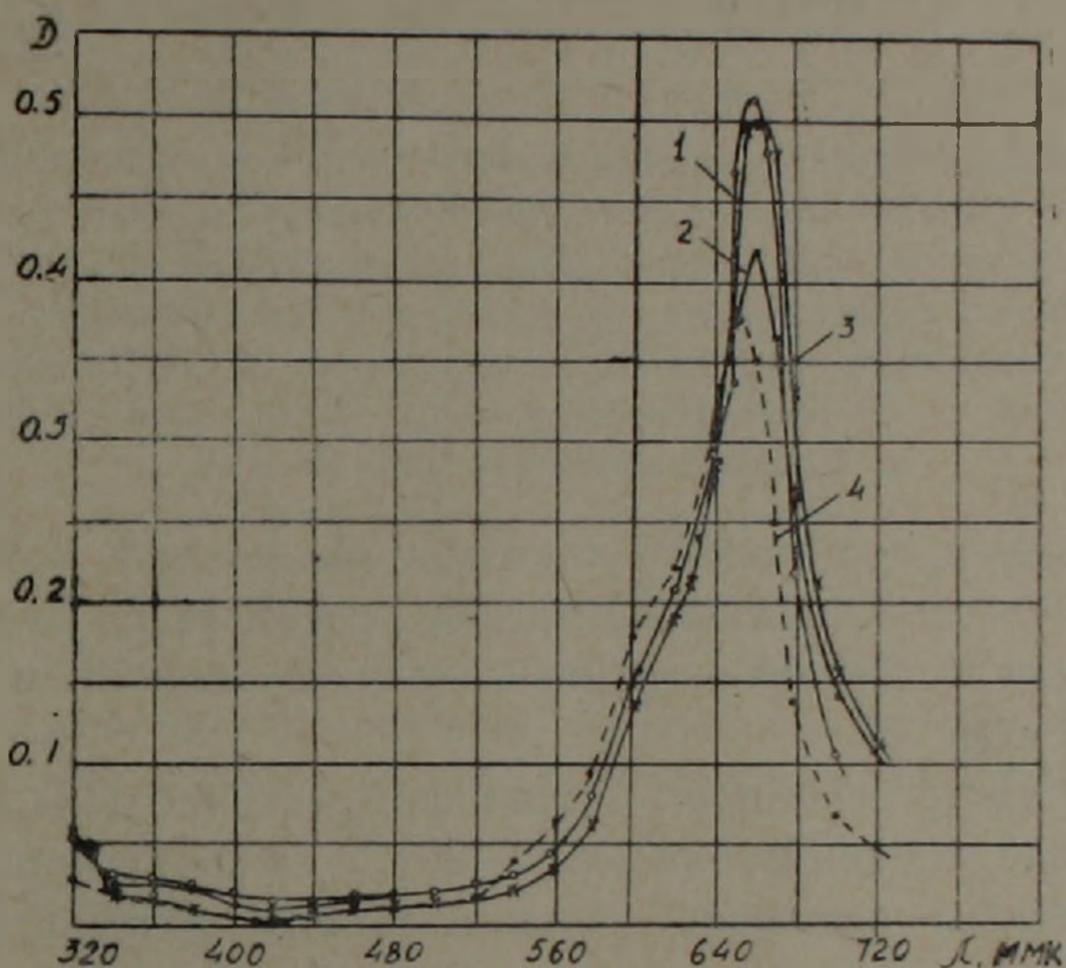


Рис. 1. Кривые светопоглощения дихлорэтановых экстрактов соединений перренат-иона с красителями:

1 — с толуидиновым голубым ($[\text{крас.}] = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ M}$); 2 — с триметилтионином ($[\text{крас.}] = 2,56 \cdot 10^{-5} \text{ M}$); 3 — с диметилтионином ($[\text{крас.}] = 5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$); 4 — с метиленовым зеленым ($[\text{крас.}] = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ M}$); $[\text{ReO}_4^-] = 2,15 \cdot 10^{-5} \text{ г-ион/л}$, $l = 10 \text{ м.м.}$
(Измерено по отношению к холостому при оптимальных значениях pH).

Как у красителей, так и у соответствующих соединений перренат-иона максимум светопоглощения наблюдается при одной и той же длине волны: для красителя I—660 мк, II—660 мк, III—655—660 мк, IV—655 мк.

Для выяснения оптимальных условий экстракций была изучена зависимость величины оптической плотности дихлорэтанового экстракта от pH водной фазы. Заданное значение pH создавали с помощью фосфатных буферных растворов или фосфорной кислоты и контролировали потенциометрически. Оптимальные условия среды при экстракции перренат-иона с красителем I — pH 1,0—2,0, II — pH 1,9—6,3, III — pH 2,0—6,5 и IV — pH 0,9—2,3 (рис. 2).

При изменении кислотности в указанной области pH максимум кривых светопоглощения не смещается, что указывает на образование одного соединения. Заметно высокие коэффициенты распреде-

ления исследуемых соединений между органической и водной фазами позволили ограничиться однократной экстракцией, за исключением триметилтионина, при котором практически полное извлечение ReO_4^- достигается двукратной экстракцией. Для полного извлечения перре-

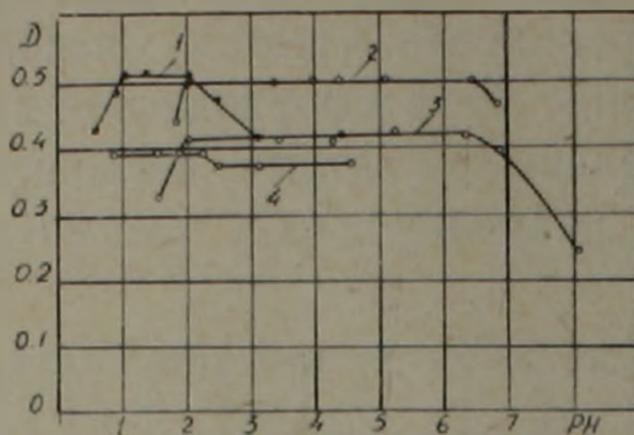


Рис. 2. Оптическая плотность дихлорэтанового экстракта в зависимости от кислотности водной фазы (среда фосфорнокислая):

1—соединения перренат-иона с красителем I по отношению к экстракту красителя; 2—соединения перренат-иона с красителем II по отношению к экстракту красителя; 3—соединения перренат-иона с красителем III по отношению к экстракту красителя; 4—соединения перренат-иона с красителем IV по отношению к экстракту красителя. ($l = 10$ мм).

ната и достижения постоянного значения оптической плотности, достаточно применять 40-кратный избыток красителя I, 20-кратный избыток красителя II, 250-кратный избыток красителя III и 25-кратный избыток красителя IV.

Подчиняемость основному закону фотометрии наблюдается в широком интервале концентрации Re ($0-20\gamma/25$ мл). Кажущиеся молярные коэффициенты погашения дихлорэтановых экстрактов соединений перрената с красителями соответственно равны: $\bar{E}_{660 \text{ м.мк}} = 91000$, $\bar{E}_{660 \text{ м.мк}} = 108000$, $\bar{E}_{655-660 \text{ м.мк}} = 74000$ и $\bar{E}_{655 \text{ м.мк}} = 74000$:

Окраска дихлорэтановых экстрактов очень устойчива и сохраняется без изменения несколько дней. Все четыре красителя взаимодействуют с перренат-ионом в молярном отношении 1:1. Молярные отношения были установлены тремя методами*.

а) *Метод изомолярных серий.* Молярное отношение при взаимодействии перренат-иона с исследуемыми тиазиновыми красителями было установлено при суммарных концентрациях компонентов $2,16 \cdot 10^{-5}$ и $1,08 \cdot 10^{-5}$ М (рис. 3).

б) *Метод сдвига равновесия.* В этом случае были использованы результаты зависимости экстракции от концентрации красителя. При этом полученные данные были проанализированы методом аналогичным методу сдвига равновесия⁽¹¹⁾. В логарифмических координатах зависимость образования соединения от концентрации красителя носит линейный характер и тангенс угла наклона прямой близок к единице (рис. 4).

* В случае с толуидиновым голубым и диметилтионином при определении состава их соединений с рением методом изомолярных серий, оптическая плотность исследуемых растворов изменялась незакономерно, вследствие чего пришлось ограничиться данными, полученными двумя методами: методом сдвига равновесия и сравнительным методом.

в) *Препаративный метод.* В этом случае отношение концентрации перренат-иона и основного красителя определяли в органической фазе после выпаривания соответствующего экстракта на водяной бане досуха. Остаток растворяли в воде, разбавляли в 25-миллилитро-

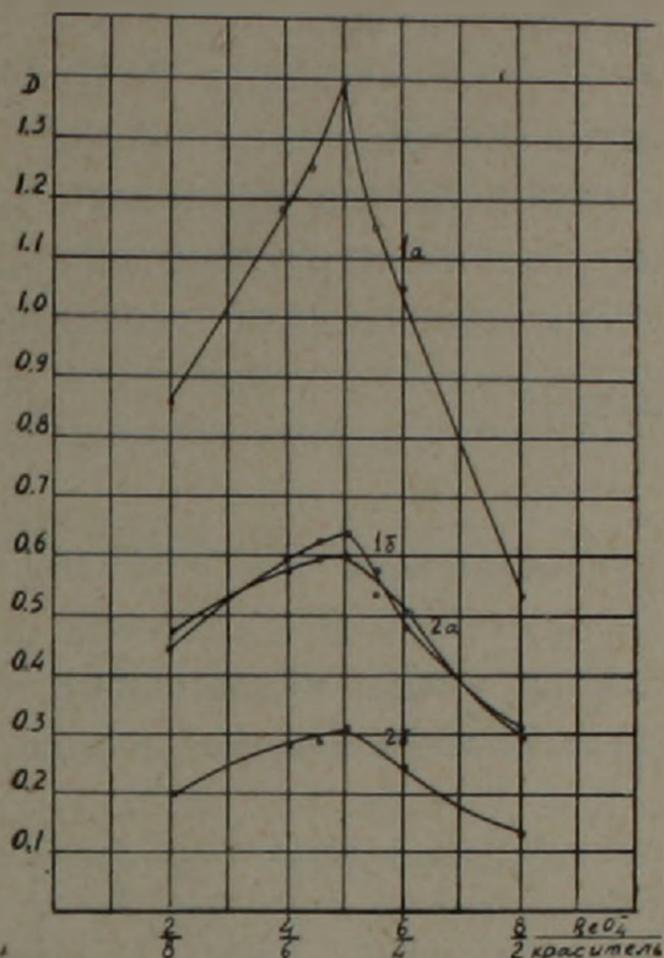


Рис. 3. Определение состава соединения перренат-иона с красителем II (1a и 1б) и красителем IV (2a и 2б) методом изомолярных серий.

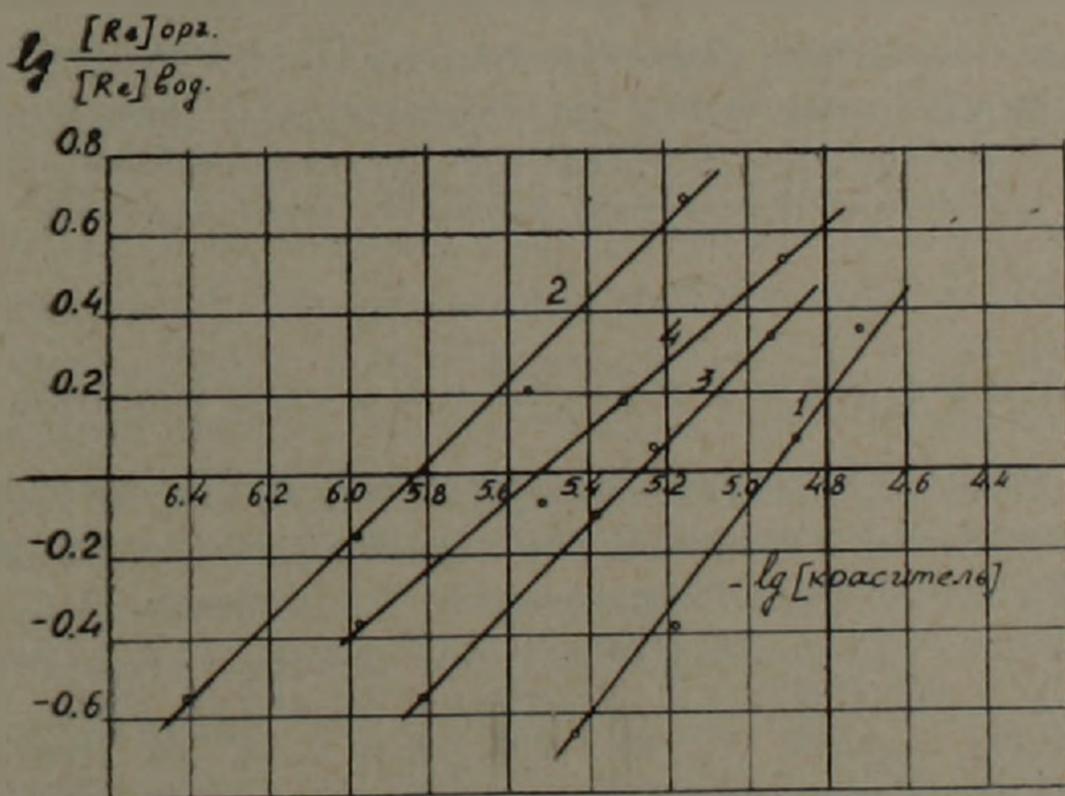


Рис. 4. Логарифмический график зависимости образования ассоциата от концентрации красителя:

1 — красителя I; 2 — красителя II; 3 — красителя III; 4 — красителя IV. $[Re]_{орг.}$ — концентрация рения (или красителя) в органической фазе, $[Re]_{вод.}$ — концентрация перренат-иона в водной фазе, $[краситель]$ — равновесная концентрация красителя в водной фазе.

ной колбе до метки и по предварительно заготовленному калибровочному графику (для водных растворов красителя) находили содержание красителя перешедшего в органическую фазу, с учетом поправки на его экстрагируемость в холостом опыте (¹²). Количество перешедшего в экстракт перрената определялось роданидным методом.

В условиях образования комплексов перрената с вышеперечисленными красителями изучено также поведение некоторых сопутствующих ионов, а именно: молибдат-, вольфрамат- и ванадат-ионов. Установлено, что в случае с красителями I, III и IV допустимо присутствие 30—50 раз превосходящих количеств указанных анионов, а в случае с красителем II — не мешают: 15-кратный избыток вольфрама и 10-кратный избыток молибдена. Ванадий мешает экстракционно-фотометрическому определению перрената триметилтионином. Разработана методика экстракционно-фотометрического определения перрената вышеперечисленными красителями тиазинового ряда.

Ереванский государственный
университет

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ րդրակից-անդամ Վ. Մ. ԹԱՌԱՅԱՆ, Ս. Վ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

Թիազինային շարքի ներկերը որպես ռեագենտներ ռենիումի էֆտրակցիոն-ֆոտոմետրիկ որոշման համար

Ուսումնասիրվել են թիազինային շարքի ներկեր տոլուիդինային կապույտի, տրիմեթիլթիոնի, դիմեթիլթիոնի և մեթիլենային կանաչի փոխազդեցությունը պերոնատ իոնի հետ: Որպես հարմար էքստրահենտ ընտրված է դիթրոլեթանը: Որոշվել են իոնական ասոցիատների առաջացման և էքստրակցիայի օպտիմալ պայմանները, բաղադրությունը և պերոնատին ուղեկցող իոնների փոխազդեցությունը նշված ներկերի հետ: էքստրակցիան կատարվում է ֆոսֆորաթթվային միջավայրից: Բերրի օրենքին ենթարկման սահմաններն է՝ $0-20 \gamma$ $Re \ 125$ մլ ջրային ֆազում: Լուսակլանման մոլյար գործակիցների միջին մեծությունները՝ $\bar{E} = 74000-108000$:

Պերոնատ իոնը նշված բոլոր ներկերի հետ փոխազդում է 1:1 հարաբերությամբ:

Մշակված են մոլիբդենիտներում և մոլիբդենային կոնցենտրատներում ռենիումի փոքր քանակների որոշման էքստրակցիոն-ֆոտոմետրիկ եղանակներ նշված ներկերով:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- ¹ А. Т. Пилипенко, В. А. Оболончик, ДАН УССР, т. 6, 648 (1958).
- ² А. Т. Пилипенко, В. А. Оболончик, Украинский химический журнал, т. 24, 506 (1958), т. 25, 359 (1959), 26, 99 (1960).
- ³ Н. С. Полуэктов, Л. И. Каноненко, Р. С. Лауэр, Журнал аналитической химии, т. 13, 4, 396 (1958).
- ⁴ И. А. Блюм, Т. К. Душина, Заводская лаборатория, XXVIII, 903 (1962).
- ⁵ К. Beyermann, Z. analyt. chem., 183, 91 (1961).
- ⁶ Г. Окиво, Bunseki Kagaku, 12 (10), 937 (1963), С. А. 60, 1106.
- ⁷ А. И. Бусев, М. Б. Огарева, В. П. Живописцев, Журнал неорганической химии, т. XI, 1637 (1966).
- ⁸ А. И. Бусев, М. Б. Огарева, Журнал аналитической химии, т. 21, 574 (1966).
- ⁹ А. И. Бусев, М. Б. Огарева, М. Е. Дзинтарникес, Журнал аналитической химии, т. 22, 205 (1967).
- ¹⁰ В. М. Тараян, С. В. Вартамян, ДАН АрмССР, т. XLV, 121 (1967).
- ¹¹ А. К. Бабко, Физико-химический анализ комплексных соединений в растворах, Изд. АН УССР, Киев, 1955.
- ¹² F. Culkin, I. P. Riley, Analytica Chimica Acta, 24, 413 (1961).

