

ԵՐԵՎԱՆԻ  
ՊԵՏԱԿԱՆ  
ՀԱՍՏԱՏՈՒՄԸ



ЕРЕВАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

ԳԻՏԱԿԱՆ  
ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ  
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

2.2001

ԵՐԵՎԱՆ • EREVAN

ISSN 0132-0173

Հրատարակում է 1925 թ.-ից (1967 թ.-ից՝ պարբերաբար):

Издается с 1925 г. (с 1967 г.— периодически).

## ԽՄԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ

ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ռ.Մ. (վիճ. խմբագիր), ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ Ս.Գ. (վիճ. խմբագիր տեղակալ),  
ԾԱՐԱՄԲԵՅՆ Լ.Թ. (պատքարտուղար)  
ԲՈՅՆԱԳՐՅԱՆ Վ.Ռ., ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Հ.Գ.,  
ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ Լ.Լ., ՍԱՐԳԱՐՅԱՆ Ը.Ա., ՍԱՐԺԻՐՈՍՅԱՆ Ռ.Մ., ԸՆՔԵՐՈՅԱՆ Ս.Կ.,  
ՉՈՒԲՄԵՐՅԱՆ Ե.Վ., ՍԱՐԳՈՎՅԱՆ Հ.Հ., ՍԱՐԳՈՎՅԱՆ Ս.Վ.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ԱՐԴՅՈՒՆՅԱՆ Բ.Մ. (сл. редактор), ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ Ս.Գ. (зам. сл. редактора),  
ՇԱՐԱՄԲԵՅՆ Լ.Թ. (отв. секретарь)  
ՅՈՒՆԱԳՐՅԱՆ Վ.Ռ., ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ՄԱՐԿԱՐՅԱՆ Շ.Ա., ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ Բ.Մ.,  
ՕՍԻՊՅԱՆ Լ.Լ., ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Օ.Ա., ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Ը.Վ., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ա.Գ.,  
ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ՉՈՒԲՄԵՐՅԱՆ Ե.Վ., ՇՈՒԿՈՐՅԱՆ Ը.Կ.

Издательство Ереванского университета  
© "Ученые записки" ЕГУ, естественные науки. 2001

Сдано в производство 16.04.2001 г. Подписано к печати 09.07.2001 г. Формат 70×108  
· 1/16. Офсетная печать. 9,75 печ. л.=13,65 усл. п. л. 16,57 уч. изд. л. Заказ 131. Тираж 250.  
Регистрационный номер 258 .

---

Издательство Ереванского госуниверситета. Ереван, Ал. Манукяна, 1.  
Цех Ротапринт Ереванского госуниверситета, Ереван, Ал. Манукяна, 1.

## ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

### ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

Ի.Է. Դանիելյան – Համազոր դանդաղ փոփոխվող ֆունկցիաների մասին ..... 3

Ա.Մ. Մովսիսյան – Փաթաթման բազմանդամներ և նույնություններ ..... 9

Գ.Հ. Սահակյան – Ֆուկս-Լյապունովի թեորեմը պարբերական գործակիցներով երկու պարամետրերով Դիրակի համակարգի համար ..... 14

Ա.Ա. Չուբարյան - Ասույրային դասական հաշվի մեջ համակարգի վերաբերյալ ..... 22

### ՄԵԽԱՆԻԿԱ

Ս.Գ. Շահինյան – Ուշացող արգումենտով համակարգների կայունությունը փոքր ինտեգրալային գրգռումների դեպքում ..... 27

Վ.Ս. Սարգսյան, Ի.Մ. Կարախանյան – Առաճական կիսաանվերջ մերդրումով հարմոնիկ ալիքի դիֆրակցիայի խնդրի ֆակտորիզացիայի մասին ..... 32

### ՖԻԶԻԿԱ

Կ.Հ. Դարինյան – X-քենուացված լուսի միջենքագոտիական կլանումը կրկնակի Ծ-նման պոտենցիալ արգելվներով քվանտային փոսում ..... 40

### ՔԻՄԻԱ

Հ.Հ. Ղազարյան, Է.Ռ. Սարգսյանյան, Ը. Ս. Մարգարյան – Այսումինի և պղնձի միտրատների մասնակցությամբ սուազված պողիակրիանիտրիի ֆիզիկաքիմիական հատկությունները ..... 47

Մ.Լ. Երիցյան, Ռ.Ա. Քարամյան, Ֆ.Հ. Կարապետյան, Ն.Մ. Բեյլերյան – Պոլիվինիլսալիտի մոդիֆիկացումը օրգանական և անօրգանական թրուներով ..... 53

Ս.Մ. Հ ակոբյան, Գ.Պ. Փիրումյան – 2-օքտ-3-ալիլ-6-մերիլ-1,4-դիօքսանների նոր ածանցյալների սինթեզ ..... 58

Ա.Վ. Գեղրամյան, Ա.Ս. Սահյան, Ս.Մ. Վարդապետյան, Ա.Ա. Ավետիսյան – S-տրետ-բուտի-D-ցիստենի ստերեոսեկտիվ սինթեզը  $Ni^{2+}$  իոնի ենթ դեկտրուալանինի առաջադրած թիրալային կոմպլեքսների միջոցով ..... 64

Ֆ.Վ. Միրզոյան, Ս.Մ. Վարդապետյան – Քրոմի լուսաշափական որոշումը բյուրեղական մանուշակագույնի մոլիբդագործության տեսքով ..... 70

### ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

Ա.Ե. Զաքարյան, Մ.Ա. Դավթյան, Ն.Ա. Սարգսյան – Որոշ հակառակուցքային պրեարատների թիմիցութիւննեցնութային հետազոտությունները ..... 77

<b>Մ.Ա. Փարսադանյան, Լ.Ա. Մինասրելյան, Պ.Հ. Վարդևանյան – Որոշ ցորենազգիների եռմոլոգիայի աստիճանի ուսումնասիրությունը</b>	83
<b>Ռ.Ռ. Սաղյան, Կ.Գ. Ազարյան – Ցորենի գաճաճ հիբրիդների ցողունի մոքքուզա-անատոմիական կառուցվածքի համեմատական ուսումնասիրությունը</b>	90
<b>Զ.Հ. Արքահամյան, Ի.Վ. Ծահազիզյան – Աղտոտված հողերի միկրոբուտայի թափոնների և պատրաստի արտադրանքի վրա գործող միկրոստրուկտորների տեսակային կազմի համեմատական անալիզը</b>	98
<b>Վ.Ս. Պողոսյան, Ռ.Մ. Հարուրյունյան, Է.Ա. Աղաջանյան, Ա.Ա. Վարժապետյան, Ա.Լ. Արյանց – Արտադրական աղտաջրերի մուտագեն ազդեցությունը Allium cepa-ի վրա</b>	103

## ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<b>Գ.Պ. Սիմոնյան, Լ.Ս. Նազարյան, Հ.Հ. Սարգսյան – Հայաստանի տարածքի երկրաշարժածին զօնաները և նրանց երկրաշարժակամփությունը (հաղորդում 1)</b>	107
<b>Հայկ Պ. Ալյան – Մարզիգետի ոսկի-բազմամետադային հանքավայրի օպտիմալ հետախուզական ցանցի խտորյան հիմնավորումը ըստ հանքատեսակների</b>	116

## ԱԾԽԱՐՀԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ

<b>Գ.Մ. Կարապետյան, Ռ.Խ. Գագինյան – Արագնային ինֆորմացիայի վերարտացողության եղանակները հանադիրային քարտեզների բովանդակության մշակման ժամանակ (ուժինեֆի քարտեզի օրինակով)</b>	123
<b>Ա.Վ. Գալստյան – Աղստեհի ավազանի գետերի երկայնակի պողիլների ձևաչափական վերլուծությունը</b>	128

## ՀԱՊՈՐԴՈՒՄՆԵՐ

<b>Պ.Ս. Գևորգյան – Ֆրեյդենտալի թեորեմի էկվիվարիանտ ընդհանրացումը: Էկվիվարիանտ ո-շարժմանը թրյուն</b>	137
<b>Է.Գ. Մեսրոպյան, Գ.Բ. Համբարձումյան, Ա.Ա. Ավետիսյան, Մ.Հ. Սարգսյան – N-ֆենիլանտրանի- լաբրվի նոր ածանցյալների սինթեզ</b>	141
<b>Վ.Գ. Գրիգորյան, Հ.Ռ. Աղարքյան, Ա.Ն. Առաքելյան, Ա.Յու. Մտնֆանյաճ – Օպերատորի զիսու- դեղի միջկիսագնդային ասիմետրիայի ուսումնասիրությունը համակարգչով միապաղադ աշխատելու ընթացքում</b>	144
<b>Ա.Մ. Իդրիս – Հրաբխածին շրջաններում դիստանցիոն մեթոդների համալրումը ստորերկյա ջրային ռեսուրսների ուսումնասիրման նպատակով</b>	148

## ՆՈՐ ԳՐՑԵՐ

<b>Հայկական լնոնաշխարհ (Հ.Կ. Գաբրիելյան)</b>	152
--	-----

Математика

УДК 518.519

И.Э. ДАНИЕЛЯН

ОБ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ МЕДЛЕННО  
МЕНЯЮЩИХСЯ ФУНКЦИЙ

Пусть  $0 < t_0 < t_1 < \dots$ ,  $\lim_{n \rightarrow +\infty} t_n = +\infty$ ,  $\sup_n (t_{n+1} - t_n) < +\infty$ .

Для выпуклой (кверху) медленно меняющейся функции  $L(t) > 0$  построена эквивалентная ей выпуклая, бесконечно дифференцируемая медленно меняющаяся функция  $L_1(t)$ , которая совпадает с  $L(t) > 0$  на предварительно заданной числовой последовательности.

1<sup>o</sup>. Измеримая на  $R^+ = (0, +\infty)$  функция  $L(t) > 0$  медленно меняется на бесконечности, если  $\lim_{t \rightarrow +\infty} (L(x \cdot t)/L(t)) = 1$  для любого  $x > 0$ .

Медленно меняющиеся функции (м.м.ф.)  $L(t)$  и  $L_1(t)$  эквивалентны на бесконечности (пишем  $L_1(t) \approx L(t)$ ,  $t \rightarrow +\infty$ ), если  $\lim_{t \rightarrow +\infty} (L_1(t)/L(t)) = 1$ .

В теории м.м.ф. актуальна следующая

*Задача.* Для м.м.ф.  $L(t)$  найти м.м.ф.  $L_1(t) \approx L(t)$ ,  $t \rightarrow +\infty$ , с заранее заданными "хорошими" свойствами.

К "хорошим" свойствам относятся, напр., бесконечная дифференцируемость, монотонность, вогнутость,  $L(t_n) = L_1(t_n)$  для заданной последовательности  $\{t_n\}$ , где  $0 < t_0 < t_1 < \dots$ , и  $\lim_{n \rightarrow +\infty} t_n = +\infty$ .

Так, в [1] и [2] строятся бесконечно дифференцируемые  $L_1(t) \approx L(t)$ ,  $t \rightarrow +\infty$ , в случае последовательностей  $t_n = n$  и  $t_n = e^n$ ,  $n \geq 1$ , соответственно.  $L_1(t)$  в [1] сохраняет монотонность на бесконечности, а в [2] – монотонность и вогнутость на бесконечности. Случай произвольной последовательности  $\{t_n\}$  с сохранением монотонности рассмотрен в [3].

В настоящей заметке установлена следующая

*Теорема.* Для вогнутой м.м.ф.  $L(t)$  существует бесконечно дифференцируемая вогнутая м.м.ф.  $L_1(t) \approx L(t)$ ,  $t \rightarrow +\infty$ , такая, что при заранее заданной последовательности  $\{t_n\}$ :  $0 < t_0 < t_1 < \dots$ ,  $\lim_{n \rightarrow +\infty} t_n = +\infty$ , выполнено  $L(t_n) = L_1(t_n)$ ,  $n \geq 0$ .

Отметим, что вогнутая м.м.ф.  $L(t)$  не убывает. Если  $L(u_1) = L(u_2)$  при  $u_2 > u_1 > 0$ , то  $L(u) = L(u_1)$  при  $u > u_1$ . Если  $L(u_1) < L(u_2)$  при  $u_2 > u_1 > 0$ , то  $L(u_1) < L(u) < L(u_2)$  при  $u \in (u_1, u_2)$ . Следовательно, теорему достаточно доказать

для возрастающей вогнутой м.м.ф.  $L(t)$ .

Идея доказательства теоремы заключается в использовании следующей конструкции интерполяции  $L(t)$ , предложенной в [3].

Пусть  $\{\hat{g}_n(t)\}$  – последовательность функций на  $R^+$  вида

$$\hat{g}_n(t) = \int_0^t g_n(x) dx, \quad t \in [0, t_{n+1} - t_n], \quad n \geq 0,$$

удовлетворяющая условиям:

$$g_n(t) \text{ непрерывны на } R^+, \\ \sup_n \sup_{0 \leq t \leq t_{n+1} - t_n} |g_n(t)| < +\infty, \quad (1)$$

$$\delta_{n+1} \cdot g_{n+1}(0) = \delta_n \cdot g_n(t_{n+1} - t_n), \quad (2)$$

$$\hat{g}_n(0) = 0, \quad \hat{g}_n(t_{n+1} - t_n) = t_{n+1} - t_n, \quad (3)$$

где  $\delta_n = \theta_n / (t_{n+1} - t_n)$ ,  $\theta_n = L(t_{n+1}) - L(t_n)$ .

Здесь  $\{t_n\}$  удовлетворяет условиям теоремы и  $\sup_n (t_{n+1} - t_n) < +\infty$ .

Последнее условие достигается добавлением новых точек.

Тогда функция

$$L_1(t) = L(t_n) + \hat{g}_n(t - t_n) \cdot \delta_n, \quad t \in [0, t_{n+1} - t_n], \quad n \geq 0, \quad (4)$$

осуществляет “обобщенную” линейную интерполяцию  $L(t)$ .

В [3] показано, что  $L_1(t)$  – м.м.ф., непрерывная на  $[t_0, +\infty]$ ,  $L_1(t) \approx L(t)$ ,  $t \rightarrow +\infty$  и  $L(t_n) = L_1(t_n)$ ,  $n \geq 0$ .

При возрастающей вогнутой  $L(t)$  мы построим последовательность  $\{\hat{g}_n(t)\}$ , удовлетворяющую (1)–(3), такую, что м.м.ф.  $L_1(t)$ , определяемая формулой (4), будет удовлетворять условиям теоремы. ▶

**2<sup>0</sup>. Лемма 1.** Существует бесконечно дифференцируемая на  $R^1 = (-\infty, +\infty)$  функция  $f(t)$  такая, что  $f(t) = 1$  при  $t \leq 0$ ,  $f(t) = 0$  при  $t \geq 1$ ,  $f(t)$  убывает на  $[0, 1]$ ,  $f^{(k)}(0) = f^{(k)}(1) = 0$  при всех  $k \geq 1$ , и для заданного  $\delta \in (0, 1)$

$$\int_0^1 f(t) dt = \delta.$$

Здесь  $f^{(k)}(t)$  –  $k$ -тая производная функции  $f(t)$ .

**Доказательство.** Функция (ср. с [4], гл.3, зад.12, с.54)

$$\varphi(t) = \varphi_\tau(t) = \begin{cases} \exp\left\{-\left(\frac{\tau}{t}\right)\exp\left\{-\frac{1}{1-t}\right\}\right\}, & \text{если } 0 \leq t \leq 1, \\ 0, & \text{если } t \leq 0, \\ 1, & \text{если } t \geq 1, \end{cases} \quad (5)$$

возрастает на  $[0, 1]$ . Для любого  $\varepsilon \in (0, 1)$  найдется число  $\tau_1$  (число  $\tau_2$ ) такое, что

$$\int_0^1 \varphi_{\tau_1}(t) dt > 1 - \varepsilon \quad (\int_0^1 \varphi_{\tau_2}(t) dt < \varepsilon).$$

Действительно,  $\varphi_{\tau_1}(\varphi_{\tau_2})$  стремится к 0 (1) при  $\tau_1 \rightarrow 0$  (при  $\tau_2 \rightarrow +\infty$ ) равномерно по  $t \in [(\varepsilon/(1+\varepsilon)), 1]$  (по  $t \in [0, 1 - (\varepsilon/2)]$ ). Следовательно, найдется  $\tau_0 > 0$  такое, что  $\varphi_{\tau_1}(t) > 1 - \varepsilon^2$  при  $0 < \tau_1 < \tau_0$  и  $t \in [(\varepsilon/(1+\varepsilon)), 1]$  ( $\varphi_{\tau_2}(t) < \varepsilon/(2-\varepsilon)$  при  $\tau_2 > \tau_0$  и  $t \in [0, 1 - (\varepsilon/2)]$  и одновременно  $\int_{1-(\varepsilon/2)}^1 \varphi_{\tau_2}(t) dt < \varepsilon/2$  равномерно по  $\tau_2 \in (0, +\infty)$ ).

Поэтому  $\int_0^1 \varphi_{\tau_1}(t) dt > 1 - \varepsilon$  при  $\tau_1 \in (0, \tau_0)$  ( $\int_0^1 \varphi_{\tau_2}(t) dt < \varepsilon$  при  $\tau_2 > \tau_0$ ).

Итак, существуют функции  $\bar{\varphi}$  и  $\underline{\varphi}$  типа (5) такие, что

$$\bar{\lambda} \stackrel{\text{def}}{=} \int_0^1 \bar{\varphi}(t) dt \geq 1 - \delta \geq \int_0^1 \underline{\varphi}(t) dt \stackrel{\text{def}}{=} \underline{\lambda}.$$

Следовательно,  $1 - \delta = p \cdot \underline{\lambda} + (1 - p) \cdot \bar{\lambda}$  при некотором  $p \in [0, 1]$ . Тогда функция  $f(t) = 1 - p \cdot \underline{\varphi}(t) - (1 - p) \cdot \bar{\varphi}(t)$ ,  $t \in R^1$  удовлетворяет условиям леммы 1. ▶

В [5] (с. 5–6 и 48–53) изложен общий способ построения бесконечно дифференцируемой на  $R'$  функции  $\varphi$  такой, что  $\varphi^{(n)}(t_n) = a_n$ ,  $n \geq 1$ , где  $\{t_n\}$  и  $\{a_n\}$  – заданные последовательности вещественных чисел. ▶

1. В связи с леммой 1 приведем примеры.

$$f(t) = \begin{cases} 1 - \varepsilon_0^{-1} \cdot \int_0^1 \exp\left(-\frac{1}{x \cdot (1-x)}\right) dx, & \text{если } 0 \leq t \leq 1, \\ 0, & \text{если } t \leq 0, \\ 1, & \text{если } t \geq 1, \end{cases}$$

где  $\varepsilon_0 = \int_0^1 \exp\left(-\frac{1}{x \cdot (1-x)}\right) dx$  удовлетворяет условиям леммы 1 с  $\delta = 1/2$ .

$$\begin{aligned} \text{Действительно, } 1 - \delta &= \varepsilon_0^{-1} \int_0^1 \int_0^1 \exp\left(-\frac{1}{x \cdot (1-x)}\right) dx = \\ &= \varepsilon_0^{-1} \cdot \int_0^1 (1-x) \exp\left(-\frac{1}{x \cdot (1-x)}\right) dx. \end{aligned}$$

Замена переменной интегрирования  $1-x = y$  дает

$$1 - \delta = \varepsilon_0^{-1} \cdot \int_0^1 x \cdot \exp\left(-\frac{1}{x \cdot (1-x)}\right) dx.$$

Складывая равенства, получаем

$$2 \cdot (1 - \delta) = \varepsilon_0^{-1} \cdot \int_0^1 \exp\left(-\frac{1}{x \cdot (1-x)}\right) dx = 1,$$

откуда следует  $\delta = 1/2$ . ▶

2. Пусть  $e_k(x)$  –  $k$ -кратная функциональная итерация  $e^x$ , т.е.  $e_1(x) = e^x$ ,  $e_{k+1}(x) = e_k(e^x)$ ,  $k \geq 1$ . Для удовлетворяющей условиям леммы 1 последовательности функций

$$f(k, t) = \begin{cases} 1 - \exp\left\{-t^{-1} \cdot \exp\left\{-e_k\left(\frac{1}{1-t}\right)\right\}\right\}, & \text{если } 0 \leq t \leq 1, \\ 1, & \text{если } t \leq 0, \\ 0, & \text{если } t \geq 1, \end{cases} \quad k \geq 1,$$

имеем  $\delta_k = \int_0^1 f(k, t) dt \uparrow 1$  при  $k \rightarrow +\infty$ . ▶

3<sup>0</sup>. *Лемма 2.* Хотя бы для одной последовательности  $\{\varepsilon_n\} \subset (0, 1)$  система рекуррентных уравнений

$$1 + u_{n+1} \cdot \{1 - \varepsilon_{n+1}\} = \lambda_n \cdot (1 - u_n \varepsilon_n), \quad n \geq 1, \quad (6)$$

где  $\{\lambda_n\} \subset (1, +\infty)$  – заданная последовательность, имеет решение вида  $\{u_n > 0, n \geq 1\}$ .

*Доказательство.* Обозначим

$$\alpha_n = \frac{1}{1 - \varepsilon_{n+1}}, \quad \beta_n = \frac{\varepsilon_{n+1}}{1 - \varepsilon_{n+1}} \cdot \lambda_n, \quad x_n = 1 - u_n \cdot \varepsilon_n, \quad n \geq 1,$$

предполагая  $\varepsilon_{n+1} \neq 1$  ни при каком  $n$ , и преобразуем (6).

При  $\varepsilon_n \neq 1$  существование решения  $\{x_n < 1, n \geq 1\}$  этой системы равносильно существованию решения  $\{u_n > 0, n \geq 1\}$  системы (6). Добавим к этой системе еще одно уравнение  $x_1 = \alpha_0 - \beta_0 \cdot x_0$ , где  $\alpha_0 = \{1/(1 - \varepsilon_1)\}$ ,  $\beta_0 = \{\lambda_0 \varepsilon_1 / (1 - \varepsilon_1)\}$ ,  $\lambda_0 > 1$ , и запишем равенство

$$x_{n+1} = \alpha_n - \alpha_{n-1} \beta_n + \dots + (-1)^n \alpha_0 \beta_1 \dots \beta_n + (-1)^{n+1} \beta_0 \dots \beta_n \cdot x_0, \quad n \geq 0. \quad (7)$$

Для последовательности

$$\begin{aligned} y_n &= \frac{1}{\beta_0} \left( \alpha_0 - \frac{1}{\beta_1} \left( \alpha_1 - \dots - \frac{1}{\beta_n} (\alpha_n - 1) \dots \right) \right) = \\ &= \frac{\alpha_0}{\beta_0} - \frac{\alpha_1}{\beta_0 \beta_1} + \dots + (-1)^n \frac{\alpha_n}{\beta_0 \dots \beta_n} + (-1)^{n+1} \frac{1}{\beta_0 \dots \beta_n}, \quad n \geq 0, \end{aligned} \quad (8)$$

легко проверить, что

$$y_{2k+1} - y_{2k} = \frac{1}{\beta_0 \dots \beta_{2k}} \cdot \frac{\lambda_{2k+1} - 1}{\lambda_{2k+1}} > 0, \quad n \geq 0.$$

Следовательно, при

$$1 > \varepsilon_{n+2} > \frac{\lambda_{n+2} - 1}{\lambda_{n+1} \cdot \lambda_{n+2} - 1}, \quad n \geq 0,$$

$$\left( \frac{\lambda_{n+2} - 1}{\lambda_{n+1} \cdot \lambda_{n+2} - 1} \geq \varepsilon_{n+2} > 0, \quad n \geq 0 \right)$$

$\{y_{2n}\}$  возрастает (не возрастает),  $\{y_{2n+1}\}$  убывает (не убывает),

$$a = \lim_{n \rightarrow +\infty} \{y_{2n+1} - y_{2n}\} > 0, \quad \lim_{n \rightarrow +\infty} y_{2n} + a = \lim_{n \rightarrow +\infty} y_{2n+1}.$$

Поэтому найдется  $x_0$  такое, что

$$y_{2n} < x_0 < y_{2n+1} \text{ при } n \geq 0. \quad (9)$$

Из (7)–(9) выводим

$$x_{2n+2} < \alpha_{2n+1} - \alpha_{2n} \cdot \beta_{2n+1} + \dots - \alpha_0 \cdot \beta_1 \dots \beta_{2n+1} + \beta_0 \dots \beta_{2n+1} \cdot y_{2n+1} = 1,$$

$$x_{2n+2} < \alpha_{2n} - \alpha_{2n+1} \cdot \beta_{2n} + \dots + \alpha_0 \cdot \beta_1 \dots \beta_{2n} - \beta_0 \dots \beta_{2n} \cdot y_{2n} = 1$$

при всех  $n \geq 0$ . Система (7) с  $x_0$ , удовлетворяющим неравенствам (9), приводит к решению вида  $\{x_n < 1, n \geq 1\}$ . ▶

#### 4<sup>o</sup>. Доказательство теоремы.

Обратимся к интерполяции (4), в которой следует выбрать последовательность удовлетворяющих условиям (1)–(3) функций  $\{\hat{g}_n(t)\}$ .

Обозначим  $\lambda_n = (\delta_n / \delta_{n+1})$ ,  $n \geq 1$ . Из-за вогнутости  $L$  последовательность  $\{\delta_n\}$  не возрастает. Следовательно,  $\lambda_n \geq 1$ ,  $n \geq 1$ .

Если  $\lambda_n = 1$  при некотором  $n$ , то берем  $\hat{g}_n(t) = t$  при  $t \in [0, t_{n+1} - t_n]$ .

Тогда удовлетворены условия (1)–(3),  $\hat{g}_n$  возрастает и вогнута и

$$\hat{g}_n^{(k)}(0) = \hat{g}_n^{(k)}(t_{n+1} - t_n) = 0 \text{ при } k \geq 2, \quad (10)$$

что обеспечивает бесконечную дифференцируемость  $\hat{g}_n$  на  $[0, t_{n+1} - t_n]$ .

Следовательно, без ограничения общности можно считать  $\{\lambda_n\} \subset (0, +\infty)$ .

Пусть последовательность функций  $\{f_n\}$  удовлетворяет условиям леммы 1, где

$$\varepsilon_n \stackrel{\text{def}}{=} \int_0^1 f_n(x) dx, \quad n \geq 1. \quad (11)$$

Функции

$$\hat{g}_n(t) = u_n \cdot (t_{n+1} - t_n) \cdot \int_0^{t/(t_{n+1} - t_n)} f_n(x) dx + t \cdot v_n, \quad n \geq 1, \quad (12)$$

неотрицательны, возрастают и вогнуты на  $[0, t_{n+1} - t_n]$ , удовлетворяют (1)–(3) и (10) при существовании решения  $\{(u_n, v_n), n \geq 1\}$  системы уравнений

$$\begin{cases} u_n \cdot \varepsilon_n + v_n = 1, & u_n > 0, \\ \delta_{n+1} \cdot v_{n+1} + \delta_{n+1} \cdot u_{n+1} = \delta_n \cdot v_n \end{cases} \quad (13)$$

хотя бы для одной последовательности  $\{\varepsilon_n\} \subset (0, 1)$ .

Исключая  $v_n$ ,  $n \geq 1$ , из системы уравнений, приходим к системе рекуррентных уравнений (6). Согласно лемме 2 выбираем последовательности  $\{\varepsilon_n\}$  и  $\{u_n\}$ . Тогда по (11) и из леммы 1 определяется последовательность  $\{f_n\}$ , что в силу (13) по формулам  $v_n = 1 - u_n \cdot \varepsilon_n$ ,  $n \geq 1$ , определяет последовательность  $\{v_n\}$ . Следовательно, по формулам (12) построена последовательность функций  $\{\hat{g}_n(t)\}$ .

Так как  $\hat{g}_n(t) > 0$  при  $t \in (0, t_{n+1} - t_n)$  и верно (10) при  $k=2$ , то  $L_1(t)$

вогнута при  $t \geq t_0$ . Условия (10) справедливы при всех  $k \geq 2$  и  $n \geq 1$ . Они вместе с условиями (2)–(3) и с бесконечной дифференцируемостью  $\{\hat{g}_n(t)\}$  на  $[0, t_{n+1} - t_n]$  при каждом  $n \geq 1$  обеспечивают бесконечную дифференцируемость  $L_1(t)$  при  $t \geq t_0$ .

Кафедра теории вероятностей и  
математической статистики

Поступила 25.11.1999

## ЛИТЕРАТУРА

1. Adamovic' D.D. Sur quelques propriete's des fonctions a' croissance lente de Karamata, I, II. – Matematicki Vesnik, 1966, N3, pp.123-136. 161-172.
2. Сенета Е. Правильно меняющиеся функции. М.: Наука, 1985, 141с.
3. Даниелян И.Э., Микаелян Г.В. Новое представление медленно меняющейся функции – Уч. записки ЕГУ, 2001, N1.
4. Гельбаум Б., Олмстед Дж. Контрпримеры в анализе. М.:Мир, 1967, 251с.
5. Мартиросян Р.М. Дополнительные главы математического анализа. Еր.: Изд-во ЕГУ, 1983, 296с.

Ի.Ե. ԴԱՆԻԵԼՅԱՆ

## ՀԱՍՏԱՐԺԵՔ ԴԱՆԴԱՂ ՓՈՓՈԽՎՈՂ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐԻ ՍԱՍԻՆ

### Ամփոփում

Դիցուք  $0 < t_0 < t_1 < \dots$ ,  $\lim_{n \rightarrow +\infty} t_n = +\infty$ ,  $\sup_n (t_{n+1} - t_n) < +\infty$ :

Ուսուցիկ (դեպի վերև)  $L(t) > 0$  դանդաղ փոփոխվող ֆունկցիայի համար կառուցված է նրան համարժեք  $L_1(t)$  ուսուցիկ աճվերջ դիֆերենցելի դանդաղ փոփոխվող ֆունկցիա, որը համընկնում է  $L(t) > 0$  ի հետ նախապես տրված  $\{t_n\}$  թվային հաջորդականության վրա:

I.E. DANIELIAN

## ON EQUIVALENT SLOWLY VARYING FUNCTIONS

### Summary

Let  $0 < t_0 < t_1 < \dots$ ,  $\lim_{n \rightarrow +\infty} t_n = +\infty$ ,  $\sup_n (t_{n+1} - t_n) < +\infty$ .

For an upward convex slowly varying function  $L(t) > 0$  an equivalent slowly varying function  $L_1(t)$  has been constructed that is convex, infinitely differentiable, and that coincides with  $L(t) > 0$  on a beforehand given numerical sequence  $\{t_n\}$ .

Математика

УДК 518.519

А.М. МОВСИСЯН

СВЕРТОЧНЫЕ МНОГОЧЛЕНЫ И ТОЖДЕСТВА

В данной работе рассматриваются сверточные многочлены и тождества векторных пространств над полем. Они основаны на понятии свертки тензоров.

Пусть  $I$  – конечное множество и для каждого  $i \in I$  элемента задано векторное пространство  $V_i$  над полем  $k$ . Мы можем рассматривать их тензорное произведение  $\bigotimes_{i \in I} V_i$  [1]. В случае, когда все  $V_i$  совпадают с одним и тем же пространством  $V$ , мы будем обозначать это тензорное произведение  $V^{\otimes I}$ . Если  $I$  – пустое множество  $\emptyset$ , то условимся считать, что  $V^{\otimes \emptyset} = V^\Phi = k$ . Ясно, что если  $I = J \cup K$ ,  $J \cap K = \emptyset$ , то  $V^{\otimes I} = V^{\otimes J} \otimes V^{\otimes K}$ .

Далее, мы считаем пространство  $V$  конечномерным, через  $V^*$  обозначаем пространство, дуальное к  $V$ . Пусть  $I$ ,  $J$  – два множества, через  $T(I, J)$  обозначаем пространство  $V^{\otimes I} \otimes (V^*)^{\otimes J}$  тензоров на  $V$ , множество ковариантных индексов, которые обозначены через  $J$ , а множество контравариантных индексов – через  $I$ . Для  $i \in I$ ,  $j \in J$  обозначим через

$$\sigma_j^i : T(I, J) \rightarrow T(I - i, J - j)$$

отображение свертки  $i$ -го контравариантного и  $j$ -го ковариантного индекса. Это отображение является композицией отображений

$$V^{\otimes I} \otimes (V^*)^{\otimes J} = \left( V^{\otimes(I-i)} \otimes (V^*)^{\otimes(J-j)} \right) \otimes \left( (V^*)^{\otimes\{i\}} \otimes V^{\otimes\{j\}} \right) \xrightarrow{1 \otimes \chi} \\ \xrightarrow{} V^{\otimes(I-i)} \otimes (V^*)^{\otimes(J-j)} \otimes k = V^{\otimes(I-i)} \otimes (V^*)^{\otimes(J-j)},$$

где  $\chi(v \otimes v^*) = v^*(v) \in k = V^\Phi \otimes (V^*)^\Phi$  для  $v \in V$ ,  $v^* \in V^*$ ,

При этом мы не будем различать тензорные произведения, отличающиеся порядком сомножителей. Нам будет удобно рассматривать также отображения  $\sigma_j^i$ , и тогда, когда  $i \notin I$  или  $j \notin J$ , в этом случае мы считаем, что  $\sigma_j^i = 0$ . Отметим простейшие свойства отображения  $\sigma_j^i$ :

$$1) \sigma_j^i \sigma_{j_1}^{i_1} = \sigma_{j_1}^{i_1} \sigma_j^i, \quad 2) \sigma_j^i \sigma_{j_1}^{i_1} = 0 \quad \sigma_j^i \sigma_j^i = 0 \quad \text{для любых } i, i_1 \in I, j, j_1 \in J.$$

Пусть теперь  $I, J$  – два множества (не обязательно конечные). Обозначим через  $U(I, J)$  сумму всех пространств  $T(I_1, J_1)$ , где  $I_1 \subset I$ ,  $J_1 \subset J$  – ко-

нечные подмножества. Отображения  $\sigma_j^i$  естественным образом продолжаются до линейного отображения  $U(I, J)$  в себя. Действительно, если  $i \in I_1$ ,  $j \in J_1$ , то  $S_j^i$  определено формулой свертки, и образ содержится в  $T(I_1 - i, J_1 - j) \subset U(I, J)$ . Если же  $i \notin I_1$  или  $j \notin J_1$ , то  $S_j^i$  отображает  $T(I_1, J_1)$  в 0. Эти распространения отображений  $S_j^i$  удовлетворяют свойствам 1), 2).

Сверточным одночленом на  $U(I, J)$  степени  $\ell$  мы называем выражение вида

$$S_{j_1}^{i_1} \dots S_{j_\ell}^{i_\ell},$$

где  $i_1, i_2, \dots, i_\ell$  – различные элементы из  $I$ ,  $j_1, \dots, j_\ell$  – различные элементы из  $J$ .