МИНЕРАЛОГИЯ

ДК 553 435/462

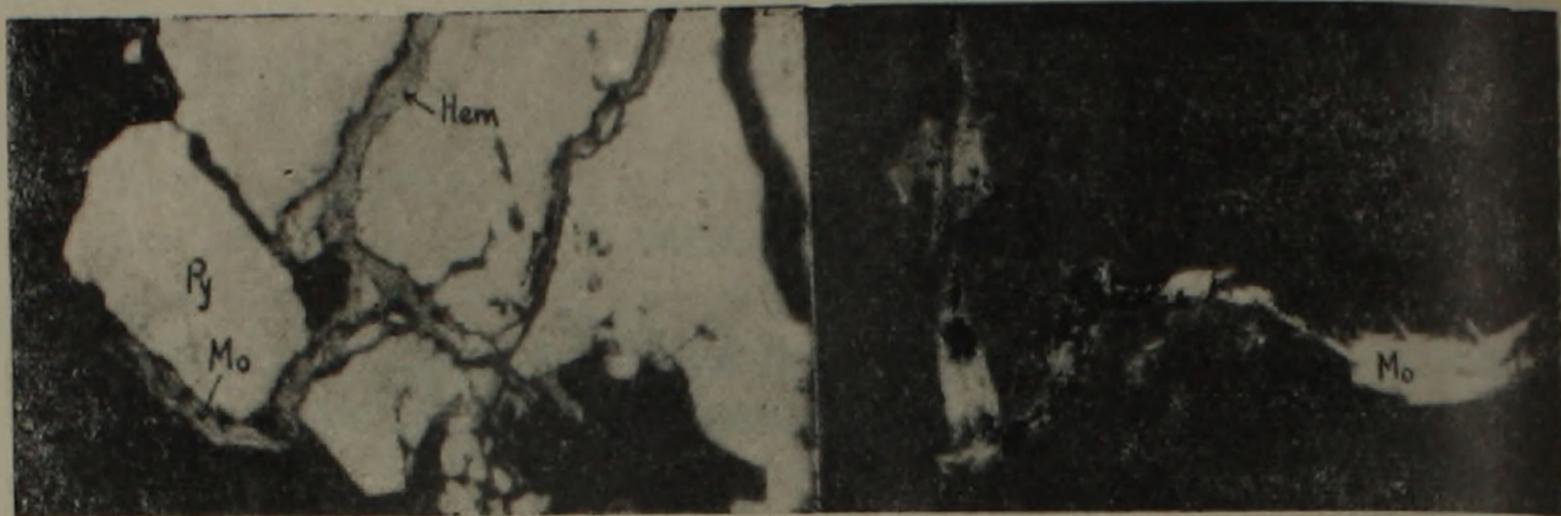
А. И. Карапетян

Об обнаружении молибденовой минерализации в пределах
Кафанского колчеданно-полиметаллического месторождения

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. С. Мкртчяном 12/IV 1968)

Выяснение особенностей распределения и характера минерализации молибдена в пределах Кафанского рудного района имеет важное значение для понимания многих особенностей эндогенной металлогении Закавказья. Однако, несмотря на это, до сих пор еще не проводились исследования, позволяющие хотя бы в общих чертах осветить вопросы геохимической специализации, и, в частности, степень обогащенности молибденом разновозрастных магматических комплексов, развитых в пределах рудного района. Имеющиеся в настоящее время данные по содержанию молибдена касаются преимущественно руд и мономинеральных сульфидных фракций, отобранных из различных типов руд Кафанского месторождения. Согласно этим данным молибден имеет очень неравномерное распределение в рудах Кафанского месторождения. Из 353 проб, подвергнутых нами полуколичественному спектральному анализу, лишь в 11 пробах содержание молибдена превышает десятитысячные доли процента, а из них две пробы содержат по 0,01%, и одна — 0,1%. Из 31 пробы, подвергнутых химическому анализу на молибден, в одной пробе содержание молибдена достигало 0,05%. Такое спорадическое появление сравнительно повышенных концентраций молибдена наводило на мысль о наличии молибденитовой минерализации в пределах Кафанского месторождения. Проведенные нами детальные микроскопические исследования подтвердили это предположение. В полированных шлифах, изготовленных из образцов руд экзоконтакта мощной (17 м) пострудной габбро-диоритовой дайки рудника «Капитальная штольня» (гор. 746 м) был установлен молибденит, который в виде изогнутых удлиненных чешуек образует скопления в кварце зоны приконтактового разубоживания. С удалением от контактового шва молибденит совершенно исчезает. Скопления молибденита пространственно приурочены к участкам развития гематитовой минерализации. По времени образования молибденит, также как и гематит, более поздний, чем слагающие колчеданную жилу сульфидные минералы (рис. 1). В отличие от гематита молибденит развит только в приконтактовой полосе дайки, а гематитовая минерализация охватывает более широкую зону, достигающую 40—60 см (рис. 2).

. Отчетливо более поздний возраст молибденита по отношению мета-стазиса колчеданного этапа минерализации и строгая приуроченность его к экзоконтакту пострудной габбро-диоритовой дайки дает основание молибденитовую минерализацию, также как и развитую здесь гематитиза-



а

б

Рис. 1. а—микрофото. Молибденит вместе с гематитом заполняют трещинки раздробленного пирита (Py). Экзоконтакт габбро-диоритовой дайки, пересекающей мощную колчеданную жилу на гор. 746 м. Рудник «Капитальная штольня». Полированный шлиф. X 400. б—микрофото. Молибденит в нерудной массе вдоль контакта пострудной габбро-диоритовой дайки. Там же.

цию, связывать с внедрением этой дайки (1) и считать ее оторванной во времени от промышленного колчеданного оруденения. Таким образом пострудные относительно колчеданного промышленного оруденения, габбро-диоритовые дайки (или их очаг) являются источником оруденения для молибденитовой минерализации. При этом, если габбро-диориты являются послесреднеюрскими образованиями (они прорывают верхнеюрские породы), то следует допустить, что в пределах Кафанского месторождения проявлены два, значительно оторванных друг от друга, этапа рудной минерализации. Первый из них привел к образованию промышленной колчеданно-полиметаллической минерализации и имел место до внедрения габбро-диоритовых и ряда диабазовых даек. Верхний возрастной предел этого этапа минерализации можно считать доверхнеюрским, учитывая строгую статифицированность промышленного колчеданного и полиметаллического оруденения Кафанского месторождения среднеюрских образованиях вдоль рудоконтролирующих разломов.

Второй этап минерализации, согласно имеющимся в настоящее время данным, в пределах Кафанского месторождения проявлен очень слабо, его нижний возрастной предел определяется как верхняя юра на основании приуроченности продуктов данного этапа к экзоконтактам даек, пересекающих верхнеюрские породы. Верхний возрастной предел молибденовой минерализации нами условно определяется как неоком на основании допущения генетической или парагенетической связи ее с очагом габбро-диоритовых даек, которые большинством исследователей считаются жильными отщеплениями интенсивно проявленного в пределах Кафанского рудного района верхняя юра-неокомского этапа магматизма.

Слабое проявление молибденовой минерализации и наложение на промышленное колчеданное оруденение Кафанского месторождения значительно осложняет ее выявление и требует большого объема детальных микроскопических исследований. Не исключена возможность выявления продуктов этого этапа минерализации (представленных по всей вероятности не только молибденитом) и в верхнеюрских породах самого Кафанского месторождения, аналогично тому, что было сделано на других участках рудного района (Дзсрастан, Шикахох и др.).



Рис. 2. Микрофото. Прожилки гематита в полях пирита. Контакт габбро-диоритовой дайки. Жила № 29. Рудник «Капитальная штольня», горизонт 746 м, камера по жиле. Полированный шлиф. $\times 260$.

В связи с установлением молибденовой минерализации в пределах Кафанского месторождения возникает необходимость пересмотреть интерпретацию ранее выявленного факта молибденовой минерализации в кварцевых порфирах участка Дзсрастан. Ю. А. Лейе⁽²⁾ молибденовую минерализацию этого участка рассматривает в качестве одного из доказательств, подтверждающего «...парагенетическую связь оруденения Кафанского рудного поля со среднеюрским вулканизмом». Однако, кварцевые порфиры участка Дзсрастан, согласно геологическим исследованиям В. Т. Акопяна и определениям абсолютного возраста являются послесреднеюрскими (верхняя юра?), поэтому установленная в них молибденовая минерализация, естественно, не может быть среднеюрской и свидетельствовать о парагенетической связи оруденения Кафанского рудного поля со среднеюрским вулканизмом. По всей вероятности молибденовая минерализация участка Дзсрастан во времени также оторвана от промышленной колчеданной минерализации и скорее всего синхронна с таковой Кафанского месторождения. В соответствии с этим необходимо пересмотреть и точки зрения, рассматривающие молибденовую минерализацию участка Дзсрастан ранним членом зонального ряда, проявленного в постепенной смене высокотемпературных минералов низкотемпературными в направлении с запада на восток или от центров вулканизма.

² Институт геологических наук Академии наук Армянской ССР

Ղափանի կոլչեզան-բազմամետադային հանգավայրում մոլիբդենի հանքայնացման հայտնաբերման մասին

Կատարված մանրազնիմ միկրոսկոպիական ուսումնասիրությունների շնորհիվ հոգվածի հեղինակին հաջողվել է Ղափանի հանքավայրի շրջանում տարածված գաբրո-դիորիտային դայկաններից մեկի և կոլչեզանային հանքանյութերի կոնտակտային մասերում հայտնաբերել մոլիբդենիտի կուտակումներ, որոնք սերտորեն ասոցացվում են հեմատիտի, պիրոտինի և այլ միներալային նոր առաջացումների հետ: Մոլիբդենիտի փոխհարաբերությունը կոլչեզանային հանքանյութերը կազմող միներալների հետ վկայում է նրա ավելի ուշ առաջացման մասին: Մոլիբդենիտի հանքայնացումը սահմանափակվում է միայն մի քանի հեռավորության վրա: Այս բոլորը թույլ են տալիս հոգվածի հեղինակին մոլիբդենիտի հանքայնացումը, ինչպես նաև նրա հետ ասոցացվող հեմատիտի, պիրոտինի և այլ նոր առաջացումները կապել գաբրո-դիորիտային դայկանների ներդրման հետ, որոնք կոլչեզանային հանքանյութերի նկատմամբ հանդիսանում են հետհանքային առաջացումներ: Այսպիսով Ղափանի հանքավայրի շրջանում առկա են հանքայնացման երկու՝ միմյանցից զգալիորեն կտրված էտապներ: Նրանցից առաջինը նշանավորվել է կոլչեզանային և բազմամետադային հանքանյութերի արդյունաբերական կուտակումների առաջացմամբ և տեղի է ունեցել միջին յուրայի վերջում, մինչև գաբրո-դիորիտային դայկանների ներդրումը:

Հանքայնացման երկրորդ էտապը, համաձայն ներկայումս եղած տվյալների, արտահայտվել է անհամեմատ ավելի թույլ և տեղի է ունեցել միջին յուրայից հետո, կապված վերին յուրայի ապարները կտրող գաբրո-դիորիտային դայկանների ներդրման հետ:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ А. И. Карапетян, «Известия АН АрмССР», Науки о Земле, № 4 (1967). 2 Ю. А. Лейе, ДАН АрмССР, т. 36, № 3 (1963)

УДК 631:479.27

АГРОХИМИЯ

Т. Т. Варданян

Электропроводность атмосферных осадков в Армении*

(Представлено академиком АН Армянской ССР Г. С. Давтяном 3/VI 1968)

В связи с исследованиями по агрохимической характеристике атмосферных осадков на территории Армянской ССР с 1963 г. нами изучается электропроводность осадков**.

Для систематического исследования осадков на территории республики было выбрано 23 пункта, большая часть которых расположена по двум главным геоморфологическим профилям, охватывающим все природные вертикальные пояса Армянской ССР с высотными отметками от 800 до 3230 м над у. м.

I профиль: Араратская равнина на юге (800 — 1000 м над у. м.), затем на север — через Севан — Семеновку (2100 м), Дилижан (1257 м); II профиль: Араратская равнина — Амберд — Южная вершина Арагаца (3230 м) — Леникан. В стороне от этих главных профилей было выбрано еще десять дополнительных пунктов. Пробы для анализа собирались в основном суммарные (за месяц), а в некоторых пунктах — единичные („разовые“). Для измерения электропроводности растворов пользовались ячейкой с электродами из гладкой платины. Ячейка термостатировалась, и все измерения проводились при температуре 25°С. Сопротивление раствора измерялось с помощью кондуктометра типа ММЗЧ — 59.

При расчетах средних величин электропроводности осадков, для каждого пункта использовали данные проб, собранных за период 1964 — 1966 гг.

Результаты трехлетних исследований (табл. 1) показывают, что электропроводность атмосферных осадков на территории Армянской ССР колеблется в широких пределах (18 — 872) · 10⁻⁶ ом⁻¹ см⁻¹.

При этом минимальное значение электропроводности осадков отмечено в единичных пробах из пункта Кучак (на склоне г. Арагац),

* Работа выполнена под руководством академика АН Армянской ССР Г. С. Давтяна.

** Анализы выполнены ст. химиком Л. П. Мхоян.

Таблица 1

Средние и крайние значения электропроводности атмосферных осадков

Пункт сбора осадков	$\chi \cdot 10^6 \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$		
	среднее	минимальное	максимальное
Суммарные пробы			
Арарат	367,7	122,7	622,0
Паракар	136,9	60,6	215,8
Ереван—Обсерватория .	179,9	64,8	828,3
Раздан	92,2	48,4	145,0
Севан	84,4	39,6	145,3
Семеновка	73,8	27,2	124,5
Дилижан	85,2	46,6	610,0
Иджеван	137,7	32,3	570,0
Берд	159,5	68,1	363,3
Дебедашен	223,6	21,8	579,2
Узунлар	297,8	60,5	872,0
Степанаван	149,8	45,8	436,0
Кировакан	187,8	79,0	427,0
Ленинакан	185,3	61,4	442,7
Арагац	62,8	37,9	131,3
Амберд	65,4	38,0	117,1
М. Мазра	98,5	54,6	145,3
Кафан	106,2	36,9	272,5
Мегри	104,7	66,0	145,3
Единичные пробы			
Норагюх	72,5	21,8	189,5
Алаверди	70,0	21,2	145,3
Спитак	109,2	40,9	218,0
Кучак	52,4	18,1	101,3

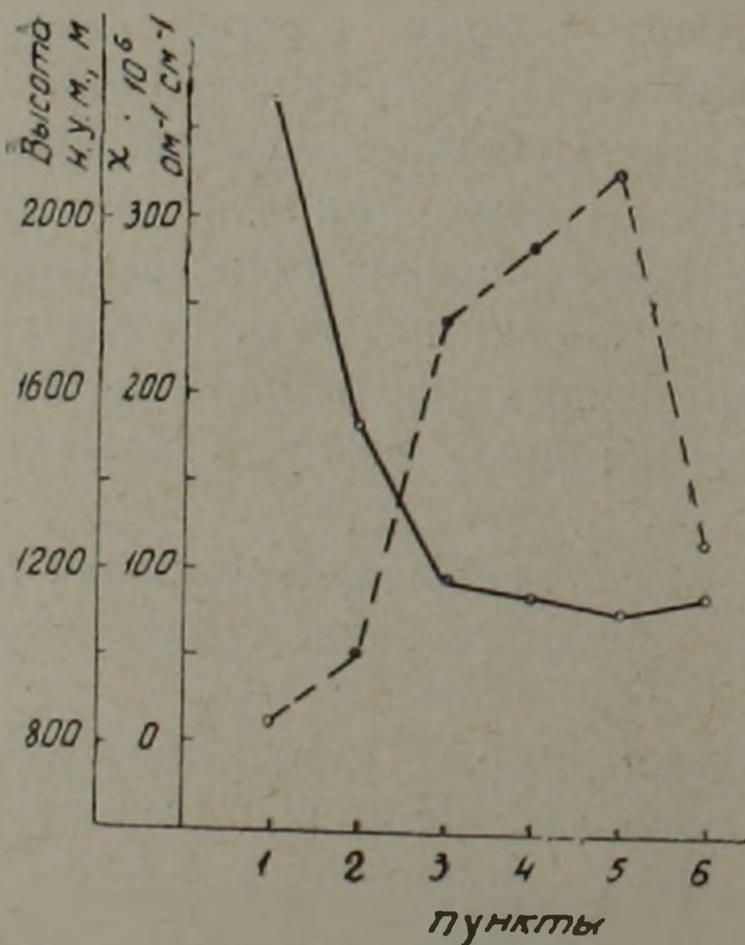


Рис. 1. Изменение электропроводности атмосферных осадков по I профилю. — — — высота н. у. м., — электропроводность. Пункты: 1—Арарат; 2—Ереван—Обсерватория; 3—Раздан; 4—Севан; 5—Семеновка; 6—Дилижан.

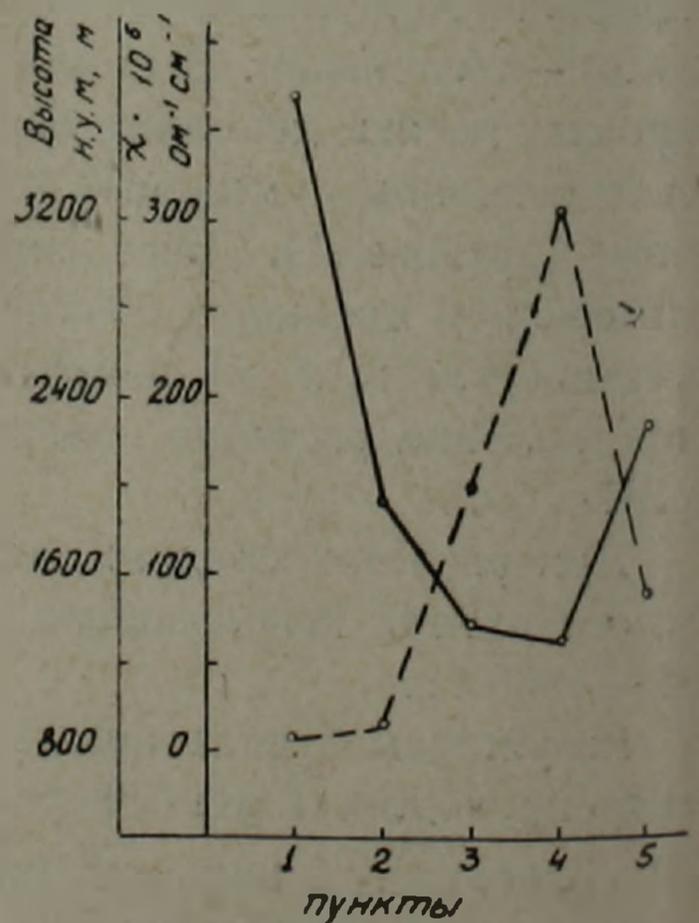


Рис. 2. Изменение электропроводности атмосферных осадков по II профилю. — — — высота н. у. м., — электропроводность. Пункты: 1—Арарат; 2—Паракар; 3—Амберд; 4—Арагац; 5—Ленинакан.