Линейные комбинации сверточных одночленов на  $U(I, J)$  с коэффициентами из  $k$  будем называть сверточными многочленами на  $U(I, J)$ ; значением сверточного многочлена

$$\sum_{\ell} \sum_{\substack{i_1, \dots, i_\ell \\ j_1, \dots, j_\ell}} \alpha_{i_1, \dots, i_\ell}^{j_1, \dots, j_\ell} S_{j_1}^{i_1} \dots S_{j_\ell}^{i_\ell}$$

на тензоре  $u \in U(I, J)$  называем элемент

$$\sum_{\ell} \sum_{\substack{i_1, \dots, i_\ell \\ j_1, \dots, j_\ell}} \alpha_{i_1, \dots, i_\ell}^{j_1, \dots, j_\ell} S_{j_1}^{i_1} \dots S_{j_\ell}^{i_\ell}, u \in U(I, J).$$

Сумма сверточных многочленов определяется естественно, столь же просто определяется умножение на элементы из поля  $k$ . Определим теперь умножение сверточных многочленов, сделаем это сначала для одночленов:

$$(S_{j_1}^{i_1} \dots S_{j_\ell}^{i_\ell})(S_{p_1}^{k_1} \dots S_{p_r}^{k_r}) = S_{j_1}^{i_1} \dots S_{j_\ell}^{i_\ell} S_{p_1}^{k_1} \dots S_{p_r}^{k_r};$$

если множества  $\{i_1, \dots, i_\ell\}$  и  $\{k_1, \dots, k_r\}$ ,  $\{j_1, \dots, j_\ell\}$  и  $\{p_1, \dots, p_r\}$  не пересекаются, то

$$(S_{j_1}^{i_1} \dots S_{j_\ell}^{i_\ell})(S_{p_1}^{k_1} \dots S_{p_r}^{k_r}) = 0$$

в остальных случаях. Распространим теперь это умножение на все сверточные многочлены по дистрибутивности. Легко видеть, что сверточные многочлены на  $U(I, J)$  образуют коммутативную ассоциативную алгебру над полем  $k$ ; мы будем обозначать эту алгебру  $\Sigma(I, J)$ .

Сверточный многочлен будем называть однородным степени  $\ell$ , если степени всех одночленов, входящих в него с ненулевыми коэффициентами, равны  $\ell$ .

Особенно важен случай, когда множества  $I, J$  состоят из одинакового числа  $n$  элементов; однородные сверточные многочлены степени  $n$  на  $U(I, J)$  называются в этом случае полными сверточными многочленами; их значения на всех  $T(I_1, J_1)$  с  $I_1 \neq I$  или  $J_1 \neq J$  равны 0, а значения их на  $T(I, J)$  принадлежат  $T(\Phi, \Phi) = k$ . Таким образом, если рассматривать лишь

полные сверточные многочлены, то пространство  $U(I, J)$  ненужно; все такие многочлены на самом деле являются линейными комбинациями операторов полной свертки для  $n$  раз ковариантных и  $n$  раз контравариантных тензоров.

**Сврточные тождества для тензоров.** Пусть  $V$  – конечномерное пространство,  $I = \{1, 2, \dots\}$  – множество натуральных чисел,  $U_V = U(I, I)$  и  $\Sigma = \sum(I, I)$ . Сврточный многочлен  $f \in \Sigma$  называется сврточным тождеством на  $V$ , если для любого  $u \in U_V$  значение многочлена  $f$  на  $u$  равно 0. Ясно, что сумма, разность сврточных тождеств на  $V$ , а также произведение сврточного тождества на любой сврточный многочлен (в том числе на элементы из  $k$ ) – снова сврточные тождества.

Таким образом, множества  $J_V$  сврточных тождеств на пространстве  $V$  – идеал кольца  $\Sigma$ . Более того, пусть  $\alpha, \beta$  – два взаимно однозначных отображения  $I$  на себя. Для одночлена

$$g = a \cdot S_{j_1}^{i_1} S_{j_2}^{i_2} \dots S_{j_n}^{i_n} \in \Sigma \quad (a \in k)$$

положим

$$g^{(\alpha, \beta)} = a S_{\beta(j_1)}^{\alpha(i_1)} \dots S_{\beta(j_n)}^{\alpha(i_n)};$$

распространим по линейности это отображение на все многочлены из  $\Sigma$ . Тогда очевидно, что если  $f \in J_V \subset \Sigma$  – сврточное тождество на  $V$ , то  $f^{(\alpha, \beta)}$  – тоже сврточное тождество на  $V$ .

Таким образом, идеал  $J_V$  обладает следующим свойством: если  $f \in J_V$ , то для любых взаимно однозначных отображений  $\alpha, \beta$  множества  $I$  в себя  $f^{(\alpha, \beta)}$  тоже принадлежит  $J_V$ . Такие идеалы алгебры  $\Sigma$  мы будем называть  $T$ -идеалами. Ясно, что пересечение любого множества  $T$ -идеалов снова –  $T$ -идеал. Поэтому можно говорить о  $T$ -идеале алгебры  $\Sigma$ , порожденном любым множеством элементов. Множество сврточных многочленов из  $\Sigma$  такое, что  $T$ -идеал  $J$  совпадает с  $T$ -идеалом, порожденным этим множеством, и называется системой образующих  $T$ -идеала  $J$ .

Носителем одночлена

$$S_{j_1}^{i_1} \dots S_{j_n}^{i_n}$$

называем пару множеств  $\{i_1, \dots, i_n\}, \{j_1, \dots, j_n\}$ . Сврточный многочлен  $f$  из  $\Sigma$  назовем сильно однородным, если носители всех одночленов, входящих в него с ненулевыми коэффициентами, совпадают. Каждый сврточный многочлен  $f \in \Sigma$  представляется в виде суммы сильно однородных слагаемых

$$f = f_1 + f_2 + \dots + f_r,$$

причем носители различных слагаемых неодинаковы, которые определены с точностью до порядка нулевых слагаемых единственным образом. При этом  $f_1, \dots, f_r$  называются сильно однородными компонентами.

**Теорема 1.** Пусть  $f$  – сильно однородный сврточный многочлен и

$(I', J')$  – его носитель. Для того чтобы  $f$  был сверточным тождеством на  $V$ , необходимо и достаточно, чтобы значения  $f$  на тензорах из  $T(I', J')$  обращались в ноль.

*Доказательство.* Необходимость очевидна: значения сверточного тождества обращаются в 0 не только на  $T(I', J')$ , но и на всех  $U_V$ .

Докажем достаточность. Если  $I'' \not\subset I'$  или  $J'' \not\subset J'$ , то значения  $f$  на  $T(I'', J'')$  равны 0, каковым бы ни был сильно однородный сверточный многочлен  $f$  с носителем  $(I', J')$ . Пусть  $I'' \supset I', J'' \supset J'$ . Пространство  $T(I'', J'')$  порождается тензорами  $u \otimes v$ , где  $u \in T(I', J')$ ,  $v \in T(I'' \setminus I', J'' \setminus J')$ , и ясно, что для  $i \in I'$ ,  $j \in J'$  имеем

$$\sigma_j^i(u \otimes v) = \sigma_j^i u \otimes v.$$

Поэтому для любого сверточного одночлена  $S_{j_1}^{i_1} \dots S_{j_n}^{i_n}$  с носителем  $(I', J')$ , его значение  $\sigma_{j_1}^{i_1}, \dots, \sigma_{j_n}^{i_n}(u \otimes v) = \sigma_{j_1}^{i_1}, \dots, \sigma_{j_n}^{i_n} u \otimes v$ . Аналогично определяется значение и для любого сильно однородного сверточного многочлена с носителем  $(I', J')$ . По условию значение  $f$  на  $T(I', J')$  равно 0, поэтому и его значение на  $u \otimes v \in T(I'', J'')$ , а потому и на всех  $T(I'', J'')$  равно 0. Итак, значение  $f$  на всех прямых слагаемых  $T(I'', J'')$  пространства  $u$ , равно 0, т.е.  $f$  сверточное тождество на  $v$ .

*Теорема 2.* Если  $f \in \Sigma$  – сверточное тождество на  $V$  и  $f = f_1 + \dots + f_r$  – разложение сверточного многочлена  $f$  в сумму сильно однородных компонент, то сверточные многочлены  $f_1, f_2, \dots, f_r$  также являются сверточными тождествами на  $V$ .

*Доказательство.* Применим индукцию по  $r$ ; при  $r=1$  доказывать нечего. Пусть утверждение уже доказано для сверточных тождеств, имеющих  $r-1$  сильно однородную ненулевую компоненту. Среди слагаемых  $f_1, f_2, \dots, f_r$  выберем такое, носитель которого не содержит носителя ни одного другого слагаемого. Такое слагаемое обязательно существует. Например, в качестве такого слагаемого можно взять любое такое, носитель которого имеет наименьшую мощность. Не ограничивая общности, можно считать выбранным слагаемое  $f_r$ .

Пусть  $(I_r, J_r)$  – носитель  $f_r$ ; рассмотрим множество  $T(I_r, J_r)$ . Поскольку для любого слагаемого  $f_s$  его носитель  $(I_s, J_s)$  таков, что либо  $I_s \not\subset I_r$ , либо  $J_s \not\subset J_r$ , то значение  $f_s$  на  $T(I_r, J_r)$  равно 0. Поскольку  $f = f_1 + f_2 + \dots + f_{r-1}$  тоже обращается в 0 на  $T(I_r, J_r)$ , получаем, что все значения  $f_r$  на  $T(I_r, J_r)$  равны 0. По теореме 1,  $f_r$  – сверточное тождество на  $v$ . Но тогда  $f - f_r = f_1 + f_2 + \dots + f_{r-1}$  тоже – сверточное тождество на  $V$  и по индукции, сверточные многочлены  $f = f_1, f_2, \dots, f_{r-1}$  также являются сверточными тождествами.

**Теорема 3.**  $T$ -идеал сверточных тождеств  $J_v$  порождается сильно однородными тождествами, носители которых имеют вид  $\{1, 2, \dots, n\}, \{1, 2, \dots, n\}$  (число  $n$ , вообще говоря, свое для каждого тождества).

**Доказательство.** Из теоремы 2 следует, что  $J_v$  порождается сильно однородными сверточными тождествами. Пусть  $f$  – одно из них и  $(I', J')$  – его носитель. Ясно, что порядки  $I'$  и  $J'$  одинаковы; пусть они равны  $n$ . Существуют такие взаимно однозначные отображения  $\alpha, \beta$  множества  $I$  на себя, что  $\alpha(I') = \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $\beta(I') = \{1, 2, \dots, n\}$ . Тогда  $f_1 = f^{(\alpha, \beta)} \in J_v$ , носитель  $f_1$  равен  $\{1, 2, \dots, n\}, \{1, 2, \dots, n\}$  и  $f$  принадлежит любому  $T$ -идеалу, содержащему  $f_1$ , так как  $f = f_1^{(\alpha^{-1}, \beta^{-1})}$ . Следовательно, в системе образующих  $T$ -идеала  $J_v$  сверточный многочлен  $f$  можно заменить  $f_1$ , удовлетворяющим условиям предложения теоремы 3. Применяя это рассуждение ко всем сильно однородным сверточным многочленам, составляющим систему образующих  $T$ -идеала  $J_v$ , мы получаем требуемое утверждение.

Кафедра общеобразовательных дисциплин

Поступила 30.08.2000

## ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев А.В., Мовсисян А.М. – Зап. науч. семинаров Ленингр. отд. мат. ин-та АН СССР, 1982, т. 114, с. 211-214.

## Ա.Մ. ՄՈՎՍԻՍՅԱՆ

### ՓԱԹԱԹՄԱՆ ԲԱԶՄԱՆԴԱՄՆԵՐ ԵՎ ՆՈՒՅՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

#### Անվովում

Աշխատանքում տեսնգործերի փաթաթման զաղափարի հիման վրա դիտարկվում են փաթաթման բազմանդամներ և նույնություններ: Փաթաթման բազմանդամները համապատասխան են տեղափոխական զարգորդական հանրահաշիվ: Փաթաթման նույնությունների բազմությունը կազմում է  $T$ -իդեալ: Փաթաթման նույնությունների  $T$ -իդեալը ծնվում է ուժեղ համասեռ նույնություններով:

A.M. MOVSISIAN

### CONVOLUTION POLYNOMIALS AND IDENTITIES

#### Summary

This paper investigates the convolution polynomials and identities of vector spaces on the field. These results are based on tensor convolutions.

*Математика*

УДК 517.948.25

Г.Г. СААКЯН

ТЕОРЕМА ФЛОКЕ – ЛЯПУНОВА  
ДЛЯ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИРАКА  
С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

В работе для двухпараметрической системы Дирака с периодическими коэффициентами, вводятся понятия матрицанта, матрицы монодромии, рассматриваются их свойства и доказывается аналог теоремы Флоке–Ляпунова.

**§1. Введение и формулировка основных результатов.** Идея рассмотрения многопараметрических задач со многими комплексными параметрами возникла в некоторых задачах для дифференциальных уравнений в частных производных при разделении переменных. В настоящее время известно достаточно много работ, касающихся исследований многопараметрических задач с различными условиями ( см. [1–10] ).

В частности, представляют собой интерес многопараметрические задачи с периодическими условиями. В однопараметрическом случае рассмотрение подобных задач приводит к таким понятиям, как матрицант, матрица монодромии, устойчивость решений и т.д. ( см. [11–13] ).

В данной статье рассматривается двухпараметрическая система Дирака с периодическими коэффициентами, являющаяся обобщением соответствующей однопараметрической системы. Для вышеуказанной системы вводятся понятия матрицанта, матрицы монодромии, рассматриваются их свойства, доказывается аналог теоремы Флоке–Ляпунова.

Рассматривается следующая двухпараметрическая система Дирака:

$$S \frac{dy'(x_r)}{dx_r} + G_r(x_r) y'(x_r) = \sum_{s=1}^2 \lambda_s A_{rs}(x_r) y'(x_r), \quad 0 \leq x_r \leq \ell_r, \quad r=1, 2, \quad (1.1)$$

$G_r(x_r), A_{rs}(x_r)$  ( $s,r=1,2$ ) – непрерывные на  $[0, \ell_r]$  вещественные, симметричные, периодические матрицы порядка  $2 \times 2$ :

$$G_r(x_r + \ell_r) = G_r(x_r), \quad A_{rs}(x_r + \ell_r) = A_{rs}(x_r), \quad r,s=1,2, \quad (1.2)$$

$\lambda_1, \lambda_2$  – комплексные параметры,  $y'(x_r) = (y'_1(x_r), y'_2(x_r))$  –  $C^2$ -значная неизвестная вектор-функция.  $S$  – сигнатурная матрица:  $S^* = -S$ ,  $S^2 = -E$  ( $E$  – единичная матрица порядка  $2 \times 2$ ).

Рассмотрим некоторые необходимые понятия.

Пусть  $H_r = L^2[0, \ell_r]$ ,  $r=1,2$ , – гильбертово пространство  $C^2$ -значных век-

тор-функций. Тензорное произведение  $H_1$  и  $H_2$  обозначим через  $H$ . Элементами  $H$  будут всевозможные произведения произвольных двух вектор-функций  $f_1(x) = (f_{11}(x), f_{12}(x)) \in H_1$  и  $f_2(x) = (f_{21}(x), f_{22}(x)) \in H_2$ , определяемые в  $H$  как четырехмерные вектор-функции

$$\begin{aligned} f(x) &= f_1(x) \otimes f_2(x) = \\ &= (f_{11}(x)f_{21}(x), f_{11}(x)f_{22}(x), f_{12}(x)f_{21}(x), f_{12}(x)f_{22}(x)). \end{aligned} \quad (1.3)$$

Тензорное произведение двух операторов  $A$  и  $B$ , действующих соответственно в  $H_1$  и  $H_2$ , определяется в  $H$  как  $(A \otimes B)(f_1(x_1) \otimes f_2(x_2)) = (Af_1(x_1)) \otimes (Bf_2(x_2))$ .

Обозначим через  $M^{n,n}$  множество квадратных матриц порядка  $n$ , а через  $E_n$  и  $O_n$  – соответственно  $n$ -мерные единичную и нулевую матрицы.

Тензорное произведение двух двухмерных матриц  $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$  и  $B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix}$  определяется как следующая четырехмерная матрица:

$$A \otimes B = \begin{pmatrix} a_{11}b_{11} & a_{11}b_{12} & a_{12}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{11}b_{21} & a_{11}b_{22} & a_{12}b_{21} & a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} & a_{21}b_{12} & a_{22}b_{11} & a_{22}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{21}b_{22} & a_{22}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{pmatrix} \quad (1.4)$$

или в блочном виде

$$A \otimes B = \begin{pmatrix} a_{11}B & a_{12}B \\ a_{21}B & a_{22}B \end{pmatrix}.$$

Путем непосредственных вычислений и несложных рассуждений можно показать, что для тензорных произведений матриц имеют место следующие свойства.

$$1. AB \otimes CD = (A \otimes C)(B \otimes D). \quad (1.5)$$

Из этого свойства, в частности, следуют

$$a) A \otimes BC = (A \otimes B)(E \otimes C), \text{ где } E = E_2, \quad (1.6)$$

$$b) A \otimes B = (A \otimes E)(E \otimes B). \quad (1.7)$$

$$2. (A + B) \otimes C = A \otimes C + B \otimes C. \quad (1.8)$$

$$3. (A \otimes B)^{-1} = A^{-1} \otimes B^{-1}. \quad (1.9)$$

$$4. (A \otimes B)^* = A^* \otimes B^*. \quad (1.10)$$

$$5. \frac{\partial}{\partial x_r} (A \otimes B) = \frac{\partial A}{\partial x_r} \otimes B + A \otimes \frac{\partial B}{\partial x_r}. \quad (1.11)$$

$$6. \text{ Если } A(x_1) \otimes B(x_2) \equiv 0, \text{ то либо } A(x_1) \equiv 0 \text{ для } x_1 \in [0, l_1], \text{ либо}$$

$$B(x_2) \equiv 0 \text{ для } x_2 \in [0, l_2]. \quad (1.12)$$

*Определение 1.* Пусть  $Y_r(x_r, \lambda)$  – матрицант  $r$ -ого уравнения системы (1.1) ( $r=1,2$ ),  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2)$ . Матрицу-функцию, определенную формулой

$$Y(x, \lambda) = Y_1(x_1, \lambda) \otimes Y_2(x_2, \lambda), \quad (1.13)$$

назовем матрицантом системы (1.1). Заметим, что  $Y(0, \lambda) = Y_1(0, \lambda) \otimes \otimes Y_2(0, \lambda) = E_2 \otimes E_2 = E_4$ .

*Определение 2.* Оператор  $Y(\ell, \lambda)$ , где  $\ell = (\ell_1, \ell_2)$ , называется матрицей монодромии системы (1.1), а его собственные значения – мультипликаторами системы (1.1).

Основные результаты работы выражены в следующих теоремах.

*Теорема 1.* Для матрицанта системы (1.1) справедливы соотношения 1) при  $\lambda \in R^2$

$$Y * IY = I, \quad (1.14)$$

где  $I = S \otimes S$ ;

$$2) Y(x + \ell, \lambda) = Y(x, \lambda)Y(\ell, \lambda). \quad (1.15)$$

*Теорема 2.* Матрицант системы (1.1) является решением следующей системы в частных производных:

$$S_r^+ \frac{\partial Y}{\partial x_r} + G_r^+ Y = \sum_{s=1}^2 \lambda_s A_{rs}^+ Y, \quad r=1, 2, \quad (1.16)$$

где

$$\begin{aligned} S_1^+ &= S \otimes E, \quad S_2^+ = E \otimes S, \quad G_1^+ = G_1 \otimes E, \quad G_2^+ = E \otimes G_2, \\ A_{1s}^+ &= A_{1s} \otimes E, \quad A_{2s}^+ = E \otimes A_{2s}, \quad s=1, 2. \end{aligned} \quad (1.17)$$

*Теорема 3.* Если решение системы (1.16) представимо в виде  $Y(x, \lambda) = Y_1(x_1, \lambda) \otimes Y_2(x_2, \lambda)$ , причем  $Y_r(0, \lambda) = E_2$  для какого-то  $r$  ( $r=1, 2$ ), то  $Y_r(x_r, \lambda)$  ( $r=1, 2$ ) является матрицантом  $r$ -ого уравнения системы (1.1).

Обозначим через  $F_r(x_r)$  матрицант системы  $S \frac{dy}{dx_r} + G_r y = 0$ ,  $r=1, 2$ , а

через  $\tilde{Y}_r(x_r)$  – матрицант системы  $S \frac{d\tilde{y}}{dx_r} = \sum_{s=1}^2 \lambda_s \tilde{A}_{rs} \tilde{y}$ , где  $\tilde{A}_{rs} = F_r^* A_{rs} F_r$ .

*Теорема 4.* Матрицант системы (1.1) можно представить в виде

$$Y(x, \lambda) = F(x) \tilde{Y}(x, \lambda), \quad (1.18)$$

где

$$F(x) = F_1(x_1) \otimes F(x_2), \quad \tilde{Y}(x, \lambda) = \tilde{Y}_1(x_1, \lambda) \otimes \tilde{Y}_2(x_2, \lambda),$$

при этом  $F(x)$  является решением системы в частных производных

$$S_r^+ \frac{\partial F}{\partial x_r} + G_r^+ F = 0, \quad r=1, 2, \quad (1.19)$$

а  $\tilde{Y}(x, \lambda)$  – решением системы

$$S_r^+ \frac{\partial \tilde{Y}}{\partial x_r} = \sum_{s=1}^2 \lambda_s \tilde{A}_{rs} \tilde{Y}, \quad r=1, 2, \quad (1.20)$$

где

$$\tilde{A}_{1s} = \tilde{A}_{1s} \otimes E = F_1^* A_{1s} F_1 \otimes E, \quad \tilde{A}_{2s} = E \otimes \tilde{A}_{1s} = E \otimes F_2^* A_{2s} F_2. \quad (1.21)$$

Кроме того,  $F(0) = \tilde{Y}(0, \lambda) = E_4$ .

*Теорема 5.* Матрицант системы (1.1)  $Y(x, \lambda)$  представим в виде

$$Y(x, \lambda) = F(x, \lambda) e^{K(x, \lambda)}, \quad (1.22)$$

где  $F(x, \lambda)$  – двухпериодическая непрерывная матрица периода  $\ell = (\ell_1, \ell_2)$ , невырожденная для всех значений  $x = (x_1, x_2)$  и  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2)$ , и удовлетворяющая условию  $F(0, \lambda) = E_4$ , а  $K(x, \lambda) = x_1 K_1^+(\lambda) + x_2 K_2^+(\lambda) \in M^{4,4}$ .

**§2. Некоторые предварительные понятия и результаты.** Рассмотрим сначала одно из уравнений (1.1), зафиксировав  $r$ , и для удобства дальнейшего изложения запишем его в виде

$$S \frac{dy(x)}{dx} + G(x)y(x) = \sum_{s=1}^2 \lambda_s A_s(x)y(x). \quad (2.1)$$

Как известно, матрица  $Y(x, \lambda_1, \lambda_2)$  порядка  $2 \times 2$ , удовлетворяющая матричному уравнению

$$S \frac{dY}{dx} + GY = \sum_{s=1}^2 \lambda_s A_s Y \quad (2.2)$$

и начальному условию  $Y(0, \lambda_1, \lambda_2) = E_2$ , называется матрицантом системы (2.1). Нетрудно проверить (см., напр., [13]), что всякое матричное решение уравнения (2.2) можно получить по формуле

$$Y_1(x, \lambda) = Y(x, \lambda)C, \quad (2.3)$$

где  $C$  – постоянная матрица.

Имеет место следующая

**Теорема 6.** Для матрицанта уравнения (2.1) справедливы соотношения

$$1) \quad Y(x + \ell, \lambda) = Y(x, \lambda)Y(\ell, \lambda), \quad (2.4)$$

$$2) \quad \text{при } \lambda \in \mathbb{R}^2$$

$$Y^* SY = S \quad (\text{S – унитарность}). \quad (2.5)$$

*Доказательство.*

1. Подстановкой легко убедиться, что  $Y(x + \ell, \lambda)$  также является решением (2.1), и согласно (2.3)

$$Y(x + \ell, \lambda) = Y(x, \lambda)C, \quad (2.6)$$

где  $C$  – постоянная неособенная матрица. Полагая в (2.6)  $x = 0$  и учитывая то, что  $Y(0, \lambda) = E$ , найдем  $C = Y(\ell, \lambda)$ .

2. Для доказательства соотношения (2.5) продифференцируем выражение  $Y^* SY$  и, используя уравнение (2.1), а также уравнение, получающееся из него операцией эрмитова сопряжения, т.е.

$$(S \frac{dY}{dx})^* = -Y^* G + \sum_{s=1}^2 \bar{\lambda}_s Y^* A_s,$$

найдем

$$\frac{d}{dx}(Y^* SY) = \sum_{s=1}^2 (\lambda_s - \bar{\lambda}_s) Y^* A_s Y. \quad (2.7)$$

Отсюда, в силу вещественности  $\lambda_s$  получим

$$Y^* SY = \text{const}. \quad (2.8)$$

И поскольку  $Y(0, \lambda) = E$ , то, положив в (2.8)  $x = 0$ , найдем  $\text{const} = S$ .

Известно [3], что матрица  $Y(\ell, \lambda)$  называется матрицей монодромии, а ее собственные числа – мультиликаторами уравнения (2.1). Рассмотрим

вновь (2.1):

$$S \frac{dy(x)}{dx} + G(x)y(x) = \sum_{s=1}^2 \lambda_s A_s(x)y(x). \quad (2.9)$$

Пусть  $F(x)$  – матрицант уравнения

$$S \frac{dy(x)}{dx} + G(x)y(x) = 0. \quad (2.10)$$

Можно показать (см., напр., [12, 13]), что путем преобразования  $y=F\hat{y}$  систему (2.9) можно свести к виду

$$S \frac{d\hat{y}}{dx} = \sum_{s=1}^2 \lambda_s \hat{A}_s \hat{y}, \quad (2.11)$$

где  $\hat{A}_s = F^* A_s F$ . Таким образом, между матрицантами  $Y$ ,  $F$  и  $\hat{Y}$  уравнений (2.9), (2.10), (2.11) имеет место соотношение

$$Y(x, \lambda) = F(x)\hat{Y}(x, \lambda). \quad (2.12)$$

**§3. Доказательства теорем 1-4.** Учитывая (1.13), нетрудно показать, что имеет место

**Лемма 1.** Если  $\rho_r$  и  $y_r$  – соответственно собственные значения и векторы матриц  $Y_r(\ell_r, \lambda)$  ( $r=1, 2$ ), то  $\rho_1\rho_2$  и  $y_1 \otimes y_2$  являются собственным значением и вектором матрицы монодромии  $Y(\ell, \lambda)$  системы (1.1).

**Доказательство** теоремы 1. Для этого достаточно воспользоваться соотношениями (1.13) и (2.4).

**Замечание.** Легко проверить, что оператор  $I$ , определенный как  $S \otimes S$ , обладает свойствами

1.  $I^2 = E_4$ ,
2.  $I^* = I$ .

**Доказательство** теоремы 2. Докажем, что матрицант  $Y(x) = Y_1(x_1) \otimes Y_2(x_2)$  удовлетворяет первому уравнению системы (1.16), т.е.

$$S_1^+ \frac{\partial Y}{\partial x_1} + G_1^+ Y = \sum_{s=1}^2 \lambda_s A_{1s}^+ Y. \quad (3.2)$$

Подставив значения  $S_1^+, S_2^+, G_1^+, G_2^+, A_{1s}^+, A_{2s}^+, Y$  в левую часть уравнения (3.2) и учитывая свойства (1.7), (1.8) и (1.10), последовательно получим

$$\begin{aligned} & (S \otimes E) \frac{\partial}{\partial x_1} (Y_1 \otimes Y_2) + (G_1 \otimes E)(Y_1 \otimes Y_2) = \\ & = (S \otimes E) \frac{dY_1}{dx_1} \otimes Y_2 + (G_1 \otimes E)(Y_1 \otimes Y_2) = S \frac{dY_1}{dx_1} \otimes Y_2 + G_1 Y_1 \otimes Y_2 = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & = (S \frac{dY_1}{dx_1} + G_1 Y_1) \otimes Y_2 = (\sum_{s=1}^2 \lambda_s A_{1s} Y_1) \otimes Y_2 = \sum_{s=1}^2 \lambda_s (A_{1s} \otimes E)(Y_1 \otimes Y_2) = \\ & = \sum_{s=1}^2 \lambda_s (A_{1s} \otimes E)Y, \end{aligned}$$

что и требовалось показать. Аналогично доказывается, что матрицант  $Y(x)$  удовлетворяет и второму уравнению системы (1.16).

*Доказательство* теоремы 3. Подставив значение матрицанта  $Y(x, \lambda) = Y_1(x_1, \lambda) \otimes Y_2(x_2, \lambda)$  в первое уравнение системы (1.16), путем несложных преобразований с учетом свойств (1.9), (1.10) можно привести полученное равенство к следующему виду:

$$(S \frac{dY_1}{dx_1} + G_1 Y_1 - \sum_{s=1}^2 \lambda_s (A_{1s} Y_1)) \otimes Y_2 = 0.$$

Так как  $Y_2 \equiv 0$ , то согласно свойству (1.12) получим

$$S \frac{dY_1}{dx_1} + G_1 Y_1 = \sum_{s=1}^2 \lambda_s A_{1s} Y_1,$$

т.е.  $Y_1$  – матрицант первого уравнения системы (1.1). Аналогично проводится доказательство и для  $Y_2$ . С другой стороны, предположив, например, что  $Y_1(0, \lambda) = E_2$ , получим  $Y(0, \lambda) = E_2 \otimes Y_2(0, \lambda) = E_4 = E_2 \otimes E_2$ , откуда в силу свойства (1.12) найдем, что  $Y_2(0, \lambda) = E_2$ .

*Доказательство* теоремы 4. Воспользовавшись определением (1.13) и соотношением (2.12), найдем

$$\begin{aligned} Y(x, \lambda) &= Y_1(x_1, \lambda) \otimes Y_2(x_2, \lambda) = F_1(x_1) \tilde{Y}_1(x_1, \lambda) \otimes F_2(x_2) \tilde{Y}_2(x_2, \lambda) = \\ &= (F_1(x_1) \otimes F_2(x_2))(\tilde{Y}_1(x_1, \lambda) \otimes \tilde{Y}_2(x_2, \lambda)) = F(x) \tilde{Y}(x, \lambda). \end{aligned}$$

Далее, подставив значение  $F(x)$  в левую часть уравнения (1.19), найдем

$$(S \otimes E) \frac{\partial F}{\partial x_1} + (G_1 \otimes E) F = (S \frac{\partial F_1}{\partial x_1} + G_1 F_1) \otimes F_2 = 0_2 \otimes F_2 = 0_4,$$

т.е.  $F(x)$  удовлетворяет первому уравнению системы (1.19). Аналогично проводится доказательство и при  $r=2$ . Из определения  $F(x)$  следует, что  $F(0) = E_4$ . Подстановкой проверяется и то, что  $\tilde{Y}(x, \lambda)$  является матрицантом системы (1.20). С другой стороны,  $\tilde{Y}(0, \lambda) = \tilde{Y}_1(0, \lambda) \otimes \tilde{Y}_2(0, \lambda) = E_4$ .

#### §4. Теорема Флоке–Ляпунова .

*Лемма 2.* Для произвольных матриц  $A, B \in M^{n,n}$  и единичной матрицы  $E = E_n$  имеют место следующие свойства:

$$1. e^A \otimes E = e^{A \otimes E}, \quad (4.1)$$

$$2. E \otimes e^B = e^{E \otimes B}, \quad (4.2)$$

$$3. e^A \otimes e^B = e^{A \otimes E} \cdot e^{E \otimes B}. \quad (4.3)$$

*Доказательство.* Заметим сначала, что из свойств (1.7) и (1.8) следует

$$(A \otimes E)^m = A^m \otimes E, \text{ где } m \in N. \quad (4.4)$$

Далее, используя определение матрицы  $e^A$  и соотношения (1.8), (4.4), найдем

$$e^A \otimes E = (E + A + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^n}{n!} + \dots) \otimes E = E \otimes E + A \otimes E + \frac{A^2 \otimes E}{2!} +$$

$$+\dots+\frac{A^m \otimes E}{m!}+\dots=E \otimes E+A \otimes E+\frac{(A \otimes E)^2}{2!}+\dots+\frac{(A \otimes E)^m}{m!}+\dots=e^{A \otimes E}.$$

Аналогично доказывается и свойство 2. Свойство 3 вытекает из соотношений (1.7), (4.1), (4.2).

*Доказательство* теоремы 5. Пусть  $Y_r(x_r, \lambda)$  ( $r=1,2$ ) – матрицант  $r$ -го уравнения системы (1.1), а  $Y(x, \lambda)$  – матрицант системы (1.1). Обозначим через  $K_1(\lambda), K_2(\lambda)$  постоянные матрицы порядка  $2 \times 2$ , такие, что

$$e^{\ell_r K_r(\lambda)} = Y_r(\ell_r, \lambda), \quad r=1,2. \quad (4.5)$$

Так как  $Y_r(x_r, \lambda)$ ,  $r=1,2$ , невырожденные, то такие решения  $K_1(\lambda), K_2(\lambda)$  существуют. Обозначим через  $F(x, \lambda)$  матрицу-функцию, определенную формулой

$$F(x, \lambda) = Y(x, \lambda) e^{-K(x, \lambda)}, \quad (4.6)$$

где

$$K(x, \lambda) = x_1 K_1(\lambda) + x_2 K_2(\lambda) = x_1 K_1(\lambda) \otimes E + E \otimes x_2 K_2(\lambda). \quad (4.7)$$

Воспользовавшись соотношениями (4.1), (4.2) и (4.3), нетрудно показать двухпериодичность  $F(x, \lambda)$ . Действительно, имеем

$$\begin{aligned} F(x+\ell, \lambda) &= Y(x+\ell, \lambda) e^{-K(x, \lambda)} = Y(x, \ell) Y(\ell, \lambda) e^{-(x_1+\ell_1) K_1(\lambda) \otimes E - E \otimes x_2 K_2(\lambda) (x_2+\ell_2)} = \\ &= Y(x, \ell) (Y_1(\ell, \lambda) \otimes Y_2(\ell, \lambda)) e^{-\ell_1 K_1(\lambda) \otimes E} e^{-E \otimes \ell_2 K_2(\lambda)} e^{-K(x, \lambda)} = \\ &= Y(x, \ell) (Y_1(\ell, \lambda) \otimes Y_2(\ell, \lambda)) (e^{-\ell_1 K_1(\lambda)} \otimes E) (E \otimes e^{-\ell_2 K_2(\lambda)}) e^{-K(x, \lambda)} = \\ &= Y(x, \ell) (Y_1(\ell, \lambda) e^{-\ell_1 K_1(\lambda)} \otimes Y_2(\ell, \lambda) e^{-\ell_2 K_2(\lambda)}) e^{-K(x, \lambda)} = Y(x, \ell) e^{-K(x, \lambda)} = F(x, \lambda). \end{aligned}$$

Из определения  $F(x, \lambda)$  вытекает ее невырожденность. Наконец из соотношения (4.6) получим

$$Y(x, \lambda) = F(x, \lambda) e^{K(x, \lambda)},$$

что и требовалось доказать.