наибольшее — в суммарных пробах на станции Узунлар. Среднегодовая величина χ осадков по пунктам меняется $(52-367) \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$.

По литературным данным ^(1,2) значения электропроводности атмосферных осадков, собранных в различных пунктах Советского Союза в основном лежат в интервале $(25-30) \cdot 10^{-6}$, на некоторых стан-

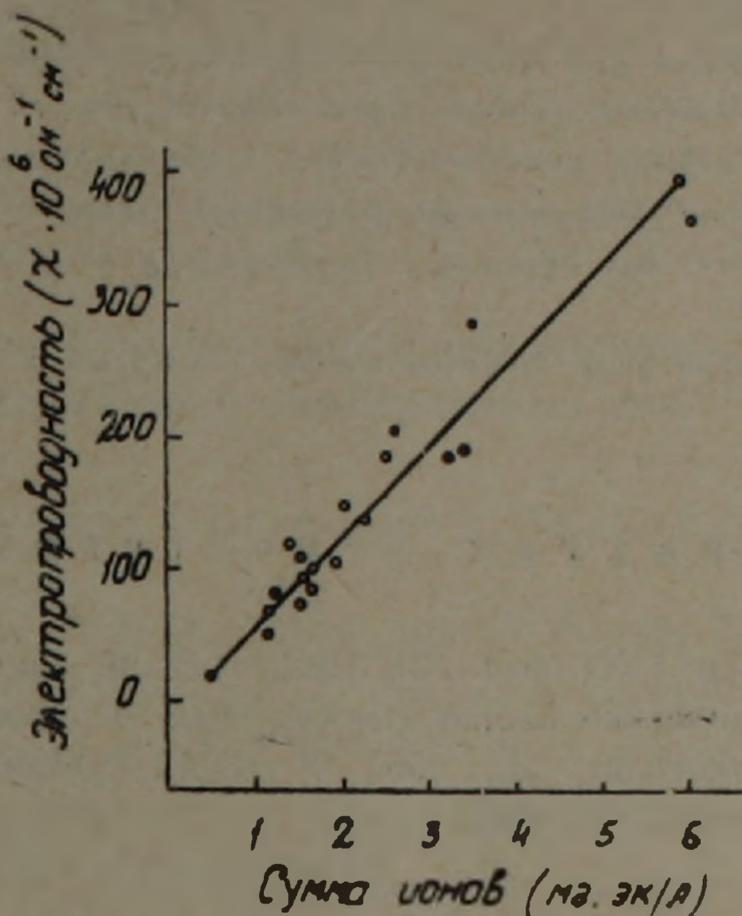


Рис. 3. Корреляционная зависимость электропроводности от общей минерализации осадков.

циях $(100-173) \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$; и лишь в пробах облочной воды этот показатель достигает $401 \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ⁽³⁾.

На рис.1 и 2 даны изменения среднегодового значения электропроводности по двум геоморфологическим профилям на территории Армянской ССР. От равнины к наивысшим точкам профилей электропроводность осадков уменьшается; так, наибольшим значением χ отличаются осадки на станции Арарат, а наименьшим — г. Арагац (профиль II) и Семеновка (профиль I).

Колебания значения электропроводности исследуемых осадков обусловлены разной степенью их минерализации. На рис. 3 представлена корреляционная зависимость электропроводности от общей минерализации атмосферных осадков на территории республики по данным суммарных проб. Из рис. 3 следует, что между упомянутыми показателями существует прямолинейная связь.

Институт агрохимических проблем и гидропоники

Академии наук Армянской ССР

Բ. Բ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

Մթնոլորտային տեղումների էլեկտրահաղորդականությունը Հայաստանում

Հայկական ՍՍՀ տնտեսության վրա թափվող մթնոլորտային տեղումների ագրոքիմիական ցանցի ռազմա-տնտեսական կապակցությամբ որոշվել է տեղումների էլեկտրահաղորդականությունը:

Հետազոտությունների համար ընտրվել է 23 հենակետ՝ մեծ մասամբ երկու գլխավոր դեմոս-
ֆոլոգիական պրոֆիլներով, որոնք ընդգրկում են հանրապետության բոլոր բնակաչ ուղղաձիգ
գոտիները, ծովի մակերևույթից 800—3230 մ բարձրության վրա: Նրեք տարվա ընթացքում հենա-
կետերից բերվել են մթնոլորտային տեղումների գումարային (ամսվա ընթացքում կուտակված),
ինչպես նաև եզակի նմուշներ, որոնց մեջ կոնդուկտոմետրիկ եղանակով որոշվել է լուծույթների
էլեկտրահաղորդականությունը:

Ստացված տվյալների հիման վրա դուրս է բերվել էլեկտրահաղորդականության միջին մե-
ծությունը՝ յուրաքանչյուր հենակետի համար: Աշխատանքում բերված է ուսումնասիրվող ցու-
ցանիշի փոփոխության սահմանները ըստ հենակետերի և պեմոսֆոլոգիական պրոֆիլների:

Նշված է, որ Հայաստանում մթնոլորտային տեղումների էլեկտրահաղորդականությունը փո-
փոխվում է մեծ սահմաններում: Այն նվազում է հարթավայրից դեպի տվյալ պրոֆիլի բարձրա-
գույն կետը:

Գոյություն ունի կոռելացիոն կապ՝ էլեկտրահաղորդականության և տեղումների հանքայնաց-
ման աստիճանի միջև:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ В. М. Дроздова, Тр. ГГО, вып. 134, 1962. ² В. М. Дроздова, О. П. Петренчук, Е. С. Селезнева, Химический состав атмосферных осадков на Европейской территории СССР, Гидрометеоздат, Л., 1964. ³ В. М. Дроздова, О. П. Петренчук, П. Ф. Свистов, Тр. ГГО вып. 134, 1962.

МИКРОБИОЛОГИЯ

ДК 576.8.

Э. К. Африкян, Л. А. Чил-Акопян

**Новая разновидность спорообразующих бактерий-
 продуцентов энтомоцидных токсинов**

(Представлено академиком АН Армянской ССР С. К. Карапетяном 21/V 1968)

В нашей и ряде других стран организовано промышленное производство препаратов бактериальных инсектицидов, успешно используемых для борьбы со многими видами вредоносных насекомых. Эти препараты готовятся из различных культур спорообразующих бактерий, объединяемых в группу *Bac. thuringiensis*.

Характерной особенностью указанных культур бактерий является образование особых энтомоцидных токсинов в виде параспоральных включений ромбовидной формы. В литературе описаны различные разновидности или серотипы культур *Bac. thuringiensis*, образующие подобные энтомоцидные токсины (1-3). Эти разновидности отличаются между собой рядом морфо-физиологических особенностей, антигенными свойствами, а также энтомоцидной активностью и вирулентностью по отношению к различным видам насекомых (4-5).

Изыскание высокоактивных культур новых разновидностей данной группы бактерий представляет большой практический интерес. Особое внимание уделяется получению фагоустойчивых штаммов, поскольку явление фагии наносит большой ущерб этой отрасли промышленности. Положение усугубляется тем, что у большинства штаммов бактерий, используемых на производстве инсектицидов, явление лизогении весьма распространено и приводит к довольно быстрому развитию вирулентных штаммов (6).

В результате анализа большого числа пораженных различными инсектицидами насекомых было выделено около 100 культур спорообразующих бактерий группы *Bac. thuringiensis*—продуцентов кристалловидных энтомоцидных токсинов.

В результате этих исследований нами был выделен ряд новых штаммов, которые отличаются от всех ранее известных и описанных в литературе разновидностей данной систематической группы бактерий достаточно четкими и характерными особенностями. В настоящей работе описывается как новая систематическая категория разновидность группы *Bac. thuringiensis*, именуемая нами как *Bac. thuringiensis var. caucasicus*.

Наиболее отличительной особенностью культур этой разновидности является специфическая сероагглютинация со жгутиковым (H) антигеном.

В табл. 1 приведены данные перекрестной агглютинации культур этой разновидности с сыворотками, полученными к жгутиковому антигену других культур, описанных в литературе. Сыворотки последние получены нами из Института Пастера в Париже; агглютинирующая сыворотка к культурам описываемой разновидности получена нами по методике Де Баржак и Бонефуа (7, 8).

Весьма отличительной особенностью культур новой разновидности бактерий является выделение лецитиназы (фосфолипазы С) и образование розового пигмента на среде с яичным желтком. Эта особенность приближает данную разновидность к культурам серотипа *alesti-anduze* группы *Bac. cereus*, описанным французскими авторами (9). Однако культур серотипа *alesti-anduze* подобная пигментация несравненно более интенсивно выражена.

Культуры описываемой нами разновидности характеризуются довольно выраженными антагонистическими свойствами, в особенности по отношению к штаммам других серотипов группы *Bac. thuringiensis*. На основании этого они могут быть дифференцированы как новая систематическая категория, исходя из принципа видовой специфики микробного антагонизма, осуществляемого посредством образования антибиотиков (10).

Изученные нами культуры описываемой разновидности имеют и ряд других характерных особенностей. Практически важно то, что большинство этих культур оказалось резистентным к действию испытанных нами лабораторных и производственных фагов, выделенных из разных штаммов группы *Bac. cereus-thuringiensis*.

Приводим общую характеристику культур этой разновидности. Вегетативные клетки суточной культуры на МПБ—прямые палочковидные с закругленными концами, размером $1,0-1,1 \times 4-6$ мк (вариации $0,8-1,3 \times 2-7$ мк). Перитрихи, клетки активно подвижны в молодой культуре, расположены короткими, а по мере развития длинными цепочками. При микроскопии живых неокрашенных клеток содержимое их обычно гомогенное, с возрастом—грубо зернистое. При окраске суданом I внутри клеток выявляется множество жировых зерен, в молодых клетках они заполняют большую часть цитоплазмы.

Споры овальные, образуются в центральной части клеток, постепенно перемещаясь к полюсу. При этом спорангий не раздувается. В процессе споруляции внутри клеток, рядом со спорой, отмечается образование особого включения, сильно преломляющего свет. После завершения споруляции это включение выделяется в среду и обнаруживается в форме ромбовидных образований—кристаллов (рис. 1).

Величина спор у разных культур— $0,7-1,0 \times 1,2-1,6$ мк, ромбовидные параспоральные включения—в пределах $0,6-1,0 \times 1,2-2$ мк. Культуры бактерий характеризуются более постоянными размерами спор, чем кри-

сталлов, размеры которых достаточно сильно варьируют у одного и того же штамма.

Хорошо развиваются на обычных лабораторных средах, содержащих белковые соединения, а также на растительных субстратах. На МПА образуют крупные, беловато-кремовые, плоские, зернистые колонии с сильно ризондными краями. Колонии в среду не врастают и легко снимаются петлей. На агаризованной среде с яичным желтком образуют розовые колонии; пигмент в среду не проникает.

Желатин разжижают, молоко активно пептонизируют. Крахмал гидролизуют. Как правило, отмечается выраженный протеолиз на среде Леффлера. Все штаммы характеризуются гемолитической активностью. Лецитиназу образуют, уреазы и инвертазы обычно не обнаруживаются. Нитраты восстанавливают, ацетилметилкарбинолы образуют, индол и сероводород не продуцируют.



Рис. 1. Электроннооптический снимок спор и кристаллов культуры 811 разновидности *Bac. thuringiensis var. caucasicus*.

Сбраживают глюкозу, фруктозу, мальтозу, глицерин, целлобиозу с образованием кислот без выделения газа. Большинство изученных штаммов салицил не усваивает. Ряд штаммов слабо усваивает арабинозу, галактозу, сахарозу. Не сбраживают рамнозу, ксилозу, лактозу, маннозу, рафинозу, инулин, сорбит, маннит. Усваивают цитраты и ряд других аммонийных солей органических кислот (молочная, бензойная, янтарная, фумаровая).

Все изученные культуры нуждаются для своего развития в присутствии в среде ряда аминокислот. Поэтому при их выращивании к средам добавляются дрожжевой экстракт (автолизат), казенновый гидролизат и другие белковые субстраты.

Большинство изученных штаммов данной разновидности обладает антагонистическим действием по отношению к микроорганизмам, преимущественно грамположительным бактериям.

Факультативные аэробы. Оптимум роста 35—37°C. Культуры, активно спорулирующие и образующие параспоральные включения—кристаллы, обладают выраженной энтомоцидной активностью (при скармливании) по отношению ко многим видам насекомых, главным образом к чешуекрылым. Токсичность к теплокровным не отмечена. Они лишены также фитотоксических свойств.

Культуры выделены из инфицированных насекомых, большинство — из погибших гусениц тутовского шелкопряда.

Рассматривается как новая разновидность бактерий группы *Bac. thuringiensis* с наименованием *Bac. thuringiensis var. caucasicus*.

Институт микробиологии Академии наук Армянской ССР

Է. Գ. ԱՅՐԻԿՅԱՆ, Լ. Ա. ՉԻԼ-ՉԱԿՈՔՅԱՆ

Էնտոմոցիդ տոֆսիններ արտադրող սպորավոր բակտերիաների նոր ենթատեսակ

Սպորավոր բակտերիաների յուրահատուկ տեսակներից ներկայումս արտադրվում են մի շարք բակտերիալ ինսեկտիցիդներ, որոնք լայն օգտագործվում են վնասատու միջատների դեմ պայքարելու համար:

Այդ նպատակով հիմնականում կիրառվում են *Bac. thuringiensis* խմբին պատկանող առանձին ենթատեսակները:

Ներկա աշխատության մեջ հեղինակները նկարագրում են բակտերիաների վերոհիշյալ խմբի մի նոր ենթատեսակ, որը անվանում են *Bac. thuringiensis var. caucasicus*.

Տրվում է այդ ենթատեսակին պատկանող կուլտուրաների մորֆո-ֆիզիոլոգիական և այլ հատկությունների բնութագրումը, սերոլոգիական և անտագոնիստական առանձնահատկությունները:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

¹ В. И. Полтев, О. И. Швецова и Н. С. Федоринчик и др. Сб. Микробиологические методы борьбы с вредными насекомыми. М., 1963. ² А. Б. Гукасян и др. Сб. Кристаллоносные микроорганизмы и перспективы их использования в лесном хозяйстве М., 1967. ³ А. М. Heimpel, J. Insect Pathol., 9 (3), 364 (1967). ⁴ E. Steinhaus, Insect Pathology, N. Y., (1963). ⁵ Э. К. Африкян, Изв. АН АрмССР (биол. н.), 16 (1), 23 (1963). ⁶ H. M. Chapman a. G. Norris, J. appl. Bacteriol., 29 (3), 529, (1966). ⁷ H. de Barjac et A. Bonnefoi, Entomophaga, 7, 5, 1962. ⁸ H. de Barjac et A. Bonnefoi, C. R. Acad. Sc. (Paris), serie D, 264, 1811, 1967. ⁹ C. Toumauoff et C. Vago, C. R. Acad. Sc., 233 (23), 1954. ¹⁰ Н. А. Красильников, Усп. совр. биол., 31 (3), 346, 1951.

УДК 581.192.7

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. С. Мелконян, М. М. Саркисова

**О сопряженном изменении интенсивности дыхания корневой системы
 и побегов винограда по фенофазам развития**

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР В. О. Казаряном 10/VI 1968)

Изучению роста активных корней и их физиологической деятельности посвящен целый ряд исследований (1-7). Несмотря на это многие вопросы остаются еще загадочными. Это касается главным образом изменений физиологической активности корневой системы растений в связи с прохождением последовательных фенофаз, возрастными изменениями растений и т. д.

В настоящей статье приводятся результаты исследований интенсивности дыхания в побегах и корнях виноградной лозы.

Объектами исследований служили кусты винограда сорта Воскеат, произрастающие на Паракарской экспериментальной базе Армянского научно-исследовательского института виноградарства, виноделия и плодоводства и сорта Арарати в совхозе Масис Эчмиадзинского района.

С марта по январь, через каждые 15 дней, брались образцы корней. После тщательной промывки и отсушивания фильтровальной бумагой в корнях различной толщины определялась интенсивность дыхания методом Варбурга (8). По толщине корни были разделены на 4 группы: 1) волоски (0,6 мм); 2) мелкие (2 мм); 3) средние (4 мм) и 4) толстые (6 мм). Параллельно с этим определялась интенсивность дыхания в однолетней плодовой лозе до распускания почек и появления новых побегов в ранне-весенний период. Затем эти же определения производились в зеленых побегах с начала их образования и до конца вегетации растения по различным ярусам. С этой целью одинаковые побеги по росту и месторасположению на кусте разделялись на верхний, средний и нижний ярусы. К нижнему ярусу относили первые 3, к среднему — с 4 по 6—7 и к верхнему — с 7 до 12 междоузлия.

Установлено, что рост и интенсивность функционирования корневой системы в существенной мере зависят, помимо почвенно-климатических факторов (9), от физиологического состояния растений в

целом. Так, интенсивность дыхания корневой системы в течение года протекает волнообразно и колеблется в зависимости от фаз растений. За период проведения исследований установлены 6 волн возрастных интенсивности дыхания различных по толщине корней. Первая волна нарастания интенсивности дыхания наблюдается в конце марта и в начале апреля, когда происходит энергичное сокодвижение в растениях. Эта волна коррелирует с повышением активности дыхания и надземной системы растений.