Линейность  $K(x, \lambda)$  относительно  $x_1$  и  $x_2$  и периодичность  $F(x, \lambda)$  по  $x = (x_1, x_2)$  позволяют нам назвать доказанную теорему аналогом теоремы Флока–Ляпунова.

Арцахский государственный университет

Поступила 25.10.2000

## ЛИТЕРАТУРА

1. Atkinson F.V. Multiparameter eigenvalue problems. Academic Press, New York and London, 1972. v.1
2. Browne P. J. – J. Math. Anal. and Applications, 1972, v.38, p. 553–568.
3. Browne P. J. – J. Math. Anal. Appl., 1977, v.60, p. 259–273.
4. Browne P. J. – Lecture Notes in Math., 1982, v. 964, p.95–109.
5. Sleeman B. D. Spectral theory and asympt. diff. equations. Dep. Math. Univ. Scotland, 1974, p.81–94.
6. Sleeman B. D. – Lecture Notes in Math., 1972, v. 280, p.347–353.
7. Browne P.J., Sleeman B.D. – Edinburg Math. Soc., 1986, v.3, p.343–348.
8. Rynne B.P. – Proc. Edinburg Math. Soc., 1994, v. 37, N2, p.301–316.
9. Volkmer H. – Proc. Edinburg. Math. Soc., 1996, v.39, N1, p.111–132.
10. Binding P.A., Browne P.J. – Results Math., 1997, v.1–2, p.1–13.

11. Гохберг И.Ц., Крейн М.Г. Теория вольтерровых операторов в гильбертовом пространстве и ее приложения. М.: Наука, 1967.
12. Левитан Б. М., Саргсян И. С. Операторы Штурма–Лиувилля и Дирака. М.: Наука, 1988.
13. Якубович В. А., Старжинский В.М. Линейные уравнения с периодическими коэффициентами и их приложения. М.: Наука, 1972.

#### Գ.Հ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ

**ՖԼՈԿԵ-ԼՅԱՊՈՆՈՎԻ ԹԵՈՐԵՄԸ ՊԱՐԲԵՐԱԿԱՆ ԳՈՐԾԱԿԻՑՆԵՐՈՎ  
ԵՐԿՈՒ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐՈՎ ԴԻՐԱԿԻ ՀԱՍԱԿԱՐԳԻ ՀԱՍԱՐ**

#### Ամփոփում

Աշխատանքում պարբերական գործակիցներով երկու պարամետրերով Դիրակի համակարգի համար սահմանվում են մատրիցաները և մոնոդրոմիայի մատրիցը, դիտարկվում են նրանց հատկությունները և ապացուցվում է Ֆլոկե–Լյապոնովի թեորեմը:

G.H.SAHAKIAN

#### FLOKE-LIAPUNOV'S THEOREM FOR DIRAC'S TWO PARAMETER SYSTEM WITH PERIODICAL COEFFICIENTS

#### Summary

In this work matriciant, matrix of monodromy are defined, their properties are considered and Floke–Liapunov's theorem is proved for Dirac's two-parameter system with periodical coefficients.

*Математика*

УДК 621.39.1:519.24

А.А. ЧУБАРЯН

## О НЕКОТОРОЙ СИСТЕМЕ КЛАССИЧЕСКОГО ИСЧИСЛЕНИЯ ВЫСКАЗЫВАНИЙ

В работе на основе введенных автором обобщенных правил *modus ponens* строится некоторая система классического исчисления высказываний, к которой полиномиально сводимы по обоим критериям сложности (количество шагов выводов и длина выводов) и системы Фреге и системы Фреге с подстановками.

**Введение.** В ряде обзоров по результатам о сложностях логических выводов в системах исчисления высказываний [1–3] указывается на особую роль систем Фреге с правилом подстановки, в частности – на существование ряда формул, выводимых в системах с подстановками за  $n$  шагов, в то время как для их выводов в системах без подстановок требуется как минимум  $2^n$  шагов. В то же время установлено, что если в качестве критерия сложности брать сумму длин всех формул вывода, то для вышеназванных формул рост длины вывода оказывается разве что квадратическим [1,4]. В [5] описана конструкция вывода для систем с подстановками, которая по количеству шагов дает максимально возможный рост (экспоненциальный) при переходе к системам без подстановок, но по длине выводов рост ограничен полиномом. В общем случае установление оценки роста длины вывода при указанном переходе является открытой проблемой [1,2], причем авторами этих обзоров отмечается, что, видимо, эта оценка будет также экспоненциальной.\*

В связи с этим открытой является и проблема существования системы исчисления высказываний типа Фреге, при переходе к которой от систем с подстановками наблюдался бы лишь полиномиальный рост как длины вывода, так и числа шагов выводов.

В настоящей работе вводятся два правила вывода, являющиеся обобщением правила *modus ponens*, на основе которых строится некоторая система классического исчисления высказываний  $\mathcal{GF}^{mp}$ , обладающая следующими свойствами: любой вывод произвольной формулы, построенный как в системах Фреге, так и в системах Фреге с подстановками, моделируется в вывод в системе  $\mathcal{GF}^{mp}$  с не более, чем полиномиальным увеличением длины вывода.

\* Автор настоящей статьи в силу результатов работы [5] склоняется к гипотезе о разве что полиномиальном росте длин выводов при указанном переходе.

**Основные понятия и определения.** Напомним общепринятые понятия систем Фреге, выводов в них и сложностных характеристик вывода.

Каждая система Фреге  $\mathfrak{F}$  использует некоторое конечное, функционально полное множество пропозициональных связок.  $\mathfrak{F}$  определяется конечным множеством схематически заданных правил вывода  $\frac{A_1 A_2 \dots A_k}{B}$

(при  $k = 0$  соответствующее правило определяет схему аксиом).  $\mathfrak{F}$  непротиворечива, т. е. для каждого правила вывода, если при некотором истинностном значении переменных все  $A_i (1 \leq i \leq k)$  принимают значение "истина", и  $B$  принимает значение "истина".  $\mathfrak{F}$  полна, т.е. всякая тавтология выводима в  $\mathfrak{F}$ . Система Фреге с подстановкой  $S\mathfrak{F}$  получается из  $\mathfrak{F}$

добавлением правила подстановки  $\frac{A}{A\sigma}$ , где  $\sigma$  – отображение, ставящее в

соответствие каждой переменной формулы  $A$  некоторую формулу (в частности переменную), и  $A\sigma$  – результат повсеместной замены каждой переменной в  $A$  на соответствующую формулу.

Подстановку, являющуюся отображением, ставящим в соответствие каждой переменной формулы  $A$  некоторую переменную, будем называть, следуя [1], переименованием и будем обозначать через  $r$ , а результат этого переименования переменных формулы  $A$  – через  $Ar$ . Через  $R\mathfrak{F}$  будем обозначать систему, получающуюся из  $\mathfrak{F}$  добавлением правила переименования

$\frac{A}{Ar}$ , и будем называть системой Фреге с переименованием.

Мы будем пользоваться общепринятым определением вывода в данной системе в виде последовательности формул, каждая из которых является аксиомой данной системы или получается из предыдущих по одному из правил вывода данной системы. Вывод в системе  $\Phi$  назовем  $\Phi$ -выводом.

В качестве сложности вывода зафиксируем два понятия: количество различных формул (шагов) в выводе ( $T$ -сложность) и суммарную длину всех формул вывода ( $L$ -сложность).

Принято считать, что система  $\Phi_1$  полиномиально сводима в смысле  $T$ - или  $L$ -сложности к системе  $\Phi_2$ , если можно указать такой полином  $p(\ )$ , что каждая формула, выводимая в  $\Phi_1$  со сложностью ( $T$  или  $L$ ), не превышающей  $n$ , выводима в  $\Phi_2$  с соответствующей сложностью, не превышающей  $p(n)$ .

Известно, что полиномиально сводимы друг к другу для обоих критерий сложности:

- 1) каждая пара систем Фреге  $\mathfrak{F}_1$  и  $\mathfrak{F}_2$  [1, 2],
- 2) каждая пара систем Фреге с подстановкой  $S\mathfrak{F}_1$  и  $S\mathfrak{F}_2$  [1, 2],
- 3) каждая система Фреге к любой системе Фреге с подстановкой [1–3].

Каждая система Фреге с подстановкой сводима к некоторой системе Фреге с переименованием по длине вывода [2].

Как уже было сказано в введении, для  $T$ -сложности  $S\mathfrak{F}$  не сводима к  $\mathfrak{F}$ , для  $L$ -сложности  $S\mathfrak{F}$  к  $\mathfrak{F}$  – открытая проблема.

Нами на основе системы Фреге  $\mathfrak{F}$  будет определена новая система, та-

кая, что каждая система Фреге с переименованием, а следовательно, и каждая система Фреге и система Фреге с подстановкой сводимы к этой новой системе.

**Определение системы  $\mathcal{GF}^{\text{mp}}$ .** В нижеприведенном определении системы  $\mathcal{GF}^{\text{mp}}$  существенную роль играет правило modus ponens (м. п.), которое постулирует выводимость формулы  $B$  при наличии выводимости формул  $A$  (малой посылки м. п.) и  $A \rightarrow B$  (большой посылки м. п.).

Определим две модификации правила м. п., которые мы будем называть соответственно generalized modus ponens 1 (г.м.п.1) и generalized modus ponens 2 (г. м. п. 2).

1. Если выводимы формулы  $A$  и  $B \rightarrow C$  и для некоторого переименования  $r A = Br$ , то выводима формула  $Cr$  (г. м. п. 1):

$$\frac{A, B \rightarrow C, \exists r(A = Br)}{Cr}.$$

2. Если выводимы формулы  $A$  и  $B \rightarrow C$  и для некоторого переименования  $r B = Ar$ , то выводима формула  $C$  (г. м. п. 2):

$$\frac{A, B \rightarrow C, \exists r(B = Ar)}{C}.$$

*Замечание 1.*

1) Если  $A$  и  $B \rightarrow C$  – тавтологии, то  $(B \rightarrow C)r$  также будет тавтологией, а т. к.  $(B \rightarrow C)r = Br \rightarrow Cr$  и  $A = Br$  – тавтология, то и  $Cr$  будет тавтологией.

2) Если  $A$  и  $B \rightarrow C$  – тавтологии, то  $Ar$  – также тавтология, а значит и  $B = Ar$  – тавтология, а следовательно, и  $C$  будет тавтологией.

*Замечание 2.* Правило м. п. является частным случаем и г. м. п. 1, и г. м. п. 2 при тождественном переименовании  $r$ .

Зафиксируем некоторую систему Фреге, единственным правилом вывода которой (кроме аксиом) является modus ponens, и впредь будем обозначать ее через  $\mathfrak{F}^{\text{mp}}$ . Через  $\mathcal{GF}^{\text{mp}}$  обозначим систему, полученную из  $\mathfrak{F}^{\text{mp}}$  заменой правила м. п. на правила г. м. п. 1 и г. м. п. 2. В силу вышеприведенных замечаний 1 и 2 система  $\mathcal{GF}^{\text{mp}}$  полна и непротиворечива.

**Теорема.** Каждая система Фреге сводима к  $\mathcal{GF}^{\text{mp}}$  для обоих критериев сложности, и каждая система Фреге с подстановкой сводима к  $\mathcal{GF}^{\text{mp}}$  по длине вывода.

Доказательство основано на следующем утверждении:

**Лемма.** Пусть  $\mathcal{RF}^{\text{mp}}$  – система, полученная из  $\mathfrak{F}^{\text{mp}}$  добавлением правила переименования  $\frac{A}{Ar}$ , тогда любая формула, выводимая в  $\mathcal{RF}^{\text{mp}}$  с  $T$ -сложностью ( $L$ -сложностью), не превышающей  $t(l)$ , выводима в  $\mathcal{GF}^{\text{mp}}$  с  $T$ -сложностью ( $L$ -сложностью), не превышающей  $t(l)$ .

**Доказательство.** Пусть  $F_1, F_2, \dots, F_l$  является кратчайшим по сложности ( $T$  или  $L$ ) выводом формулы  $F_i$  в системе  $\mathcal{RF}^{\text{mp}}$ , и  $\sum_{i=1}^l |F_i| = l$ . Процесс

преобразования этого вывода в  $\mathcal{GF}^m$  - вывод заключается в удалении из последовательности  $F_1, F_2, \dots, F_t$  всех формул  $F_i (3 \leq i \leq t-1)$ , которые получаются по правилу переименования. Действительно, если формула  $F_i$  получена из  $F_{i-1}$  переименованием переменных, то ни одна из последующих формул не может быть получена из  $F_i$  по правилу переименования, так как последовательное применение правила подстановки более одного раза противоречит тому, что был взят кратчайший вывод, ибо результат последовательного применения нескольких подстановок может быть получен одной "унифицированной" подстановкой. Если  $F_k (i < k \leq t)$  получена из  $F_i$  и некоторой формулы  $F_j (j < k)$ , не являющейся результатом подстановки, по правилу т. р. (отметим, что ни  $F_{i-1}$ , ни какая-либо другая формула, полученная из  $F_{i-1}$  переименованием, не могут быть в роли  $F_j$  в силу специфики правил переименования и т. р.), и  $F_j$  является малой посылкой т. р., а  $F_i$  – большой посылкой т. р., то  $F_k$  получится из  $F_j$  и  $F_{i-1}$  по г. т. р. 1, если же  $F_j$  является большой посылкой т. р., а  $F_i$  – малой посылкой, то  $F_k$  является результатом применения к  $F_{i-1}$  и  $F_j$  правила г. т. р. 2. Если же  $F_j$  также получена переименованием из некоторой формулы  $F_l (l < j)$ , то  $F_k$  получится из  $F_{i-1}$  и  $F_l$  или по г. т. р. 1 или по г. т. р. 2 в зависимости от того, которая из них является малой (большой) посылкой т. р. В силу сказанного, удаление из последовательности  $F_1, F_2, \dots, F_t$  формулы  $F_i$  не отражается на выведении остальных формул в системе  $\mathcal{GF}^m$ . Если же  $F_i$  получена из  $F_{i-1}$  по правилу переименования, то повторяем "прореженный" вывод  $F_{i-1}$ , произведя переименование во всех его формулах. Очевидно, что полученный таким образом вывод является  $\mathcal{GF}^m$ -выводом и его  $T$ -сложность ( $L$ -сложность) не выше соответствующей сложности заданного  $\mathcal{RF}^m$ -вывода.

Лемма доказана.

Доказательство теоремы следует из утверждения леммы и перечисленных выше известных фактов сведения одних систем к другим.

Отметим, что переход к системе  $\mathcal{GF}^m$  через систему  $\mathcal{RF}^m$  не необходим. Он лишь упрощает вид обобщенных правил т. р., а следовательно, упрощает их применение. Если переход к  $\mathcal{GF}^m$  осуществлять непосредственно из  $\mathcal{SF}$ , то 1) в определениях правил г. т. р. 1 и г. т. р. 2 будет фигурировать не переименование  $r$ , а подстановка  $\sigma$  и 2) необходимо добавить новое правило – self modus ponens (с. т. р.), формулируемое следующим образом:

$$\underline{A \rightarrow B, \exists \sigma ((A \rightarrow B) = A\sigma)} \quad B\sigma$$

Далее, система  $\mathcal{GF}^m$  получается из  $\mathcal{F}^m$  заменой

правила т. р. на три правила г. т. р. 1, г. т. р. 2 и с. т. р.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Pudlak P. The Zengths of Proofs, Handbook of proof theory. North-Holland, 1998, p. 547–637.
2. Buss S.R. – Arch. Math. Logic, 1995, v. 34, p. 377–394.
3. Цейтин Г.С., Чубарян А.А. Матем. вопросы киберн. и вычисл. техники. Еր., Изд-во АН Арм. ССР, 1975.
4. Բողիքեկյան Հ., Չուբարյան Ա. Արտածումների որոշ բարդությունների հետազոտում. Եր., ԵՊՀ հրատ., 2000:
5. Чубарян А.А. – Изв. НАН РА , 2000, т. 35, № 5.

Ա.Ա. ՉՈՒԲԱՐՅԱՆ

ԱՍՈՒՅԹԱՅԻՆ ԴԱՍԱԿԱՆ ՀԱՇՎԻ ՄԵԿ ՀԱՍԱԿԱՐԳԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ամփոփում

Հոդվածում սահմանվում են "modus ponens" կանոնի ընդհանրացումներ, որոնց հիման վրա կառուցվում է ասույթային դասական հաշվի մեկ համակարգ, որին բազմանդամայնորեն հանգեցվում են ինչպես Ֆրեգեի համակարգերը, այնպես էլ տեղադրման կանոնով Ֆրեգեի համակարգերը:

A.A. CHUBARIAN

ON SOME SYSTEM OF PROPOSITIONAL LOGICS CALCULUS

Summary

In this paper generalizations of "modus ponens" rules are defined on the basis of which a certain system of propositional logics calculus is constructed to which both the Frege systems and the Frege systems with substitutions are polynomially brought.

Механика

УДК 531.36

С.Г. ШАГИНЯН

УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМ С ЗАПАЗДЫВАЮЩИМ  
АРГУМЕНТОМ ПРИ ИНТЕГРАЛЬНО-МАЛЫХ ВОЗМУЩЕНИЯХ

Рассматривается задача устойчивости систем нелинейных дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом, когда на систему на конечном интервале времени действуют интегрально-малые возмущающие силы.

Получены достаточные условия, при которых такие системы устойчивы по действующей силе.

1. Пусть имеем систему дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом

$$\dot{x} = F(x(t); x(t-\tau)), \quad (1)$$

где  $x \in R^n$ ;  $F: R^{2n} \rightarrow R^n$  – непрерывная вектор-функция, удовлетворяющая всем условиям существования и единственности решений системы (1) ([1], стр. 31) в компактном множестве

$$M = \left\{ x(\cdot); \|x(\cdot)\|_h < \infty; \tau \in [0; h]; h > 0 \right\}, \quad (2)$$

и  $F(0) = 0$ .

Норму вектор-функции  $x(\tau)$  можно выбрать различными способами, здесь целесообразно в виде

$$\|x(\cdot)\|_h = \left[ \int_{-h}^0 \sum_{i=1}^n x_i^2(\tau) d\tau \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

Докажем следующую теорему аналогично теореме Барбашина-Красовского об асимптотической устойчивости в целом [2].

*Теорема 1.* Если для системы (1) существует определенно-положительный функционал  $V(x(\cdot))$ , определенный на базе класса функций  $x(\tau) \in M$ , для которого

a)  $\lim_{\|x(\cdot)\|_h \rightarrow \infty} V(x(\cdot)) = \infty,$  (4)

б) производная  $\frac{dV(x_\psi(t-\tau))}{dt}$  ([1], с. 141) вдоль интегральных кривых системы (1) неположительна, причем не существует ни одна целая полутраектория (кроме  $x = 0$ ), вдоль которой  $\frac{dV(x_\psi(t-\tau))}{dt} = 0$  (где  $x_\psi(t-\tau)$  – решение системы (1), определяемое начальной вектор-функцией  $\psi = \psi(t)$ ;

$t_0 - h \leq t < t_0$ ), то решение  $x \equiv 0$  системы (1) асимптотически устойчиво в целом.

*Доказательство.* Так как для решения  $x = 0$  системы (1) имеют место все условия теоремы об устойчивости [3], то это решение устойчиво. Пусть  $x = x_\psi(t - \tau)$  – такое решение системы (1), которое определяется некоторой начальной вектор-функцией  $\psi = \psi(t)$ , где  $\psi = \psi(t)$  – непрерывная функция при  $t \in [t_0 - h; t_0]$ . Обозначим через  $K_\psi \subset M$  некоторый компакт, содержащий часть траектории  $x_\psi(t_0 - \tau)$  ( $x_\psi(t_0 - \tau) \in K_\psi \subset M$ ), и пусть  $A = \sup_{x_\psi(\cdot) \in K_\psi} V(x_\psi(\cdot))$ . Так как  $V(x_\psi(\cdot))$  – непрерывный функционал, а  $K_\psi$  – компактное множество, то  $A < \infty$ . Следовательно, согласно условию (4), существует число  $H > 0$  такое, что  $V(x(\cdot)) \leq A$  при  $\|x(\cdot)\|_h \leq H$  и  $K_\psi \subset \{\|x(\cdot)\|_h \leq H\}$ .

При этих условиях для системы (1) имеет место теорема Красовского об асимптотической устойчивости ([4], с. 181), т.е.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|x_\psi(\cdot)\|_h = 0.$$

Откуда и следует асимптотическая устойчивость в целом решения  $x \equiv 0$  системы (1).

Таким образом вышеуказанная теорема доказана.

2. Рассмотрим снова систему (1) и систему

$$\dot{x} = F(x(t); x(t - \tau)) + \phi(t), \quad (5)$$

где  $\phi(t)$  удовлетворяет всем условиям, указанным в [5]:

$$a) \left[ \sum_{i=1}^n \left( \int_{t_0}^T \Phi_i(t) dt \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} < \infty,$$

б)  $\phi(t) \equiv 0$  при  $t \geq T$ .

Здесь  $T > t_0 + h$  – заданное число.

*Определение 1.* Решение  $x \equiv 0$  системы (1) назовем устойчивым по действующей силе, если для любого числа  $\varepsilon > 0$  существует число  $\delta > 0$  такое, что для всех решений  $x_\psi(t - \tau)$  системы (5)  $\|x_\psi(\cdot)\|_h < \varepsilon$  при  $t \geq T + h$ ,

и если  $\|\psi(\tau)\|_h < \delta$  и  $\left[ \sum_{i=1}^n \left( \int_{t_0}^T \Phi_i(t) dt \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} < \delta$ .

*Определение 2.* Решение  $x \equiv 0$  системы (1) назовем асимптотически устойчивым по действующей силе, если для каждого решения  $x_\psi(t - \tau)$  системы (5) удовлетворяется условие  $\lim_{t \rightarrow \infty} \|x_\psi(\cdot)\|_h = 0$  при всех непрерывных начальных функциях  $\psi(t)$  [1] и при  $\left[ \sum_{i=1}^n \left( \int_{t_0}^T \Phi_i(t) dt \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} < \delta$ .

Пусть для системы (1) существует  $k \times n$  постоянная матрица

$A = \begin{pmatrix} a_{11} \dots a_{1n} \\ \vdots \\ a_{k1} \dots a_{kn} \end{pmatrix}$  такая, что  $\text{rang } A = k \leq n$  и

$$\left( \sum_{j=1}^n a_{ij} F_j(x(t), x(t-\tau)) \right) \equiv 0 \quad (i = 1, \dots, k). \quad (6)$$

Покажем, что в этом случае существует невырожденная матрица  $C$  такая, при которой с помощью линейного преобразования  $y = C \cdot x$  систему (1) можно привести к виду

$$\dot{y}_i = 0 \quad (i = 1, \dots, k), \quad (7)$$

$$\dot{y}_j = \phi_j(c_1, \dots, c_k, y_{k+1}(t), \dots, y_n(t), y_{k+1}(t-\tau), \dots, y_n(t-\tau)) \quad (j = k+1, \dots, n). \quad (8)$$

Пусть матрица  $C$  имеет вид

$$C = \begin{pmatrix} a_{11} \dots a_{1n} \\ \vdots \\ a_{k1} \dots a_{kn} \\ b_{k+11} \dots b_{k+1n} \\ \vdots \\ b_{n1} \dots b_{nn} \end{pmatrix}, \quad (9)$$

причем  $\det C = n$  (это всегда возможно, так как  $\text{rang } A = k$ ). Тогда после преобразования  $y = Cx$  система (1) примет вид

$$\dot{y}_i = \phi_i(y_1(t), \dots, y_n(t), y_1(t-\tau), \dots, y_n(t-\tau)) \quad (i = 1, \dots, k). \quad (10)$$

Из (6) и (9) следует, что

$$0 = \phi_i(y_1(t), \dots, y_n(t), y_1(t-\tau), \dots, y_n(t-\tau)) \quad (i = 1, \dots, k).$$

для любых  $y_1(t), \dots, y_n(t), y_1(t-\tau), \dots, y_n(t-\tau)$ .

Следовательно,

$$\phi_i(y_1(t), \dots, y_n(t), y_1(t-\tau), \dots, y_n(t-\tau)) \equiv 0 \quad (i = 1, \dots, k),$$

т.е. для  $y_1, \dots, y_k$  получим  $\dot{y}_i = 0, (i = 1, \dots, k)$

Пусть  $\psi = \psi(t), t \in [t_0 - h; t_0]$  — некоторая начальная вектор-функция. Обозначим через  $\mu(t) = C\psi(t)$ . Тогда

$$y_i(t-\tau) = \mu_i(t_0) = c_i = \text{const} \text{ при } t \geq t_0 \quad (i = 1, \dots, k)$$

(это решение можно получить, напр., с помощью метода “шагов” ([1], с. 17)).

Таким образом система (10) примет вид (7)–(8). После преобразования  $y = C \cdot x$  система (5) будет выглядеть так:

$$\dot{y}_i = v_i(t) \quad (i = 1, \dots, k); \quad (11)$$

$$\dot{y}_j = \phi_j(c_1, \dots, c_k, y_{k+1}(t), \dots, y_n(t), y_{k+1}(t-\tau), \dots, y_n(t-\tau)) + v_j(t) \quad (j = k+1, \dots, n), \quad (12)$$

где вектор  $v(t) = C\varphi(t)$ , и если

$$\left[ \sum_{i=1}^n \left( \int_{t_0}^T \varphi_i(t) dt \right)^2 \right]^{1/2} < \delta, \text{ то } \left[ \sum_{i=1}^n \left( \int_{t_0}^T v_i(t) dt \right)^2 \right]^{1/2} < \|C\|_0 \cdot \delta = \delta_1,$$

так как  $C$  – постоянная матрица  $\left( \|C\|_0 = \max_i \sum_j |c_{ij}| \right)$ .

$$\text{Обозначим через } \bar{y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_k \end{pmatrix}; \quad y = \begin{pmatrix} y_{k+1} \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}.$$

Докажем следующую теорему.

*Теорема 2.* Если для системы (1) существует  $k \times n$  постоянная матрица  $A$  ( $\text{rang}A = k \leq n$ ) такая, что выполняются условия (6), а для системы (8) существует определенно-положительный по  $\bar{y}(\tau)$  функционал  $V(\bar{y}(\cdot))$  равномерно по  $c_i$  ( $i = 1, \dots, k$ ), для которого

a)  $\lim_{\|\bar{y}(\cdot)\|_{h(n-k)} \rightarrow \infty} V(\bar{y}(\cdot)) = \infty,$

б) производная  $V(\bar{y}(\cdot))$  вдоль интегральных кривых  $\bar{y}_\mu(t-\tau)$  системы (8) равномерно неположительна по  $c_i$  ( $i = 1, \dots, k$ ):

$$\frac{dV(\bar{y}_\mu(t-\tau))}{dt} \leq 0,$$

причем не существует ни одна целая полутраектория (кроме  $\bar{y} \equiv 0$ ), вдоль которой  $\frac{dV(\bar{y}_\mu(t-\tau))}{dt} = 0$ , то решение  $x \equiv 0$  системы (1) устойчиво по действующей силе.

Здесь через  $\|y(\cdot)\|_{h(m)}$  обозначена норма (3) в пространстве  $R^m$ .

*Доказательство.* Пусть для системы (1) существует  $k \times n$  постоянная матрица  $A$  такая, что  $\text{rang}A = k \leq n$  и выполняются условия (6). Как показано выше, в этом случае систему (8) можно привести к виду (11)–(12).

Интегрируя систему (11), получим

$$\bar{y}_\mu(t-\tau) = \mu(t_0) + \int_{t_0}^t \bar{V}(\xi) d\xi$$

или  $y_i(t-\tau) = c_i + \int_{t_0}^T V_i(t) dt$  при  $t \geq T + h$  ( $i = 1, \dots, k$ ).

Оценим величину  $\|\bar{y}(\cdot)\|_{h(k)}$  при  $t \geq T + h$ :

$$\|\bar{y}(t)\|_{h(k)} \leq \|\mu(t_0)\|_{h(k)} + \left[ \sum_{i=1}^k \left( \int_{t_0}^T V_i(t) dt \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} < \delta_1 + \delta_1 = 2\delta_1. \quad (13)$$

Согласно условиям теоремы 2 для системы (8) имеет место теорема 1 равномерно по  $c_i$ . Следовательно, для решений системы (12) получим

$$y_i(t-\tau) \rightarrow 0 \text{ при } t \rightarrow \infty, \tau \in [-h, 0] \quad (i = k+1, \dots, n). \quad (14)$$

Тогда, согласно (13) и (14), для любого  $\varepsilon > 0$  существуют число  $\delta > 0$  и момент времени  $t_* > T + h$  такие, что  $\|y_\mu(\cdot)\|_h < \varepsilon$  при  $t \geq t_*$ , если  $\|\mu(t)\|_h < \delta$ .

Таким образом теорема 2 доказана.

Автор благодарит проф. М.С. Габриеляна за постоянное внимание к работе и полезные советы.

Кафедра теоретической механики

Поступила 13.07.2000

## ЛИТЕРАТУРА

1. Эльсгольц Л.Э., Норкин С.Б. Введение в теорию дифференциальных уравнений с отклоняющимся аргументом. М.: Наука, 1971, 296 с.
2. Барбашин Е.А., Красовский Н.Н. О существовании функции Ляпунова в случае асимптотической устойчивости в целом. – ПММ, 1954, т. 18, в. 3.
3. Красовский Н.Н. О применении второго метода Ляпунова для уравнений с запаздыванием времени. – ПММ, 1956, т. 20, в. 2, с. 315-327.
4. Красовский Н.Н. Некоторые задачи теории устойчивости движения. М.: Физматгиз, 1959, 211 с.
5. Габриелян М.С., Шагинян С.Г. О построении функции Ляпунова. – Уч. запис. ЕГУ, 1987, №1, с. 39-45.

## Ա.Գ. ՇԱՀԻՆՅԱՆ

ՈՒՍՏԱՑՈՂ ԱՐԳՈՒՍԵՆՏՈՎ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ԿԱՅՈՒՏՈՒԹՅՈՒՆԸ  
ՓՈՁՐ ԻՆՏԵԳՐԱԼԱՅԻՆ ԳՐԳՈՒԽՄՆԵՐԻ ԴԵՊՔՈՒՄ

## Ամփոփում

Դիտարկվում է ուշացող արգումենտով ոչ գծային դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգերի կայունության խարցերը, եթե համակարգի վրա ժամանակի վերջավոր միջակայքում ազդում են փոքր ինտեգրալային գրգռող ուժեր:

Ստացված են բավարար պայմաններ, որոնց դեպքում այդպիսի համակարգերը կայուն են ըստ ազդող ուժի:

S.G. SHAHINYAN

## STABILITY OF SYSTEMS WITH RETARDATION IN THE CASE OF SMALL INTEGRAL PERTURBATIONS

### Summary

The paper considers the problem of stability of nonlinear differential equations systems with retardation when small integral perturbations effect the system in finite interval of time. Sufficient conditions are obtained under which such systems are stable according to the acting force.

*Механика*

УДК 539.6

В.С. САРКИСЯН, И.М. КАРАХАНИЯН

**О ФАКТОРИЗАЦИИ В ЗАДАЧЕ ДИФРАКЦИИ ГАРМОНИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ НА УПРУГОЕ ПОЛУБЕСКОНЕЧНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ**

Работа посвящена факторизации задачи напряженно-деформируемого состояния упругого пространства, содержащего упругое полубесконечное включение. Задача в предположении, что упругое включение, достаточно тонкое, сведено к решению граничной задачи дифракции гармонической волны на полубесконечном интервале. Используя метод Винера-Хопфа и метод циркулянтов, граничную задачу свели к матричному уравнению Винера-Хопфа, которая полностью решается. Это позволяет получить аналитическое решение граничной задачи.

Данная работа посвящена факторизации матриц-функций матричного уравнения Винера-Хопфа, возникающего в граничной задаче дифракции гармонической волны на упругое полубесконечное включение. Смешанным задачам динамической теории упругости посвящено много работ (см., напр., [1-5]). Важными в этом контексте являются вопросы, посвященные обобщенным методам факторизации, которые более подробно рассмотрены в работах [6,7]. В основе этих методов лежат классические методы факторизации функций и матриц-функций (см. [8-14]). Здесь, применяя метод факторизации с использованием техники циркулянтов, получили полное аналитическое решение ниже сформулированной граничной задачи.

Сформулируем изучаемую здесь граничную задачу ( $\mathcal{A}$ ).

Рассматривается стационарное уравнение

$$\Delta v + k^2 v = \delta(x - x_0) \delta(y - y_0) \quad (1)$$

при  $|y| > 0$ ,  $y_0 > 0$ , которое удовлетворяет следующим граничным условиям:

$$\begin{cases} v(x, +0) = \nu v(x, -0), \\ \frac{\partial v(x, +0)}{\partial y} = \mu \frac{\partial v(x, -0)}{\partial y} \end{cases} \quad (2)$$

при  $x < 0$ , где параметры  $\mu, \nu$  не должны принимать следующие вырожденные случаи  $\mu \pm \nu \neq 0$ , а также  $(\mu = -1, \nu = -1)$  или  $(\mu = 1, \nu = -1)$  или  $(\mu = -1, \nu = 1)$

$$\begin{cases} v(x, +0) = v(x, -0), \\ \frac{\partial v(x, +0)}{\partial y} = \frac{\partial v(x, -0)}{\partial y} \end{cases} \quad (3)$$

при  $x > 0$ .

Мы также предположим, что вдоль ребра линии включения выполнялось условие Зоммерфельда на бесконечности

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \sqrt{r} \left( \frac{\partial v}{\partial r} - ikv \right) = 0, \quad (4)$$

где  $k = \Re(k) + i\Im(k)$  и  $\Re(k) > 0, \Im(k) > 0$ , и что в начале координат около включения выполнялось условие

$$\lim_{x \rightarrow 0} v(x, +0) = O(x^\eta), \quad \text{где } 0 < \Re(\eta) < \frac{1}{2}. \quad (5)$$

Решение нашей граничной задачи мы будем искать в классе функций, для которых при  $|x| \rightarrow \infty$  имеет место асимптотика  $O(|x|^{\frac{1}{2}} e^{-|x|\Im(k)})$ .

Применяя преобразование Фурье к функции  $v(x, y)$  по переменной  $x$

т. е.  $\hat{v}(\alpha, y) = \int_{-\infty}^{\infty} v(x, y) e^{i\alpha x} dx, \quad (6)$

которая существует в полосе  $|\Im(\alpha)| < \Im(k)$ , мы для функции  $\hat{v}$  получаем следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{d^2 \hat{v}}{dy^2} + k^2(\alpha) \hat{v} = e^{i\alpha y_0} \delta(y - y_0), \quad (7)$$

где  $\kappa(\alpha) = \sqrt{k^2 - \alpha^2}$  определяется как та ветвь, для которой  $\kappa(0) = k$  с вертикальными разрезами от  $k$  до бесконечности в полуплоскости  $\Im(\alpha) > 0$  и от  $-k$  до бесконечности в полуплоскости  $\Im(\alpha) < 0$ . Тогда в полосе  $|\Im(\alpha)| < \Im(k)$  мнимая часть  $\kappa(\alpha)$  положительна.