Вторая волна, характеризующаяся несколько снижением интенсивности дыхания однолетних побегов винограда, начинается с периода распускания почек. Это, видимо, происходит вследствие усиления процессов роста в раскрывающихся почках винограда.

Следующая волна повышения интенсивности дыхания корневой системы совпадает с фазой цветения виноградной лозы. Вслед за цветением наблюдается постепенный спад интенсивности дыхания корней, продолжающийся до второй декады августа (рис. 1). Как видно

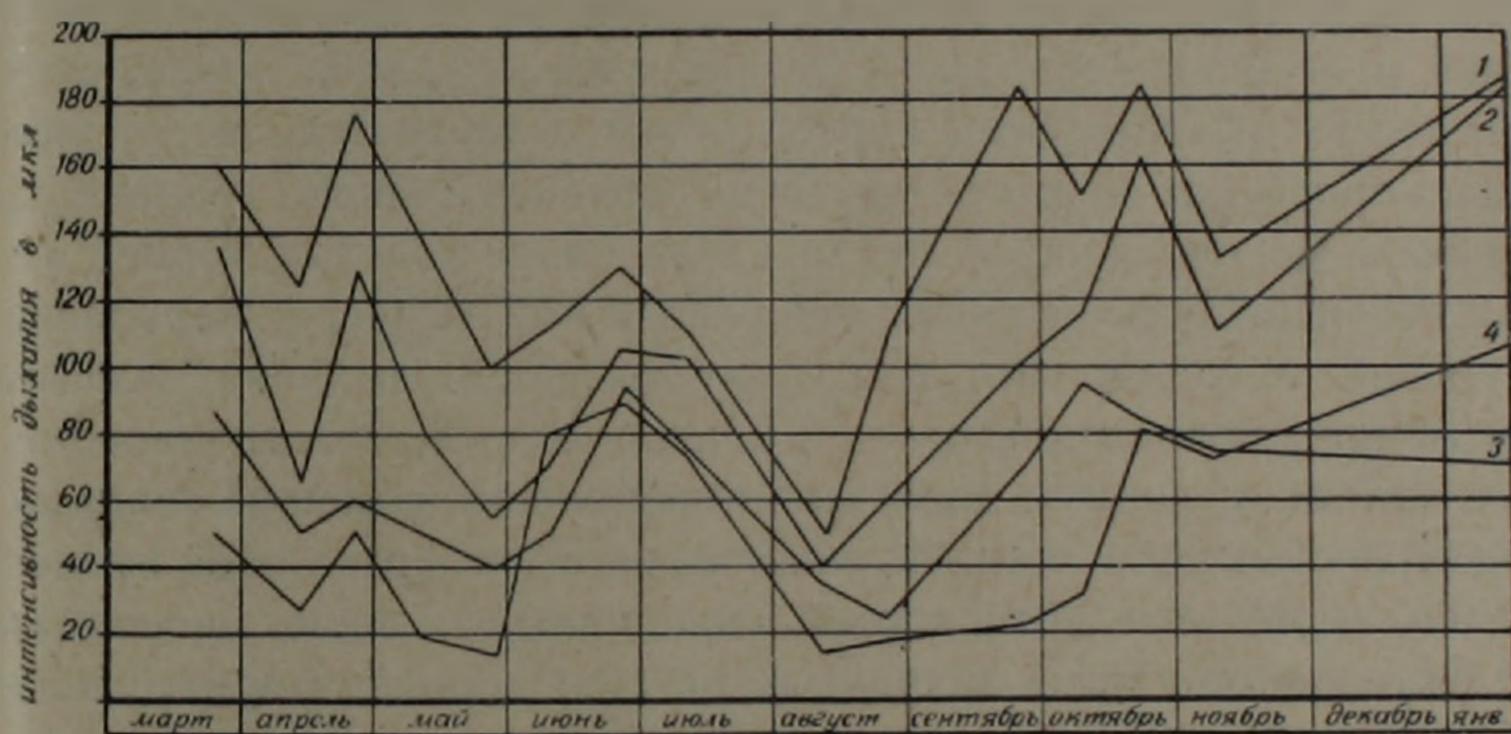


Рис. 1. Интенсивность дыхания различных по толщине корней виноградской лозы сорта Арарати в течение круглого года. 1 — волоски, 2 — мелкие корни, 3 — средние, 4 — толстые.

из приведенного рисунка, со второй декады августа вновь происходит возрастание интенсивности дыхания, которое мы считаем четвертой волной нарастания. Максимальной точки интенсивности дыхания при этой волне достигает в середине сентября и совпадает с фазой начала созревания ягод.

Созревание ягод винограда сорта Арарати начинается со второй декады августа и к концу сентября достигает съемной зрелости. Повышение ростовых процессов в корневой системе способствует быстрой транслокации воды и продуктов метаболизма к растущим частям надземной системы плодов, способствуя тем самым ускорению созревания ягод.

По нашим наблюдениям, пятая волна нарастания интенсивности дыхания корневой системы совпадает с периодом усиления вызревания побегов и подготовки растения к зиме. Наконец, последняя — шест-

тая волна усиления интенсивности дыхания в корневой системе винограда происходит в осенне-зимний период.

Интенсивность ростовых процессов корневой системы виноградной лозы в сильной степени зависит от возраста корней. Наибольшей интенсивностью за все время вегетации отличаются активно всасывающие корни. По мере утолщения корней интенсивность дыхания резко ослабляется. Так, например, в первый период сокодвижения, в третьей декаде марта интенсивность дыхания всасывающих корней достигла до 130 *мкл*, мелких корней — 90 *мкл*, средних — 75 *мкл* и толстых корней — 70 *мкл*. Такая последовательность возрастания интенсивности дыхания корневой системы винограда по мере уменьшения толщины корней сохраняется в течение всей вегетации. В период первой волны возрастания интенсивность дыхания всасывающих корней достигает 160 *мкл*, мелких — 138 *мкл*, средних — 88 *мкл* и толстых — 50 *мкл*.

Следует отметить, что в период вегетации растений наивысшая интенсивность дыхания различных по толщине корней наблюдается в весенний и осенний периоды. В летние месяцы (июнь, июль, август) интенсивность дыхания всех корней резко ослабляется, а у всасывающих корней она достигает своего первоначального уровня (период начала сокодвижения), тогда как у более толстых корней в этот период интенсивность дыхания становится ниже своего первоначального уровня. Максимальной точки интенсивности дыхания всасывающих и мелких корней достигает в период шестой волны нарастания. Осенне-зимний максимум нарастания активности дыхания совпадает с периодом листопада и закладки виноградников в Араратской равнине. Очевидно, растения в этот период продолжают свою интенсивную жизнедеятельность главным образом за счет корней, формирующихся на данном периоде. Полученные данные вполне совпадают с результатами исследований Т. Широия, Ж. Листер и др. (10), которые установили такой же максимум в передвижении питательных элементов и продуктов фотосинтеза в молодых растениях сосны. Картина изменения сезонного хода интенсивности дыхания корневой системы винограда наблюдается в обоих почвенно-климатических условиях — в Паракарской базе и в совхозе Масис Эчмиадзинского района. Разница заключается лишь в количестве поглощенного кислорода.

Изменения интенсивности ростовых процессов в одной полярно расположенной системе растений, как видно из наших исследований, находятся в тесной связи с изменениями, проходящими в противоположной системе. Эта связь осуществляется прежде всего путем обмена веществами между ними. Известно, что постоянные взаимосвязь и взаимозависимость органов в процессах роста создают систему целостного организма и любой физиологический процесс должен рассматриваться как его проявление (3-6).

Как показали наши исследования, интенсивность дыхания корневой системы находится в тесной связи с таковой, происходящей

надземных органах виноградной лозы. По количеству поглощенного кислорода побеги виноградной лозы намного превосходят корневую систему. Однако поглощение кислорода побегами, в отличие от корней, происходит без волнообразных изменений. Как видно из рис. 2, в однолетней лозе интенсивность дыхания очень сильно изменяется в зависимости от ярусного расположения тканей. Так, если в нижнем ярусе

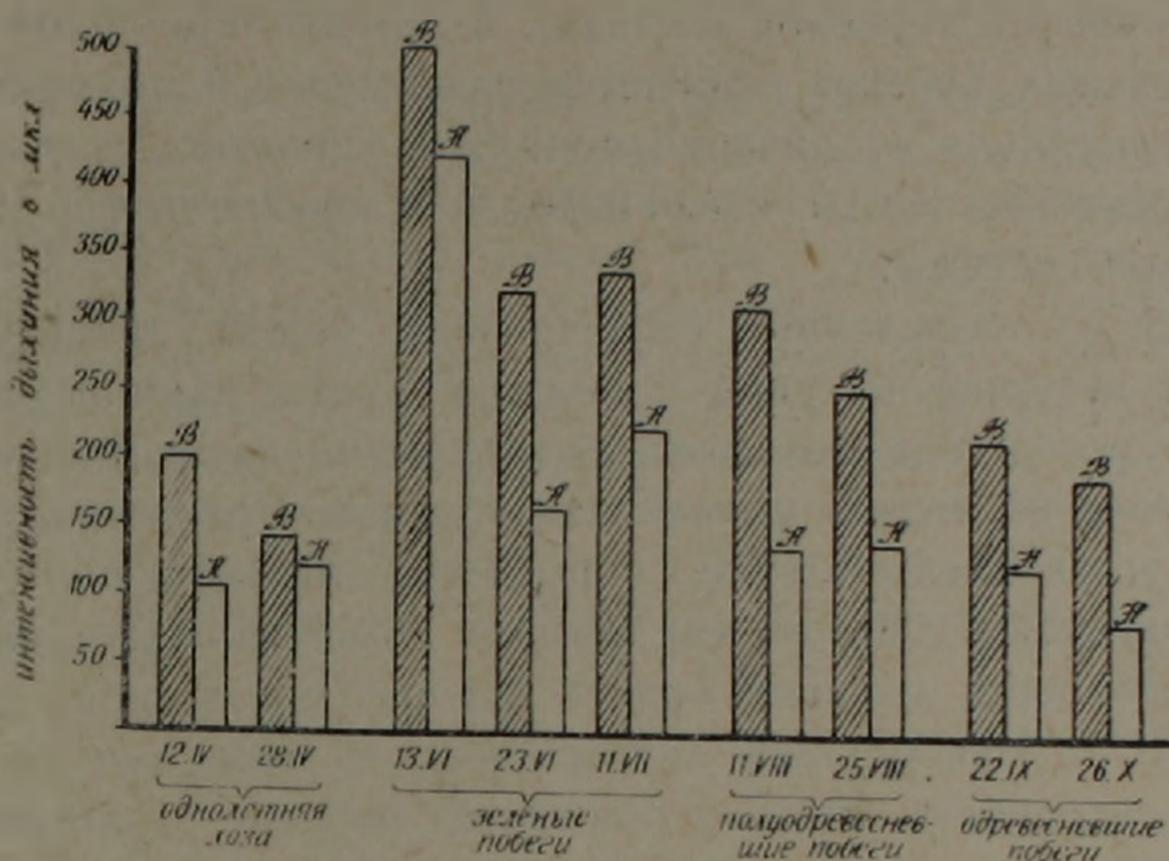


Рис. 2. Интенсивность дыхания побегов виноградной лозы сорта Арарати в течение вегетации. В — верхний ярус; Н — нижний ярус.

в первый период интенсивность дыхания равнялась 105 мкл, то в верхнем ярусе она достигает до 200 мкл. Зависимость интенсивности дыхания от ярусного расположения исследуемых органов сохраняется от начала до конца вегетации. Однако в однолетней лозе во второй срок взятия образцов (22/IV) интенсивность дыхания несколько снижается по сравнению с первым сроком (12/IV). Это объясняется тем, что во втором сроке уже происходит набухание почек, в связи с чем основная масса ассимилятов затрачивается на процесс распускания глазков. В результате, интенсивность дыхания однолетней лозы несколько снижается, а глазков увеличивается. Весьма энергично протекает дыхание во вновь возникших зеленых побегах.

Интенсивность дыхания в побегах виноградной лозы закономерно снижается и от начала вегетации растения к концу (рис. 2). Так, если интенсивность дыхания в верхушке побега в июне равнялась 500 мкл, а в основании побега 420 мкл, то в конце сентября эти величины соответствуют 180 мкл в верхушке и 80 мкл — в основании.

В проведенных исследованиях, как мы видим, активная жизнедеятельность корней координируется с интенсивностью роста и развития побегов. Так, в ранневесенний период, когда в виноградной лозе отмечается процесс сокодвижения, корневая система и однолетние побеги поглощают кислород почти с одинаковой интенсивностью.

Интенсивность дыхания в этих органах постепенно увеличивается и достигает своего максимума в период набухания и раскрытия глазков. После этого интенсивность дыхания ослабляется в однолетней лозе, что наблюдается и в корневой системе. С появлением зеленых побегов интенсивность дыхания корневой системы снижается и уже намного уступает им.

В отличие от корневой системы, в летний период интенсивность дыхания зеленых побегов снижается равномерно и доходит до минимальной величины в осенний период. Это, вероятно, связано с периодом вызревания и подготовки побегов к покою, что не характерно для корневой системы.

Исходя из проведенных исследований, можно заключить, что в условиях культурно-поливных и полупустынных каменистых почв в течение круглого года наблюдаются некоторые закономерности в процессе дыхания побегов и корней виноградного растения. В корнях винограда установлены 6 волн повышения интенсивности дыхания, которые совпадают с основными фазами развития надземных органов.

Интенсивность дыхания корней находится в тесной зависимости от их возраста. Наибольшей интенсивностью обладают всасывающие корни. Интенсивность дыхания снижается по мере утолщения корней.

Интенсивность дыхания зеленых побегов высока в начале вегетации растения и постепенно снижается в конце. Это обстоятельство, в основном, связано с физиологическим состоянием зеленых побегов в различные периоды вегетации.

Интенсивность дыхания различных частей одревесневших, полудревесневших и зеленых побегов находится в тесной зависимости от их ярусности. Высокой интенсивностью отличаются морфологически верхняя часть побегов. В среднем ярусе дыхание протекает несколько умереннее, а в базальной части побегов отмечается самая низкая его интенсивность.

Научно-исследовательский институт
виноградарства, виноделия и плодоводства
МСХ Армянской ССР

Ա. Ս. ՄԵԼՔՈՆՅԱՆ, Մ. Մ. ՍԱՐԳԻՍՈՎԱ

Խաղողի վազի արմատների և շվերի շնչառության ինտենսիվության համակցված փոփոխությունները ըստ անեցողության ֆենոլոգիական ֆազերի

Հայաստանի կուլտուր-ոռոգելի և կիսաանապատային բարձրորոտ հողերի պայմաններում խաղողի վազերի տարեկան անեցողության ընթացքում նկատվում է շվերի և արմատների շնչառական պրոցեսների համակցված փոփոխությունները:

Խաղողի վազի արմատներում ի հայտ են բերված շնչառական պրոցեսների ակտիվացման 6 շրջաններ, որոնք համընկնում են վերագետնյա օրգանների զարգացման հիմնական ֆենոլոգիական ֆազերի հետ: Միևնույն ժամանակ պարզված է, որ շնչառական պրոցեսների ակտիվությունը համեմատական է արմատների տարիքին ու տրամագծին: Առավել ակտիվությամբ աչքի են ընկնում սնող արմատները:

Շվերի շնչառական պրոցեսների ակտիվությունը բավականին բարձր է վեգետացիայի զարթում՝ բուռն աճեցողության շրջանում: Այնուհետև այդ պրոցեսների ակտիվությունն աստիճանաբար նվազում է: Կանաչ, կիսափայտացած և փայտացած շվերի տարրեր մասերում ևս նկատվում է շնչառության ակտիվության սրտշակի փոխհրարիություն. առավել ակտիվ են շվերի մորթիոգիպես վերին մասի հյուսվածքները, միջին մասում շնչառության ակտիվությունը նորմալ է, իսկ ստորին մասում՝ խիստ նվազ:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Վ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

¹ Д. Н. Сабинин, Значение корневой системы в жизнедеятельности растений, Тимирязевские чтения, 1949. ² А. Л. Курсанов, Взаимосвязь физиологических процессов в корнях, Тимирязевские чтения, 1960. ³ В. О. Казарян, Стадийность развития и старения однолетних растений, Ереван, 1952. ⁴ В. О. Казарян, Стадийность развития и старения двухлетних растений, Ереван, 1954. ⁵ В. О. Казарян, Доклады Ереванского симпозиума по онтогенезу высших растений, Ереван, 1966. ⁶ В. О. Казарян, В. О. Давтян, Биологический журнал Армении, т. 13, № 1 (1966). ⁷ К. М. Сытник, Физиолого-биохимические основы роста растений, Киев, 1966. ⁸ В. В. Умбрейт, и др., Манометрические методы изучения тканевого обмена, 1963. ⁹ H. Erlenwein, „Vitis“, Band 5, Hift—2, August, 1965. ¹⁰ J. T. Schiraya, S. R. Lister, V. Slankus, G. Krotkov and C. D. Nelson, „Annals of botany“, New series, vol. 30, No 117, January, pp. 81—91 (1960).

УДК 615.5

Член-корреспондент АН Армянской ССР С. А. Мирзоян,
Э. С. Габриелян, А. М. Саркисян

Влияние арпенала на мозговое кровообращение и содержание адреналина и норадреналина в головном мозгу

(Представлено 25/V 1968)

Представление об ацетилхолиновой передаче возбуждения в большинстве синапсов центральной и периферической нервной системы послужило основанием для синтеза путем подражания структуре ацетилхолина физиологически активных соединений, способных облегчать или прерывать прохождение нервных импульсов через холинэргические синапсы. Выявляемые эффекты веществ, возбуждающих или блокирующих М и Н-холинореактивные структуры позволяют допустить участие холинэргических средств в изменении кровоснабжения в отдельных зонах головного мозга. Основанием этому служат экспериментальные данные, свидетельствующие о наличии в стенках пиальных артерий густого сплетения холинэргических нервных волокон⁽¹⁾, способность ацетилхолина расширять пиальные сосуды⁽²⁾, увеличивать объем мозга⁽³⁾.

Приступая к выполнению настоящей работы, мы предполагали, что сопоставление эффектов центрального холинолитика-арпенала на объемную скорость кровотока в отдельных зонах головного мозга, изменением сопротивления мозговых сосудов, методом резистографии и сдвигов кровонаполнения головного мозга методом электроплетизмографии позволит обнаружить более или менее ясную картину влияния арпенала на мозговое кровообращение.

Исследования проводились в 4-х сериях. В первой регистрировались сдвиги в динамике кровенаполнения головного мозга методом электроплетизмографии⁽⁴⁻⁶⁾.

Во второй серии изучались изменения кровоснабжения в отдельных участках головного мозга методом термоэлектрического измерения⁽⁷⁾ по модификации М. Е. Маршака^(8,9). В первой и второй серии опыты ставились на кошках и кроликах в условиях острого и хронического эксперимента.

В третьей серии изучалось сопротивление внутричерепных сосудов в условиях искусственной стабилизации кровотока в сосудах с помощью резистографа В. М. Хаютина. Перфузия производилась через art. carotis

externa после перевязки всех отходящих от этой артерии ветвей к вне-
черепным тканям головы и после перевязки *art. basilaris* ⁽¹⁰⁾. Кровь для
перфузии бралась из *art. femoralis*. Колебания перфузионного давления
отражали сдвиги в тоне мозговых сосудов. Опыты ставились на кош-
ках в условиях острого эксперимента.

В четвертой серии опытов на самках белых крыс весом 170—200 г
исследовали содержание адреналина и норадреналина в сером веществе
больших полушарий головного мозга и в гипоталамусе. Адсорбция кате-
холаминов из трихлоруксусного фильтра производилась на колонке с
окисью алюминия ⁽¹¹⁾ в соответствующей модификации ⁽¹²⁾. Принцип
метода определения катехоламинов основан на превращении адреналина
и норадреналина во флюоресцирующие соединения—адренолютина и нор-
адренолютина.

Дифференциацию адреналина и норадреналина осуществляли путем
окисления их иодом при различной кислотности среды ⁽¹³⁾.

Измерение флюоресценции производилось с помощью специально
сконструированного флуорометра ⁽¹⁴⁾. Количество адреналина и нор-
адреналина выражалось в *мкг/1 г* сырой ткани. Арпенал вводился в/м.
Крысы декапитировались через 30 минут. Контрольным группам подо-
пытных животных внутримышечно вводился физиологический раствор.

Электроплетизмографические исследования показывают, что арпе-
нал обладает выраженной активностью по отношению мозгового крово-
обращения. Внутривенное введение препарата кошкам в условиях остро-
го эксперимента сопровождается увеличением сопротивляемости мозго-
вых тканей к электрическому току, что свидетельствует о нарастании
кровенаполнения головного мозга. При этом дозы 0,5—1 *мг/кг* оказы-
вают в основном двухфазное действие.

Первоначальное увеличение сопротивляемости вскоре сменяется ее
уменьшением. Сравнительно большие дозы (2—3 *мг/кг*) вызывают более
значительное увеличение кровенаполнения головного мозга, которое спу-
стя 2—5 минут уменьшается и достигает исходного уровня или даже не-
сколько превышает ее.

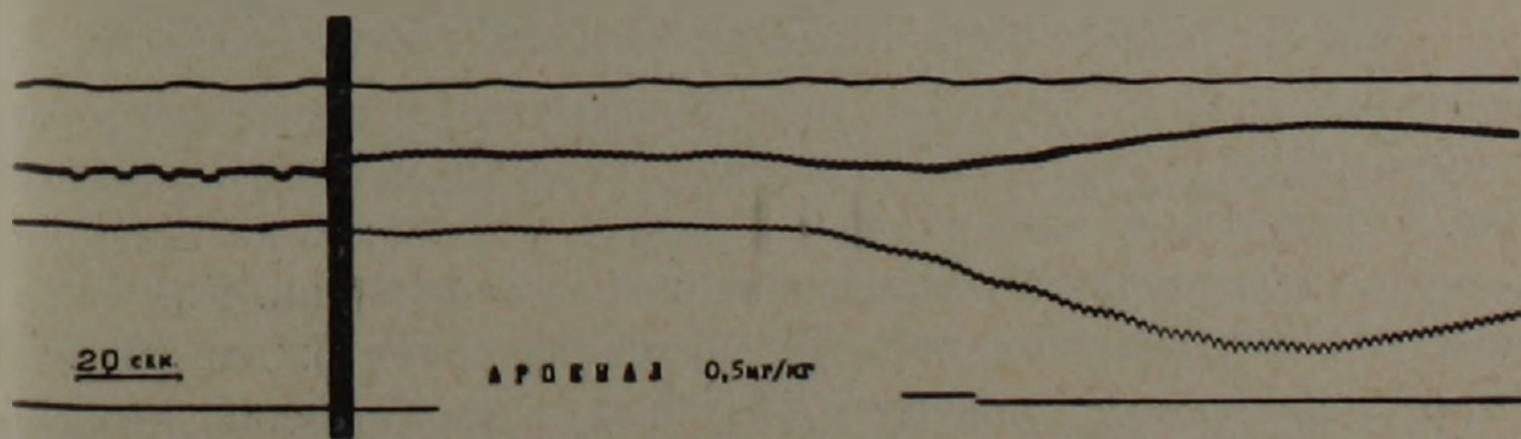


Рис. 1. Влияние внутривенного введения арпенала на кровенаполнение головного мозга.
Сверху вниз: дыхание, электроплетизмограмма, артериальное давление.

На рис. 1 представлен один из опытов, где регистрируется ЭПГ у
кошки в условиях острого эксперимента. Одновременно записывается
дыхание и артериальное давление индуктивными датчиками ⁽¹⁵⁾. Вслед
за внутривенным введением арпенала в дозе 1 *мг/кг* наблюдается неко-

торое увеличение кровенаполнения головного мозга (по сопротивлению до 2 ом), причем, спустя 2 секунды после введения препарата уменьшается ниже исходного уровня.

Опыты, проведенные в хронических условиях на кроликах с вживленными серебряными электродами выявляют аналогичную картину воздействия арпенала на мозговое кровообращение. Следует отметить, что степень увеличения кровенаполнения по сопротивлению выражена заметно слабее, чем в условиях острого опыта. В последнем случае по всей вероятности немаловажную роль играет наличие общей анестезии, на фоне которой арпенал действует еще сильнее. Как и в остром опыте в условиях хронического эксперимента отмечается двухфазность действия арпенала, причем, фаза уменьшения электрической сопротивляемости (уменьшения кровенаполнения) более выражена.

Опыты, проведенные с термоэлектрическим определением объемной скорости мозгового кровотока, подтверждают данные, полученные с помощью методики ЭПГ.

Первоначально наблюдается кратковременное увеличение скорости мозгового кровотока, сменяющиеся затем ее сравнительно длительным

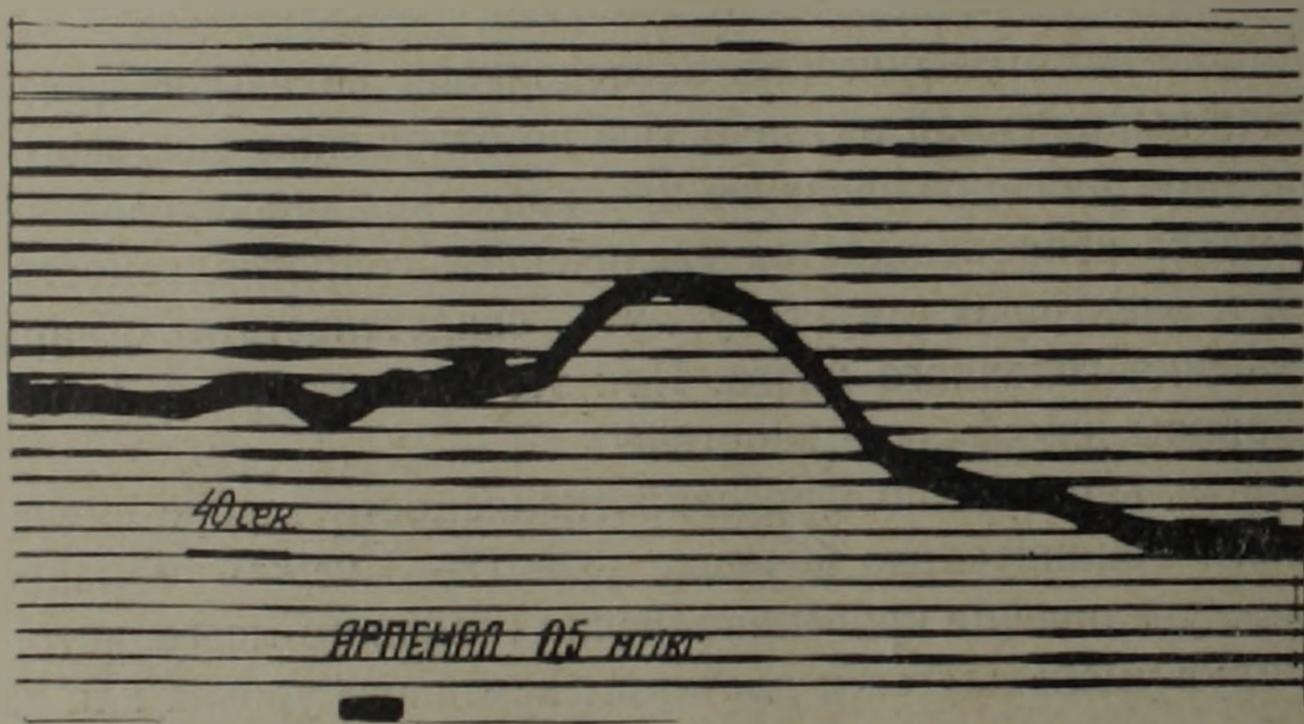


Рис. 2. Влияние арпенала на объемную скорость мозгового кровотока.

уменьшением (рис. 2). Большие дозы обнаруживают способность оказывать выраженное увеличение объемной скорости мозгового кровотока. На рис. 3 представлен один из опытов действия арпенала на тонус мозговых сосудов в условиях стабилизированной аутоперфузии. Как видно на рисунке (А) внутривенное введение арпенала сопровождается некоторым кратковременным снижением тонуса мозговых артерий и падением уровня артериального давления. Спустя 30 секунд тонус мозговых артерий не только достигает исходного уровня, но несколько ее превышает.

При непосредственном введении арпенала в сонной артерии посредством перфузионного насоса также удается обнаружить двухфазное действие. Следует отметить, что при этом более четко вырисовывается как эффекты вазодилатации, так и вазоконстрикции. Однако, в большинстве случаев сосудосуживающий эффект проявляется значительно сильнее

сравнению с сосудорасширяющим действием. На рис. 3 (Б) приводятся данные с непосредственным введением арпенала в мозговые артерии. Как видно из рисунка, внутриартериальное введение арпенала в дозе 1 мг/кг сопровождается понижением тонуса мозговых артерий (15 мм рт. ст.) с последующим ее повышением. При таком способе введения препарата артериальное давление почти не изменяется.

В условиях атропинизации (В) повторное внутриартериальное введение арпенала в той же дозе (Г) сопровождается более выраженным повышением тонуса мозговых сосудов и увеличением артериального давления, в то время как эффект расслабления тонуса мозговых сосудов заметно ослабляется. Обращает на себя внимание, что повышение тонуса мозговых сосудов под действием арпенала в условиях блокирования адренорецепторов полностью предупреждается.

Так, из рис. 3 (Д) видно, что внутриартериальное введение арпенала 1 мг/кг после кратковременного первоначального падения, вызывает значительное повышение тонуса мозговых артерий. На фоне повышенной резистентности внутриартериальное введение эрготамина в дозе 0,3 мг/кг сопровождается дальнейшим увеличением уровня резистограммы (Е). После эрготамина, повторное введение арпенала способствует проявлению продолжительного снижения уровня резистограммы. Аналогичный эффект обнаруживается на системное давление (Ж).

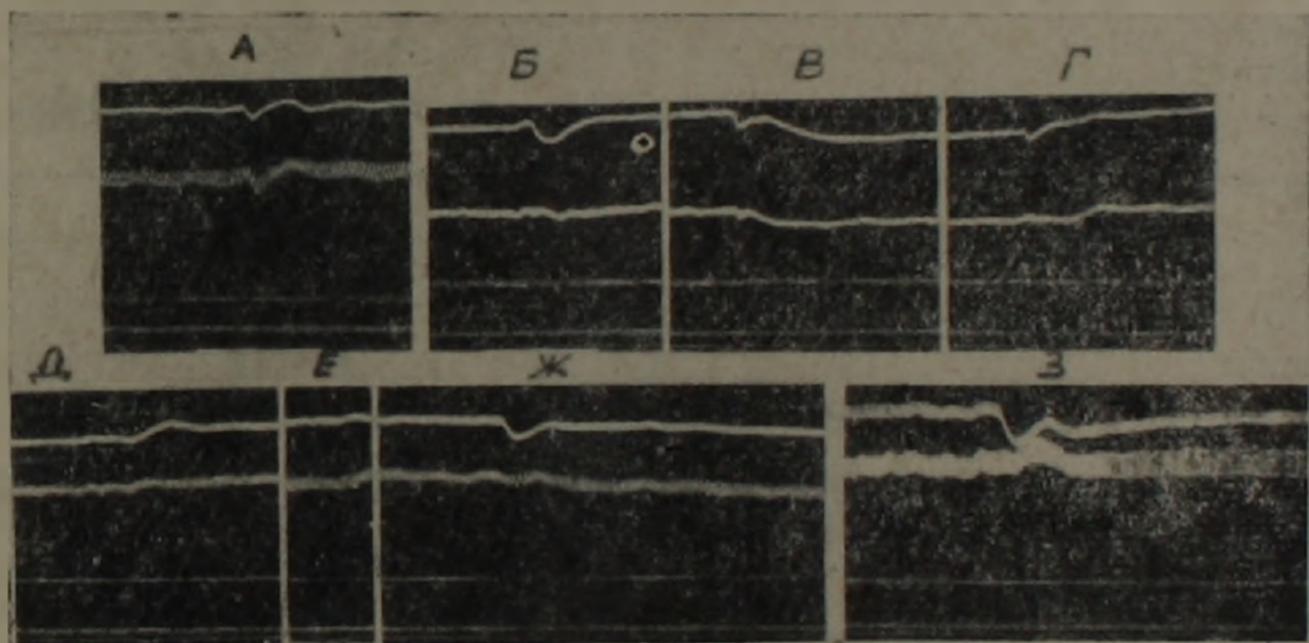


Рис. 3. Эффекты арпенала на тонус внутричерепных артерий. Сверху вниз: резистограмма, артериальное давление, дыхание, отметка времени (один удар в 5 сек).

Верхний ряд. А—арпенал 1 мг/кг внутривенно; Б—арпенал 1 мг/кг в сосуды мозга; В—атропин 1 мг/кг в сосуды мозга; Г—арпенал 1 мг/кг в сосуды мозга.

Нижний ряд. Обозначения те же. Д—арпенал 0,5 мг/кг в сосуды мозга; Е—эрготамин 0,5 мг/кг; Ж—арпенал 0,5 мг/кг в сосуды мозга; З—арпенал 0,5 мг/кг в сосуды мозга после 5-и дневной резерпинизации животного.

В серии опытов с предварительной резерпинизацией кошек отмечается следующая особенность действия арпенала на мозговые сосуды. При условии резерпинизации животных в течение 1—4 дней арпенал продолжает сохранять способность оказывать двухфазное действие. Од-

нако, обнаруживается значительное ослабление эффектов повышения тонуса и усиления эффектов вазодилатации.

При более длительной резерпинизации животных (5 и больше дней) арпенал полностью лишается способности увеличивать резистентность сосудов. Одновременно наступает более длительный период понижения тонуса. На рис. 3 (З) приводятся данные опытов с пятидневной резерпинизацией. Как видно из рисунка, внутриартериальное введение арпенала в дозе 1 мг/кг сопровождается заметным понижением уровня резистогаммы. Наблюдается кратковременное повышение артериального давления. В связи с этими данными представлялось весьма важным изучить количественные изменения содержания адреналина и норадреналина в головном мозгу в условиях действия арпенала.

Результаты исследований по изучению влияния арпенала на содержание адреналина и норадреналина в коре больших полушарий и гипоталамусе (табл. 1) показывают, что арпенал в дозе 0,1 мг/кг повышает содержание катехоламинов и в коре, и в гипоталамусе, однако это повышение достоверно в отношении норадреналина в гипоталамусе ($P < 0,002$)

При введении препарата в дозе 0,5 мг/кг количественные сдвиги адреналина и норадреналина в исследуемых областях мозга значительно

Влияние арпенала на содержание адреналина и норадреналина (мкг/г) в тканях коры больших полушарий и гипоталамусе у белых крыс

Серия экспериментов	В коре больших полушарий		В гипоталамусе	
	Адреналин	Норадреналин	Адреналин	Норадреналин
Контроль	0.028±0.013	0.168±0.03	0.198±0.06	0.905±0.1
0,1 мг/кг арпенал	0.043±0.016 t=1.7 P>0.05	0.2±0.02 t=1.97 P>0.05	0.26±0.06 t=1.42 P>0.05	1.21±0.17 t=3.68 P<0.002
0,5 мг/кг арпенал	0.089±0.029 t=4.49 P<0.001	0.32±0.07 t=3.43 P<0.01	0.58±0.15 t=4.70 P<0.001	2.23±0.031 t=6.4 P<0.001

выражены и повышение статистически достоверно. Так, в коре количество катехоламинов повышается 108,9% (адреналин 218,5%, норадреналин 90,4%), а в тканях гипоталамуса 156,6% (адреналин 192,9%, норадреналин 146,4%).