В этом случае решение уравнения (7) записывается в виде

$$\hat{v}(\alpha, y) = \begin{cases} a(\alpha) e^{i\kappa(\alpha)y} + \frac{1}{2i\kappa(\alpha)} e^{i(\alpha y_0 + \kappa(\alpha)|y - y_0|)} & \text{при } y > 0, \\ b(\alpha) e^{i\kappa(\alpha)y} & \text{при } y < 0. \end{cases} \quad (8)$$

Из представления (8) следует, что при  $y \rightarrow \pm\infty$  функция  $\hat{v}(\alpha, y)$  является затухающей.

Пусть

$$\begin{cases} v_-(\alpha) = \int_{-\infty}^0 [v(x, +0) - v(x, -0)] e^{i\alpha x} dx, \\ v_+(\alpha) = \int_0^{\infty} [v(x, +0) - v(x, -0)] e^{i\alpha x} dx, \\ w_-(\alpha) = \int_{-\infty}^0 \left[ \frac{\partial v(x, +0)}{\partial y} - \frac{\partial v(x, -0)}{\partial y} \right] e^{i\alpha x} dx, \\ w_+(\alpha) = \int_0^{\infty} \left[ \frac{\partial v(x, +0)}{\partial y} - \mu \frac{\partial v(x, -0)}{\partial y} \right] e^{i\alpha x} dx. \end{cases} \quad (9)$$

Тогда  $v_-(\alpha)$  и  $w_-(\alpha)$  – аналитические функции в полуплоскости  $\Im(\alpha) < \Im(k)$ , а  $v_+(\alpha)$  и  $w_+(\alpha)$  – аналитические функции в полуплоскости  $\Im(\alpha) > -\Im(k)$ .

Учитывая представления (8), (9), мы приходим к следующему матричному уравнению Винера–Хопфа:

$$\vec{v}_+(\alpha) = L(\alpha)\vec{v}_-(\alpha) + \vec{m}(\alpha), \quad (10)$$

где  $v_+(\alpha) = \begin{pmatrix} v_+(\alpha) \\ w_+(\alpha) \end{pmatrix}$ ,  $\vec{v}_-(\alpha) = \begin{pmatrix} v_-(\alpha) \\ w_-(\alpha) \end{pmatrix}$ , а

$$L(\alpha) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1+\nu, & \frac{1-\nu}{i\kappa(\alpha)} \\ (1-\mu)i\kappa(\alpha), & (1+\mu) \end{bmatrix} \text{ и } \vec{m}(\alpha) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (1-\nu)e^{i(\alpha x_0 + \kappa(\alpha)y_0)} \\ i\kappa(\alpha) \\ (\mu-1)e^{i(\alpha x_0 + \kappa(\alpha)y_0)} \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Нетрудно видеть, что

$$L(\alpha) = SN(\alpha), \quad (12)$$

где

$$S = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1+\nu, & 0 \\ 0, & 1+\mu \end{bmatrix}, \quad N(\alpha) = \begin{bmatrix} 1, & \frac{1-\nu}{1+\nu} \frac{1}{i\kappa(\alpha)} \\ \frac{1-\mu}{1+\mu} i\kappa(\alpha), & 1 \end{bmatrix}. \quad (13)$$

Для решения матричного уравнения Винера–Хопфа (10) нам фактически необходимо факторизовать матрицу-функцию  $N(\alpha)$ , которая является  $f$ -циркулянтом с

$$f(\alpha) = \left( \frac{i\kappa(\alpha)}{\rho} \right)^2, \quad (14)$$

где  $\rho = \sqrt{\frac{(1-\nu)(1+\mu)}{(1+\nu)(1-\mu)}}$ .

Так как алгебра  $f$ -циркулянтов есть комплексная коммутативная банахова алгебра, то матрица-функция  $N(\alpha)$  допускает факторизацию в виде

$$N(\alpha) = N_+(\alpha)N_-(\alpha), \quad (15)$$

где

$$N_+(\alpha) = \sqrt{1-\theta^2} \begin{bmatrix} \cosh T(\alpha), \frac{\rho}{\gamma(\alpha)} \sinh T(\alpha) \\ \frac{\gamma(\alpha)}{\rho} \sinh T(\alpha), \cosh T(\alpha) \end{bmatrix}, \quad (16)$$

а  $N_-(\alpha) = N_+(-\alpha)$ .

Здесь

$$T(\alpha) = \frac{i}{2\pi} \ln \frac{1+\theta}{1-\theta} \ln \frac{\gamma(\alpha)+\alpha-k}{\gamma(\alpha)-\alpha+k}, \quad (17)$$

где  $\theta = \sqrt{\frac{(1-\nu)(1-\mu)}{(1+\nu)(1+\mu)}}$ .

Отметим, что под  $\ln$  мы понимаем главную ветвь логарифма, т. е.  $\ln(1)=0$  и  $-\pi < \arg(\ ) \leq \pi$ .

Из представления (16) видно, что  $N_+(\alpha)$  – аналитическая матрица-функция в полуплоскости  $\Im(\alpha) > -\Im(k)$ , а  $N_-(\alpha)$  – аналитическая матрица-функция в полуплоскости  $\Im(\alpha) < \Im(k)$ .

Из логарифмического представления функции  $T(\alpha)$  при  $|\alpha| \rightarrow \infty$  и  $\Im(\alpha) > -\Im(k)$  имеем

$$\cosh T(\alpha) = O(\alpha^\eta), \sinh T(\alpha) = O(\alpha^\eta) \quad (18)$$

где  $\Re(\eta) = \frac{1}{2\pi} \left| \arg \left( \frac{1+\theta}{1-\theta} \right) \right|$  и, следовательно,  $0 < \Re(\eta) < \frac{1}{2}$ .

Аналогично при  $|\alpha| \rightarrow \infty$  и  $\Im(\alpha) < \Im(k)$  имеем

$$\cosh T(-\alpha) = O(\alpha^\eta), \sinh T(-\alpha) = O(\alpha^\eta). \quad (19)$$

Полагая

$$L_s^+(\alpha) = (SN_+(\alpha))^{-1}, L_s^-(\alpha) = \frac{\sqrt{1-\theta^2}}{2} N_-(\alpha), \quad (20)$$

матричное уравнение (10) запишем в виде

$$L_s^+(\alpha) \bar{v}_+(\alpha) = L_s^-(\alpha) \bar{v}_-(\alpha) + \bar{M}(\alpha), \quad (21)$$

где  $\bar{M}(\alpha) = L_s^+(\alpha) \bar{m}(\alpha) = \begin{bmatrix} M_1(\alpha) \\ M_2(\alpha) \end{bmatrix}$ .

Пусть число  $p > 0$  выбрано так, что

$$-\Im(k) < -p < \Im(\alpha) < p < \Im(k),$$

тогда по функциям  $M_1(\alpha)$  и  $M_2(\alpha)$  рассмотрим следующие функции:

$$\begin{cases} M_1^+(\alpha) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty-ip}^{-ip} \frac{M_1(s)}{s-\alpha} ds, \\ M_2^+(\alpha) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty-ip}^{-ip} \frac{M_2(s)}{s-\alpha} ds. \end{cases} \quad (22)$$

которые есть аналитические функции в полуплоскости  $\Im(\alpha) > -p$  и при  $|\alpha| \rightarrow \infty$  имеют асимптотики

$$M_1^+(\alpha) = O(\alpha^{-1}), M_2^+(\alpha) = O(\alpha^{-1}), \quad (23)$$

а также функции

$$\begin{cases} M_1^-(\alpha) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty+ip}^{-\infty-ip} \frac{M_1(s)}{\alpha-s} ds, \\ M_2^-(\alpha) = \frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty+ip}^{-\infty-ip} \frac{M_2(s)}{\alpha-s} ds, \end{cases} \quad (24)$$

которые есть аналитические функции в полуплоскости  $\Im(\alpha) < p$  и при  $|\alpha| \rightarrow \infty$  имеют такие же асимптотики, как и в (23).

Тогда для вектор-функции  $\vec{M}(\alpha)$  имеем, что

$$\vec{M}(\alpha) = \vec{M}_+(\alpha) + \vec{M}_-(\alpha), \quad (25)$$

где  $\vec{M}_+(\alpha) = \begin{bmatrix} M_1^+(\alpha) \\ M_2^+(\alpha) \end{bmatrix}$ ,  $\vec{M}_-(\alpha) = \begin{bmatrix} M_1^-(\alpha) \\ M_2^-(\alpha) \end{bmatrix}$  и матричное уравнение (10) записывается в виде

$$L_s^+(\alpha)\vec{v}_+(\alpha) - \vec{M}_+(\alpha) = L_s^-(\alpha)\vec{v}_-(\alpha) + \vec{M}_-(\alpha). \quad (26)$$

Используя принцип аналитического продолжения для вектор-функции  $\vec{J}(\alpha) = \begin{bmatrix} J_1(\alpha) \\ J_2(\alpha) \end{bmatrix}$ , где

$$\vec{J}(\alpha) = L_s^+(\alpha)\vec{v}_+(\alpha) - \vec{M}_+(\alpha) = L_s^-(\alpha)\vec{v}_-(\alpha) + \vec{M}_-(\alpha), \quad (27)$$

получаем, что  $\vec{J}(\alpha)$  есть целая вектор-функция.

Так как при  $|\alpha| \rightarrow \infty$  в полуплоскости  $\Im(\alpha) < \Im(k)$

$$v_-(\alpha) = O(\alpha^{-\eta-1}) \quad w_-(\alpha) = O(\alpha^{-\eta}), \quad (28)$$

а в полуплоскости  $\Im(\alpha) > -\Im(k)$

$$v_+(\alpha) = O(\alpha^{-\eta-1}) \quad w_+(\alpha) = O(\alpha^{-\eta}), \quad (29)$$

то, используя теорему Лиувилля, имеем

$$\begin{cases} J_1(\alpha) \equiv 0 \\ J_2(\alpha) \equiv C. \end{cases} \quad (30)$$

Пусть

$$M_1^{<+>} = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \alpha M_1^+(\alpha) = -\frac{1}{2\pi i} \int_{-\infty-i\rho}^{-\infty+i\rho} M_1(s) ds. \quad (31)$$

Из представления (30) для коэффициентов  $a(\alpha)$  и  $b(\alpha)$  получаем, что

$$\left\{ \begin{array}{l} a(\alpha) = \frac{1}{\nu + \mu} \left\{ \left[ \mu(1+\nu) \cosh T(\alpha) - \frac{\nu(1+\mu)}{\rho} \sinh T(\alpha) \right] M_1^+(\alpha) + \right. \right. \\ \left. \left. + [\mu(1+\nu)\rho \sinh T(\alpha) - \nu(1+\mu)\cosh T(\alpha)] \frac{(M_2^+(\alpha) + C)}{\gamma(\alpha)} \right\} + \right. \\ \left. + \frac{\nu - \mu}{\nu + \mu} \frac{e^{i(\alpha x_0 + \kappa(\alpha)y_0)}}{i\kappa(\alpha)}, \right. \\ b(\alpha) = -\frac{1}{\nu + \mu} \left\{ \left[ (1+\nu) \cosh T(\alpha) - \frac{1+\mu}{\rho} \sinh T(\alpha) \right] M_1^+(\alpha) + \right. \\ \left. + [(1+\nu)\rho \sinh T(\alpha) + (1+\mu)\cosh T(\alpha)] \frac{(M_2^+(\alpha) + C)}{\gamma(\alpha)} \right\} + \\ \left. + \frac{e^{i(\alpha x_0 + \kappa(\alpha)y_0)}}{(\nu + \mu)i\kappa(\alpha)}. \right. \end{array} \right. \quad (32)$$

Отсюда следует, что при  $|\alpha| \rightarrow \infty$  коэффициенты  $a(\alpha)$  и  $b(\alpha)$  имеют

асимптотику  $O(\alpha^{-\eta-1})$ .

Исключая вырожденные случаи, мы, исходя из поведения коэффициентов  $a(\alpha), b(\alpha)$  на бесконечности, получаем, что

$$C = -\frac{\hat{\theta} M_1^{<+>}}{\rho}, \text{ где } \hat{\theta} = -\operatorname{sgn}\left(\frac{1+\theta}{1-\theta}\right). \quad (33)$$

Обозначая через  $D_{1,2}^+(\alpha) = \frac{1}{\rho\gamma(\alpha)} [\rho M_2^+(\alpha) - \hat{\theta} M_1^{<+>}]$  и подставляя значение коэффициентов  $a(\alpha), b(\alpha)$  из (32) в выражение для преобразования Фурье  $\hat{v}(\alpha, y)$ , имеем

$$\hat{v}(\alpha, y) = \begin{cases} \frac{1}{\nu + \mu} \left\{ \left[ \mu(1+\nu)\cosh T(\alpha) - \frac{\nu(1+\mu)}{\rho} \sinh T(\alpha) \right] M_1^+(\alpha) + \right. \\ \left. + [\mu(1+\nu)\rho \sinh T(\alpha) - \nu(1+\mu)\cosh T(\alpha)] D_{1,2}^+(\alpha) \right\} e^{iy\kappa(\alpha)} + \\ + \frac{\nu - \mu}{\nu + \mu} e^{i(\alpha x_0 + \kappa(\alpha)(y+y_0))} + \frac{1}{2i\kappa(\alpha)} e^{i(\alpha x_0 + \kappa(\alpha)|y-y_0|)} \text{ при } y > 0, \\ - \frac{1}{\nu + \mu} \left\{ \left[ (1+\nu)\cosh T(\alpha) + \frac{1+\mu}{\rho} \sinh T(\alpha) \right] M_1^+(\alpha) + \right. \\ \left. + [(1+\nu)\rho \sinh T(\alpha) + (1+\mu)\cosh T(\alpha)] D_{1,2}^+(\alpha) \right\} e^{-iy\kappa(\alpha)} + \\ + \frac{1}{(\nu + \mu)i\kappa(\alpha)} e^{i(\alpha x_0 + \kappa(\alpha)y_0)} \text{ при } y < 0. \end{cases} \quad (34)$$

Учитывая интегральное представление функции Ганкеля  $H_0^{(1)}(\cdot)$ , а также используя обратное преобразование Фурье к функции  $\hat{v}(\alpha, y)$  по переменной  $\alpha$ , мы получим следующее представление для решения  $v(x, y)$  граничной задачи ( $\mathcal{A}$ ):

$$v(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{2\pi(\nu + \mu)} \int_{-\infty + id}^{\infty + id} \left\{ \left[ \mu(1+\nu)\cosh T(\alpha) - \frac{\nu(1+\mu)}{\rho} \sinh T(\alpha) \right] M_1^+(\alpha) + \right. \\ \left. + [\mu(1+\nu)\rho \sinh T(\alpha) - \nu(1+\mu)\cosh T(\alpha)] D_{1,2}^+(\alpha) \right\} e^{-i(\alpha x - \kappa(\alpha)y)} d\alpha + \\ + \frac{1}{4i} H_0^{(1)}(kR) + \frac{\nu - \mu}{\nu + \mu} \frac{1}{4i} H_0^{(1)}(kR') \text{ при } y > 0, \\ - \frac{1}{2\pi(\nu + \mu)} \int_{-\infty + id}^{\infty + id} \left\{ \left[ (1+\nu)\cosh T(\alpha) - \frac{1+\mu}{\rho} \sinh T(\alpha) \right] M_1^+(\alpha) + \right. \\ \left. + [\rho(1+\mu)\sinh T(\alpha) + (1+\mu)\cosh T(\alpha)] D_{1,2}^+(\alpha) \right\} e^{-i(\alpha x + \kappa(\alpha)y)} d\alpha + \\ + \frac{1}{2i(\nu + \mu)} H_0^{(1)}(kR) \text{ при } y < 0, \end{cases} \quad (35)$$

где  $R = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$ ,  $R' = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y + y_0)^2}$ .

При помощи выражения (35) и известных формул для напряжения получим напряженно-деформируемую картину задачи.

Кафедра механики сплошной среды

Поступила 23.03.2001

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ворович И.И., Александров В.М., Бабешко Б.А. Неклассические смешанные задачи теории упругости. М.: Наука, 1974.
2. Саркисян В.С. Контактные задачи для полуплоскостей и полос с упругими накладками. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1983.
3. Ворович И.И., Бабешко В.А., Пряхина О.Д. Динамика массивных тел и резонансные явления в деформируемых средах. М.: Научный мир, 1999.
4. Морарь Г.А. Метод разрывных решений в механике деформируемых тел. Кишинев: Штиница, 1984.
5. Бабешко В.А., Глушков Е.В., Зинченко Ж.Ф. Динамика неоднородных линейно-упругих сред. М.: Наука, 1984.
6. Бабешко В.А. Обобщенный метод факторизации в пространственно динамических смешанных задачах теории упругости. М.: Наука, 1984.
7. Ворович И.И., Бабешко В.А. Динамические смешанные задачи теории упругости для неклассических областей. М.: Наука, 1979.
8. Гахов Ф.Д. Краевые задачи. М.: Наука, 1977.
9. Крейн М.Г. УМН, 1955, т. 13, в. 5, с. 1–150.
10. Нобл Б. Метод Винера–Хопфа. М.: ИЛ, 1962.
11. Чеботарев Г.Н. Тр. всесоюзного математического съезда, 1956, т. I, с. III.
12. Litvinchuk G.S., Spitkowski I.M. Factorization of Matrix-funktions. Akademie-Verlag. Berlin, 1987.
13. Камалян А.Г. – ДАН Армении, 1992, т. 93, №3, с. 99–104.
14. Бремерман Г.Б. Распределения, комплексные переменные и преобразования Фурье. М.: Мир, 1968.

Գ.Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Ի.Մ. ԿԱՐՄԱՆՅԱՆ

ԱՌԱՋԱԿԱՆ ԿԻՍԱԱՆՎԵՐՁ ՆԵՐԴՐՈՒՄՈՎ ՀԱՐՄՈՆԻԿ  
ԱԼՔՐԻ ԴԻՖՐԱԿՑԻԱՅԻ ԽՆԴՐԻ ՖԱԿՏՈՐԻԶԱՑԻԱՅԻ ՍԱՍԻՆ

Ամփոփում

Աշխատանքը նվիրված է առաջական տարածության լարվածա-դեֆորմացիոն վիճակի ֆակտորիզացիային, որը պարունակում է կիսաանվերձ ներդիր: Ենթադրվում է, որ առաջական ներդիրը բավականին քարակ է, և խնդիրը բնրվում է կիսաանվերձ ինտերվալի վրա հարմոնիկ ալիքի դիֆրակցիայի նզրային խնդրին: Օգտագործելով Վիներ–Հոփի մեթոդը և ցիրկուլյանտների եղանակը, այդ խնդիրը բերում ենք Վիներ–Հոփի մատրիցային հավասարմանը, որը ամբողջությամբ լուծվում է: Այն բույլ է տալիս ստանալ նզրային խնդրի անալիտիկ լուծումը:

V.S. SARKISYAN, I.M. KARAKHANYAN

ON FACTORIZATION IN THE PROBLEM OF DIFFRACTION  
OF HARMONIC WAVE ON ELASTIC HALF INFINITE INCLUSION

**S ummary**

The paper is devoted to the factorization of stress strain state of elastic space including half infinitive inclusion. Supposing that elastic inclusion is too thin the problem is reduced to the solution of boundary problem of harmonic wave diffraction on the half infinitive interval. Using the method of Wiener-Hopf and circulant method the boundary problem is reduced to the Wiener-Hopf matrix equation, which is completely solved. This solution allows to get analytical solution of the boundary problem.

Ֆիզիկա

УДК 13.3

Կ. Հ. ԴՈՒՐԻՆՅԱՆ

X-ԲԵՎԵՇՈԱՑՎԱԾ ԼՈՒՅՍԻ ՄԻՋԵՆԹԱԳՈՏԻԱԿԱՆ ԿԼԱՆՈՒՄ  
ԿՐԿՆԱԿԻ ՃՆՄԱՆ ՊՈՏԵՆՑԻԱԼ ԱՐԳԵԼՔՆԵՐՈՎ  
ՔՎԱՆՏԱՅԻՆ ՓՈՍՈՒՄ

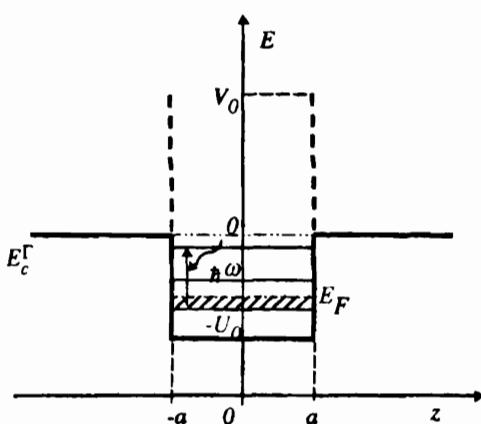
1. Ներածություն: Վերջին տասնամյակում մեծ ուշադրություն է դարձվում քվանտային փուերով (ՔՓ) նանոկառուցվածքներին, քանի որ նրանցում ընթացող ֆիզիկական երևոյթների հիմնան վրա հնարավոր է ստեղծել բազմաթիվ նոր կիսահղութչային սարքեր: Օրինակ, լույսի ինֆրակարմիք տիրույթում գործող ֆուտորնութեաների աշխատանքի հիմքում ընկած է ՔՓ-ում լույսի ներգոտիական օպտիկական կլանման երևոյթը, որը լավ ուսումնասիրված է սպորական ՔՓ-ի համար [1, 2]: Սովորաբար այդպիսի ՔՓ-ի պատրաստման համար օգտագործում են ռ-տիպի կիսահաղործիչներ: Եթե ՔՓ-ի և արգելքների տիրույթում էլեկտրոնները ունեն հավասար է-ֆենտիվ զանգվածներ, ապա հայտնի է [3], որ այդ դեպքում լույսի կլանման ենուանքով էլեկտրոնների միջնաբարութիւնը կարող է առաջացնել միայն այնպիսի լույսը, որը ունի ՔՓ-ի հարքությանը ուղղահայց թևեռացում (շ-քեռացված լույս): Պարզ է, որ լույսի նորմա անկման դեպքում, որը շատ հարմար է ֆուտորնութեաների աշխատանքի համար, լույսի թևեռացումը շաղադիք չտնի և կլանումը բացակայում է: Պատկերն այլ է ռ-տիպի ՔՓ-ի համար: Այսուեւ խոռոչների էֆեկտիվ զանգվածները անհզրութափության ենուանքով արդեն հնարավոր է նաև ՔՓ-ի հարքության մեջ թևեռացված լույսի ներգոտիական կլանումը (x-քեռացված լույս): Բացի այս մեխանիզմներից կա x-քեռացված լույսի կլանման ևս մի պատճառ: Չափ հաճախ է պատահում այն դեպքը, եթե ՔՓ-ի և արգելքների տիրույթում էլեկտրոնների է-ֆենտիվ զանգվածները տարբեր են: Այդ պարագայում էլեկտրոնի միջնաբարութիւնը անցումներ առաջանում են նաև x-քեռացված լույսի ազենցությամբ [4], որը համապատասխանում է ՔՓ-ի հարքության վրա լույսի նորմա անկմանը:

Ժամանակակից տեխնոլոգիաները թույլ են տալիս աճեցնել բազմաշերտ, բարդ ենուերկառուցվածքներ, որոնց թվին է պատկանում այսպես կոչված ծ-նման պոտենցիալ արգելքներով քվանտային փուար: Այն իրենից ներկայացնում է սպորական ՔՓ (օրինակ,  $GaAs / Al_xGa_{1-x}As$ ), որի տարբեր մասերամ տեղադրված են ավելի մեծ արգելված գոտի ունեցող կիսահղություն (օրինակ,  $AlAs$ ) բարակ շերտեր: Այդ արգելքային շերտերի հաստությունը կարող է փոփոխվել սկսած մեկ մոնուերտից մինչև տասնյակ մոնուերտից: Նման պոտենցիալ արգելքների առկայությունը համակարգում մտցնում է ազատության նոր աստիճան, որի օգնությամբ (փոփոխելով ներդրված պոտենցիալ արգելքի բարձրությունը և կամ լայնությունը) կարելի է կառավարել ՔՓ-ում լիցքակիրների էներգետիկական և օպտիկական կլանման սպեկտրները, լիցքակիրների թունելային անցման միջոցով ՔՓ-ից փախուստի հավանականությունը և այլն [5, 6]:

Այս աշխատանքում մենք կքննարկենք ՔՓ-ը շրջափակող ծ-նման պոտենցիալ

ազգելքների ազդեցությունը  $x$ -քևնացված լույսի միջնաբազուտիական կլանման երևույթի վրա:

2. Տեսական հաշվարկ: Կրկնակի ծննդան պոտենցիալ արգելքներով ՔՓ-ի սխեմատիկ կառուցվածքը պատկերված է նկ. 1-ում:



Նկ.1:  $GaAs / AlAs / Al_xGa_{1-x}As$  ՔՓ-ի սխեմատիկ պատկերը:

բաղադրիչը,  $\vec{p} = (x, y)$ -ը՝ երկշափ շառավիղ վեկտորը, իսկ  $\varphi(z, \vec{k}_{\parallel})$  ֆունկցիան բավարարում է Ծրեղինգերի էֆեկտիվ զանգվածների հավասարմանը [4, 7-9]

$$-\frac{\hbar^2}{2} \frac{d}{dz} \left( \frac{1}{m(z)} \frac{d\varphi}{dz} \right) + \left[ E_c(z) + \frac{\hbar^2 \vec{k}_{\parallel}^2}{2m(z)} \right] \varphi = E\varphi : \quad (2)$$

$m(z)$ -ը տարածական  $z$  կոորդինատից կախված էլեկտրոնի էֆեկտիվ զանգվածն է,  $E_c(z)$ -ը պատկերում է հաղորդականության գոտու  $\Gamma$  եզրը: Նկատենք, որ ընդհանուր դեպքում, եթե հաշվի ենք առնում էներգետիկ գոտիների ոչ պարարողականությունը,  $m(z)$ -ը կախված է լինում նաև էլեկտրոնի էներգիայից [10]: Սակայն  $n - GaAs / GaAlAs$  ՔՓ-ի դեպքում էլեկտրոնի կապված վիճակների վրա էներգետիկ գոտիների ոչ պարարողականության ազդեցությունը փոքր է [7, 11], որի պատճառով այն կանունենք՝ մեր ուշադրությունը ըստելով հիմնական ֆիզիկական երևույթների վրա:  $m(z)$ -ը և  $E_c(z)$ -ը որոշվում են հետևյալ բանաձևով.

$$m(z), E_c(z) = \begin{cases} m_w, -U_0, & |z| < a, \\ m_b, & 0, & |z| > a, \\ m_c, V_0, & z = \pm a, \end{cases} \quad (3)$$

$$V_0 = \frac{\hbar^2}{2m_c} C \delta(z \pm a), \quad (4)$$

որտեղ  $C$  -ն ծննդան պոտենցիալ արգելքը բնութագրություն է և կոչվում է ծննդան պոտենցիալ արգելքի հզորություն: (2) հավասարությունը պարզ երևում է, որ

$$\vec{k}_{\parallel}^2 = k_{\text{max}}^2 = \frac{2U_0}{\hbar^2} \left( \frac{1}{m_w} - \frac{1}{m_b} \right)^{-1} \text{արժեքի դեպքում իրականանում է } E_c(z) + \frac{\hbar^2 \vec{k}_{\parallel}^2}{2m(z)} =$$

$= \text{const}$  պայմանը: Այդ դեպքում ՔՓ-ը վերանում է:  $k_{\parallel}$ -ի հետագա մեծացման

ՔՓ-ում լիքրակիրների ալիքային ֆունկցիան սովորաբար ներկայացվում է բյուրեղի տարրական բջջի միավոր վեկտորի պարբերությամբ արագ փոփոխվող  $u_{\vec{k}}(\vec{r})$  ֆունկցիայի և հետերոկառուցվածքների աճեցման ուղղությամբ դանդաղ փոփոխվող  $\Phi(\vec{r})$  փաթեթային ֆունկցիայի արտադրյալի միջոցով [3].

$$\Psi(\vec{r}) = u_{\vec{k}}(\vec{r}) \Phi(\vec{r}),$$

$$\Phi(\vec{r}) = \frac{1}{\sqrt{S}} e^{i \vec{k} \vec{r}} \varphi(z, \vec{k}_{\parallel}) \quad (1)$$

որտեղ  $S$ -ը նմուշի նակերեսն է  $xy$  հարթության մեջ,  $\vec{k}_{\parallel} = (k_x, k_y)$ -ը՝ ալիքային վեկտորի գուգահեռ

բաղադրիչը,  $\vec{p} = (x, y)$ -ը՝ երկշափ շառավիղ վեկտորը, իսկ  $\varphi(z, \vec{k}_{\parallel})$  ֆունկցիան բավարարում է Ծրեղինգերի էֆեկտիվ զանգվածների հավասարմանը [4, 7-9]

դեպքում  $\mathcal{L}\Phi$ -ը դառնում է քվանտային արգելք: Հետևաբար դիտարկվող խնդրում  $k_{\parallel}$ -ը իմաստ ունի փոփոխել օ-ից մինչև  $k_{\max}$  արժեքը:

Նշված քվանտային համակարգում կապված վիճակների ալիքային ֆունկցիաները որոշվում են (2) հավասարումից

$$\varphi(z) = A_+ \begin{cases} \cos k_w a e^{k_b(a+z)}, & -\infty < z < -a, \\ \cos k_w z, & -a < z < a, \\ \cos k_w a e^{k_b(a-z)}, & a < z < \infty \end{cases} \quad (5)$$

զույգ վիճակների համար,

$$\varphi(z) = A_- \begin{cases} -\sin k_w a e^{k_b(a+z)}, & -\infty < z < -a, \\ \sin k_w z, & -a < z < a, \\ \sin k_w a e^{k_b(a-z)}, & a < z < \infty \end{cases} \quad (6)$$

Կենտ վիճակների համար:

$A_+$  և  $A_-$  գործակիցները որոշվում են նորմավորման պայմանից և հավասար են

$$\begin{cases} A_+ = \frac{1}{\sqrt{a + \lambda_{0+}}}, & \lambda_{0+} = \frac{\cos^2 k_w a}{k_b} + \frac{\sin 2k_w a}{2k_w}, \\ A_- = \frac{1}{\sqrt{a + \lambda_{0-}}}, & \lambda_{0-} = \frac{\sin^2 k_w a}{k_b} - \frac{\sin 2k_w a}{2k_w}, \end{cases} \quad (7)$$

իսկ

$$k_b = \sqrt{\frac{2m_b}{\hbar^2} E + k_{\parallel}^2}, \quad k_w = \sqrt{\frac{2m_w}{\hbar^2} (U_0 - E) - k_{\parallel}^2}, \quad (8)$$

որտեղ  $E$ -ն էլեկտրոնի լրիվ էներգիայի բացարձակ արժեքն է:  $z = \pm a$  կետերում (5) և (6) ալիքային ֆունկցիաների և նրանց ածանցյաների անդամատության պայմաններից որոշվում են զույգ և կենտ կապված վիճակների էներգետիկական սպեկտրները.

$$\begin{aligned} k_w \operatorname{tg} k_w a &= \beta^2 k_b + \theta^2 C, \quad \text{զույգ վիճակների համար,} \\ -k_w \operatorname{ctg} k_w a &= \beta^2 k_b + \theta^2 C, \quad \text{կենտ վիճակների համար,} \end{aligned} \quad (9)$$

որտեղ

$$\beta^2 = \frac{m_w}{m_b}, \quad \theta^2 = \frac{m_w}{m_c}; \quad (10)$$

Եներգետիկ գոտիների բազմագոտի մոդելի մոտավորության դեպքում էլեկտրոն-ֆուտոն փոխազդեցության օպերատորը դիպոլային մոտավորությամբ ներկայացվում է հետևյալ բանաձևով [4].

$$\hat{H}_{\text{int}} = \frac{eA_0}{2m_0} \tilde{a} \left( \frac{m_0}{m(z)} \hat{p} + \hat{p} \frac{m_0}{m(z)} \right), \quad (11)$$

$$A_0 = \sqrt{\frac{2\hbar n_v}{V\omega c\varepsilon_0}}; \quad (12)$$

Այստեղ  $V$ -ն նմուշի ծավալն է,  $n_v$ -ն՝ ֆուտոնների թիվը այդ ծավալում,  $\omega$ -ն՝ նրանց հաճախությունը,  $\tilde{a}$ -ն՝ միավոր վեկտորը ընկնող լույսի բևեռացման ուղղությամբ,  $m_0$ -

Յ' ազատ էլեկտրոնի գանգվածը, իսկ  $\hat{p}$ -ն իմպուլսի օպերատորն է:

Քվանտային համակարգում երկու վիճակների միջև միավոր ժամանակում անցումների հավանականությունը որոշվում է Ֆերմիի ուկե կանոնվ.

$$R_{i \rightarrow f} = \frac{2\pi}{\hbar} |M_{if}|^2 \delta(E_f - E_i - \hbar\omega); \quad (13)$$

Այսուղի ՝  $M_{if}$ -ն սկզբնական և վերջնական վիճակների միջև անցումների մատրիցական տարրն է.

$$M_{if} = \int_V \Phi_i^* \hat{H}_{int} \Phi_f d\vec{r} = \frac{eA_0}{2m_0} \vec{a} \int \Phi_f^* \left( \frac{m_0}{m(z)} \hat{\vec{p}} + \hat{\vec{p}} \frac{m_0}{m(z)} \right) \Phi_i d\vec{r} = \frac{eA_0}{2m_0} \vec{a} \vec{P}_{if}; \quad (14)$$

Վերջին արտահայտության մեջ մտնող  $\Phi_i$  և  $\Phi_f$  մեծությունները համապատասխանաբար էլեկտրոնների սկզբնական և վերջնական վիճակները բնութագրող ալիքային ֆունկցիաների պարուիչներն են, որոնք որոշվում են (1), (5) և (6) բանաձևերով:

Երկու վիճակների միջև անցումների ինտենսիվությունը բնութագրվում է օսցիլյատորի ուժով: Այս կարելի է սահմանել հետևյալ կերպ [4].

$$F_{ifx(z)} = \frac{2|\vec{P}_{ifx(z)}|^2}{m_0 \hbar \omega}, \quad (15)$$

որտեղ  $\vec{P}_{if}$ -ը իմպուլսի մատրիցական տարրն է, իսկ  $x(z)$  ինդեքսները համապատասխանում են ընկնող լույսի տարրեր թեռուացումներին:

Նկատի ունենալով ալիքային ֆունկցիայի (1), (5) և (6) արտահայտությունները՝ հեշտությամբ կարելի է ստանալ, որ՝  $x$ -քենուացված լույսի ազդեցության տակ առաջին կապված զույգ վիճակից առաջին կապված կենտ վիճակին անցումների մատրիցական տարրը հավասար է զրոյի: Դա նշանակում է, որ նման անցումները թույլատրվի չեն: Եթե որպես վերջնական վիճակ ընտրում ենք երկրորդ կապված զույգ վիճակը, անցումներն արդեն արգելված չեն և  $x$ -քենուացված լույսի ազդեցության տակ այդպիսի վիճակների միջև անցումների մատրիցական տարրը հավասար է

$$M_{ifx} = 2\hbar k_x \frac{eA_0}{m_b} \frac{1}{\sqrt{a + \lambda_{0i+}}} \frac{1}{\sqrt{a + \lambda_{0f+}}} \frac{1 - \beta^{-2}}{k_{fb} + k_{ib}} \times \\ \times \frac{k_{iw}}{\sqrt{k_{iw}^2 + (\beta^2 k_{ib} + \theta^2 C)^2}} \frac{k_{fw}}{\sqrt{k_{fw}^2 + (\beta^2 k_{fb} + \theta^2 C)^2}}; \quad (16)$$

Այս դեպքում օսցիլյատորի ուժի (15) արտահայտությունը ընդունում է հետևյալ տեսքը.

$$F_{ifx} = \frac{8m_0 |M_{ifx}|^2}{(eA_0)^2 \hbar \omega}; \quad (17)$$

Ֆուռունների օպտիկական կլանման քվանտային էֆեկտիվությունը սահմանվում է որպես նմուշի ամրող ծավալում միավոր ժամանակում անցումների թվի և այդ ծավալում ֆուռունների լրիվ թվի հարաբերություն: Որոշ մաքեմատիկական ձևափոխություններից հետո այն ընդունում է հետևյալ տեսքը.

$$w = \frac{1}{2\pi} \int \frac{R_{i \rightarrow f}}{cn_v} n_r V [f(E_i) - f(E_f)] k_{\parallel} dk_{\parallel}, \quad (18)$$

որտեղ  $n_r$ -ը միջավայրի բեկման գուցիչն է, իսկ  $f(E)$ -ն Ֆերմի-Դիրակի բաշխման

Ֆունկցիան է: Ցածր ջերմաստիճանների տիրույթում մենք կարող ենք համարել, որ սկզբնական վիճակը լիովին գրադեցված է էլեկտրոններով, իսկ վերջնական վիճակը ազատ է: Այդ դեպքում, օգտվելով (13) և (16) արտահայտություններից, ֆունկների օպտիկական կամման քվանտային էֆեկտիվության համար ստանում ենք

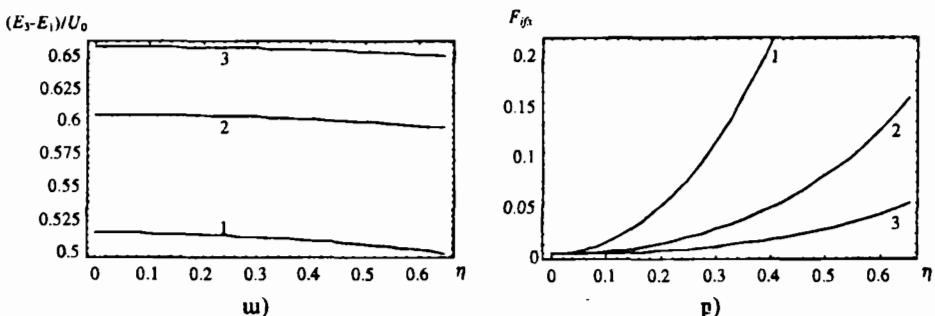
$$w = \hbar \frac{n_i V}{c n_v} \left\{ \left( \frac{e A_0}{m_b} \right)^2 k_{\parallel}^3 \frac{1}{a + \lambda_{0i+}} \frac{1}{a + \lambda_{0f+}} \frac{(1 - \beta^{-2})^2}{(k_{ib} + k_{fb})^2} \frac{k_{iw}^2}{k_{iw}^2 + (\beta^2 k_{ib} + \theta^2 C)^2} \times \right. \right. \\ \left. \times \frac{k_{fw}^2}{k_{fw}^2 + (\beta^2 k_{fb} + \theta^2 C)^2} \left[ \frac{d(E_i - E_f)}{dk_{\parallel}} \right]^{-1} \right\}_{k_{\parallel}=k_{R0}}, \quad (19)$$

որտեղ  $k_{\parallel 0}$ -ն հանդիսանում է

$$E_i(k_{\parallel}) - E_f(k_{\parallel}) - \hbar\omega = 0 \quad (20)$$

հավասարման լուծումը:

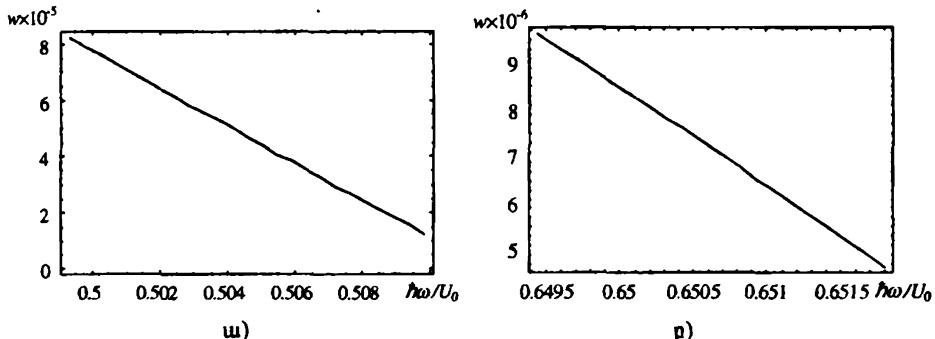
3. Ստացված արդյունքների քննարկումը: Հաշվարկները կատարենք  $GaAs / AlAs / Al_x Ga_{1-x} As$  կառուցվածքով քվանտային փոսի համար, որն ունի հետևյալ պարամետրերը՝  $a = 75\text{\AA}$ ,  $U_0 = 250 \text{ meV}$ ,  $m_w = 0.067 m_0$ ,  $m_b = 0.092 m_0$ ,  $m_c = 0.15 m_0$ : Պարամետրերի նման ընտրության դեպքում ԶՓ-ում գոյություն ունեն երեք կապված վիճակներ: Նկ. 2-ում պատկերված են առաջին և երրորդ էներգետիկական մակարդակների միջև տարրերությունը և օսիկյալատորի ուժը կախված  $\eta = \lambda k_{\parallel} \cdot \hbar g$ , որտեղ  $\lambda = \frac{\hbar}{\sqrt{2m_w U_0}}$ :



Նկ. 2:ա) էներգետիկ մակարդակների տարրերությամ և բ) օսիկյալատորի ուժի կախվածությունները  $\eta$ -ից  $C$ -ի տարրեր արժեքների համար. 1.  $\lambda C = 0$ , 2.  $\lambda C = 0.1$ , 3.  $\lambda C = 0.2$ :

Քանի որ փոսի և արգելքների տիրույթում էլեկտրոնի էֆեկտիվ գանգվածները տարրեր են, ապա էֆեկտիվ պոտենցիալ էներգիան փոփոխվում է  $\tilde{k}_{\parallel}$  ալիքային վեկտորի փոփոխությամ հետ: Այն իր հերթին հանգեցնում է ԶՓ-ում յորաքանչյուր էներգետիկական ենթագոտու փոփոխությանը: Քանի որ էլեկտրոնի էներգիայի կախվածությունը  $\tilde{k}_{\parallel}$ -ից կրում է ոչ պարաբոլական բնույթ, ապա պարզ է, որ  $\tilde{k}_{\parallel}$ -ի տարրեր արժեքների դեպքում երկու էներգետիկ մակարդակների միջև տարրերությունը հաստատում չէ (նկ. 2, ա): Այդ հանգամանքը հանգեցնում է նաև մակարդակների միջև անցումների օսիկյալատորի ուժի փոփոխությանը՝ կախված  $\tilde{k}_{\parallel}$ -ից (նկ. 2, բ):

Նկ. 3-ում պատկերված է ֆուտոնների օպտիկական կլանման քվանտային էֆեկտիվությունը կախված ընկանող լույսի հաճախությունից ծննան պոտենցիալ արգելուների  $C$  հզորության տարբեր արժեքների դեպքում: Այս գրաֆիկներից երևում է, որ  $C$  մեծացման գուգընթաց ֆուտոնների օպտիկական կլանման քվանտային էֆեկտիվությունը փոքրանում է: Ֆիզիկական տեսակետից այդ արդյունքը հասկանալի է:



Նկ. 3: Ֆուտոնների օպտիկական կլանման քվանտային էֆեկտիվության կախվածությունը նրանց հաճախությունից  $C$ -ի տարբեր արժեքների համար. ա)  $\lambda C = 0$ , բ)  $\lambda C = 0.2$ :

$C$  հզորության մեծացման հետևանքով էլեկտրոնի ալիքային ֆունկցիան ավելի քիչ է քափանցում արգելքային տիրությունը: Վերջինիս պատճառով էլեկտրոնի էֆեկտիվ զանգվածի տարածական փոփոխության ազդեցության էֆեկտը փոքրանում է, որն էլ հանդենում է ֆուտոնների օպտիկական կլանման քվանտային էֆեկտիվության փոքրացմանը: Օգտվելով  $\alpha = \omega / 2a$  կլանման գործակցի սահմանումից՝ նկատում ենք, որ այս դեպքում կլանման գործակիցը նիշենում շատ փոքր է շ-քեռացված լույսի ազդեցությամբ կապված վիճակից քվազիկապված վիճակների անցման կլանման գործակիցի [12]: Կլանման սպեկտրի լայնությունը նույնականացնելու համար կապված վիճակների միջև օպտիկական անցումների հետ:

Հեղինակը շնորհակալություն է հայտնում պրոֆեսոր Ս. Պետրոսյանին քննարկումների համար:

Աշխատանքը կատարվել է ՀՀ կրթության և գիտության նախարարության կողմից ֆինանսավորվող 2000-41 գիտական թեմայի շրջանակներում:

Կիսահաղորդչամերի և պիէլէկտրիկամերի  
փիզիկայի ամբիոն

Ստացվել է 07.03.2001

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- Levine B. F. – J. Appl. Phys., 1993, v. 74, p. R1.
- Osipov V. V. – Serzhenko F. L. and Shadrin V. D. – Sov. Phys. Semicond. 1989, v. 23, No. 5, p. 509.
- Liu H. C., Capasso F. Intersubband Transition in Quantum Wells: In Sem. and Semimet., New York, Academic Press, 1999, v. 62, p. 99.
- Yang R. Q. – Phys. Rev. 1997, v. B52, p. 11958.
- Schneider H., Koidl P., Fuchs F., Dischler B., Schwarz K. and Ralston J. – Semicond. Sci. Technol., 1991, v. 6, p. C120.
- Schneider H., Fuchs F., Dischler B., Ralston J. and Koidl P. – Appl. Phys. Lett. 1991, v. 58, p. 2234.
- Bastard G. Wave mechanics applied to semiconductor heterostructures, Les Ulis Cedex, Edition de Physique, 1989.
- De Andrada e Silva E., La Rocca G. C. and Bassani F. – Phys. Rev., 1997, v. B55, p. 16293.
- Ikonić Z., Milanović V., Tjapkin D., and Pajević S. – Phys. Rev., 1988, v. B37, p. 3097.
- La Rocca G.C. and Cardona M. – Phys. Status Solidi (b), 1991, v. 167, p. 115.

11. Bohm D. – Quantum Theory, New York, Prentice-Hall, 1951, p. 257.
12. Durinyan K., Petrosyan S. – Superlat. and Microstr., 1999, v. 26, No. 4, p. 263.

К. Г. ДУРИНЯН

## ВНУТРИПОДЗОННОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ Х-ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА В КВАНТОВОЙ ЯМЕ С ДВОЙНЫМИ $\delta$ -ОБРАЗНЫМИ БАРЬЕРАМИ

### Резюме

В работе рассмотрено явление межподзонного поглощения  $x$ -поляризованного света в квантовой яме, окруженной  $\delta$ -образными барьерами, обусловленного координатной зависимостью эффективной массы. Получены аналитические выражения для сил осцилляторов электронных переходов под влиянием  $x$ -поляризованного света и квантовой эффективности оптического поглощения фотонов. Показано, что увеличение мощности окружающих  $\delta$ -образных барьеров приводит к уменьшению поглощения.

K. H. DURINYAN

## INTERSUBBAND ABSORPTION OF $X$ -POLARIZED LIGHT IN QUANTUM WELL WITH DOUBLE $\delta$ -LIKE BARRIERS

### Summary

The phenomenon of intersubband absorption of  $x$ -polarized light in quantum well with double  $\delta$ -like barriers, caused by the electron effective mass coordinate dependence is considered. Analytical expressions for the oscillator strength for intersubband transitions and quantum efficiency of the optical absorption of photons under the influence of  $x$ -polarized light are obtained. It is shown that the absorption decreases with the increase of the opacity of surrounding  $\delta$ -like barriers.

Химия

УДК 541.64:542.952

Е.А. КАЗОЯН, Э.Р. САРУХАНЯН, Ш.А. МАРКАРЯН

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИАКРИЛОНИТРИЛА,  
ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ  
ИНИЦИАТОРОВ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

С помощью спектральных методов (ИК, УФ, ЯМР), элементного анализа и рентгенографии изучены физико-химические свойства поликарбонитрилов, синтезированных в присутствии нитратов алюминия и меди. Установлено, что полученные анионные полимеры в отличие от полимеров, полученных радикальным механизмом, более аморфны и изотактичны.

В предыдущих работах [1,2] нами была исследована полимеризация акрилонитрила в присутствии солей в растворах диметилсульфоксида (ДМСО) и показано, что инициирование полимеризации происходит анионным механизмом за счет нуклеофильного присоединения аниона соли к акрилонитрилу.

В данной работе приведены физико-химические характеристики поликарбонитрила (ПАН), полученного в присутствии нитратов алюминия и меди. Известно, что ПАН является термостойким и устойчивым полимером и основой для получения наиболее прочных углеродных и графитовых волокон, а также эффективных жаростойких фильтров. Поэтому изучение физико-химических свойств этого полимера и определение молекулярных характеристик ПАН имеют практическое значение. Кроме того, к различающимся особенностям полимеров относят и разветвленность макромолекул и наличие в них циклических фрагментов, способных приводить к некоторой специфичности свойств ПАН в отношении растворимости, поведения в растворах и возможности конформационных превращений макромолекул [3,4].

**Экспериментальная часть.** Поликарбонитрил синтезировали в массе мономера и в растворе диметилсульфоксида (ДМСО) при температуре 60°C в присутствии нитратов алюминия и меди ( $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  ( $C = 3,5 \cdot 10^{-4}$  моль/л) и  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ( $C = 1 \cdot 10^{-2}$  моль/л)). Обезгаживание системы осуществляли путем трехкратного замораживания и размораживания реакционной смеси и откачки растворенного в ней воздуха до остаточного давления  $10^{-4}$  мм. рт. ст. Полимеры были выделены осаждением из реакционной смеси в спирте (или в воде). Их фильтровали, несколько раз отмывали водой и сушили вначале на воздухе при 60°C, потом в вакууме до постоянной массы. Из этих сухих порошкообразных полимеров сделали разные образцы для исследования физико-химических свойств.

Молекулярную массу полимеров определяли вискозиметрическим методом. Характеристическую вязкость измеряли в капиллярном вискозиметре Уббелоде при 25°C. Порошкообразный полимер, интенсивно перемешивая магнитной мешалкой и нагревая до 60°C, растворяли в ДМСО. Растворы и растворители перед измерениями термостатировали при 25°C в течение 1 ч. Молекулярную массу рассчитывали по формуле Марка–Куна–Хаувинка:  $[\eta] = 2,33 \cdot 10^{-4} M^{0,75}$  [5]. Средняя молекулярная масса полученных полимеров составляла  $M \approx 1,08 \cdot 10^6$ , что находится в соответствии с литературными данными для анионных полимеров.

Способ определения катионов  $Al^{3+}$  и атомов серы в молекулах полученных полимеров приведен в работе [6].

Для анализа ИК-спектров были приготовлены образцы в виде пленок. Для приготовления последних брали определенное количество полимера и, интенсивно их перемешивая и нагревая до 60°C, растворяли в ДМСО (2%-ный раствор). Раствор заливали в чашку Петри, ставили на ровное место и оставляли на несколько дней. Пленку вначале высушивали при 60°C, потом в вакуум-эксикаторе. Сухими пленками снимали ИК-спектры поглощения, которые регистрировали на спектрофотометре FT - IR NEXUS / Nicolet по программе OMNIC 5.1. Была применена также техника полного внутреннего отражения с использованием кристаллов ZnSe: угол падения 45°, диапазон измерения 4000 – 650  $\text{см}^{-1}$ .

Образцы в виде пленок использовали и в методе УФ-спектроскопии. Электронные спектры поглощения записывали на спектрофотометре «Specord 50 PC».

Для снятия спектров  $H^1$  ЯМР были приготовлены 5%-ные (по массе) растворы ПАН. В качестве растворителя использовали ДМСО и смесь NaCNS –  $D_2O$  (50% по массе). Спектры  $H^1$  ЯМР растворов ПАН записывали на спектрометре Мегсигу-300 ВВ на частоте 300  $MHz$ .

Были приготовлены образцы и для рентгенографии. Образцы снимались на рентгеновской камере RKCO с излучением  $CuK_{\alpha}$ .

**Результаты и их обсуждение.** В расчетах элементного анализа из количества израсходованного «К-III» следует, что ионы  $Al^{3+}$  целиком остались в растворе. Это означает полное отсутствие ионов  $Al^{3+}$  в полимере. Экспериментальные данные показывают, что активными инициаторами полимеризации акрилонитрила являются не ионные пары  $Al^{3+}; NO_3^-$ , а только анионы. Эти данные, в свою очередь, свидетельствуют, что в реакции роста цепи участвуют анионы  $NO_3^-$ .

На основании данных элементного анализа показано отсутствие серы в образцах полимеров, т. е. ДМСО не входит в состав полученного полимера.

На рис. 1 представлены ИК-спектры пропускания разных ПАН, синтезированных радикальными и анионными инициаторами. В спектрах отчетливо проявляются полосы поглощения валентных колебаний  $CH_2$  ( $2939 \text{ см}^{-1}$ ),  $CH$  ( $2871 \text{ см}^{-1}$ ) и  $CN$  ( $2242 \text{ см}^{-1}$ ), а также деформационных колебаний  $CH_2$  ( $1455 \text{ см}^{-1}$ ) и  $CH$  ( $1361$ – $1356 \text{ см}^{-1}$ ). Видны в них и полосы, обусловленные оставшимися в полимерных пленках молекулами ДМСО ( $1045 \text{ см}^{-1}$  для  $S=O$  и  $951 \text{ см}^{-1}$  для маятниковых колебаний  $CH_3$  групп). Сравнивая ИК-спектры полимерных пленок со спектрами чистого ДМСО, наблюдаем сдвиг полос поглощения  $S=O$  и  $CH_3$  групп на  $\sim 13 \text{ см}^{-1}$  в сторону более низких частот. Это может быть обусловлено тем, что макромолекулы ПАН в

ДМСО образуют ассоциаты, которые обратимо разрушаются только при  $140^{\circ}\text{C}$  [4]. В спектрах проявляется и характерная полоса кристалличности  $764\text{ см}^{-1}$ , соответствующая комбинированным колебаниям групп  $\text{C}-\text{CN}$  и  $\text{CH}_2$ , которая имеет слабую интенсивность. Присутствие этой полосы может свидетельствовать о наличии в полимере физической сетки с кристаллическими узлами, что соответствует литературным данным [7].

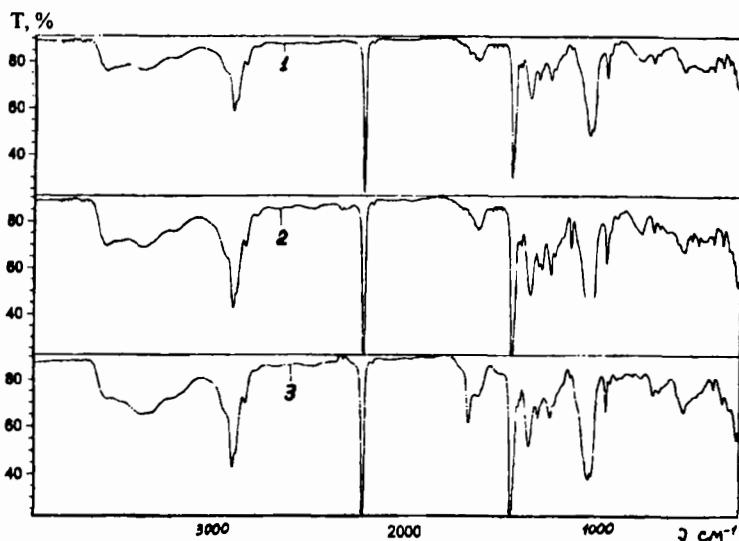


Рис. 1. ИК-спектры пропускания различных образцов ПАН, полученных при радикальной полимеризации (1) и при использовании солей в качестве инициаторов:  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  (2),  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (3).

УФ-спектральное исследование (рис. 2), в свою очередь, доказало отсутствие циклических фрагментов в полимере, так как поглощение в области  $230\text{--}300\text{ нм}$  (что нами не обнаружено) обусловлено циклическими структурами его строения [8,9]. Высказанное предположение о строении полимера подтверждается и тем, что в ИК-спектрах полоса поглощения  $-\text{C}\equiv\text{N}$  четко проявляется на частоте  $2242\text{ см}^{-1}$  и не регистрируются полосы, соответствующие циклическим структурам [9].

Аморфность полимеров подтверждается рентгенографическими анализами. Методом рентгенографии [10] определяют степень кристалличности образцов ПАН, полученных радикальной и анионной полимеризацией. На рентгенограммах для радикальных и анионных полимеров наблюдаются дифракционные кольца, свидетельствующие о наличии кристаллической фазы. По этим рентгенограммам получены микрофотометрические кривые. Дифракционное кольцо появляется в области радиуса  $r=13\text{ мкм}$ , что соответствует  $2\theta=17^{\circ}, \theta=8.5^{\circ}$ . По микрофотометрическим кривым определяют степень кристалличности исследованных образцов. Для этого выбирается интервал углов  $11\text{--}14^{\circ}$ , где появляется дифракционный максимум. Очевидно, что кристаллическая фаза пропорциональна интегральной интенсивности под дифракционным пиком, а оставшаяся аморфная часть – дифракционному фону, определяемому в интервале от  $9\text{--}16^{\circ}$ . Относительная

степень кристалличности определяется по формуле  $A = \frac{Ik}{Ia} = 100\%$  [10], где

$Ik$  – интегральная интенсивность кристаллической фазы,  $Ia$  – интегральная интенсивность аморфной фазы. Согласно полученным результатам  $A_{\text{рад}} = 50\%$ , а  $A_{\text{ах}}$  = 41%.

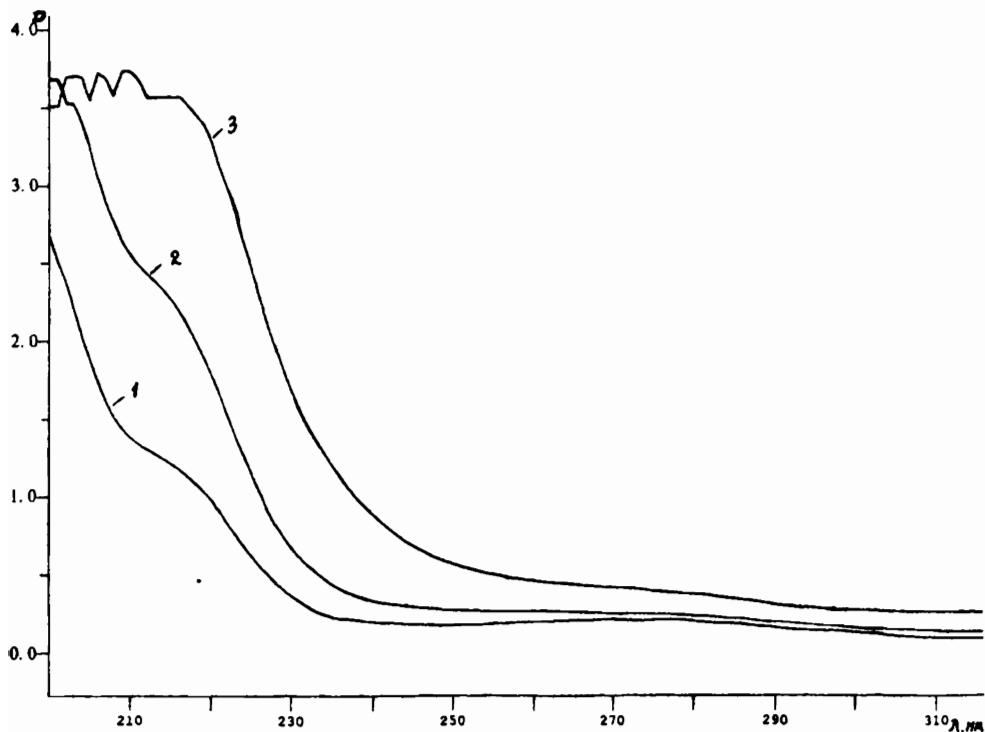


Рис. 2. УФ-спектры различных образцов ПАН, полученных при радикальной полимеризации (1) и при использовании солей в качестве инициаторов:  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  (2),  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (3).

В качестве иллюстрации на рис. 3 приведен спектр  $^1\text{H}$  ЯМР полиакрилонитрила, полученного в анионных системах в растворе ДМСО –  $d_6$  при  $60^\circ\text{C}$ . При использовании спектров ЯМР дейтерированных полимеров в работе [11] установлено в молекулах полиакрилонитрила существование мезо- и рацемических  $\beta$ -метиленовых протонов. Кроме того, резонансные сигналы метиленовых протонов проявляются в виде двух триплетов: один – за счет синдиотактических метиленовых групп, а другой – изотактических. Тактичность полиакрилонитрила определяется соотношением интенсивностей этих триплетов. Полимеры, которые были получены с радикальными инициаторами, приблизительно на 75%-ов синдиотактичны, а те, что синтезировались по анионному механизму, более изотактичны, но не имеют ярко выраженной стереорегулярности. Спектры ЯМР полученных полимеров также характеризуются двумя мультиплетами: один – за счет метиленовых протонов на  $\delta = 2,1$  м.д. и второй – метиновых протонов на  $\delta = 3,14$  м.д. Мультиплет метиновых протонов представляет из себя квинтет, а мультиплет метиленовых

протонов проявляется в виде наложения двух триплетов. Следует отметить, что общий вид спектров и тактичность полученных полимеров совпадают с аналогичными данными [11].

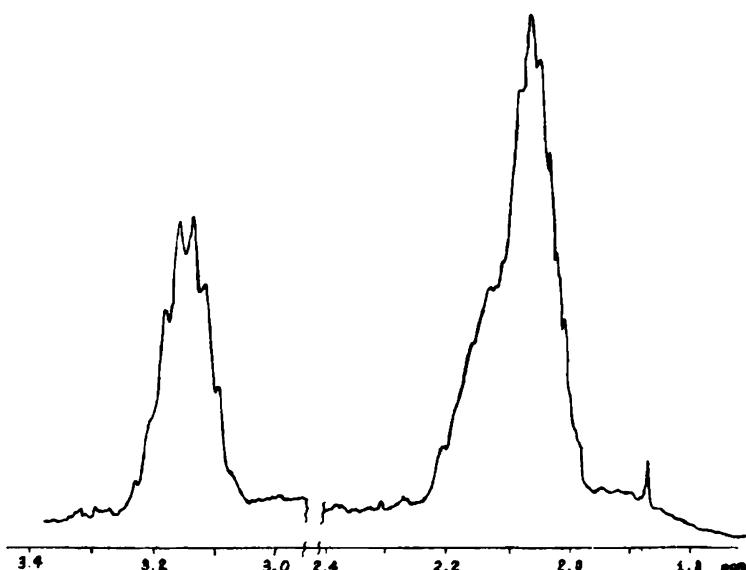


Рис. 3 . ЯМР-спектр ПАН, полученный при использовании  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  в качестве инициатора в растворе ДМСО.

Авторы выражают признательность А. Мартиросян за оказанную помощь в рентгеноструктурных исследованиях.

Кафедра физической химии

Поступила 04. 04. 2001

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маркарян Ш.А., Саруханян Э.Р., Казоян Е.А. – ВМС, серия Б, 1995, т. 37, №1, с. 163-165.
2. Маркарян Ш.А., Саруханян Э.Р., Чшмаритян Д.Г., Сеферян Г.М., Казоян Е.А. – Арм. хим. журн., 1992, т.45, №3/4, с.300.
3. Клименко Н.Б., Платонова Н.В., Новоселова А.В., Майбуров С.П., Згонник В.Н. – ВМС, серия А-Б, 1995, т. 37, № 6, с. 969А- 973А.
4. Дубровина Л.В., Бронштейн Л.М., Брагина Т.П., Валецкий П.М. – ВМС, серия А, 1998, т. 40, № 3, с. 472-477.
5. Новоселова А.В., Згонник В.Н., Сазанов Ю.Н., Любимова Г.В., Орлова Г.А., Широков Н.А. – ВМС, серия А, 1992, т. 34, № 3, с. 59.
6. Вайбель С. – Идентификация орг. соединений. М.: Изд-во ИЛ, 1957, с. 39.
7. Похомов П.М., Алексеев В.Г., Ларинова Н.В., Пакшвер Э.А. – ВМС, серия Б, 1997, т. 39, № 4, с. 748 – 750.
8. Карпачева Г.П., Земцов Л.М., Бондаренко Г.Н., Литманович А.Д., Плате Н.А. – ВМС, серия А, 2000, т. 42, № 6, с. 954–960.
9. Румянская И.Г., Агранова С.А., Новоселова А.В., Романова Е.П., Френкель С.Я. – ВМС, серия Б, 1999, т. 41, № 7, с. 1195–1199.
10. Мартынов М.А., Вылегжанина К.А. – Рентгенография полимеров, Метод. пособие для пром. лаб. Л.: Химия, 1972.
11. Yoshino T., Kenjo H., Kuno K. – J. Polymer Sci. 1967, Part B, v.5, p. 703.

ԱԼԵՅՈՒՄԻՆԻ ԵՎ ՊՊՆՁԻ ՆԻՏՐԱՏՆԵՐԻ ՄԱՍՆԱԿՑՈՒԹՅԱՄԲ ՍՏԱՑՎԱԾ  
ՊՈԼԻԱԿՐԻԼԱՆԻՏՐԻԼԻ ՖԻԶԻԿԱՔԻՍԻԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

### Ամփոփում

Սպեկտրալ մեթոդների (ԻԿ, ՈՒՄ և ՍՄՌ), էլեմենտար անալիզի և ռենտգենօք-  
րաֆիայի օգնությամբ ուսումնասիրվել են այումինի և պղնձի նիտրատների առկա-  
յությամբ սինթեզված պոլիակրիլանիտրիլի հատկությունները։ Հաստատված է, որ  
ստացված անիոնային պոլիմերները, ի տարբերություն այն պոլիմերների, որ ստաց-  
վել են ռադիկալային մեխանիզմով, ավելի ամորֆ և իզոտակտիկ են։

E.H. GHAZOYAN, E.R. SARUKHANYAN, SH.A. MARKARIAN

### PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF THE POLYACRYLONITRILE SYNTHESISED WITH THE USE OF SALTS AS INITIATORS OF POLYMERIZATION

#### Summary

The physicochemical properties of polyacrylonitriles, syntheses in the presence of the nitrates of aluminium and copper with the use of spectral methods (IR, UV, NMR), element analysis and X-ray photography have been investigated. It was shown that these polymers are more amorphous and more isotactic than the polymers prepared by the radical mechanisms.

Химия

УДК 541.64;541.12;678.02

М.Л. ЕРИЦЯН, Р.А. КАРАМЯН, Ф.О. КАРАПЕТЯН, Н.М. БЕЙЛЕРЯН

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА  
НЕОРГАНИЧЕСКИМИ И ОРГАНИЧЕСКИМИ КИСЛОТАМИ

Проведена модификация поливинилового спирта марки 7/2 минеральными и органическими кислотами в водных растворах. Определены оптимальные условия проведения процесса модификации. Благодаря содержанию реакционноспособных функциональных групп и наличию трехмерной структуры продукт обладает повышенной способностью водопоглощения. Модифицированные образцы исследованы методом ИК-спектроскопии.

Поливиниловый спирт (ПВС) является одним из водорастворимых синтетических высокомолекулярных соединений за счет имеющихся в нем гидроксильных групп. ПВС может подвергаться различным превращениям аналогично полимерам, приводящим к образованию новых продуктов, обладающих различными свойствами. По модификации ПВС имеется немало публикаций [1–3]. Согласно этим работам, выбор способа модификации ПВС зависит от сути поставленных конкретных задач. Такими задачами являются: получение нитей, веществ, используемых в лаковой промышленности, создание новых kleевых композиций и т. д. [4].

Нами поставлена задача – модифицировать ПВС неорганическими и органическими кислотами с целью получения полимеров, обладающих высокой водопоглащающей способностью.

Модификация ПВС соответствующими реагентами проводилась в водных растворах при строгом соблюдении количественных соотношений звеньев  $-\text{CH}_2-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{CH}_2}{\text{CH}}}-$  и модификаторов (см. табл. I). В качестве модификаторов

нами использованы: ортофосфорная кислота, ее кислые соли, акриловая и полиакриловая кислоты (ПАК), их соли, малеиновый ангидрид (МА). Как видно из табл. 1, в зависимости от природы модификатора максимальное содержание последнего в составе ПВС разное и колеблется в широком интервале от 2 до 26% (от исходного содержания модификатора). Следует отметить также, что независимо от исходного содержания модификаторов в ПВС (кроме ПАК) и времени проведения прививки, гелеобразования не наблюдается, т.е. в присутствии указанных модификаторов трехмерная сетка не образуется. Однако при модификации ПВС полиакриловой кислотой в водном растворе ПВС при увеличении концентрации ПАК (см. табл. I) через 20–28 мин. от начала процесса из раствора выделяется каучукоподобный набухший гель. После сушки его водопоглащающая способность не восстанавливается. На рисунке иллюстрирована водопоглащающая способность

Таблица 1

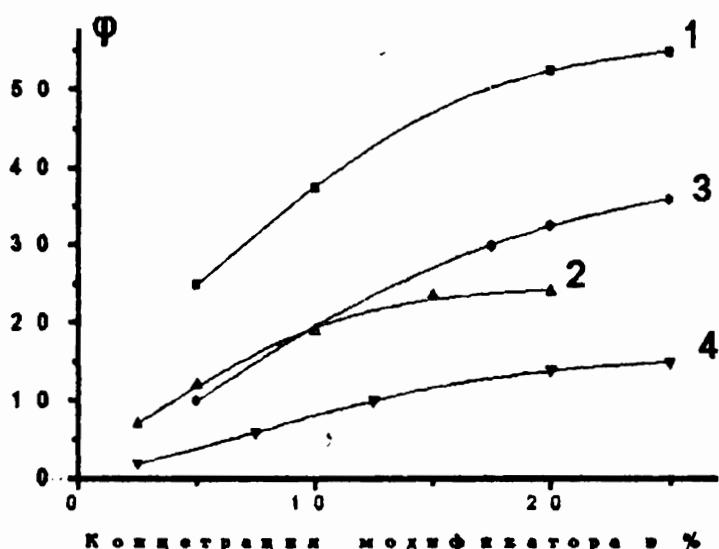
Условия модификации ПВС соответствующими модификаторами в интервале температур 95 + 100°C

Модификатор	Мольное соотношение: модификатор/ ВСЗ*	Количество привившегося модификатора к ПВС от его исходного содержания, %	Время модификации (ч)
$H_3PO_4$	0,1	3,6	3,5
	0,3	7,7	
	0,7	18,13	
	0,8	20,2	
	0,9	20,3	
	1,0	20,3	
$KH_2PO_4$	0,1	2,8	5,0
	0,3	6,8	
	0,5	12,7	
	0,6	12,75	
	0,7	12,7	
МА	0,3	9,6	7,0
	0,5	14,7	
	0,8	20,9	
	1,0	23,0	
	1,2	25,5	
	1,4	26,0	
ПАК	1,5	26,0	10,0
	0,05	3,9	
	0,07	13,7	
	0,1	20,3	
	0,12	20,3	
	0,15	20,4	

Примечание: \* ВСЗ –  $-\text{CH}_2-\overset{\text{OH}}{\underset{\text{CH}}{\text{CH}}}-$  звенья в ПВС.