Резюмируя полученные данные, можно заключить, что арпенал как центральный холинолитик обнаруживает способность воздействовать на мозговые сосуды. При этом действие носит активный характер, т. е. нет прямой зависимости между уровнем артериального давления и кровоснабжением головного мозга.

Указанный факт подтверждается результатами опытов с электроплетизмографией. В момент наиболее глубокого падения системного давления отмечается заметное увеличение кровоснабжения мозга. После того как кровяное давление достигает исходного уровня должно было быть

соответствующее повышение сопротивления сосудов мозга, благодаря регуляторным механизмам. Однако обнаруживается обратное. Наступает дальнейшее значительное увеличение объемной скорости кровотока, при неизменной величине кровяного давления и возникшая активная вазодилатация сохраняется продолжительное время. То, что усиление мозгового кровотока в данном случае не является следствием колебания артериального давления действительно, свидетельствует о прямом влиянии арпенала на мозговые сосуды. Особенно отчетливо обнаруживается отсутствие корреляции между системным давлением и кровоснабжением мозга в опытах с перфузией головного мозга при постоянном притоке, когда внутричерепное кровообращение не связано с системным давлением. Другая особенность действия арпенала заключается в двухфазности его эффекта. Можно было допустить, что прессорный компонент действия арпенала обуславливается его Н-холинопозитивным действием. Такое предположение подтверждается опытами, проведенными в условиях атропинизации. После атропинизации, как было показано выше, заметно ослабляется депрессорный эффект арпенала и значительно увеличивается его прессорное действие. В связи с этим можно предположить, что при блокировании мускариновых рецепторов выявляется Н-холинопозитивное действие препарата, которое сопровождается выбросом катехоламинов, что находит свое подтверждение в опытах с применением эрготамина.

После введения адренолитика прессорный эффект арпенала полностью блокируется и наблюдается длительное снижение уровня резистограммы. Аналогичные эффекты отмечаются и в опытах с резерпинизованными животными. В зависимости от длительности резерпинизации сосудосуживающий компонент в эффектах арпенала заметно ослабляется или полностью исчезает.

Чем больше подвергается животное резерпинизации (т. е. больше истощаются запасы катехоламинов) тем меньше вырисовывается прессорный эффект арпенала.

Под влиянием сравнительно больших доз арпенала (2—3 мг/кг) наблюдается заметное и длительное понижение уровня резистограммы, между тем, прессорный компонент резко угнетается или же полностью отсутствует. Аналогичные результаты наблюдаются также в опытах, проведенных с помощью электроплетизмографии и термоэлектрического метода измерения.

Резюмируя полученные данные, можно заключить, что эффекты арпенала на мозговое кровообращение не обусловлено только его холинолитической активностью. По-видимому, немаловажное значение играет так же его влияние на обмен катехоламинов в мозгу. Содержание адреналина и норадреналина резко повышается, особенно при введении 0.5 мг/кг. Можно предполагать, что в эффектах арпенала на мозговое кровообращение существенное значение имеет способность его оказывать выраженное влияние на содержание катехоламинов в головном мозгу.

Таким образом, центральный холинолитик арпенал обнаруживает

способность воздействовать на мозговые сосуды. В малых дозах этот эффект носит двухфазный характер. Первоначальное увеличение кровотока и уменьшение тонуса внутричерепных артерий сменяется уменьшением кровоснабжения мозга и увеличением резистентности сосудов.

Прессорный эффект от малых доз арпенала объясняется свойством препарата влиять на обмен катехоламинов в головном мозгу.

Ереванский медицинский институт

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ րդրակից-անդամ Ս. Հ. ՄԻՐՋՈՅԱՆ, Է. Ս. ԳԱՐՐԻՆԷԼՅԱՆ, Ա. Մ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

Արփենալի ներգործությունը ուղեղի արյան շրջանառության և գլխուղեղում ադրենալինի և նադրենալինի պարունակության վրա

Ուսումնասիրությունները կատարվել են կատունների, ճագարների և առնետների վրա, էլեկտրոպլեթիզմոգրաֆիայի, թերմոգրաֆիայի, ռեդիստոգրաֆիայի և սպեկտրոֆոտոֆլյուորոմետրիայի մեթոդներով:

Հետազոտության տվյալները վկայում են, որ կենտրոնական խորինոլիտիկ արփենալը օժտված է արտահայտված ներգործությամբ՝ հանդեպ ուղեղային անոթները:

Այն արտահայտվում է ուղեղի արյունահոսքի նախնական կարճատև մեծացումով, որը հետագայում փոխարկվում է արյունահոսքի արագության առավել տևական փոքրացումով: Այսպիսի ներգործությունը հատուկ է 0,5—1 մգ/կգ քանակներին:

Նարմակոլոգիական և բիոքիմիական ուսումնասիրությունները ցույց են տալիս, որ ուղեղի անոթների դիմադրության բարձրացումը և արյունահոսքի արագության փոքրացումը արփենալի համեմատաբար փոքր քանակներից լայնամասշտաբով է կատեխոլամինների փոխանակության վրա՝ նրա ցուցարեբած ներգործությամբ:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- ¹ Е. К. Плечкова, Г. И. Мчедlishvili, Н. Б. Лаврентьева, Л. С. Николайшвили, О холинэргическом механизме функциональной гиперемии в коре мозга, II симпозиум корреляции кровообращения с метаболизмом и функцией. 143, Тбилиси, 1968.
- ² Н. Wolff, Arch. Neurol. Psychiat, Chicago, 22, 686—690, 1929.
- ³ S. Coortmans, Arch. neerl. Physiol, 24, 250—266, 1939.
- ⁴ Ю. Е. Москаленко и А. И. Науменко, Физиол. журнал СССР, 42, 3, 312—316, (1956).
- ⁵ А. А. Кедров и А. И. Науменко, Вопросы физиологии внутричерепного кровообращения с клиническим их освещением, 1954.
- ⁶ Ю. М. Москаленко, Физиол. журнал СССР, 48, 2, 214 (1962).
- ⁷ F. Gibbs, Proc. Soc. Exptl. Biol. a. Med. 31, 141—146, 1933.
- ⁸ М. Е. Маршак, Бюлл. exper. биол. и мед., т. 43, № 1, 121 (1957).
- ⁹ М. Е. Маршак и Г. И. Аронова, Физиол. журнал СССР, X, IV, № 8, (770), (1958).
- ¹⁰ А. М. Блинова и Н. М. Рыжова, Вестник АМН СССР, 5, 56—68 (1961).
- ¹¹ U. von Euler a. F. Lishajko, Acta physiol. Scand., 51, 3—4, 348 (1961).
- ¹² В. В. Меньшиков, в кн: Исследов. функц. состояния коры надпочечников и симпатико-адреналовой системы в клинике и эксперименте. Методы и аппаратура. 149, 1963.
- ¹³ В. О. Осинская, «Биохимия», № 1; 56, 1953.
- ¹⁴ Н. Б. Высоцкая и В. А. Кривопапов, в кн: Методы исследов. некоторых гормонов и медиаторов, М., 106, 1965.
- ¹⁵ Э. С. Габриелян и Ю. Т. Татевосян, «Журн. exper. и клинич. мед.», V, № 5, 95—97, 1965.

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.831

Г. Е. Григорян

О коротколатентной проекции дорсальных канатиков спинного мозга
 в теменной ассоциативной коре кошки*

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР С. А. Бакунцом 16/IV 1968)

В отличие от первичных ответов (ПО) проекционных соматосенсорных областей коры, вызванные «нембуталовые», «хлоралозовые» и другие непервичные ответы (НеПО) ассоциативных полей характеризуются значительно большим латентным периодом (15—40 мсек), что свидетельствует о более сложном, полисинаптическом пути передачи сенсорных информации (1-4). Наиболее постоянным и типичным для вызванной активности ассоциативных полей коры являются однофазные поверхностно-положительные потенциалы (1-3). В связи с этим, представляют особый интерес несколько необычные для ассоциативной коры вызванные соматические ответы, описанные в виде небольшого поверхностно-отрицательного колебания, которые закономерно выявляются перед непервичным позитивным потенциалом с латентным периодом, равным периоду для ПО проекционной коры (1-3). Согласно некоторым данным (2,3) эта ранняя отрицательность есть результат физической диффузии электрической активности проекционной коры в ассоциативную зону. Однако, более тщательные эксперименты, проведенные за последнее время (4,5), дали основание авторам заключить что «ранние ассоциативные ответы» (РАО) являются результатом первичных, собственных синаптических процессов самой ассоциативной коры на приходящие афферентные импульсы, а не результатом объемного проведения.

Факт, структурно-функциональной связи системы дорсальные канатики—медиальная петля с соматосенсорной корой, хорошо известен (6-10) и др.). Возникает вопрос, соучастна ли эта система в коротколатентной активации ассоциативных полей теменной коры больших полушарий? С целью выяснения этого вопроса было предпринято настоящее исследование.

Опыты проводились на 17 кошках, наркотизированных нембуталом или нембутал-хлоралозой (введенных внутривенно 40—20 мг на 1 кг соответственно) и обездвиженных прокураном. Для изолированного раз-

* Работа выполнена в Лаборатории физиологии афферентных систем Института нормальной и патологической физиологии АМН СССР.

дражения дорсальных канатиков (ДК) спинного мозга вылучивали их в области Th 9—12 сегментов на протяжении 2—3 см. Центральный конец перерезанных канатиков стимулировался одиночными прямоугольными импульсами электрического тока (0,3—0,5 мсек и 5—10 в) с помощью подвесных серебряных электродов. Вызванные потенциалы (ВП) отводили монополярно с поверхности мягкой мозговой оболочки коры с помощью серебряных шариковых электродов и регистрировали на пленку с экрана двухканального катодного осциллографа «Диза». ВП изучали до и после острой перерезки ДК на уровне С 2—3 сегментов. В конце каждого опыта спинной мозг удалялся и тщательно проверялась степень повреждения.

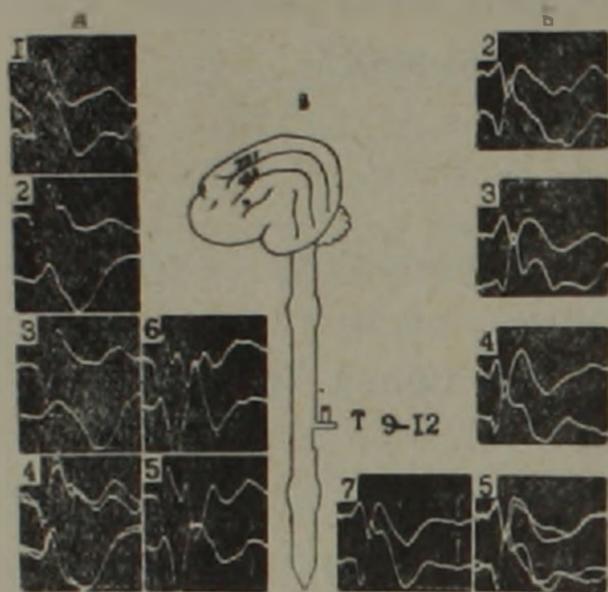


Рис. 1. Вызванные потенциалы соматосенсорных и ассоциативных полей коры при изолированной стимуляции ДК спинного мозга. А—опыт от 25/V/1966 г. Наркоз, нембутал-хлоралоза-прокуран. Верхний луч—ПО зоны S1, нижний луч—1 кадр ПО зоны S2, остальные—РАО и НеПО ассоциативной коры. Длительность стимула 0,3 мсек, амплитуда 7 в. Б—опыт от 27/VII/1966 г. Наркоз: нембутал-прокуран. Верхний луч—РАО и НеПО ассоциативной коры, нижний луч—ПО зоны S1. Длительность стимула 0,5 мсек, амплитуда 7 в. Масштаб времени и усиления одинаков для всех записей 5 мсек и 100 мкв. В—Схема раздражения ДК и отведения ВП. Цифры на кадрах и на рисунке мозга указывают на места отведения ВП.

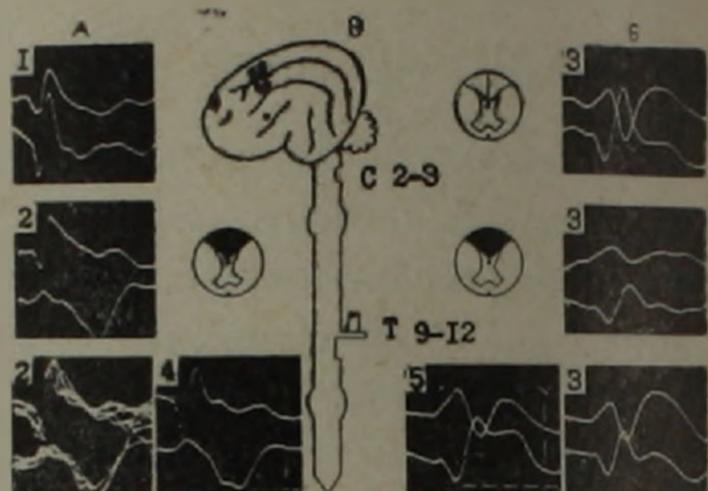


Рис. 2. Вызванные корковые потенциалы после рассечения ДК на уровне С 2—3 сегментов. А—ВП спустя 30 минут после операции. Наркоз: нембутал-хлоралоза-прокуран. Верхний луч—ПО зоны S1, нижний луч—1 кадр ПО зоны S2, остальные—РАО и НеПО ассоциативной коры. Длительность стимула 0,3 мсек, амплитуда 7 в. Б—ВП до /3/ и после (3—5) удаления ДК: через 2—3 минуты (второй кадр сверху), 30—45 мин. (остальные кадры). Наркоз: нембутал-прокуран. Длительность стимула 0,5 мсек, амплитуда 7 в. В—Схема мозга после удаления ДК.

Изолированное раздражение ДК спинного мозга на уровне Th 9—12 вызывало двуфазные положительно-отрицательные ответы в первой и второй соматосенсорных областях коры обеих полушарий головного мозга (рис. 1 А). Латентный период начальной положительной фазы в среднем равнялся 5—7 мсек, отрицательной—12—15 мсек. Одновременно в теменной коре (gyr. Lateralis et Suprasylvius anterioris) в ответ на стимуляцию ДК отводилось монофазное положительное (рис. 1А 2—4).

при более медленной развертке луча двуфазное положительно-отрицательное колебание потенциала (рис. 1А 5, 6). Здесь примечательно то, что в комплексе вызванной электрической реакции ассоциативной коры (как и в случае раздражения периферических нервов), имеется небольшая отрицательность, которая предшествует начальному длиннолатентному позитивному ответу (рис. 1А 2—6). Характерной чертой РАО является прежде всего его короткий латентный период (5—7 мсек), почти равный периоду положительной фазы ПО проекционной коры. Амплитуда колебалась в пределах 60—100 мкв, а длительность—8—15 мсек. Более того, в опытах с одним только нембуталом в большинстве случаев регистрировались РАО с величиной латентного периода не более 4—5 мсек, что на 1—2 мсек меньше латенции ПО проекционной коры, вызванных в тех же условиях эксперимента (рис. 1Б). Фокус максимальной активности для представительства ДК в ассоциативной коре совпадает с проекцией седалищного нерва (5), которая расположена непосредственно за разветвлением ансазной борозды и приблизительно занимает площадь, указанную на схеме мозга цифрами отведения (рис. 1В).

После контрольных записей ВП (рис. 1А и 2Б) производили экстирпацию ДК на протяжении 5—6 мм на уровне С 2—3 сегментов (рис. 2В). С истечением некоторого времени (20—45 мин.) после операции, в ответ на электрическую стимуляцию ДК снова отводились вызванные ПО в проекционной коре, РАО и следующее за ними позитивное колебание в ассоциативной зоне (фиг. 2А, Б). Как видно из приведенных осциллограмм, латентный период всех компонентов сложного ассоциативного ответа не изменился. В ряде случаев, когда регистрация ВП производилась сразу же после острого рассечения ДК, можно было заметить некоторое увеличение длительности и редукции амплитуды ПО и РАО, однако, без изменения их латентного периода (рис. 2Б). В таких случаях небольшой «отдых» после операции часто способствовал восстановлению дооперационных параметров ВП. Таким образом в условиях нембуталового или смешанного нембутал-хлоралозового наркоза изолированное раздражение ДК спинного мозга вызывает наряду с НеПО, коротколатентные потенциалы в виде ПО в соматосенсорных областях и РАО в теменной ассоциативной коре с латентным периодом, не превышающим предел латенции специфических соматических ответов. Острое рассечение ДК выше места стимуляции на 14—15 сегментов не препятствует коротколатентной активации коры заднесигмовидной, переднемаргинальной и супрасильвиевой извилин.

Однозначность латентных периодов ПО и РАО, вызванных в ответ на изолированную стимуляцию ДК, свидетельствует, что импульсы достигают проекционных и ассоциативных полей практически одновременно. Факт некоторого опережения притока афферентных импульсов к ассоциативным зонам (при нембуталовом наркозе) является дополнительным аргументом в пользу точки зрения (4, 5), что РАО является биоэлектрическим выражением непосредственной коротколатентной активации нейронов ассоциативной коры от восходящих импульсов. Следова-

тельно, надо полагать, что специфическая бульбо-таламо-корковая система является общим источником коротколатентной активации как для проекционной, так и ассоциативной областей коры. Было установлено, что ответственными в передаче импульсов по системе ДК являются толстые, миелинизированные аксоны группы $A\beta\gamma$, со скоростью проведения импульсов в порядке 40—50 м/сек с диаметром 5—12 мк.

Теперь, как объяснить факт сохранения коротколатентной активации проекционных и ассоциативных полей коры после выключения спинального компонента системы медиальной петли—дорсальных канатиков, учитывая, что последние являются важным интегрирующим звеном, обеспечивающим мощный афферентный приток к супраспинальным формациям, столь необходимым для ранней фазы ВП?

Прежде всего, можно предположить, что при изолированной стимуляции ДК ниже места перерезки на 14—15 сегментов импульсы достигают ядер Голля не только по «прямой» системе (по дорсальным ка-

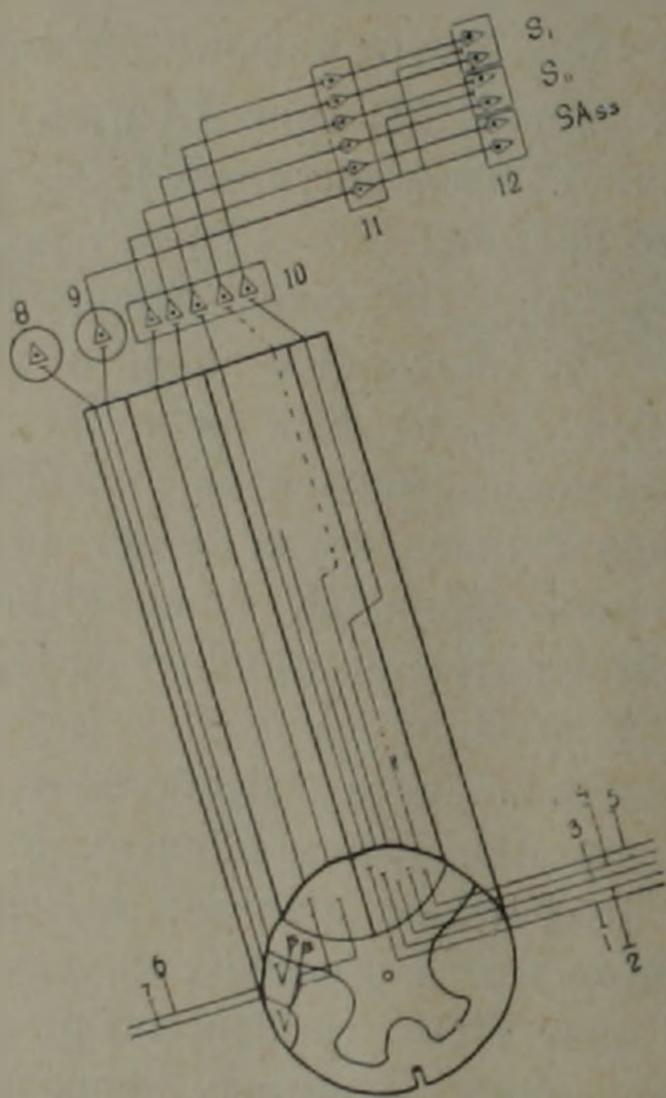


Рис. 3. Схема связей спинно-кортикальных путей соматосенсорной чувствительности: 1—прямой-непрерывный путь; 2, 3—аксоны ДК, не достигающие Нежных ядер; 4—окольно-непрерывный путь от ДК в вентральные тракты; 5—окольно-непрерывный путь от ДК в боковые тракты; 6—моносинаптическая связь ДК со спинно-мозжечковым трактом; 7—моносинаптическая связь ДК со спинно-цервикальным трактом; 8—мозжечок; 9—боковое шейное ядро; 10—ядра Голля; 11—вентро-латеральные ядра таламуса; 12—корковые соматические (S_1 и S_2) и ассоциативные (SA_{Ass}) поля.

натикам), но и через «окольное» продолжение аксонов ДК в боковые и вентральные тракты спинного мозга (рис. 3). Это предположение подтверждается некоторыми морфологическими данными. Показано (¹⁰), что восходящая аксонная дегенерация наступает не только в ДК после их изолированной перерезки, но и в боковых и вентральных трактах спинного мозга. Любопытно отметить также факт заметного сужения зо-

ны перерождения пучков Голля в области шейных сегментов, что, вероятно, связано с уменьшением количества длинных, прямых аксонов, достигающих второго нейрона кожно-мышечного анализатора (10). В этой связи исключительный интерес представляют морфологические данные (11), показывающие, что из всех толстых миэлинизированных волокон задних корешков, вступающих в ДК, лишь 25% синаптируют на нейронах Нежных ядер продолговатого мозга.

Описанными структурными особенностями организации связей аксонов ДК не исчерпываются возможности интраспинальных контактов афферентных систем. Электрофизиологические данные последних лет (12-14) предсказывают наличие коллатеральной, моносинаптической связи ДК с некоторыми нейронами задних рогов спинного мозга, аксонами которых формируются спинно-мозжечковый (12) и спинно-цервикальный (14) тракты.

Таким образом, наряду с «прямой-непрерывной» передачей импульсов к Нежным ядрам через ДК и «окольной-непрерывной» передачей импульсов от ДК к тем же ядрам через боковые и вентральные тракты спинного мозга, существует еще и третий—«окольно-прерывистый» или транссинаптический тип проекции ДК к ядрам Голля через заднебоковые тракты спинного мозга (рис. 3). Благодаря этой множественной интраспинальной проекции аксонов ДК, вероятно, обеспечивается коротколатентная активация соматических проекционных и ассоциативных полей коры в случае нарушения целостности ДК выше места стимуляции на 14—15 сегментов.

Институт физиологии им. академика Л. А. Орбели
Академии наук Армянской ССР

Գ. Ն. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

Ողնուղեղի հետին սյունների կարճալատենտ պրոյեկցիան ուղեղի կեղևի ասոցիացիոն զոնայում

Համաձայն ընդունված տեսակետի, մաշկա-մկանային զգացողության ողնուղեղ-կեղևային սպեցիֆիկ ուղին պրոյեկցվում է գլխուղեղի սոմատիկ զգացողության առաջին և երկրորդ զոնաներում: Ինչպես ցույց են տվել էլեկտրոֆիզիոլոգիական տվյալները, այն կատարվում է ամենափոքր ձանապարհով: Իանդադ պոտենցիալների գրանցումը ցույց է տալիս, որ այդ իմպուլսները խորանդամներից դեպի կեղև հասնում են 7—10 միլ. սեկ. ժամանակամիջոցում: Սակայն վերջինի ժամանակներս հայտնաբերված է, որ կարճալատենտ ակտիվացիան հատուկ է ոչ միայն կեղևի սպեցիֆիկ, այլև ասոցիացիոն զոնաներին:

Մեր փորձերից պարզվել է, որ, իսկապես, ասոցիացիոն զոնաներում հրահրվում են ոչ միայն երկարալատենտ, այլև կարճալատենտ բիոէլեկտրական սոմատիկ պոտենցիալներ, բացասական էլեկտրական ալիքների տատանումների ձևով: Հաշվումները ցույց են տվել, որ սպեցիֆիկ և ասոցիացիոն շրջաններից գրանցված էլեկտրական պոտենցիալների լատենտ շրջանը բարձրականում հավասար է Ավելին, որոշակի պայմաններում ասոցիացիոն շրջանների պոտենցիալներն ունեն ավելի կարճ լատենտ շրջան, քան սպեցիֆիկ շրջանները: Այս տվյալները ցույց են տալիս, որ ողնուղեղ-կեղևային սպեցիֆիկ ներվային ուղիները վերջանում են ոչ միայն կեղևի պրոյեկցիոն սոմատիկ շրջաններում, այլև ասոցիացիոն զոնաներում:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Ч Р Ц Ц Ы П Р Ю З П Р Ъ

¹ V. Amassian, J. Neurophysiology, V. 17, p. 39 (1954). ² D. Albe-Fessard et A. Rougeul, J. Physiol., V. 48, p. 370 (1956). ³ О. Г. Баклаваджян, Физиологический журнал СССР, т. 60, стр. 149, 1965. ⁴ Р. А. Дуринян и А. Г. Полякова, ДАН СССР, т. 165, стр. 955 (1965). ⁵ А. Г. Полякова, Журнал высшей нервной деятельности, т. 17, стр. 322, 1967. ⁶ S. Anderson, Acta Physiol. Scand., V. 56, suppl. 194, 1962. ⁷ Л. С. Гамбарян, Вопросы физиологии двигательного анализатора, Медгиз, 1962. ⁸ U. Norvell and E. Wolpow, Acta Physiol. Scand., V. 66, p. 19, 1966. ⁹ O. Oscarsson and G. Rosen, J. Physiol. (London), V. 182, p. 164, 1966. ¹⁰ Г. Е. Григорян, ДАН АрмССР, т. 31, стр. 57 (1960). ¹¹ P. Glees and J. Soler. Z. Zellforsch., V. 36, p. 381 (1951). ¹² D. Lloyd and A. McIntyre, J. Neurophysiol., V. 13, p. 39 (1950). ¹³ P. Wall, In Sensory Communication, Ed. W. A. Rosenblith, p. 475, 1961. ¹⁴ A. Taub and O. Bishop, Exp. Neurology, V. 13, p. 1 (1965).

ФИЗИОЛОГИЯ

ДК 612.827

В. В. Фанарджян, Д. С. Саркисян

Электрофизиологическое изучение взаимоотношения
мозжечка и красного ядра у кошек

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР С. А. Бакунцем 18/V 1968)

Морфологическими исследованиями показано наличие мощной проекции из контралатерального промежуточного ядра мозжечка в красное ядро (1, 2), а также описан рубрс-мозжечковый тракт (3, 4), преимущественно оканчивающийся в промежуточном ядре мозжечка (4). Настоящее исследование посвящено электрофизиологическому анализу указанных проекционных систем.

Опыты проводились на кошках под нембуталовым наркозом (40—50 мг/кг). Подготовка животного к эксперименту состояла в обширном вскрытии обоих полушарий мозга в области его затылочных долей и обнажении передних бугров четверохолмия. Отведение электрической активности производилось стеклянными микроэлектродами, заполненными 0,5М раствором NaCl, 3М-KCl, или 2Н С₆Н₅О₇К₃ (сопротивление 2—20 Мом), которые вводились через передние бугры четверохолмия в область красного ядра. Относительный электрод располагался в мышцах головы.

Идентификация рубро-спинальных нейронов осуществлялась посредством антидромной активации их аксонов в области второго шейного позвонка (С₂). Для раздражения контралатерального промежуточного ядра мозжечка в него стереотаксически вводились две пары биполярных, изолированных, за исключением кончика, металлических электродов с межполюсным расстоянием 1,0 мм. Раздражение производилось одиночными прямоугольными импульсами (длительность 0,02—0,5 мсек) или их сериями с различной частотой и числом импульсов в серии. Усиление отведенных потенциалов и компенсация входной емкости осуществлялись по общепринятой методике (5).

Мозжечково-рубральные связи. Раздражение контралатерального промежуточного ядра мозжечка вызывало в нейронах красного ядра возбуждающие постсинаптические потенциалы (ВПСП) (рис. 1 А, В). ВПСП были зарегистрированы в 69 клетках, из которых 45 идентифицировались как рубро-спинальные нейроны (рис. 2 А, Б). Остальные нейроны не отвечали на раздражение рубро-спинального тракта (рис. 2 Г).

ВПСП имели быструю фазу подъема, достигая максимума в течение 0,8—1,72 мсек ($1,4 \pm 0,22$ мсек); их общая длительность равнялась 5—13 мсек ($9,95 \pm 1,53$ мсек). Скрытый период, измеряемый от артефакта раздражения до основания ВПСП, колебался в пределах 0,76—2,0 мсек ($1,09 \pm 0,43$ мсек). Обычно ВПСП предшествовал небольшой трех или более часто двухфазный положительно-отрицательный пик, величина которого при изменении интенсивности раздражения менялась параллельно амплитуде ВПСП (рис. 1 А, Б). Указанное положительно-отрицательное отклонение не исчезало после выхода микроэлектрода из клетки.

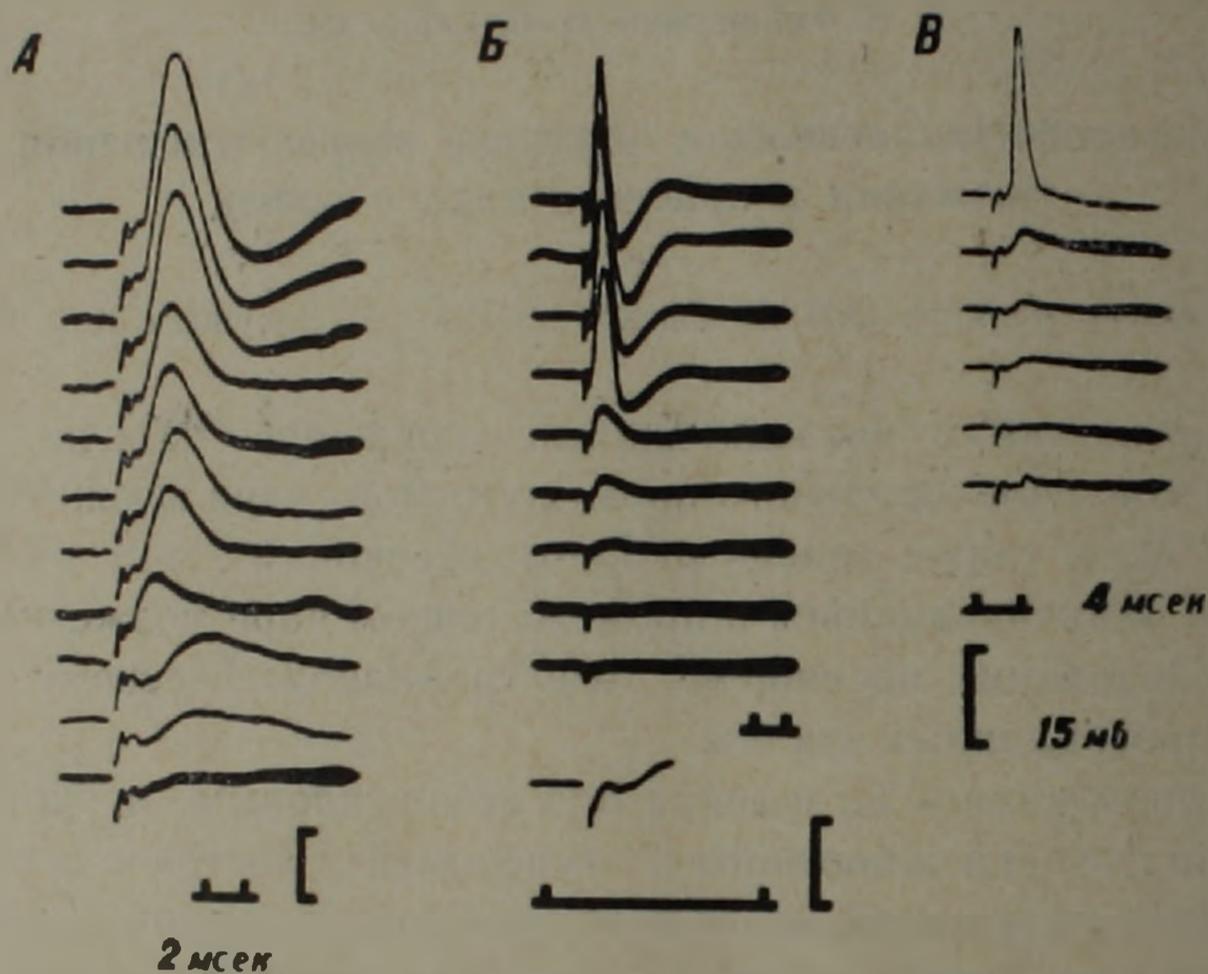


Рис. 1. Возбуждающие постсинаптические потенциалы нейронов красного ядра, моносинаптически активируемых при одиночных раздражениях контралатерального промежуточного ядра мозжечка (А — В). Снизу вверх — градуальное увеличение силы раздражения. ВПСП переходит в пиковый потенциал при различных скоростях развертки луча. Непосредственно после артефакта раздражения виден пресинаптический пиковый потенциал. Нижние кривые — потенциал поля после выхода микроэлектрода из клетки. Отметки времени для Б — 4 мсек, калибровка для А, Б — 15 мв. Положительность — отклонение луча вверх. Внутриклеточное отведение.

ки и регистрировалось в составе потенциала поля. Эти особенности дали основание рассматривать его как выражение пресинаптического залпа импульсов, ответственного за возникновение ВПСП. Скрытый период, измеряемый от вершины положительного отклонения пресинаптического пикового потенциала до основания ВПСП, равнялся 0,35—0,61 мсек ($0,5 \pm 0,09$ мсек) и представлял время синаптической задержки. Вычитание последнего из общего скрытого периода (от артефакта до основания ВПСП) дало возможность определить время, необходимое для прохождения нервного импульса от контралатерального промежуточного ядра мозжечка до красного ядра. Оно колебалось в пределах 0,28—1,09 мсек ($0,56 \pm 0,2$ мсек) (рис. 3 Б). Если учесть, что время передачи через один синапс составляет 0,5—1,0 мсек, то следует прийти к заключению об

отсутствии второго синапса на пути от промежуточного ядра мозжечка до красного ядра. Следовательно, нейроны красного ядра в ответ на раздражение контралатерального промежуточного ядра мозжечка возбуждаются моносинаптически, что согласуется с данными литературы (6, 8).