(φ) образцов привитых ПВС в зависимости от содержания модификаторов в них.

Из рисунка следует, что φ модифицированного полимера повышается, если вместо кислоты использовать ее водорастворимую соль (напр., при за-



Зависимость водопоглощающей способности  $\Phi$  от концентрации модификаторов: 1)  $H_3PO_4$ , 2)  $KH_2PO_4$ , 3) МА, 4) ПАК.

мене  $H_3PO_4$  на  $KH_2PO_4$ ). Отсюда следует, что если модифицированные кислотами полимеры обрабатывать водным раствором щелочи, повышается их водопоглащающая способность, кроме того, эти полимеры можно перевести из каучукоподобного состояния в порошок. Из рисунка следует также, что можно оценить оптимальное количество модификатора в ПВС, которое обеспечивает максимальную водопоглащающую способность. В частности для  $H_3PO_4$  этот предел составляет 20–25% от общего содержания звеньев  $-\text{CH}_2-\text{CH(OH)}$  в ПВС, 10–12,7% – в случае  $KH_2PO_4$ , 25–26% – для

МА и 20–20,4% – для ПАК. В дальнейшем модифицированные образцы с оптимальными составами обрабатывались водным раствором  $NaOH$  и исследовалась их поглощающая способность. Эти данные приводятся в табл. 2. Из проведенных нами исследований можно заключить, что для достижения максимального эффекта необходимо вводить в состав ПВС активные ионогенные группы и в процессе модификации обеспечивать образование такой пространственной сетки, которая позволила бы свободную диффузию молекул воды в межузловое пространство полимерных сеток.

Таблица 2

Зависимость степени водопоглощения полимеров  
от содержания вводимого в них  $NaOH$

ПВС модифицированный	Содержание привившегося модификатора от общего ВСЗ в полимере, %	$NaOH$ от содержания модификатора в полимере, %	Водопоглощение ( $\varphi$ ), г воды на 1г полимера
$H_3PO_4$	25,0	5	15
	"	10	22
	"	15	27
	"	20	29
	"	25	Р.П.*
$KH_2PO_4$	12,5	3	29
	"	5	38
	"	10	Р.П.
МА	25	5	42
	"	8	51
	"	15	58
	"	20	62
	"	25	Р.П.
ПАК	20**	5	55
	"	10	67
	"	13	74
	"	18	79
	"	20	Р.П.

Примечания: \* Р.П. – начало растворения полимера.

\*\* Содержание –  $COOH$  групп в полимере от общего количества ВСЗ в ПВС.

**Экспериментальная часть.** ИК-спектры полимеров сняты на приборе UR-20. Во всех экспериментах использовался ПВС марки 16/1. Применялись  $H_3PO_4$  и  $KH_2PO_4$  марки ч. д. а. Малеиновый ангидрид очищался сублимацией (т. пл.  $52,8^\circ C$ ), акриловая кислота очищалась согласно [5] и использовалась фракция с  $n_D^{20} = 1,4224$ . ПАК получена радикальной полимеризацией акриловой кислоты в воде, инициированной персульфатом аммония по ме-

тодике, описанной в [6]. Средняя молекулярная масса ПАК определялась вискозиметрически [7]. Использовались образцы ПАК с  $\bar{M}$ , равным 80000. Содержание модификатора ПВС определялось по формуле

$$X = \frac{m_1 - m_0}{m_1} \cdot 100,$$

где  $m_1$  – масса полимера после модификации и  $m_0$  – масса ПВС до модификации.

$\varphi$  – определяют гравиметрическим методом.

Опыты проводились следующим образом: 2,5 г ПВС растворяются в 18 мл воды. Затем, не прекращая перемешивания, в зависимости от условий опыта постепенно вводятся  $5,9 + 0,6$  г ( $0,06 - 0,006$  моля)  $H_3PO_4$  или  $5,37 + 0,77$  г ( $0,04 + 0,056$  моля)  $KH_2PO_4$ , растворенного в 71,6 мл воды. Температуру реакционной массы доводят до  $95 \pm 98^\circ C$  и при этой температуре продолжают перемешивание 4,5–5 часов, после чего ее охлаждают. Общую массу делят на две равные части. Одну часть, нагретую до  $50 - 60^\circ C$ , обрабатывают водным раствором  $NaOH$ , концентрация которого указана в табл. 2. Из обеих частей отгоняют воду и выделившийся полимер неоднократно промывают водой, этиловым спиртом и ацетоном. Полимер сушат при остаточном давлении, равном 1,5–2 мм рт.ст., при температуре  $55 - 60^\circ C$  до постоянной массы. Модифицированный ортофосфорной кислотой ПВС – белого цвета, эластичен. Модифицированные дигидрофосфатом калия продукты, а также полимеры, обработанные водным раствором  $NaOH$ , – белые, хрупкие порошки. В ИК-спектрах образцов модифицированных полимеров обнаружены следующие полосы поглощения в  $\text{см}^{-1}$ : 1240–1260 ( $-\text{O}-\text{P}-\text{O}-$ ), 1720–1750 ( $-\text{O}-\overset{\text{||}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{CH}_3$ ), 3240–3380 (ОН).



**Модификация ПВС малеиновым ангидридом (МА).** Модификация проводилась согласно вышеописанному методу с той разницей, что при постоянстве количества ПВС (2,5 г ПВС, растворенного в 18 мл воды) в зависимости от условий опытов варьировали количество МА (от 1,8 до 8,825 г, или  $0,018 + 0,09$  моля). Модифицированные полимеры неоднократно промывали водой, этиловым спиртом и ацетоном. Продукты реакции сушили под вакуумом (в остаточном 1,5–2 мм рт. ст.) при  $55 - 60^\circ C$  до постоянной массы. Выделяется белый продукт с желтым оттенком.

В ИК-спектрах обнаружены следующие поглощения в  $\text{см}^{-1}$ : 1300–1400, 1610–1560 ( $-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-$ ), 1620–1710 ( $-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{H}$ ), 1710–1730 ( $\text{O}-\overset{\text{||}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{CH}_2$ ), 3100–3400 (ОН).

**Модификация ПВС полиакриловой кислотой.** 2,5 г ПВС, растворенного в 18 мл воды, взаимодействуют соответственно с  $0,086 + 0,65$  г ( $0,0012 - 0,009$  моля по акриловокислотным звеньям) ПАК, растворенной в 50 мл воды.  $pH$  реакционной массы доводят до 1,5–2 соляной кислотой и при температуре  $95 - 98^\circ C$  перемешивают 5, 5–7 часов; через 5–5,5 часа от начала реакции наблюдаются гелеобразование и резкое повышение вязкости реакционной массы. Последнюю разделяют на две части, при непрерывном перемешивании к одной части постепенно прибавляют рассчитанное коли-

чество (см. табл. 2) водного раствора  $NaOH$  до  $pH = 8,5+9$ . Из обеих частей под вакуумом отгоняют воду и осадок неоднократно промывают сначала водой, а затем этиловым спиртом и ацетоном. Продукты сушат под вакуумом (1,5–2 мм рт. ст.) при 55–60°C до постоянной массы. Выделяется белый продукт с желтым оттенком.

В ИК-спектрах обнаружены следующие поглощения в  $\text{см}^{-1}$ : 1300–1400, 1610–1560 ( $\text{C=O}$ ), 1690–1710 ( $\text{C=O}$ ), 1710–1730 ( $\text{O-C=O}$ ), 3100–3400 (OH).

Армпединститут, ЕГУ

Поступила 29.03. 1999

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ушаков С.Н. Поливиниловый спирт и его производные. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1960, с.279–390.
2. Subramanian Srinivas, Les. Sunggyn. – J. Appl. Polym. Sci, 1998, №5, p. 10001.
3. Островская В.М., Тризно В.П., Мнацаканов С.С., Розенберг М.Э. – ВМС, 1968, т. 10(Б), №9, с. 685.
4. Розенберг М.Э. Полимеры на основе винилацетата. Л.: Изд-во Химия, 1983, с. 164.
5. Пат. 5668078, США (Sumiya Tokashi, Koike Masanori, Tanaka Kenji), 1997.
6. Рафиков С.Р., Павлова С.А., Твердохлебова И.И. Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 281.
7. Цян Жень-Юань. Определение молекулярных весов полимеров М.: Изд-во иностр. лит., 1962, гл. III.

Մ.Լ. ԵՐԻՑՅԱՆ, Ռ.Ա. ՔԱՐԱՄԱՆ, Ֆ.Հ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ն.Մ. ԲԵՅԼԵՐՅԱՆ

ՊՈԼԻՎԻՆԻԼՍՖԻԼԻՑԻ ՄՈԴԻՖԻԿԱՑՈՒՄ ՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ԵՎ  
ԱՆՕՐԳԱՆԱԿԱՆ ԹԹՈՒՄՆԵՐՈՎ

## Ամփոփում

Ջրային միջավայրում ուսումնասիրված է 7/2 մակարդիք պոլիվինիլսպիրտի (ՊՎՍ) մոդիֆիկացիան օրգանական և անօրգանական թթուներով:

Որոշված են մոդիֆիկացման արդյունավետ պայմանները: Պոլիմերը՝ շնորհիվ եռաչափ կառուցվածք ունեցող ֆունկցիոնալ խմբերի պարունակության, օֆտված է բարձր ջրականիչ հատկությամբ: Սոդիֆիկացված նմուշները ուսումնասիրված են հիգ-սպեկտրոսկոպիական մեթոդով:

M.L. ERITZIAN, R.A. KARAMIAN, F.H. KARAPETIAN, N.M. BEYLERIAN

## MODIFICATION BY POLYVINYLALCOHOL BY INORGANIC AND ORGANIC ACIDS

### Summary

Due to the maintenance of reactionable functional groups and the existence of three-dimensional structure the polymer possesses a high ability of water absorption. The modified samples are studied by IR spectroscopy.

**Химия**

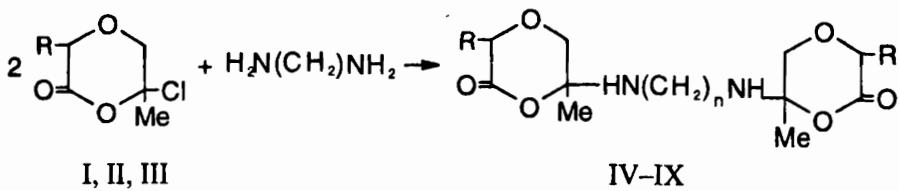
УДК 547.314+547.841

С.М. АКОПЯН, Г.П. ПИРУМЯН

**СИНТЕЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ  
2-ОКСО-3-АЛКИЛ-6-МЕТИЛ-1,4-ДИОКСАНОВ**

Взаимодействием 2-оксо-3-алкил-6-хлор-1,4-диоксанов с этилендиамином или гексаметилендиамином в мольных соотношениях 2:1 соответственно получены 1,2-*N*, *N'*-этан-бис-1,6-*N*, *N'*-гексан-2-оксо-3-алкил-6-метил-6-амино-1,4-диоксаны. А при взаимодействии этих же хлордиоксанонов с замещенными пирролин-2-онами получены *N*-(2-оксо-3-алкил-6-метил-1,4-диоксан)ил-3-алкил-4-метил-5-фенил- $\Delta^3$ -пирролин-2-оны. Изучено влияние алкильных заместителей на скорость образования *N*-диоксанонилзамещенного лактама.

Раннее нами осуществлен синтез 3,6-замещенных-1,4-диоксанонов и диоксенонов и исследованы некоторые экологические параметры полученных соединений [I]. Целью настоящего исследования является синтез новых производных 1,4-диоксанонов, которые могут обладать потенциально экоактивными свойствами. Для осуществления поставленной задачи нами синтезированы 1,2-*N*, *N'*-этан-бис-(IV, V, VI), 1,6-*N*, *N'*-гексан-бис-2-оксо-3-алкил-6-метил-6-амино-1,4-диоксаны (VII-IX) взаимодействием 2-оксо-3-алкил-6-метил-6-хлор-1,4-диоксанов (I-III) с этилендиамином или гексаметилендиамином в мольных соотношениях 2:1 соответственно при комнатной температуре:



n=2(I, IV R=H; II, V R=Me; III, VI R=Et);  
n=6(I, VII R=H; II, VIII R=Me; III, IX R=Et)

Строение полученных соединений подтверждено ИК- и ПМР-спектрами, а чистота их контролировалась ТСХ (см. табл. 1 и 2).

Соединения I, II, III взаимодействуют с 3-алкил-4-метил-5-фенил- $\Delta^3$ -пирролин-2-онами при 50–60°C, образуя *N*-(2-оксо-3-алкил-6-метил-1,4-диоксан)ил-3-алкил-4-метил-5-фенил- $\Delta^3$ -пирролин-2-оны. Строение последних подтверждено ИК-спектрами (табл. 3):

Таблица 1

## Характеристики соединений IV-VI

Соединение	Выход, %	T <sub>пл</sub> , °C	Найдено, %			Вычислено, %			ИК-спектр, см <sup>-1</sup>	ПМР, δ, м.д.	R <sub>f</sub>
			C	H	N	C	H	N			
IV	91,2	87-89	50,13	7,0	9,80	50,0	6,94	9,72	1692 (C=0) 1115(COC)	2,1-2,3, c(7H)	0,41
V	89,4	113	53,18	7,61	8,91	53,16	7,59	8,86	1690 (C=0) 1122(COC)	1,95-2,2 c(7H)	0,43
VI	93,5	95-96	55,83	8,15	8,20	55,81	8,14	8,14	1685 (C=0) 1115(COC)	2,1-2,4, c(7H)	0,43

Таблица 2

## Характеристики соединений VII-IX

Соединение	Выход, %	T <sub>пл</sub> , °C	Найдено, %			Вычислено, %			ИК-спектр, см <sup>-1</sup>	ПМР, δ, м.д.	R <sub>f</sub>
			C	H	N	C	H	N			
VII	95,3	110-112	55,78	8,11	8,10	55,81	8,14	8,14	1685 (C=0) 1117(COC)	2,1-2,4, c(7H)	0,43
VIII	90,5	125-126	57,11	8,32	7,78	56,98	8,38	7,82	1690 (C=0) 1120(COC)	—	0,44
IX	82,7	97-98	58,17	8,60	7,47	58,06	8,60	7,52	1700 (C=0) 1115(COC)	—	0,41

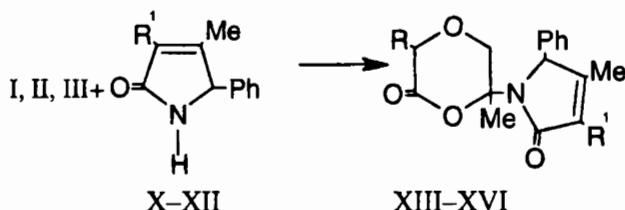
Таблица 3

## Характеристика соединений XIII-XVI

Соединение	Выход, %	T <sub>пл</sub> , °C	Найдено, %			Вычислено, %			ИК-спектр, см <sup>-1</sup>	R <sub>f</sub>
			C	H	N	C	H	N		
XIII	85,5	85-87	66,86	5,88	4,76	66,90	5,92	4,88	1720(C=0) 1113(COC) 1643 (C=C)	0,40
XIV	87,3	72-73	67,75	6,29	4,62	67,78	6,31	4,65	1720(C=0) 1115(COC) 1640 (C=C)	0,43
XV	78,6	98-99	68,55	6,62	4,40	68,57	6,66	4,44	1725(C=0) 1117(COC) 1645 (C=C)	0,42
XVI	65,7	73-75	67,73	6,29	4,58	67,78	6,31	4,65	1720(C=0) 1115(COC) 1645 (C=C)	0,45

С помощью корреляционного уравнения Тафта нами сделана попытка оценить влияние алкильных заместителей и в диоксаноне, и в лактаме, находящихся в различных положениях к реакционному центру, на скорость образования N-диоксанонилпирролиона. С этой целью экспериментально получена константа  $k_{01} = 0,1433$  (рис., кр. 1) скорости реакции при 30°C (когда  $R = H$ ,  $R = Me$ ). Принимая в качестве стандартного полученное нами  $k_{01}$  и учитывая, что в данной алифатической серии в уравнении Тафта  $\rho^* = 2,48$ ,  $\delta = 1$ , можно с помощью индукционных  $\sigma^*$ -констант и

стереических  $E_s$ -констант [2, 3] определить константы скоростей реакции для этильного ( $\kappa'_1$ ), пропильного ( $\kappa'_2$ ), бутильного ( $\kappa'_3$ ) заместителей в положении 3 в пирролиноне (ПРН):



X, XIII R=H, R'=H; XI, XIV R=H, R'=Me; XII, XV R=H, R'=Et; XVI R=Me, R'=H.

$$R = H, R = Et; \lg \frac{\kappa'_1}{0,143} = -0,318; \kappa'_1 = 0,069;$$

$$R = H, R = Pr; \lg \frac{\kappa'_2}{0,143} = -0,6452; \kappa'_2 = 0,032;$$

$$R = H, R = Bu; \lg \frac{\kappa'_3}{0,143} = -0,7124; \kappa'_3 = 0,0277.$$

Аналогичным способом на основании экспериментальных данных получена (см. рис., кр. 3) константа скорости реакции аминирования хлор-диоксанона (ХЛД). при 30°C (когда R = Me, R = H),  $\kappa_o = 0,075$ , и рассчитаны  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$ ,  $\kappa_3$  для этильного ( $\kappa_1$ ), пропильного ( $\kappa_2$ ), бутильного ( $\kappa_3$ ) заместителей в положении 3 в ХЛД:

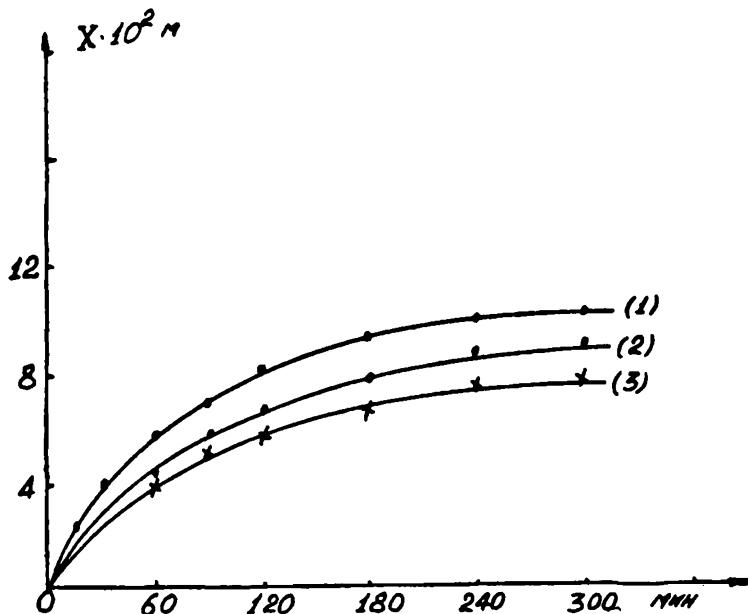
$$R = Et, R = H; \lg \frac{\kappa_1}{0,075} = -0,318; \kappa_1 = 0,036;$$

$$R = Pr, R = H; \lg \frac{\kappa_2}{0,143} = -0,6452; \kappa_2 = 0,017;$$

$$R = Bu, R = H; \lg \frac{\kappa_3}{0,075} = -0,7124; \kappa_3 = 0,0146.$$

Из вычисленных констант скоростей следует, что в среднем  $\bar{K}'$  в 1,89 раза больше  $\bar{K}$ , где  $\bar{K}' = (\kappa'_1 + \kappa'_2 + \kappa'_3)/3$  и  $\bar{K} = (\kappa_1 + \kappa_2 + \kappa_3)/3$ , т.е.  $\bar{K}' = 1,89\bar{K}$ . Наблюдаемая закономерность показывает, что изменение  $R^1$ -заместителя более существенно влияет на скорость реакции, чем R-заместители, находящиеся в ХЛД. Можно предположить, что такое изменение скорости вызвано уменьшением электрофильности карбонильной группы лактамного кольца из-за близкого расположения  $R^1$ -электронодонорных групп к реакционному центру по сравнению с R-группой (что сказывается на нуклеофильности атома азота в лактаме). В результате замедляется отщепление протона от азота. В свою очередь, это вызывает понижение реакционной

способности по отношению к нуклеофильной атаке, результатом чего является уменьшение скорости реакции при переходе от этильного производного к пропильному и далее – бутильному, симбатно – к величинам индукирования заместителя. Следует отметить, что при соответствующей замене  $R$  и  $R'$  в 3 положении ХЛД и ПРН порядок реакции не меняется.



Кинетические кривые реакции ХЛД-ПРН при 303К, где [ХЛД] – концентрация 2-оксо-3-алкил-6-метил-6-хлор-1,4-диоксана, [ПРН] – концентрация 3-алкил-4-метил-5-фенил- $\Delta^3$ -пирролин-2-она: кр. 1.  $R = H; R' = Me$ ;  
 $[ХЛД] = [ПРН] = 0,6M$ ; кр. 2.  $R^1 = Et; R = H; [ХЛД] = [ПРН] = 0,6M$ ;  
 кр. 3.  $R^1 = H; R = Me; [ХЛД] = [ПРН] = 0,6M$ .

С целью проверки достоверности наших расчетов экспериментально получена константа скорости реакции образования XV ( $k_{1\text{экк}} = 0,083$ ) (см. рис., кр. 2). Разница экспериментально полученного и рассчитанного значений для константы скорости реакции ( $R^1 = Et, R = H$ ) составляет  $0,083 - 0,069 = 0,014$ .

**Экспериментальная часть.** ИК-спектры сняты на приборе UR-20, ПМР-спектры – Varian T – 60°C (рабочая частота – 60 МГц, внутренний стандарт – ТМС). Чистоту полученных соединений контролировали методом ТСХ на пластинках Silufol-UV-254, в качестве элюента выбрана система бутанол–уксусная кислота–вода–2:2:1 (проявитель – пары йода).

Кинетические измерения проводили по ГЖХ на приборе ЛХМ-72М методом абсолютной калибровки. Колонки 2000×4 мм, насадки: хроматон-N+7% SE-30, хромосорб-PAW+5% SE-30. Температура колонки 453–533К, детектор по теплопроводности – катарометр, газ–носитель (гелий) 50–60 мл/мин. Пробы, взятые из реактора, экстрагировали толуолом, а из верхнего органического слоя брали пробу для хроматографирования.

**Кинетические измерения скорости реакции образования XV. К 0,6 М/л ХЛД добавляли 0,6 М/л 3-этил-4-метил-5-фенил- $\Delta^3$ -пирролин-2-она, 0,6 моля бикарбоната натрия и прибавляли воду, доводя раствор до 20 мл. Нагревание реакционной массы 50°C продолжали 1,5 часа. Пробы, взятые из реактора, экстрагировали толуолом. Из верхнего органического слоя брали новую пробу для хроматографирования (рис., кр. 2).**

**1,2-N, N'-этан-бис-(2-оксо-3-алкил-6-метил-1,4-диоксаны) (IV-VI). К супензии 0,05 моля бикарбоната натрия (20 мл воды) прибавляли 0,025 моля этилендиамина, а затем при перемешивании – 0,05 моля 2-оксо-3-алкил-6-метил-6-хлор-1,4-диоксана. Перемешивание продолжали 1–1,5 ч., после чего реакционную смесь насыщали поташем, а продукт извлекали толуолом (табл. 1).**

**1,2-N, N'-гексан-бис-(2-оксо-3-алкил-6-метил-1,4-диоксаны) (VII-IX). Получены по вышеизложенному способу (табл. 2).**

**N-(2-оксо-3-алкил-6-метил-1,4-диоксан)ил-3-алкил-4-метил-5-фенил- $\Delta^3$ -пирролин-2-оны (XIII-XVI). Получены по вышеизложенному способу в мольных отношениях ХЛД и лактама – 1:1 в толуоле (табл. 3).**

Кафедра физической и коллоидной химии

Поступила 07.02.2000

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акопян С.М., Залинян М.Г. – Арм. хим. ж., 1990, т. 43, №10, с. 664.
2. Черкасов А.Р., Галкин В.И., Сибгатуллин И.М., Черкасов Р.А. – ЖОрХ, 1997, т. 33, в. 9, с. 1321.
3. Жданов Ю.А., Минкин В.И. Корреляционный анализ в органической химии, Ростов: Изд-во Ростовского госуниверситета, 1966, с. 302.

Ա.Ա. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Գ.Պ. ՓԻՐՈՒՄՅԱՆ

2-ՕՔՍՈ-3-ԱԼԿԻԼ-6-ՍԵԹԻԼ-1,4-ԴԻՕՔՍԱՆԵՐԻ ՆՈՐ  
ԱԾԱՆՑՅԱՆԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶ

## Ամփափում

2-Օքսո-3-ալկիլ-6-մեթիլ-6-քլոր-1,4-դիօքսանները էթիլենդիամինի կամ հեքսամեթիլենդիամինի հետ 2:1 մոլային հարաբերությամբ փոխազդելիս տալիս են 1,2-N, N'-եթանբիո-, 1,6-N, N'-հեքսան-2-օքսո-3-ալկիլ-6-մեթիլ-6-ամին-1,4-դիօքսաններ: Իսկ այդ քլորդիօքսանները փոխազդելիս տեղակալված պիրուինոնի հետ առաջացնում են N-(2-օքսո-3-ալկիլ-6-մեթիլ-1,4-դիօքսան)իլ-3-ալկիլ-4-մեթիլ-5-ֆենիլ- $\Delta^3$ -պիրուին-2-ոններ: Ուստինասիրված է ալկիլ տեղակալիչների ազդեցությունը ունակցիայի արագության վրա:

THE SYNTHESIS OF NEW DERIVATIVES OF 2-OXO-3-ALKYL-6-METHYL-1,4-DIOXCANES

Summary

It has been shown that interaction of 2-oxo-3-alkyl-6-methyl-6-chloric-1,4-dioxanes with etylenediamine or hexamethylenediamine gives 1,2-*N,N'*-ethanebic-, 1,6-*N,N'*-hexane-2-oxo-3-alkyl-6-methyl-1,4-dioxanes. The interaction of chloricdioxanes with substituted pyrrolinone gives N-(2-oxo-3-alkyl-6-methyl-1,4-dioxan)il-3-alkyl-4-methyl-5-phenyl- $\Delta^3$ -pyrolin-2-ones. The influence of alkyl substitutes on the reaction rate is considered.

Химия

УДК 547.294.314.07.

А.В. ГЕОЛЧАНИЯН, А.С. САГИЯН, С.М. ВАРДАЛЕТИЯН, А.А. АВЕТИСЯН

СТЕРЕОСЕЛЕКТИВНЫЙ СИНТЕЗ  
S-ТРЕТ-БУТИЛ-D-ЦИСТЕИНА ЧЕРЕЗ ХИРАЛЬНЫЙ  
КОМПЛЕКС ДЕГИДРОАЛАНИНА С ИОНОМ  $\text{Ni}^{2+}$

Разработан эффективный метод асимметрического стехиометрического синтеза S-трет-бутил-D-цистеина присоединением трет-бутилмеркаптана к активированной двойной C=C связи дегидроаланина в его хиральном комплексе иона  $\text{Ni}^{2+}$  оснований Шиффа с хиральным индуцирующим реагентом – D-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофеноном. После кислотного разложения реакционной смеси была выделена оптически активная аминокислота – S-трет-бутил-D-цистеин с высокой оптической чистотой ( $>98\%$ ). Стереоселективность нуклеофильного присоединения составляет 92%.

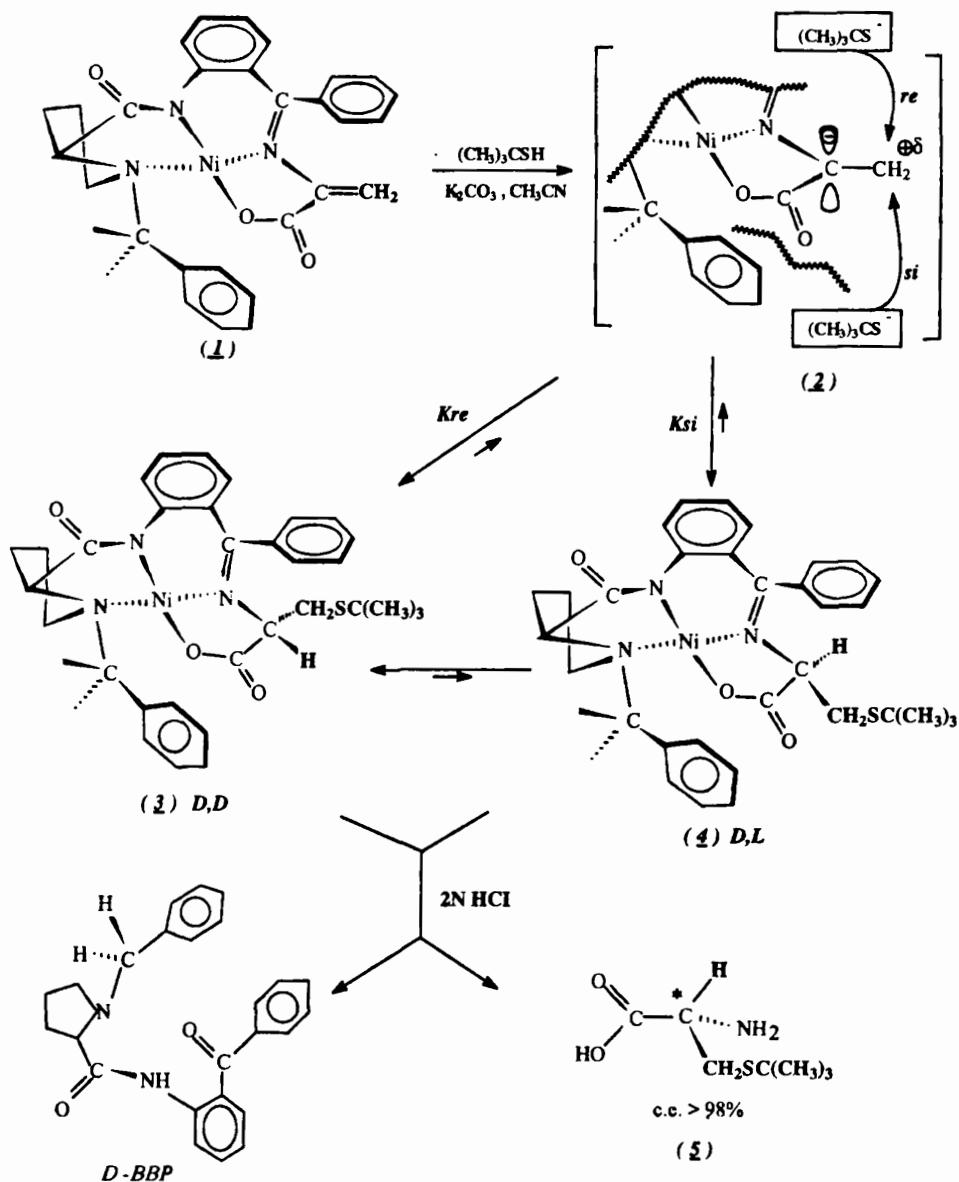
Оптически активные S-замещенные производные цистеинов являются важными компонентами многих физиологически активных пептидов, антибиотиков и других лекарственных препаратов [1–3]. В этом отношении особый интерес представляют S-замещенные производные цистеина D-абсолютной конфигурации, которые являются чужеродными для ферментов как по структуре, так и по абсолютной конфигурации.

Ранее нами был разработан метод асимметрического синтеза S-алкил- и S-арилзамещенных производных L-цистеинов присоединением тиолов к активированной двойной C=C связи хирального плоско-квадратного комплекса иона  $\text{Ni}^{2+}$  оснований Шиффа дегидроаланина с хиральным карбонильным реагентом – L-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофеноном (*L-BBP*) [4]. Была показана также принципиальная возможность асимметрического синтеза  $\beta$ -замещенных  $\alpha$ -аминокислот D-абсолютной конфигурации путем нуклеофильного присоединения аминов к фрагменту дегидроаланина в хиральном комплексе иона  $\text{Ni}^{2+}$  при использовании в качестве хирального карбонильного соединения производного D-пролина – D-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофенона (*D-BBP*) [5].

В настоящей работе сообщается об асимметрическом стехиометрическом синтезе D-трет-бутилцистеина присоединением трет-бутилмеркаптана к активированной C=C связи дегидроаланина в хиральном плоско-квадратном комплексе иона  $\text{Ni}^{2+}$  оснований Шиффа дегидроаланина с D-BBP.

Хиральный плоско-квадратный комплекс иона- $\text{Ni}^{2+}$  оснований Шиффа хирального реагента D-BBP и дегидроаланина –  $[\text{D-BBP}-\Delta-\text{Ala}]\text{Ni}(\text{II})$  (I) с активной электрофильной двойной C=C связью был синтезирован согласно ранее разработанной методике [5].

Комплекс **I** вступает в реакцию асимметрического нуклеофильного присоединения с трет-бутилмеркаптаном в среде  $\text{CH}_3\text{CN}$  в присутствии  $\text{K}_2\text{CO}_3$  в качестве основания (см. схему).



За ходом реакции присоединения нуклеофила удобно следить методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на  $\text{SiO}_2$  в системе растворителей ацетон – хлороформ (1:2), так как продукты реакции присоединения отличаются от исходного комплекса **I** значением  $R_f$ .

Небольшая часть смеси диастереомеров была разделена на  $\text{SiO}_2$  в системе растворителей  $\text{CHCl}_3 - \text{CH}_3\text{COCH}_3$  (3:1) и охарактеризована спектральными методами анализа (см. экспериментальную часть). Для определения абсолютной конфигурации полученных диастереомеров снимали их кривые дисперсии оптического вращения (ДОВ) и сравнивали с кривыми ДОВ ранее полученного аналогично построенному диастереомерному комплексу L,L-абсолютной конфигурации на основе хирального реагента – L-2-N-(N'-бензилпролил)аминобензофенона (L-BBP) [6] (см. рис.1). Сравнение кривых показывает, что основной фракцией продукта нуклеофильного присоединения с большим значением  $R_f$  на  $\text{SiO}_2$  является диастереомер D,D-абсолютной конфигурации, содержащий s-трет-бутилцистеин D-абсолютной конфигурации, о чем свидетельствует зеркальное изображение кривых ДОВ.

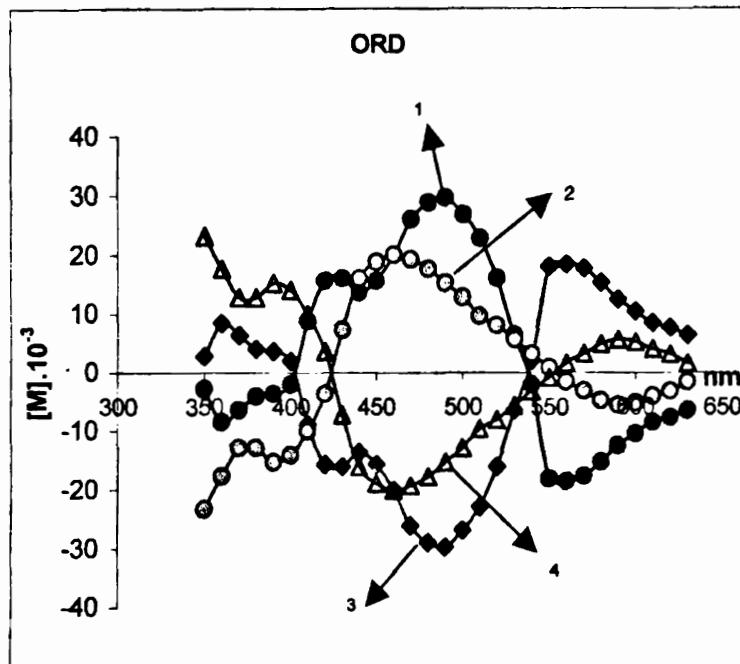


Рис. 1. Кривые ДОВ комплексов в  $\text{CH}_3\text{OH}$  ( $25^\circ\text{C}$ ): 1)  $[\text{D-BBP-s-t-бутил-D-Цис}]\text{Ni(II)}$  (1); 2)  $[\text{L-BBP-s-t-бутил-D-Цис}]\text{Ni(II)}$ ; 3)  $[\text{L-BBP-s-t-бутил-L-Цис}]\text{Ni(II)}$ ; 4)  $[\text{D-BBP-s-t-бутил-L-Цис}]\text{Ni(II)}$  (4).

Присоединение нуклеофила к комплексу 1 происходит в условиях основного катализа. При этом в начале реакции (примерно через 10–15 мин. после добавления нуклеофила) избыток наиболее подвижного на  $\text{SiO}_2$  основного диастереомера D,D-абсолютной конфигурации составляет 75–80%, что является следствием кинетической стереоселективности. Затем постепенно увеличивается количество этого диастереомера вследствие установления термодинамического равновесия. Равновесное соотношение диастереомеров 3 и 4 составляет 96 : 4.

Термодинамическая стабильность диастереомера D,D-абсолютной конфигурации (3) обусловлена расположением объемистого трет-бутилового радикала аминокислотного остатка на противоположной стороне фенильного заместителя N-бензилпролинового фрагмента в этом диастерео-

мере. В диастереомере D,L-абсолютной конфигурации (4) эти объемистые группы расположены на одной стороне плоскости основания Шиффа, что создает дополнительное стерическое напряжение в системе и термодинамически дестабилизирует этот диастереоизомер. Разница в энергиях между диастереоизомерами оказывается достаточной для установления высокой стереоселективности при нуклеофильном присоединении к активированной C=C связи дегидроаминокислотного остатка этих комплексов (рис. 2). Разница в энергии для аналогично построенных комплексов была определена согласно [7] ( $\Delta G \geq 1$ )

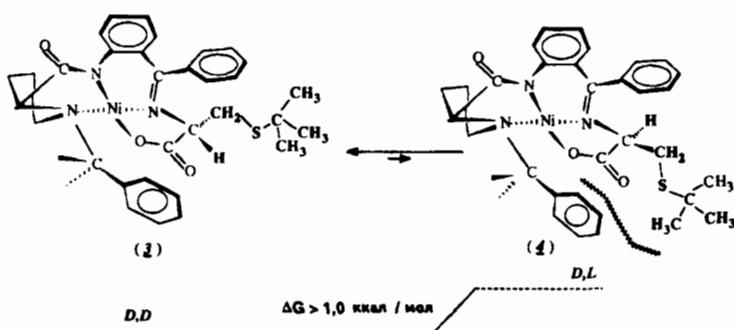


Рис. 2. Термодинамическое равновесие между D,D- и D,L-диастереоизомерами.

После разложения реакционной смеси действием 2N HCl были выделены целевой продукт – оптически активная аминокислота – D-s-трет-бутилцистеин и исходный хиральный индуцирующий реагент D-BBP. При этом хиральный реагент D-BBP регенерируется с химическим выходом  $> 95\%$  и полным сохранением исходной оптической чистоты, что позволяет использовать его многократно в реакциях комплексобразования без дополнительной очистки.

Из смеси выделяют аминокислоту s-трет-бутил-D-цистеин ионообменными методами с использованием катионаобменных смол Ку-2x8 или Dowex 50x8 в  $H^+$ -форме и кристаллизацией из водного этанола. Выход целевого продукта – s-t-бутил-D-цистеина (5) – составляет 75 %, а его оптическая чистота  $> 98\%$ .

**Экспериментальная часть.** В работе использовались аминокислоты "Reanal" (Будапешт),  $(CH_3)_3CSH$ ,  $K_2CO_3$ ,  $NaOH$ ,  $(CH_3)_2CO$ ,  $CHCl_3$ ,  $CH_3CN$  "Реахим".  $CH_3CN$  перед употреблением очищали согласно [6]. Спектры  $^1H$ -ЯМР снимали на приборе "Mercury 300BB" (300 МГц), кривые ДОВ (дисперсия оптического вращения) – на приборе "Jasco ORD / UV-5",  $[\alpha]_D^{25}$  измеряли на приборе "Perkin-Elmer-241". Хиральный реагент D-2-N-(N'-бензилпропиля)аминобензофенон (D-BBP) синтезировали согласно [8], используя D-пролин взамен L-пролина. Исходный комплекс [D-BBP-Δ-Ala]Ni(II) (I) синтезировали согласно [5].

**Присоединение трет-бутилмеркаптана к комплексу I.** 14,4 г ( $2,86 \cdot 10^{-2}$  моля) комплекса I растворяют в 50 мл  $CH_3CN$  и в токе инертного газа Ar к смеси добавляют 7,87 г ( $5,72 \cdot 10^{-2}$  моля)  $K_2CO_3$  и 3,06 г ( $3,4 \cdot 10^{-2}$  моля) трет-бутилмеркаптана. Реакционную смесь перемешивают при темпера-

туре 40–45°C в течение 3 часов. За ходом реакции присоединения можно следить по исчезновению двух синглетных сигналов винильных протонов дегидроаланинового фрагмента в спектрах  $^1\text{H}$ -ЯМР (5,84 и 4,0 м. д.), спектрофотометрически – по сдвигу полос поглощения 330→300 nm, а также ТСХ на пластинах  $\text{SiO}_2$  в системе растворителей  $\text{CHCl}_3$ - $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ , (3:1). Через 3 ч. после добавления тиола небольшую порцию реакционной смеси (~5 мл), разбавляли 30 мл  $\text{CHCl}_3$ , промывали последовательно 0,2N HCl (2x10 мл), 0,2M  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (3x10 мл) и  $\text{H}_2\text{O}$ . Хлороформный экстракт упаривали досуха, диастереомеры  $[\text{D-BBP}-t\text{-Bu-D-Cys}]\text{Ni(II)}$  (**3**) и  $[\text{D-BBP}-t\text{-Bu-L-Cys}]\text{Ni(II)}$  (**4**) хроматографировали на колонке с  $\text{SiO}_2$  (3x20 см), используя в качестве элюента  $\text{CHCl}_3$ - $\text{CH}_3\text{COCH}_3$  (2:1), и охарактеризовали спектральными методами. Кривые ДОВ диастереомеров синтезированных комплексов представлены на рис. 1.

После установления термодинамического равновесия между диастереомерами реакционную смесь фильтруют, промывают хлороформом и упаривают досуха. Осадок растворяют в 50 мл  $\text{CH}_3\text{OH}$  и при перемешивании добавляют к нагретому до 45–50°C раствору 2N HCl. После исчезновения характерной для комплексов окраски смесь упаривают досуха, добавляют 50 мл  $\text{H}_2\text{O}$  и фильтруют исходный хиральный реагент D-BBP. Из водного фильтрата выделяют целевую аминокислоту ионообменным методом с использованием катионаобменной смолы Ку 2x8 в  $\text{H}^+$ -форме. Аминокислоту элюируют со смолы 8% водным раствором  $\text{NH}_4\text{OH}$ , концентрируют под вакуумом и кристаллизуют из раствора этанол – вода (1:1).

Получают 1,99 г ( $2,14 \cdot 10^{-2}$  моля) S-трет-бутил-L-цистеина, что соответствует 75 % химическому выходу.

**[D-BBP-s-t-Bu-D-Cys]Ni(II)** (**3**). Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР (в  $\text{CDCl}_3$ ,  $\delta$ , м.д.): 1,30 (с., 9Н,  $\text{CH}_3$ ); 1,96–2,12 (м., 2Н, Про); 2,40–2,61 (м., 1Н, Про); 2,53 (д.д., 1Н,  $\text{CH}_3\text{S}$ ,  $J=5,8$  и  $12,0$  Гц); 2,80 (д.д., 1Н,  $\text{CH}_3\text{S}$ ,  $J=2,64$  и  $11,80$  Гц); 2,92–3,1 (м., 1Н, Про); 3,46 (д.д.,  $\alpha$ -Н Про,  $J=6,2$  и  $9,64$  Гц); 3,60 (д., 1Н,  $\text{CH}_3\text{Ph}$ ,  $J=12,0$  Гц); 3,6–3,9 (м., 2Н, Про); 4,29 (д.д., 1Н,  $\alpha$ -Н,  $J=2,62$  и  $5,8$  Гц); 4,48 (д., 1Н,  $\text{CH}_3\text{Ph}$ ,  $J=12,0$  Гц); 6,6–8,8 (м., 14Н, ArН). УФ спектр ( $\lambda_{\max}$ , nm ( $\lg \epsilon$ )): 266 (12,2); 335 (3,5); 420 (2,2).  $[\alpha]_D^{25} = -2615,0^\circ$  (с = 0,038;  $\text{CH}_3\text{OH}$ ).

Найдено, %: С 64,14; Н 5,98; N 6,82.  $\text{C}_{32}\text{H}_{35}\text{N}_3\text{O}_3\text{SNi}$ . Вычислено, %: С 64,01; Н 5,87; N 6,99.

Количество комплекса  $[\text{D-BBP-s-t-Bu-L-Cys}]\text{Ni(II)}$  (**4**) оказалось недостаточным для спектрального анализа.

**S-t-бутил-D-цистеин** (**5**).  $T_{\text{пл}}=214\text{--}215^\circ\text{C}$ . Спектр  $^1\text{H}$ -ЯМР (в  $\text{D}_2\text{O}$ ,  $\delta$ , м.д.): 1,2 (с., 9Н,  $3\text{CH}_3$ ); 3,11 (д.д., 1Н,  $\text{CH}_3\text{S}$ ,  $J=6,44$  и  $13,6$  Гц); 3,22 (д.д., 1Н,  $\text{CH}_3\text{S}$ ,  $J=3,80$  и  $13,8$  Гц); 4,0 (д.д., 1Н,  $\alpha$ -Н,  $J=3,82$  и  $6,40$  Гц). Найдено, %: С 48,78; Н 8,52; N 7,87.  $\text{C}_{17}\text{H}_{15}\text{O}_2\text{NS}$ . Вычислено, %: С 48,83; Н 8,47; N 7,91.  $[\alpha]_D^{25} = +8,13^\circ$  (с = 1; 6N HCl). Оптическая чистота по данным ГЖХ-энантиомерного анализа в виде изопропиловых эфиров N-трифтормасляных производных на хиральной фазе "Херасил-Валин" [9] составляет 98 %.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Международного Европейского научного фонда INCO-COPERNICUS (грант No ICTS-CT96-0722).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Schmidt U., Oler E. – Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 1976, v.15. №1, p.42.
2. Bovarnik M.R. – J.Biol.Chem., 1943, v.148, p.151.
3. Brewster J.H., Ciotti C.J. – J. Amer. Chem. soc., 1955, v.7, p.6214.
4. Белоконь Ю.Н., Джамгарян С.М., Сагиан А.С., Иванов А.С., Беликов В.М. – Изв. АН СССР, сер. хим., 1988, № 7, с.1616.
5. Сагиан А.С., Аветисян А.Э., Джамгарян С.М., Гюлумян Э.А., Григорян С.К., Белоконь Ю.Н. – Хим. ж. Армении, 1996, т.49, №1-3, с.146–152.
6. Walter M., Ramaley L. – Analyt. Chem., 1973, v.45, p.307.
7. Belokon' Yu.N., Belychev A.G., Vitt S.V., Struchkov Yu.T., Batsanov A.S., Timofeeva T.V., Tsryapkin V.A., Ryzhov M.G., Lysova L.A., Bakhmutov V.I. and Belikov V.M. – J.Am. Chem. Soc., 1985, v.107, p.4252–4259.
8. Belokon' Yu.N., Tararov V.I., Maleev V.I., Savel'eva T.F. and Ryzhov M.G. – Tetrahedron: Asymmetry 9, 1998, p.4249-4252.
9. Сапоровская М.Б., Витт С.В., Никитина С.Б., Пасконова Е.А., Беликов В.М. – Изв. АН СССР, сер. хим., 1974, №3, с.676–682.

Ա.Վ.ԳԵՂՉԱՆՅԱՆ, Ա.Ս.ՍԱՂԻՅԱՆ, Ս.Մ.ՎԱՐԴԱՊԵՏՅԱՆ, Ա.Ա.ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ

S-SRET-S-ԲՈՒՏԻՆ-Ձ-ՑԻՍԵՒԻՆԻ ՍՏԵՐԵՈՍԵԼԵԿՏԻՎ ՍԻՆԹԵԶԸ  
Ni<sup>2+</sup> ԻՈՆԻ ՀԵՏ ԴԵՀԻԴՐՈԱԼԱՆԻՆԻ ԱՌԱՋԱՑՐԱԾ  
ՔԻՐԱԼԱՅԻՆ ԿՈՄՊԼԵԽՈՆԵՐԻ ՄԻՋՈՑՈՎ

### Ամփոփում

Մշակվել է s-տրետ-բուտիլ-D-ցիստենինի ստերեոսելեկտիվ սինթեզի էֆեկտիվ մեթոդ: Այն հիմնված է Ni<sup>2+</sup> իոնի հետ դեհիդրոալանինի և D-2-N-(N'-բենզիլպրոլիլ)-ամինարենօքֆենոն քիրալային ինդուցող ռեագենտի Շիֆֆի հիմքի առաջացրած հարթ քառակուսային կոմպլեքսում դեհիդրոալանինի մնացորդի կրկնակի C=C կապին տրետ-բուտիլմերկապտանի ասիմետրիկ միացման ռեակցիայի վրա: Ուժակցիոն խառնուրդի թթվային քայլայումից հետո անջատվում է օպտիկապես ակտիվ s-տրետ-բուտիլ-D-ցիստենին անինաքրոն բարձր օպտիկական մաքրությամբ: Նուկլեոֆիլային միացման ռեակցիայի ստերեոսելեկտիվությունը կազմում է 92 %.

A.V.GEOLCHANYAN, A.S.SAGHIYAN, S.M.VARDAPETYAN, A.A.AVETISYAN

### STEREOSELECTIVE SYNTHESIS OF S-TRET-BUTYL-D-CYSTEINE VIA A CHIRAL Ni<sup>2+</sup> COMPLEX OF DEHYDROALANINE

#### Summary

An efficient method of asymmetric stoichiometric synthesis of s-t-butyl-D-cysteine via addition of *t*-(CH<sub>3</sub>)CSH to the double C=C bond of dehydroalanine in its chiral Ni<sup>2+</sup> complex of Schiff's base with the chiral auxiliary D-2-N-(N'-benzylprolyl)aminobenzophenone was elaborated. The optical active amino acid s-t-butyl-D-cysteine with high optical purity (e.e.> 98%) was separated after decomposition of the reaction mixture by HCl.

The stereoselectivity of nucleophilic addition amounts 92%.

Химия

УДК 543.062+546.763

Ф.В. МИРЗОЯН, С.М. ВАРДАПЕТЯН

ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХРОМА В ВИДЕ  
МОЛИБДОХРОМИТА КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФИОЛЕТОВОГО

Изучено взаимодействие молибдохромовой гетерополикислоты с основным красителем – кристаллическим фиолетовым. Определены оптимальные для образования молибдохромовой гетерополикислоты и ее соединения с кристаллическим фиолетовым условия: кислотность среды, концентрация молибдат-иона, концентрация красителя, интервал содержаний хрома, подчиняющихся закону Бера, а также состав образующегося ионного ассоциата.

В литературе [1] имеются сведения о соединениях Cr (III) с молибдатами щелочных металлов, состав которых выражается эмпирической формулой  $3R_2O \cdot Cr_2O_3 \cdot 12MoO_3 \cdot xH_2O$ . Согласно координационной теории для таких соединений возможны разные строения [2]. При первых попытках синтезировать такие соединения были получены высокозамещенные соли, которые позволяют делать заключение, что здесь образуются соли кислоты, имеющей основность выше трех. Описаны [3] молибдохромиты, в которых замещены более трех атомов водорода атомами щелочных металлов. Бейкер с сотрудниками получили свободную 6-молибдохромовую кислоту [4], которую представили формулой  $H_3[Cr_6Mo_6O_{15}]$ , несмотря на то, что наличие центрального октаэдра  $CrO_6$  говорит в пользу координационной формулы  $H_9[Cr(MoO_4)_6] \cdot H_2O$ .

В литературе нет сведений о взаимодействии молибдохромовой гетерополикислоты (МХК) с основными красителями (ОК). Между тем сочетание хромофорных катионов основных красителей с многоосновной молибдохромовой гетерополикислотой является перспективным для разработки новых фотометрических методов определения хрома. Это дает возможность резко повысить чувствительность определения хрома.

В настоящей работе нами изучено взаимодействие МХК с ОК для выявления состава МХК, тех оптимальных условий, при которых осуществляется количественное образование самой МХК и ее высокозамещенного комплексного ассоциата (КА), и разработан новый сверхчувствительный метод определения хрома. Нами было изучено взаимодействие МХК с рядом основных красителей и с применением кристаллического фиолетового (КФ) разработан высокочувствительный фотометрический метод определения хрома [5].

**Реагенты, методика исследования и аппаратура.** Исходный  $5 \cdot 10^{-3} M$  раствор хрома (III) готовили растворением точной навески перекристаллизованной соли  $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  (ч.д.а.) в дистиллированной воде, подкислен-

ной серной кислотой, 0,0048  $M$  раствор  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  – растворением точной навески  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (ч.д.а.) в дистиллированной воде, водный раствор красителя – растворением точной навески кристаллического фиолетового (ч.д.а.) в теплой дистиллированной воде. Использовали также ацетон (ч.д.а.),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (ос.ч.),  $\text{HNO}_3$  (х.ч.),  $\text{NaOH}$  (ч.д.а.),  $\text{KSCN}$  (ч.д.а.), бутилацетат (ч.д.а.). Рабочие растворы  $\text{Cr(III)}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$  готовили разбавлением исходных дистиллированной водой. Оптическую плотность (ОП) исследуемых растворов измеряли спектрофотометром СФ-26 при длине волны  $\lambda = 595$  нм, а равновесный pH растворов – потенциометром pH-340 со стеклянным электродом. Осадки соединения КФ–МХК отделяли центрифугированием исследуемых растворов в течение 2 минут лабораторной центрифугой ОПн-3 (3000 об/мин).

В конические центрифужные пробирки вводили определенные количества растворов, содержащих  $\text{Cr(III)}$ ,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , и создавали оптимальную для количественного образования МХК кислотность (начальная кислотность –  $\text{pH}_{\text{на}}$ ), одновременно доводя объем дистиллированной водой до 4 мл. Хорошо перемешивали и оставляли на 25 мин. для максимально полного образования МХК. Затем создавали оптимальную для образования комплексного ассоциата (КА) кислотность ( $\text{pH}_{\text{КА}}$ ) введением  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , далее вводили необходимые количества реагента-красителя, доводили объем водой до 10,0 мл и перемешивали до заметного образования твердофазного соединения КФ–МХК. Осадок отделяли центрифугированием и декантацией растворов. Раствор использовали для определения равновесного значения pH. Осадок промывали в 3,0 мл воды, снова отделяли центрифугированием и в той же пробирке растворяли в 3,0 мл ацетона, содержащего 1,0 мл 2,0  $M$  раствора  $\text{HNO}_3$ , затем доводили объем ацетоном до 10,0 мл. Перемешивали и измеряли оптическую плотность полученных растворов. Одновременно проводили контрольные опыты с целью установления степени образования изополимолибдатов КФ.

**Результаты и их обсуждение.** В литературе о составе МХК нет единого мнения [1–4], поэтому ее сочетание с ОК может быть перспективным для выяснения этого вопроса. Эффективную основность МХК можно определить, исходя из значения светопоглощения соединения КФ–МХК. Такой подход дает возможность исследовать образование МХК при весьма малых концентрациях хрома (III).

При изучении взаимодействия гетерополикислот с ОК в первую очередь нужно установить оптимальные концентрационные условия образования ГПК. Учитывали мы и то обстоятельство, что МХК, являясь чувствительной к кислотности в момент своего образования, в последствии не разрушается в условиях несравнимо более высокой кислотности. Это дало нам возможность выбрать такой интервал кислотности ( $\text{pH}_{\text{КА}} = 1,25 – 1,30$ ), при котором полностью подавляется образование простых солей красителя, но заметно не снижается выход соединения КФ–МХК.

На основании вышеизложенных наблюдений, а также с учетом того обстоятельства, что при выбранной конечной кислотности изополимолибдаты КФ практически не образуются, представилась возможность исследовать область кислотности максимального образования самой МХК на основе светопоглощения ее соединения с КФ. При этом варьировалась кислотность в начальном объеме 4,0 мл с поддержанием  $\text{pH}_{\text{КА}}$  постоянным и

равным 1,25–1,35. Была изучена зависимость молярного коэффициента погашения ( $\epsilon$ ) ацетоновых растворов соединения КФ–МХК от  $pH_{\text{нач}}$  при исходной концентрации Cr(III), молибдат-ионов и реагента-красителя. Результативные данные приведены на рис.1. Максимальное образование МХК наб-

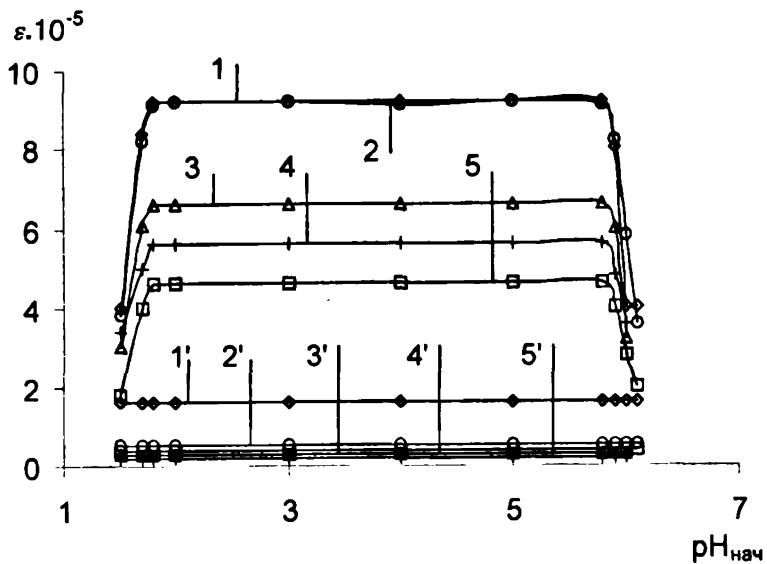


Рис.1. Зависимость образования соединения КФ с МХК (кр. 1–5) и изополимолибдат-ионами (кр. 1' – 5') от  $pH_{\text{нач}}$ :  $C_{\text{Cr}} = 5 \cdot 10^{-6} M$  (1; 2; 3; 4),  $C_{\text{Cr}} = 2,5 \cdot 10^{-6} M$  (5),  $C_{\text{Cr}} = 0 (1'-5')$ ,  $C(\text{MoO}_4^{2-}) = 3,84 \cdot 10^{-4} M$  (2,2'; 4,4'; 5,5'),  $C(\text{MoO}_4^{2-}) = 4,8 \cdot 10^{-4} M$  (1,1'),  $C(\text{MoO}_4^{2-}) = 2,4 \cdot 10^{-4} M$  (3,3'),  $C_{\text{КФ}} = 2,45 \cdot 10^{-4} M$  (1,1'; 2,2'; 3,3'; 5,5'),  $C_{\text{КФ}} = 1,23 \cdot 10^{-4} M$  (4,4').

людится в интервале  $pH$  1,8–5,8 (кр. 1, 2, 5). Увеличение исходной концентрации молибдат-иона в растворе от  $2,4 \cdot 10^{-4} M$  (кр. 3, 3') до  $3,8 \cdot 10^{-4} M$  (кр. 2, 2') приводит к возрастанию значения  $\epsilon$  исследуемых ацетоновых растворов до  $9,2 \cdot 10^5 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ , которое остается практически постоянным при дальнейшем увеличении концентрации молибдат-иона (кр. 1, 1'). Это обстоятельство свидетельствует о количественном образовании МХК и КФ–МХК соединений. Низкое значение  $\epsilon$  при сравнительно большой концентрации хрома (III) и оптимальной концентрации молибдат-иона объясняется недостатком реагента-красителя (кр. 4, 4'). В последующих этапах исследований МХК была получена при  $pH_{\text{нач}}$  4,0–4,5.

Изучение условий количественного образования и выделения соединения КФ–МХК в индивидуальном состоянии, т.е. в условиях практически полного отсутствия изополимолибдатов КФ представляет практический интерес. Поэтому была исследована зависимость  $\epsilon$  исследуемых растворов от конечной кислотности при различных концентрациях молибдат-иона. Результаты, приведенные на рис.2, показывают, что соединение КФ–МХК при оптимальной концентрации молибдат-иона  $C(\text{MoO}_4^{2-}) = 3,8 \cdot 10^{-4} M$  количественно выделяется в области  $pH_{\text{КА}}$  1,20–1,45. Резкое уменьшение значений  $\epsilon$  при  $pH_{\text{КА}} < 1,20$  объясняется или разложением МХК под действием серной кислоты, или же подавлением образования КА вследствие дальнейшей protonизации красителя, а при  $pH > 1,45$  – конкурентным взаимодействием КФ с изополимолибдат-ионами.

Результаты, приведенные на рис.3, показывают, что для количественно-

го образования соединения КФ–МХК оптимальной является концентрация реагента-красителя в интервале  $(2,40\text{--}3,12) \cdot 10^{-4} M$ . При этом выход и  $\varepsilon$  соединения КФ–МХК постоянны, а сигналы холостых опытов очень малы. При

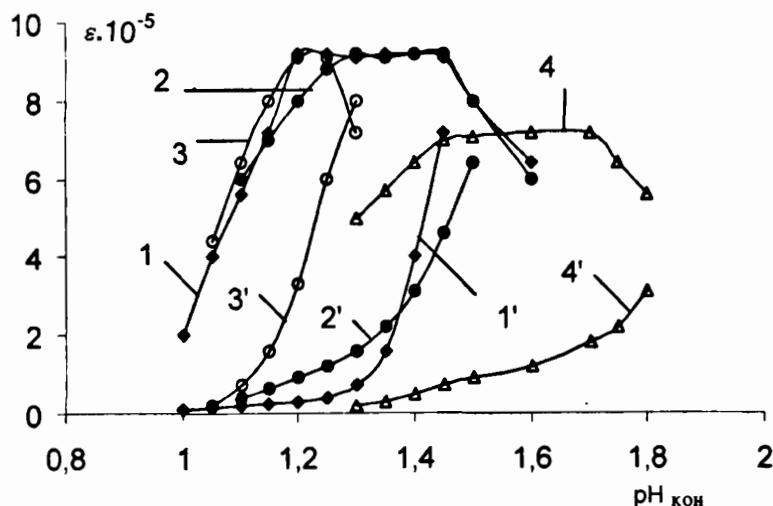


Рис.2. Зависимость образования соединения КФ с МХК (кр. 1–4) и изополимолибдат-ионами (кр.1'– 4') от  $pH_{кон}$  при различных концентрациях молибдат-иона:  $C(MoO_4^{2-}) = 3,84 \cdot 10^{-4} M$  (1,1'),  $C(MoO_4^{2-}) = 4,8 \cdot 10^{-4} M$  (2,2'),  $C(MoO_4^{2-}) = 7,0 \cdot 10^{-4} M$  (3,3'),  $C(MoO_4^{2-}) = 2,4 \cdot 10^{-4} M$  (4,4').

$C_{КФ} < 2,40 \cdot 10^{-4} M$  соединение КФ–МХК количественно не образуется, а при  $C_{КФ} > 3,12 \cdot 10^{-4} M$  резко возрастают сигналы как холостых растворов, так и соединения КФ–МХК (т.е. на фоне соединения КФ–МХК простые соли КФ образуются в большей степени), значения которых не постоянны, что может резко сказываться на воспроизводимости и точности результатов при определении хрома (III).

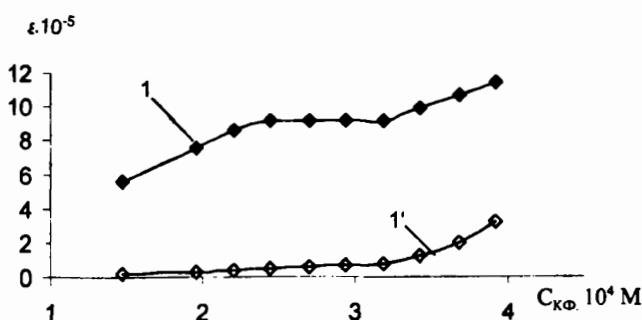


Рис.3. Зависимость образования соединения КФ с МХК (1) и изополимолибдат-ионами (1') от концентрации реагента-красителя.

Среднее значение  $\varepsilon$  ацетоновых растворов соединения КФ–МХК составляет  $(9,2 \pm 0,3) \cdot 10^5 \text{ л}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$ . Отношение этого значения к величине  $\varepsilon$  ацетонового раствора самого реагента-красителя, равного в среднем  $(1,05 \pm 0,03) \cdot 10^5 \text{ л}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$ , составляет в среднем 9, т.е. указывает на вы-

деление в системе твердофазной девятизамещенной соли МХК с КФ.

Внешнесферный состав образующегося соединения КФ–МХК (соотношение  $v$  (КФ):  $v$  (МХК)) был определен также и методом изомолярных серий. Опыты при этом ставили при двух различных суммарных концентрациях КФ и МХК, поддерживая  $pH_{\text{ нач}}$ ,  $pH_{\text{ кв}}$ , концентрацию молибдат-ионов постоянными (рис.4). Экстремальной точке полученных при этом кривых отвечает соотношение КФ : МХК=9:1, т.е. в состав образующегося КФ–МХК соединения входит 9 однозарядных катионов КФ.

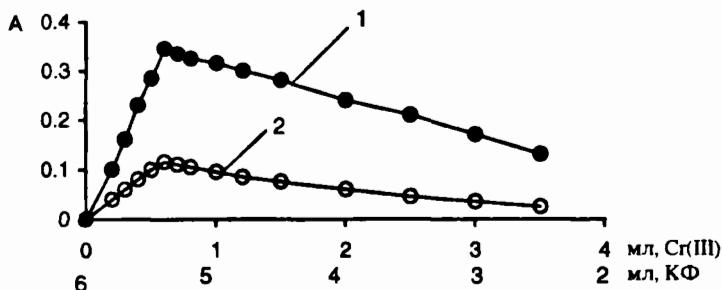


Рис.4. Изомолярные серии системы КФ–МХК:  $C_{\text{Cr}} = C_{\text{Kf}} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  (1),  $C_{\text{Cr}} = C_{\text{Kf}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ M}$  (2),  $C(\text{MoO}_4^{2-}) = 3,84 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ;  $l = 0,3 \text{ см}$ ;  $pH_{\text{ нач}} = 4,0$ ;  $pH_{\text{ кв}} = 1,6$ .

Был проведен также анализ выделяемых осадков на содержание хрома (III) и молибдена. Осадок соединения КФ–МХК, полученный при установленных оптимальных условиях  $C(\text{MoO}_4^{2-}) = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ;  $C(\text{Cr}) = 2 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ ;  $C(\text{Kf}) = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ;  $pH_{\text{ нач}} = 4,0$ ;  $pH_{\text{ кв}} = 1,25-1,30$ , после отделения центрифугированием и промывания водой в той же пробирке растворяли в 2 мл конц. серной кислоты ( $\rho = 1,83$ ). При определении хрома (III) полученный раствор нейтрализовывали раствором гидроксида натрия до  $pH = 7$  и снова осаждали хром в виде соединения КФ–МХК, создавая оптимальные для этого концентрационные условия, согласно вышеупомянутой методике. Полученный осадок после переосаждения растворяли в подкисленном ацетоне и фотометрировали при  $\lambda = 595 \text{ нм}$ . Хром (III) определяли по предварительно снятому градуировочному графику. Одновременно проводили «холостой» опыт. При определении молибдат-иона раствор, полученный после растворения осадка соединения КФ–МХК в 2,0 мл конц.  $H_2SO_4$ , осторожно переносили в 25 мл мерную колбу, пробирку несколько раз промывали небольшими порциями дистиллированной воды и последние также переносили в ту же колбу и объем доводили дистиллированной водой до метки. В полученном растворе молибден определяли роданидным методом [6]. Во избежание наложения полос поглощения реагента-красителя и роданида молибдена, последний отделяли экстракцией 10,0 мл бутилацетата. Экстракт фотометрировали при  $\lambda = 460 \text{ нм}$ . Одновременно проводили «холостой» опыт. Содержание молибдена определяли по предварительно построенному градуировочному графику. Полученные результаты, приведенные в таблице, показывают, что при  $C(\text{MoO}_4^{2-}) = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ;  $C(\text{Cr}) = 2 \cdot 10^{-6} \text{ M}$ ;  $C(\text{Kf}) = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ;  $pH_{\text{ нач}} = 4,0$ ;  $pH_{\text{ кв}} = 1,25-1,30$  в изучаемой системе образуется девятизамещенная соль 12-молибдохромовой гетерополикислоты. Следовательно, состав вы-

деляющегося соединения следует представить в виде  $R_9[Cr(Mo_2O_7)_6]$ , где R – однозарядный катион красителя КФ.