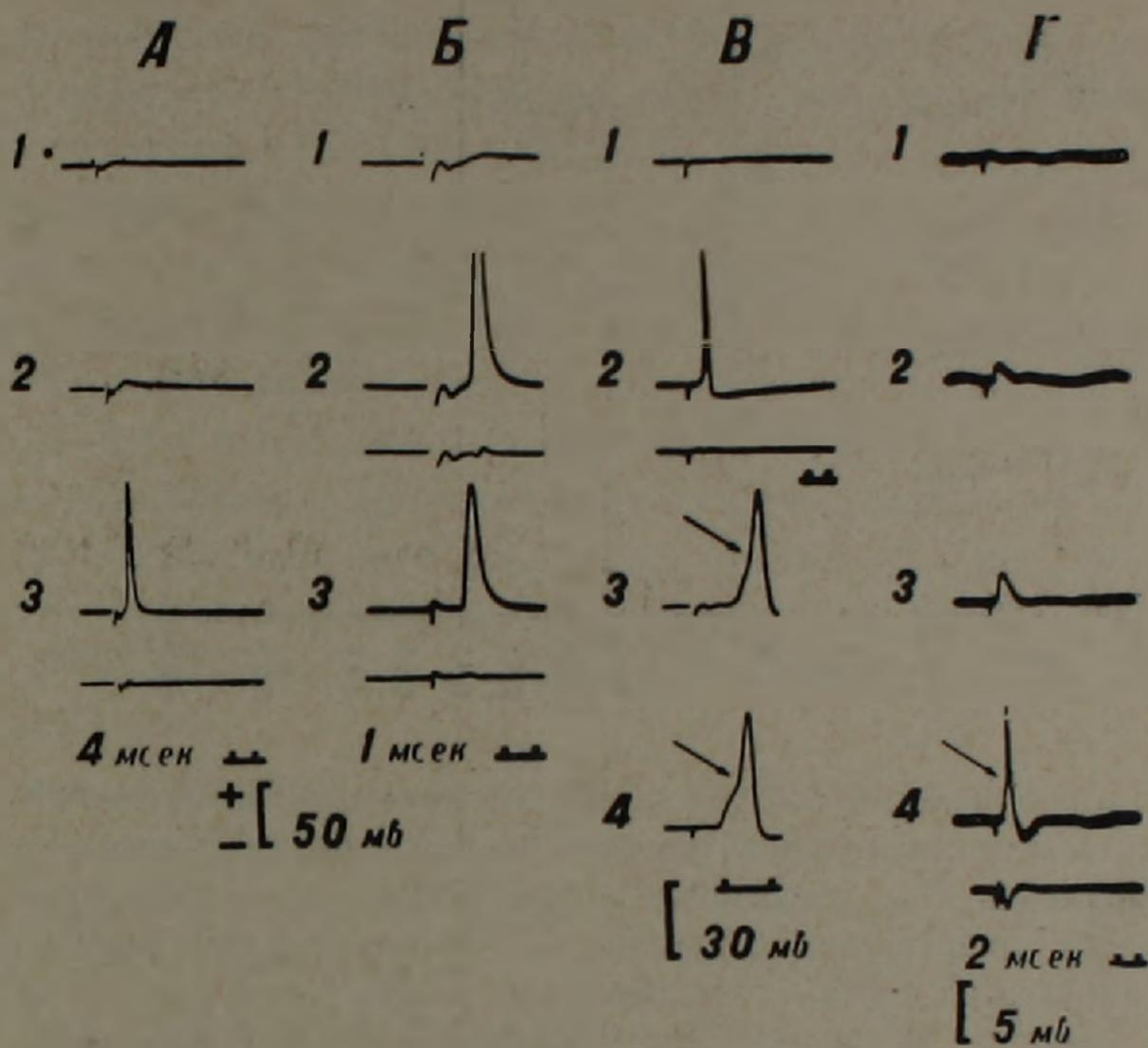


Рис. 2. Синаптическое и антидромное возбуждение нейронов красного ядра при раздражении контралатерального промежуточного ядра мозжечка. А—ВПСП (1, 2) и синаптически вызванный потенциал действия (3) рубро-спинального нейрона на одиночное раздражение контралатерального промежуточного ядра мозжечка. Б—то же (1, 2) при более быстрой скорости развертки луча. (3) — антидромный спайковый потенциал того же нейрона на раздражение C_2 . В — антидромная активация одного и того же нейрона красного ядра на раздражение контралатерального промежуточного ядра мозжечка (1 — подпороговое раздражение; 2—3 — потенциал действия при различных скоростях развертки луча) и рубро-спинального тракта (4). Г — ВПСП (1—3) и пиковый потенциал (4) на раздражение контралатерального промежуточного ядра мозжечка. Нейрон не отвечал на стимуляцию рубро-спинального тракта. Нижние кривые на А (3), Б (2—3), В (2), Г (4) — потенциал поля после выхода микроэлектрода из клетки.

Среднее расстояние, измеренное нами от контралатерального промежуточного ядра мозжечка до красного ядра составило 16,2 мм. Если время прохождения указанной дистанции нервным импульсом равно 0,28—1,09 мсек, то скорость распространения последнего исчисляется 14,8—57 м/сек. Как видно из гистограммы, представленной на рис. 4, пик частоты распределения скорости проведения охватывает 25—35 м/сек. Согласно пропорции, существующей между скоростью проведения и диаметром волокна (9), калибр аксонов клеток промежуточного ядра мозжечка, проецирующихся в красное ядро, равен 2,46—9,5 мк. Вычисленная нами скорость проведения выше той, которая была получена Аппельбергом (6) в аналогичных экспериментах и равнялась 18 м/сек.

Основной причиной такого несоответствия является расхождение данных по измерению расстояния между промежуточным ядром мозжечка и красным ядром, которое по Аппельбергу равно 9 мм.

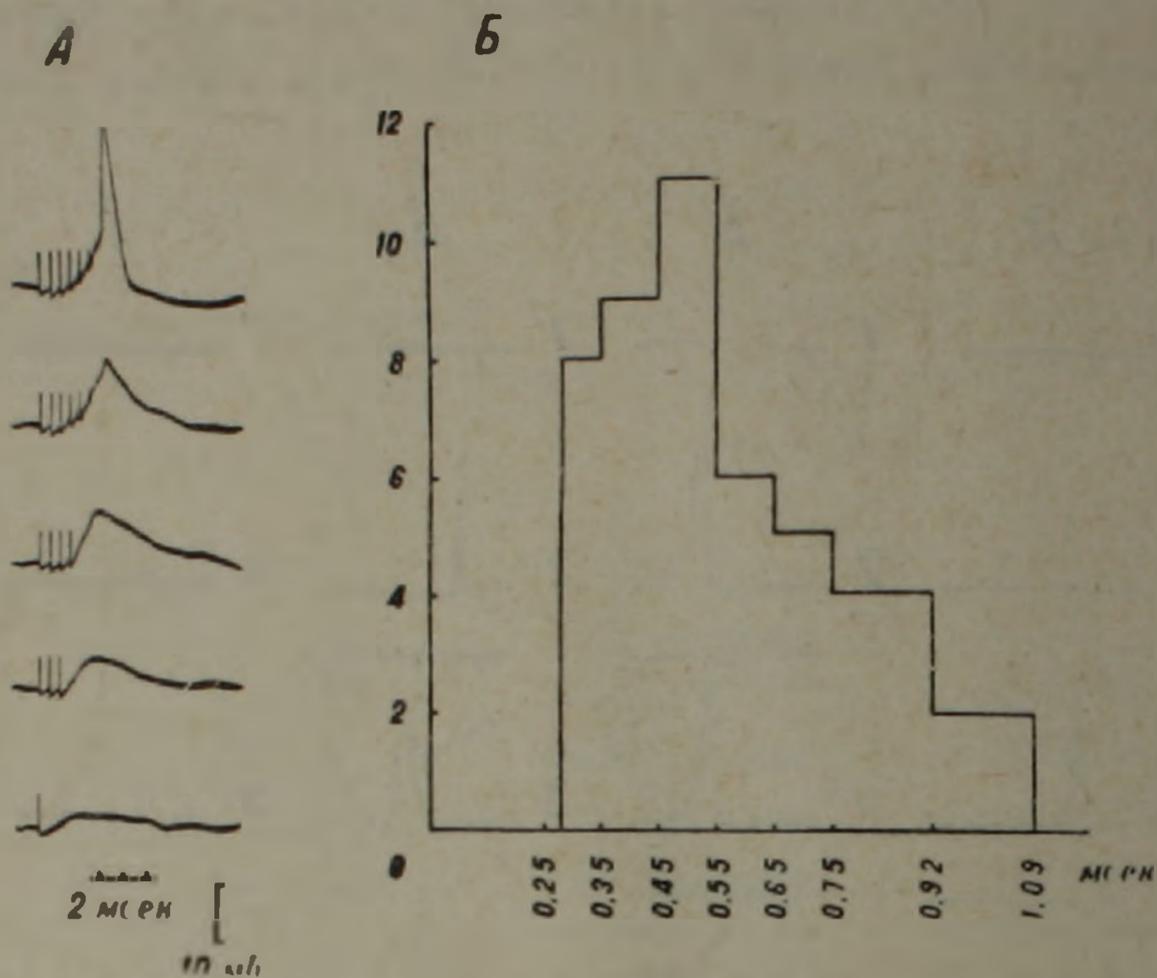


Рис. 3. А — возбуждающий постсинаптический потенциал нейрона красного ядра, моносинаптически активируемого раздражением контралатерального промежуточного ядра мозжечка. При увеличении числа стимулов (снизу вверх) ВПСП переходит в пик. Внутриклеточное отведение. Б — гистограмма времени прохождения нервного импульса из контралатерального промежуточного ядра до красного ядра. По оси ординат — количество внутриклеточно зарегистрированных нейронов. По оси абсцисс — время прохождения нервного импульса.

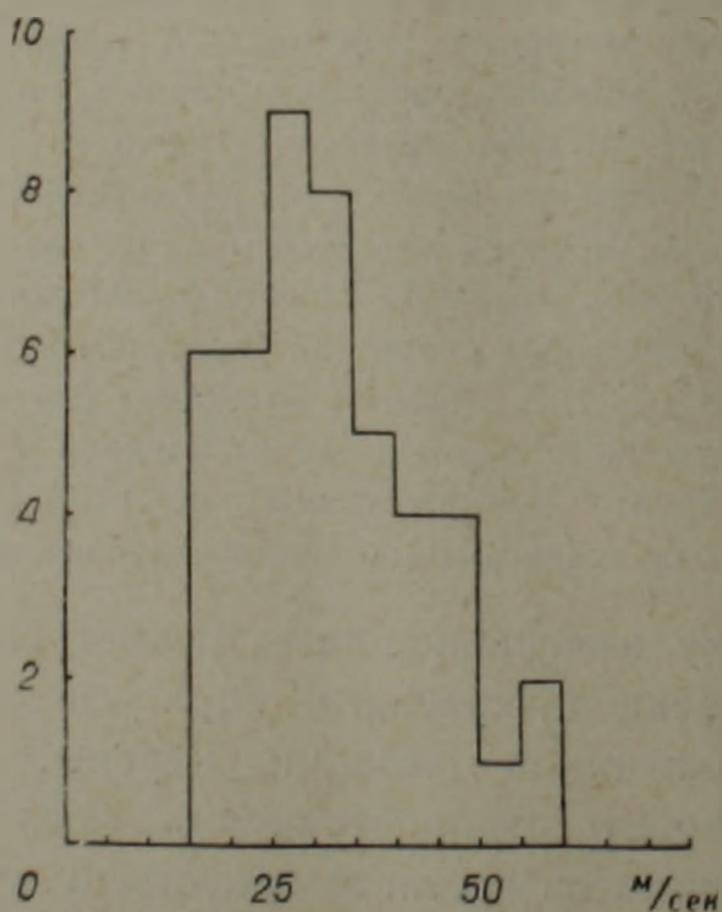


Рис. 4. Гистограмма скорости проведения по аксонам нейронов промежуточного ядра мозжечка, проецирующихся в контралатеральное красное ядро. По оси ординат — количество нейронов. По оси абсцисс — скорость проведения возбуждения по их аксонам.

В зависимости от силы раздражения промежуточного ядра мозжечка амплитуда ВПСП увеличивалась, не изменяя своего временного те-

чения. Если ВПСР достигал критической величины возникал потенциал действия (рис. 1 А, Б; 2 А, Б; 3 А). Короткое течение моносинаптического ВПСР приводило к тому, что потенциал действия разрушал его, особенно в тех случаях, когда ВПСР вызывался одиночными импульсами (рис. 1 А, В; 2 А, Б).

Нисходящая фаза потенциала действия переходила в гиперполяризацию. Амплитуда последней находилась в прямой зависимости от интенсивности раздражения промежуточного ядра. Более этого, те интенсивности раздражения, которые являлись критическими для потенциала действия и не изменяли его величины, продолжали увеличивать амплитуду гиперполяризации (рис. 1А, Б). Это явление может быть понято как результат уменьшения возбуждающих импульсов, поступающих к нейронам красного ядра из промежуточного ядра мозжечка (¹⁰). Уменьшение или изъятие тонического облегчающего влияния нейронов промежуточного ядра на клетки красного ядра (феномен «disfacilitation») осуществляется благодаря сопутствующему раздражению клеток Пуркинье, которые являются тормозными в отношении нейронов промежуточного ядра мозжечка (¹¹).

Рубро-мозжечковые связи. Стимуляция контралатерального промежуточного ядра мозжечка не всегда приводила к синаптической активации нейронов красного ядра. В 18% из исследованных нейронов при том же раздражении были зарегистрированы антидромно вызванные потенциалы действия. Как видно из рис. 2 Б, В, последние по своему временному течению и другим характеристикам не отличаются от потенциала действия, вызванного на раздражение рубро-спинального тракта. Примерно в половине случаев в одном и том же нейроне красного ядра антидромно вызванный потенциал действия мог быть обнаружен как при стимуляции промежуточного ядра мозжечка, так и рубро-спинального тракта (рис. 2 В).

Описанные факты представляют физиологическое подтверждение рубро-мозжечковой проекции, которая была обнаружена морфологическими методами исследования (^{3, 4}). Они согласуются также с гистологическими работами (^{3, 12}), описавшими рубро-спинальные нейроны с дихотомизированным аксоном, коллатераль которого идет в мозжечок. Будучи организована соматотопически (⁴) и дублируя в этом отношении топографическую организацию мозжечково-рубрального тракта (²), рубро-мозжечковая проекция функционально обеспечивает механизм обратной связи во взаимодействии между мозжечком и красным ядром. Представляет интерес, что волокна рубро-мозжечковой проекции оканчиваются в нейрониле нейронов промежуточного ядра мозжечка (⁴).

Данные морфологии дают основание предполагать, что контроль типа обратной связи из красного ядра в мозжечок может осуществляться еще двумя путями: 1) Через латеральное ретикулярное ядро противоположной стороны. Волокна, возникающие в каудальной половине красного ядра проецируются в крупноклеточную и субтригеминальную части латерального ретикулярного ядра (¹³). Из

последних имеется проекция в ипсилатеральное полушарие мозжечка (14) 2) Через комплекс нижней оливы одноименной стороны. Волокна из ростральной половины красного ядра оканчиваются в дорзальной пластинке основной оливы (15). Последняя проецируется в контралатеральный мозжечок, в ножку / петлевидной доли (14).

Если учесть, что часть корково-ядерных проекций из полушарных отделов коры мозжечка оканчивается в промежуточном ядре (16, 17), то становится очевидным наличие двух полисинаптических путей из красного ядра в контралатеральное промежуточное ядро мозжечка помимо прямого рubro-мозжечкового тракта.

Институт физиологии им. Л. А. Орбели
Академии наук Армянской ССР

Վ. Վ. ՖԱՆԱՐՋՅԱՆ, Զ. Ս. ՍԱՐԴՈՅԱՆ

Կատվի մոտ ուղեղիկի և կարմիր կորիզի փոխհարաբերության էլեկտրոֆիզիոլոգիական ուսումնասիրությունը

Ներքոջային մեթոդով հետազոտված է կարմիր կորիզի նեյրոնների միասինապտիկ ակտիվացիան ուղեղիկի հակադիր կողմի միջանկյալ կորիզի զրգոման ժամանակ:

Ցույց է տրված, որ ուղեղիկ-կարմիր կորիզային ուղու ներվաթելերով տարածման արագության տեղաբաշխման հաճախականության պիկը ընդգրկում է 25—35 մետր/վրկ, իսկ ուղեղիկի միջանկյալ կորիզի նեյրոնների ակտոնների տրամագիծը, որոնք պրոյեկցվում են կարմիր կորիզում հավասար է 2,46—9,5 միկրոնի:

Էլեկտրոֆիզիոլոգիորեն ապացուցված է կարմիր կորիզից ուղեղիկ հետադարձ կապի առկայությունը, որը հայտնաբերվում է կարմիր կորիզի նեյրոնների անտիգրոմ պոտենցիալների ձևով՝ առաջացված ուղեղիկի հակադիր կողմի միջանկյալ կորիզի պրոյեկցիայով:

Հետազոտված կարմիր կորիզ-ողնուղեղային նեյրոնների մի մասը իրենց ակտոնների կողմնաճյուղերը ուղարկում են ուղեղիկ:

Լ Ի Թ Ե Ր Ա Դ Մ Ա — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

- 1 J. Voogd. The Cerebellum of the Cat. Structure and Fibre Connections, Philadelphia, 1964. 2 J. Courville, Exp. Brain Res., 2, 191 (1966). 3 A. Brodal, A. C. Gogstad, Anat. Rec., 118, 445 (1954). 4 J. Courville, A. Brodal, J. Comp. Neurol., 126, 471 (1966). 5 П. Г. Костюк, Микроэлектродная техника, Киев, 1960. 6 B. Appelberd, Acta physiol. scand., 51, 356 (1961). 7 J. Masson, D. Albe-Fessard, EEG a. Clin. Neurophysiol., 15, 435 (1963). 8 N. Tsukahara, K. Toyama, K. Kosaka, Experientia, 20, 632 (1964). 9 J. B. Hursh, Amer. J. Physiol., 127, 131 (1939). 10 K. Toyama, N. Tsukahara, M. Udo, Exp. Brain Res., 4, 292 (1968). 11 M. Ito, M. Yoshida, K. Obata, Experientia, 20, 575 (1964). 12 Ramon y Cajal S. (1909), цит. по Brodal A., A. C. Gogstad, 1954. 13 F. Walberg, J. Comp. Neurol., 109, 363 (1958). 14 J. Jansen, A. Brodal, Aspects of Cerebellar Anatomy, Oslo, 1954. 15 F. Walberg, J. Comp. Neurol., 104, 77 (1956). 16 R. P. Eager, J. Comp. Neurol., 120, 81 (1963) 17 E. Ford, G. V. Russel, Texas Reports on Biol. a. Med., 22, 492 (1964).