*Результаты анализа соединения КФ–МХК при  $pH_{\text{нач}}=4,0$ ;  $pH_{\text{КА}}=1,25-1,30$*

vКФ: vМХК*	vCr, моль·10 <sup>-8</sup>	vMo(VI), моль·10 <sup>-7</sup>	vCr:vMo(VI)
9:1	2,00	2,40	1,0:12,0
9:1	1,96	2,50	1,0:12,2
9:1	2,00	2,36	1,0:11,8
9:1	4,01	4,70	1,0:11,7

\* Установлено методом изомолярных серий и отношением  $\varepsilon$  (КФ–МХК):  $\varepsilon$  (КФ).

Соединение КФ–МХК, обладающее высоким значением коэффициента молярного погашения, представляет несомненный интерес для аналитического определения нанограммовых количеств хрома (III). Окраска ацетоновых растворов соединения КФ–МХК, полученных при  $pH_{\text{нач}}=4,0$ ;  $pH_{\text{КА}}=1,25-1,30$ ;  $C(MoO_4^{2-})=3,8 \cdot 10^{-4} M$ ;  $C(KF)=2,4 \cdot 10^{-4} M$  и различных количествах хрома (III), подчиняется закону Бера в интервале содержаний хрома (III) 2,6–260 нг/мл (конечный объем – 10,0 мл), ( $5 \cdot 10^{-8}-5 \cdot 10^{-6} M$ ). При построении графика рис. 5 для каждой концентрации хрома (III) проведены 16–18 параллельных определений. Согласно полученным результатам при  $C_{Cr} < 2,6$  нг/мл воспроизводимость заметно падает ( $S_r = 0,31$ ) вследствие затруднения процесса агрегации соединения КФ–МХК, а при  $C_{Cr} > 260$  нг/мл ( $S_r = 0,022$ ) значения  $\varepsilon$  соответствующих ацетоновых растворов снижаются вследствие неполного образования соединения КФ–МХК, что при определении хрома (III) приводит к заниженным результатам.

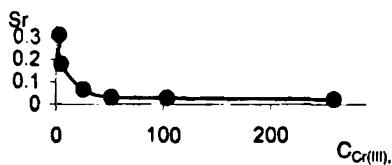


Рис.5. Зависимость относительного стандартного отклонения от концентраций хрома(III), (нг/мл).

Таким образом, при определении очень малых количеств хрома (III) в различных хромсодержащих объектах нами рекомендуется перевести хрома (III) в МХК, затем в соединение КФ–МХК, последнее отделить центрифугированием, осадок растворить в подкисленном ацетоне и измерить оптическую плотность. Это обеспечит высокую чувствительность, экспрессность, широкий интервал определяемых количеств хрома (III).

ИОНХ НАН РА, ЕГУ

Поступила 23.06.2000

Определение хрома (III) в его  $2 \cdot 10^{-6} M$  растворах осуществимо в присутствии (в скобках дается кратность в молях) В(200), In(10), Tl(10), Si(20), Ge(100), P(200), As(200), которые сами способны образовать ГПК и комплексные ассоциаты с ОК. Ионы щелочных и щелочноземельных металлов не мешают определению.

Любые количества Ga и Al приводят к завышенным результатам определения хрома (III).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шахова З.Ф., Гаврилова С.А. – Ж.неорган. химии, 1958, т.3, с.1370.
2. Rosenheim A., Schwer H. – Z.Anorg.Chem.,1914,v.89, p.224.
3. Mair J.H. – J. Chem. Soc., 1950, №5, p.2364.
4. Baker L.,Foster G.,Tan W. Scholnik F., Cutcheon T. – J. Am. Chem. Soc.,1955,v.77, p.2136.
5. Мирзоян Ф.В., Вардапетян С.М., Аджемян О.А. А.с. СССР, N1755186, 1990; в Б.И.1992, №30.
6. Зайчикова Л.Б. – Заводск. лаборатория, 1949, т.15, № 9, с.1025.

Ֆ.Վ. ՄԻՐԶՈՅԱՆ, Ս.Մ. ՎԱՐԴԱՊԵՏՅԱՆ

ՔՐՈՍԻ ԼՈՒՍԱԳԱՓԱԿԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄԸ ԲՅՈՒՐԵՂԱԿԱՆ  
ՄԱՆՈՒԾԱԿԱԳՈՒԹԵՆԻ ՄՈԼԻԲԴԱԳՐՈՒՄԻՑԻ ՏԵՍՁՈՎ

### Ամփոփում

Ուսումնասիրվել է մոլիբդաքրոմային հետերոբազմաթրվի փոխազդեցությունը հիմնային ներկանյութ բյուրեղական մանուշակագույնի հետ: Հաստատվել են մոլիբդաքրոմային հետերոբազմաթրվի և բյուրեղական մանուշակագույնի հետ նրա միացության առաջացման օպտիմալ պայմանները: Որոշվել է առաջացած իոնական ատցիատի բաղադրությունը: Մշակվել է քրոմի նանոգրամային քանակների լուսաչափական որոշման եղանակ:

F.V. MIRZOYAN, S.M. VARDAPETYAN

### PHOTOMETRIC DETERMINATION OF CHROMIUM IN THE FORM OF CRYSTAL VIOLET MOLYBDOCHROMITE

#### Summary

The interaction of molybdochromic heteropolyacid with Crystal Violet basic dye has been studied. The optimal conditions for formation of molybdochromic heteropolyacid and its compound with Crystal Violet have been estimated: acidity of medium, concentration of molybdate-ion, concentration of dye, the range of chromium contents submitted to the Beer's law. The composition of complex ionic associate has been determined.

Photometric method of nanogramic amounts of chromium has been worked out.

*Биология*

УДК 577.3

А.Е. ЗАКАРЯН, М.А. ДАВТЯН, Н.А. САРКИСЯН

**ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ ПРЕПАРАТОВ**

Работа посвящена изучению противоопухолевых препаратов хемилюминесцентными методами. Показано, что все препараты угнетают реакцию свободнорадикального окисления липидов гомогената мозга. В течение инкубации наблюдается изменение уровня спонтанной хемилюминесценции, которое неодинаково для отдельных препаратов. А также выявлено, что срок инкубации влияет на ингибирующую способность этих препаратов.

Химиотерапия злокачественных опухолей является актуальной проблемой современной онкологии, конечной целью которой является создание и тестиирование таких лекарств, применение которых способствовало бы излечению злокачественных опухолей, не оказывая при этом вредного влияния на организм.

В этом направлении проделано достаточно большое количество исследований по изучению как механизмов воздействия противоопухолевых препаратов (ПОП), так и по определению степени их токсичности [1–4]. В указанных работах применялись различные биохимические и биофизические методы и подходы.

Исследователи прибегали к изучению таких процессов, как перекисное окисление липидов (ПОЛ) и интенсивность свободнорадикальных процессов в связи с состоянием биоантиоксидантов (БАО). В этих работах [5] стали часто применять метод хемилюминесцентного (ХЛ) анализа, позволяющий оценить наличие нарушения вышеуказанных процессов и получить информацию, имеющую значительную клиническую ценность при многих распространенных заболеваниях человека, в том числе и при злокачественных новообразованиях [6, 7].

В настоящее время ХЛ анализ часто предлагается для прогнозирования и диагностики в клинической онкологии [7–9]. Такой подход обосновывается тем, что при нарушении многих метаболических процессов в организме, в том числе и свободнорадикального окисления липидов и липидоподобных структур [8] наблюдается изменение интенсивности этих процессов, что и выражается в виде изменения спонтанных и индуцированных форм ХЛ в пробах, взятых из больных органов до и после воздействия ПОП [9, 10]. Наряду с этим были выявлены некоторые закономерности, свидетельствующие о том, что при разных формах злокачественного роста характер изменения ХЛ параметров может быть неодинаковым [11]. Так, если опухолевый процесс сопровождается выраженным и закономерным отклонением

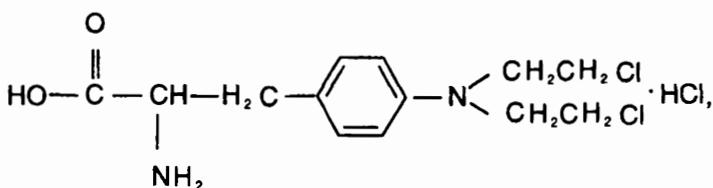
ми от нормы (с учетом возраста и пола), то определение этого показателя в процессе лечения и по его окончании может дать объективную информацию о степени радикальности проводимого лечения.

В данной работе в плане вышесказанного предпринята попытка с помощью ХЛ исследований изучить взаимодействие некоторых ПОП с биологическими структурами, особенно липидсодержащими и липидами по определению их перекисного окисления, протекающего по цепному свободнорадикальному механизму.

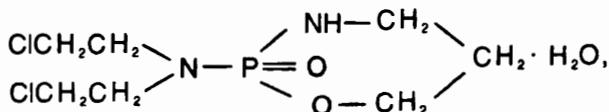
Для исследования действия ПОП на процесс свободнорадикального окисления липидов в качестве "мишени" (источника спонтанной ХЛ) использовали гомогенат мозга крупного рогатого скота в 0,175 M KCl: 0,25 M трисHCl буферном растворе (рН=7,4) в соотношении 1:10. Гомогенизация проводилась в течение 3 минут с помощью гомогенизатора Эвельхайма-Потера. При выборе ПОП учитывались направленность действия препаратов, их химическая структура и степень растворимости. Исходя из этого, в эксперименте использовали следующие препараты:

а) из ряда алкилирующих –

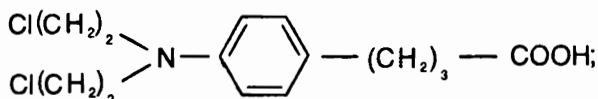
## сарколизин



## циклофосфан

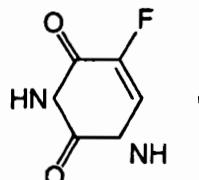


#### **хлорбутил**

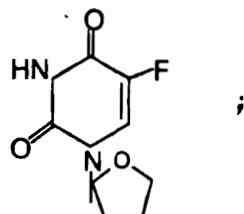


б) из ряда антиметаболитов –

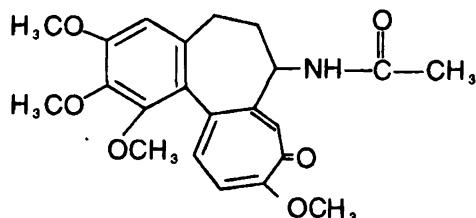
#### **5-Фторурацил**



ФтораФур



в) из ряда препаратов растительного происхождения – колхицин



Для стандартизации исследуемых гомогенатов определяется содержание белка по методу Лоури [12].

Регистрация ХЛ осуществлялась на квантотометрической установке, собранной в лаборатории кафедры биофизики биологического факультета ЕГУ [13].

Полученные результаты подвергались статистической обработке по критерию Стьюдента и представлены в виде средних арифметических величин и их среднеквадратичных отклонений.

На начальном этапе экспериментов были исследованы действия испытуемых ПОП на интенсивность СХЛ гомогената мозга с целью выяснения возможной ингибирующей или инициирующей способности этих препаратов. Для этого вначале регистрировалась СХЛ гомогената мозга, помещенного в оптическую кювету [13] в объеме 2 мл. Далее на аналогичный образец добавлялся соответствующий ПОП с конечной концентрацией  $10^{-3} M$ . Измерение СХЛ осуществлялось при  $40^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ . Уровень СХЛ гомогената мозга принимался за исходную величину, а изменение ее интенсивности от присутствия растворов ПОП служило мерой для оценки активности испытуемых препаратов. Полученные в этих экспериментах данные указывают на то, что ингибирующая СХЛ способность свежеприготовленных образцов, содержащих ПОП, распределилась следующим образом: хлорбутин > фотографур > колхицин > сарколизин > циклофосфан > тиофосфамид > 5-фторурацил (см. рис.).

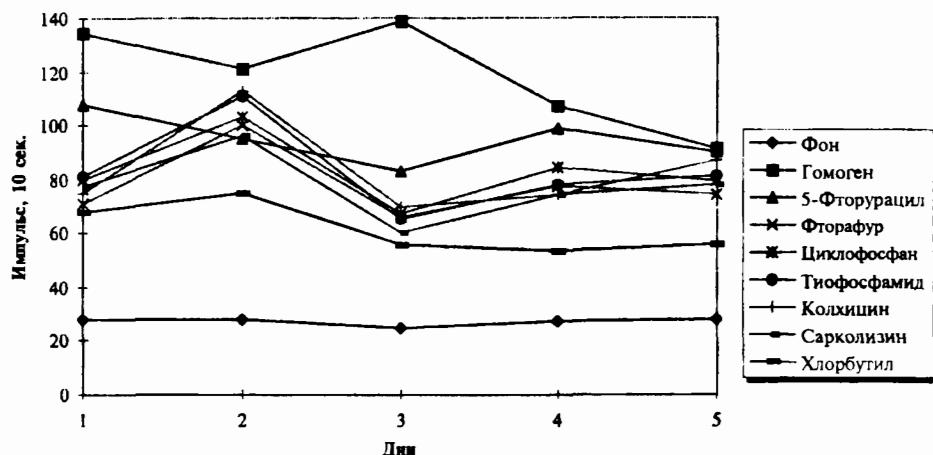
В следующих экспериментах исследовалось действие ПОП на СХЛ в зависимости от времени их инкубации в гомогенате в течение 5 дней при  $T=6^{\circ}\text{C}$ . Согласно полученным данным, приведенным на рисунке, в течение инкубации наблюдается изменение уровня СХЛ, которое неодинаково для отдельных препаратов. Так, если у хлорбутила наибольшая активность проявляется после четвертых суток инкубации, то для других (напр., для 5-фторурацила) наибольшая активность регистрируется на третьи сутки. Кроме того, однозначно можно сказать, что срок инкубации влияет на ингибирующую способность этих препаратов.

Степень ингибирования интенсивности СХЛ испытуемыми препаратами оценивалась следующей формулой:

$$I = \frac{Ig - Ip \cdot 100\%}{Ig},$$

где  $Ig$  – интенсивность свечения гомогената мозга,  $Ip$  – интенсивность свечения гомогената мозга в присутствии ПОП. Из таблицы можно видеть, что наибольший процент тушения ХЛ наблюдается у сарколизина на трети сутки инкубации (56,8%), далее у 5-фторурацила (52,5%), а для других препара-

твов процент ингибирования интенсивности СХЛ колеблется от 51,8% до полного отсутствия эффекта тушения.



Влияние ПОП на интенсивность СХЛ при их инкубации в гомогенате мозга.

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно однозначно заметить, что используемые нами во всех экспериментах ПОП проявляют ингибирующую СХЛ способность.

#### *Ингибирование ПОП процесса СХЛ гомогената мозга*

ДНИ	Фон закрыт	Фон открыт	Гомогенат	Ig-I5Ф Ig	Ig-IФ Ig	Ig-IIЦ Ig	Ig-IT Ig	Ig-IК Ig	Ig-IC Ig	Ig-IX Ig
1	28	43	134.0	19.4	47.0	40.3	39.6	41.0	42.5	49.2
2	28	34	121.0	21.5	17.4	14.9	8.3	6.6	20.6	38.0
3	25	35	139.0	40.3	52.5	51.8	51.8	49.6	56.9	30.9
4	27	35	107.0	7.5	28.0	27.1	27.1	30.8	30.8	50.5
5	28	29	91.0	1.1	18.7	11.0	11.0	4.4	14.3	38.5

Поскольку, как известно, классификация ПОП (академик Н. М. Эмануэль, 1980) приводится по их химической реакционной способности, т. е. по их способности участвовать в электрофильных, нуклеофильных и других реакциях, а также в свободнорадикальных процессах [14], то можно полагать, что в основе механизма действия, скажем, алкилирующих препаратов на уровень СХЛ гомогената, вероятно, лежат именно реакции свободнорадикального катализа, действующие на свободнорадикальные окислительные процессы в липидах и липидных структурах, отражающихся, в свою очередь, в виде ингибирования ХЛ процесса. При этом можно допустить возможность модели реакции типа  $RO + R'Cl \rightarrow R'OCI + R^+$ .

Таким образом, алкилирующие препараты ( $R'Cl$ ) нейтрализуют свободные радикалы, ответственные за генерацию излучения квантов света.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ларионов Л.Ф. Химиотерапия злокачественных опухолей . М.: Медгиз, 1962.
2. Бурлакова Е.Б., Алесенко А.В. Биоантоксиданты в лучевом поражении и злокачественном росте. М., Наука, 1975.
3. Бабаян Ю.С., Снгрян А.Е. и др. Исследование взаимодействия противоопухолевых соединений митоксандрона и аметантрона с ДНК по характеру изменения спектров кругового дихроизма. Ер.: Изд-во ЕГУ, 1998.
4. Babayan Yu.S., Khudaverdyan N.V. et al. A Comparative Study of Effect of Three Alkylating Anti-Tumour Preparations on DNA. Yerevan: Redaction of Yerevan State University, Armenia, 1996.
5. Серкис Н.И., Чеботарев Е.Е., Барабой В.А. и др. Хемилюминесценция крови в экспериментальной и клинической онкологии. Киев: Наукова думка, 1984.
6. Шаров А.П., Владимиров Ю.А., Лопухин Ю.М. Сверхслабое свечение плазмы крови в присутствии ионов  $\text{Fe}^{2+}$  как дополнительный диагностический тест. – В кн.: Сверхслабое свечение плазмы крови в клинической диагностике. М., 1974, с. 49–55.
7. Шполянский А.М., Бондарев И.М. Сверхслабое свечение сыворотки крови кроликов при опухолевых и воспалительных процессах. – В кн.: Сверхслабое свечение в биологии. М.: Наука, 1972, с. 170–173.
8. Закарян А.Е. Свободнорадикальное окисление липидов в биологических и модельных системах в норме и патологии. Ер.: 1995.
9. Серкис Я.И., Рябова Э.З. Кинетические ХЛ характеристики плазмы крови при экспериментальном канцерогенезе. – В кн.: ХЛ метод в биологии и медицине. Киев, 1978, с. 85–86.
10. Закарян А.Е., Kochur H.A., Tarusov B.N. О сверхслабой ХЛ сыворотки крови онкологических больных. – В кн.: Физико-химические механизмы злокачественного роста. М.: 1970.
11. Серкис Я.И. Некоторые изменения параметров индуцированной ХЛ плазмы крови при злокачественном росте. – В кн.: Экспериментальная онкология. Киев, 1980, N3, с. 67–71.
12. Lowry O.H., Roserbrough W.D., Farr A.Y. – V. Biol. Chem., 1951, v. 193, N1, p. 265.
13. Закарян А.Е., Цакикян А.Р., Погосян Г.П., Паносян Г.А. – БЖА , 1990, т. 3, N1, с. 51–54.
14. Проценко Л.Д., Булкина З.П. Химия и фармакология синтетических ПОП. Киев, Наукова думка, 1985.

Ա. Ե. ԶԱՔԱՐՅԱՆ, Մ. Ա. ԴԱՎԹՅԱՆ, Ն. Ա. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ՈՐՈՇ ՀԱԿԱՊԻՌՈՒՑՔԱՅԻՆ ՊՐԵՊԱՐԱՏՆԵՐԻ  
ՔԻՄԻԿԱԼՅՈՒԹԻՆԵՍՑԵՑԱՅԻՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

### Ամփոփում

Աշխատանքը նվիրված է հակառակուցքային պրեպարատների հետազոտմանը քիմիյումինեսցենցիայի մեթոդներով: Ցույց է տրված,որ այս բոլոր պրեպարատները ճնշում են ուղեղի հոմոգենատի լիպիդների ազատ ռադիկալային օքսիդացման ռեակցիաները: Խնկուրացիայի ընթացքում նկատվում է ապօնտան քիմիյումինեսցենցիայի մակարդակի փոփոխություն,որը միատեսակ չէ տարբեր պրեպարատների հանարժեական հայտնաբերված է, որ խնկուրացիայի ժամկետը նույնական ազդում է այս պրեպարատների ընկճող հատկության վրա:

A.E. ZAKARYAN, M.A. DAVTYAN, N.A. SARKISYAN

RESEARCH ON SOME ANTI-CANCER SUBSTANCES  
BY METHODS OF CHEMILUMINESCENCE

**S u m m a r y**

This work is devoted to examination of anticancer preparations by methods of chemiluminescence. It shows that all the preparations have the ability to suppress the process of chemiluminescence, that means they suppress the reaction of free-radical oxidation of lipids of brain homogenat. During the incubation period the change of the level of chemiluminescence is observed, which is different for some preparations. It is found that the incubation period also influences the suppressing ability of these preparations.

**Биология**

УДК:547.963.3

М.А. ПАРСАДАНЯН, Л.А. МИНАСБЕКЯН, П.О. ВАРДЕВАНЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ГОМОЛОГИИ ДНК  
НЕКОТОРЫХ ЗЛАКОВЫХ**

Проведено исследование пшениц, различающихся по пloidности и по геномным формулам. У исследованных сортов имеется общая часть генома AABB, о чем свидетельствует достаточно высокая степень гомологии (56% и выше). Наиболее низкая степень гомологии отмечается у тетраплоидной полбы. Предполагается, что источник общей части генома AABB полбы и современных гексаплоидных пшениц общий. Эти данные находятся в хорошем соответствии с ранее проведенными исследованиями этих же злаковых.

Одной из актуальных задач генетики пшениц является разработка эффективных методов идентификации ее геномов и геномного анализа амфидиплоидов. В этой связи исследование степени гомологии и особенностей строения геномов пшениц и ее ближайших сородичей имеет важное значение.

Ранее были проведены исследования кинетики реассоциации ДНК и термальной стабильности фракций уникальных последовательностей (*up*) и повторяющихся последовательностей (*lp*) у ряда представителей пшеницы и ее сородичей [1–3] и выявлены внутри- и межвидовые их различия [4], которые наиболее ярко выражены для тетраплоидной полбы с геномной формулой AABB. В работе [5] по изучению молекулярного полиморфизма гибридизацией ДНК показано, что популяции в пределах одного вида могут генетически различаться не менее, чем виды этого рода. Также отмечена высокая разрешающая способность метода молекулярной гибридизации, позволяющего сравнивать ДНК, выделенные из различных источников [6,7].

В настоящее время усилия многих исследователей направлены на изучение молекулярных механизмов, регулирующих взаимоотношение растений с патогенами и стрессовыми факторами среды. Идентификация генов, регулируемых онтогенетическим развитием, могла бы способствовать лучшему пониманию биохимических процессов и механизмов онтогенетического развития в целом [8].

Подобный, принципиально отличающийся от традиционных молекулярно-биологических методов подход, основанный на обнаружении специфических последовательностей нуклеиновых кислот в геноме, в ряде случаев дает возможность иметь информацию, которую получить традиционными методами не представляется возможным. Так, в работе [9] показано, что методом ДНК-ДНК-гибридизации с использованием специфических зондов к гену, детерминирующему синтез дифтерийного токсина и его фрагментов,

можно обнаружить штаммы коринебактерий, имеющие последовательность tox-гена или его фрагментов в составе хромосомной ДНК. Полученная информация может быть полезна для выявления так называемых потенциально вирулентных микроорганизмов, гены вирулентности которых присутствуют, но по каким-либо причинам не выражаются фенотипически. Ранее нами показано [6], что этот метод может быть эффективно применен для выявления сходства геномов также и у азотфиксацирующих бактерий.

Цель настоящих исследований – выявление филогенетического родства по степени гомологии ДНК:ДНК между пшеницами разных сортов внутри вида и между видами.

#### **Материалы и методы исследования.**

**Выделение ДНК.** Препараты ДНК получали из сухих эмбрионов пшеницы *Triticum aestivum L.* (с геномной формулой AABBD) сортов Безостая-1, Армянка-60 и Воскеаск, а также *Triticale* сорта Сис-1 (с геномной формулой AABBRR) и полбы *Triticum dicoccum* сорта Аршалуйс (с формулой генома AABB). Эмбрионы из семян злаков изолировали по методу, описанному в [4]. ДНК из сухих эмбрионов семян, предварительно измельченных в ступке, получали согласно методике, описанной в [4], в буфере, содержащем 0.15 M NaCl и 0.1 M Трис-НCl. Депротеинизацию проводили смесью хлороформ – изоамила (24:1) с последующей обработкой раствора рибонуклеазой, диастазой и проназой [4]. Дальнейшую очистку препарата проводили в NaCl и SDS.

Чистоту полученных препаратов проверяли спектрофотометрически, соответствующие оптические параметры удовлетворяли условиям, приведенным в [10].

**Термическая денатурация молекул ДНК.** Термическую денатурацию ДНК проводили на спектрофотометре SP-8-100 Руе Unicam (Англия) при концентрациях 20–30 мкг/мл в 0.1×SSC в кварцевых кюветах, герметически закрытых тефлоновыми пробками. Нагревание осуществлялось с помощью температурного программного устройства с линейной скоростью нарастания 0.25 град/м. Регистрацию изменения величин поглощения проводили на программируемом устройстве HP-97S I/O. Из полученных значений поглощения вычисляли значения степени деспирализации 1–θ и строили интегральные кривые плавления, а также определяли температуру плавления ДНК [4]. По площадям под полученными интегральными кривыми вычисляли нуклеотидное содержание [11].

**Степень ренатурации и гомологии ДНК.** Для исследования кинетики реассоциации были использованы препараты ДНК, большая часть повторяющихся последовательностей которых была удалена, а оставшиеся – уникальные – предполагалось сопоставить. Если в одном растворе смешать однонитевые ДНК двух разных организмов и инкубировать их при 60°C, то гибридные дуплексы будут образовываться только из тех последовательностей нуклеотидов, между которыми имеется гомология, т.е. из участков ДНК, унаследованных от общего предка этих двух видов. Растворы ДНК в 0.1×SSC в течение 15 мин. дегазировали, после чего обрабатывали ультразвуком в трубчатом излучателе ультразвукового дезинтегратора УЗДН-1 (СССР) в течение 10 мин. (частота 22 кГц, 2.5 Вт/см<sup>2</sup>), концентрация ДНК составляла 1 мг/мл. Степень ренатурации и гомологии ДНК определяли на спектрофотометре Руе Unicam. Раствор гуанина с A<sub>260</sub>=2.0 использовали в течение всего эксперимента как маркер, позволяющий корректировать воз-

можные искажения. Регистрация проводилась при оптимальной температуре ренатурации, вычисляемой из уравнения

$$T=0.51\%(G-C) + 47.0.$$

Точная концентрация ДНК двух типов определялась химически и приводилась к одинаковым весовым величинам 75–80 мкг/мл в 0.1×SSC. Препараторы ДНК обоих типов фрагментировали, как описано выше. Третий образец содержал равные объемы ДНК I и II типов. Образцы денатурировали в кипящей бане и быстро заливали в предварительно прогретые кюветы. Регистрация длилась 30–40 мин. с интервалом в 15 сек. Изменение поглощения возрастало линейно через несколько минут. Степень гомологии вычислялась по формуле, предложенной Де Леем с соавторами [12].

Опыты проводили в четырехкратной биологической повторности. Ниже приведены средние арифметические значения и их стандартные ошибки.

**Результаты и их обсуждение.** Ранее нами было выявлено, что ДНК сухих эмбрионов различных сортов пшениц различаются по температурам плавления и профилям кривых плавления в зависимости от формулы генома [3], причем при прорастании эти параметры претерпевают изменения [4]. Также показано, что они различаются по количеству повторяющихся фракций генома, ответственных за различные функции в генетической системе [13].

Геном злаковых является удобной моделью для генетических исследований, так как злаки составляют огромное семейство, члены которого различаются между собой как по геномным формулам, так и по пloidности, и это придает им еще больший интерес по сравнению с другими представителями высших растений.

Злаки, как и все высшие растения, способны синтезировать определенное количество различных соединений и реагировать на условия выращивания, и по этим показателям они варьируют в пределах вида. Выявление различий между геномами может быть полезным в решении различных вопросов систематики растений.

#### *Температура плавления и нуклеотидное содержание ДНК злаковых*

Источник ДНК	Формула генома	Темпер.пл. ДНК, °С, T <sub>m</sub>	Нуклеотидное содержание (ГЦ мол.%)
Безостая-1	AABBDD	73.7±0.2	49.0±0.2
Армянка-60	AABBDD	72.3±0.2	46.0±0.1
Воскеаск	AABBDD	73.0±0.3	47.1±0.3
Сис-1	AABBRR	72.8±0.1	47.0±0.2
Арпи	AABB	74.3±0.2	50.1±0.1

В таблице приведены данные некоторых параметров, характеризующих геномы различных сортов пшениц, на рисунках 1 и 2 – степень гомологии их ДНК, определенных методом молекулярной гибридизации фрагментированной ДНК относительно ДНК полбы и пшеницы сорта Безостая-1. Как видно, наиболее высокая степень гомологии обнаруживается между сортами гек-

саплоидных пшениц. Так, в работе [14] были выявлены предки культивированных диплоидных, культурных гексаплоидных пшениц и диких тетраплоидных видов. Таким прародителем для исследованных нами пшениц является полба, т.к. у всех исследованных злаков имеется общая часть генома AABB. Многими исследователями делались попытки вскрыть различия между геномами рода *Triticum* с помощью определения последовательности нуклеотидов ДНК. Были показаны различия между ядерным содержанием ДНК пшеницы и ржи, что указывает на более тесное родство между видом *Aegilops squarrosa* и родом *Triticum*, чем между *Triticum* и *Secale*. Сходство последовательностей нуклеотидов ДНК у ржи и пшеницы, а также у ржи, ячменя и овса подтверждает предположение, что рожь – наиболее древний род, давший начало родам овса, пшеницы и ячменя.

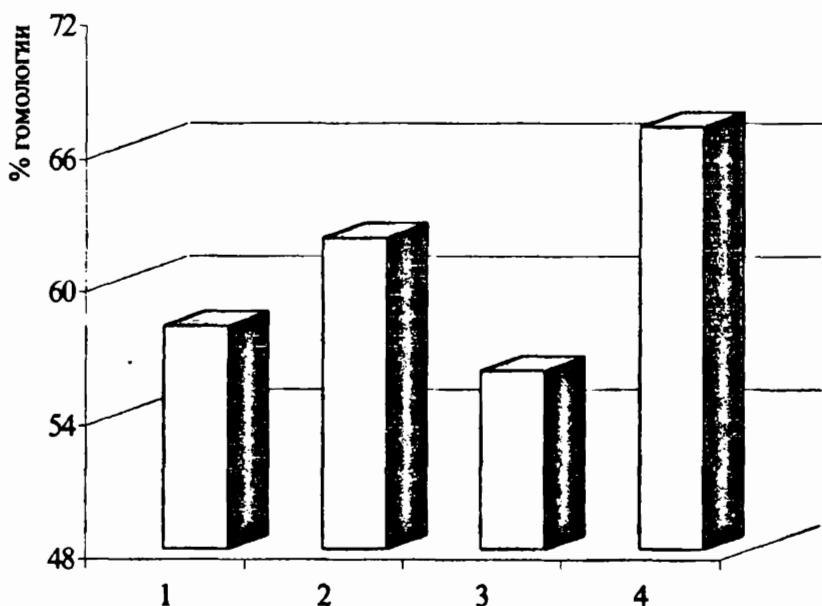


Рис.1. Гомология ДНК (% по отношению к Арпи) сортов: 1– Безостая-1 (AABBDD), 2 – Армянка-60 (AABBDD), 3 – Воскеаск (AABBDD), 4 – Сис-1(AABBR).

Суть использованного нами подхода заключается в определении гомологии между ДНК видов, представляющих основные группы современных злаков: тритикале (AABBRR), твердой (AABB) и мягкой пшеницами (AABBDD). Более низкая гомология наблюдается при сравнении полбы и пшеницы сорта Воскеаск, о чем свидетельствуют также и кривые реассоциации ДНК последних. Относительно высокая степень гомологии между гексаплоидными пшеницами, имеющими схожие геномные формулы, подтверждает предположение об их общем происхождении. В работе [15] показано, что фракции повторяющихся последовательностей нуклеотидов увеличиваются с увеличением полидности. Это согласуется с данными, полученными нами ранее [3], и объясняет различие между степенями гомологии гексаплоидных пшениц (с формулой генома AABBDD) и тритикале (AABBRR) относительно тетраплоидной полбы (AABB), что показано на рис. 1. На рис.2 представлены различия в степени гомологии гексаплоидных

пшениц сортов Армянка-60 и Воскеаск (AABBDD), а также полбы (AABB) и тритикале (AABBR) относительно гексаплоидной пшеницы сорта Безостая-1. Подобные различия в степени гомологии объясняются уже не полипloidностью злаков, а количественными и качественными различиями между ними и источниками их происхождения (см. рис. 2).

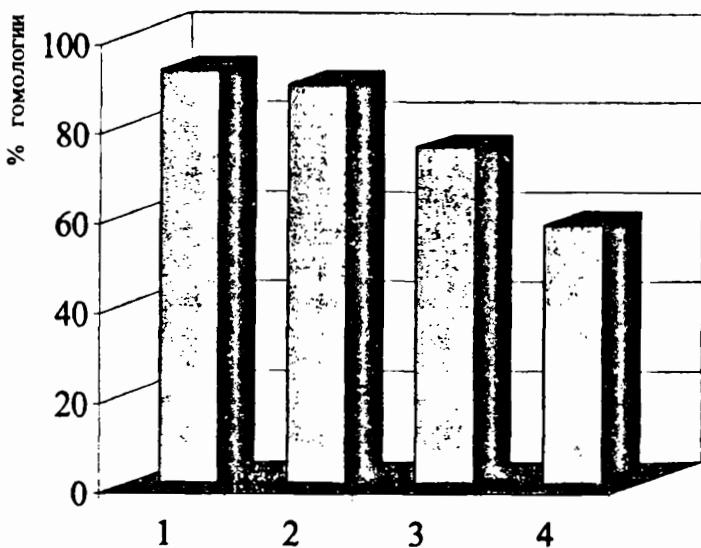


Рис.2. Гомология ДНК ( % по отношению к Безостой-1) сортов:  
1 – Армянка-60 (AABBDD), 2 – Воскеаск (AABBDD), 3 – Сис-1  
(AABBR), 4 – Арпи (AABB).

В геноме ржи RR не было обнаружено повторяющихся последовательностей [16], хотя имеются данные, что *rr* не являются балластом генома. Эта фракция генома полифункциональна; некоторая часть *rr*, возможно, связана с процессами видеообразования. Именно по этой причине наблюдается такая резкая разница для двух гексаплоидных представителей злаковых, содержащих DD и RR геномы соответственно. Геном DD, хотя и считается самым коротким, однако в нем установлены наивысшая концентрация ДНК и соответственно все необходимые признаки, подавляющие ломкость стержня колоса и чешуи (фактор Q), а также повышенная зимостойкость соответствующих видов [17].

С использованием подобного подхода были оценены гигантские наборы генов птиц, что позволило сопоставить и количественно оценить генетические различия между современными видами. По такой оценке была воссоздана реальная последовательность ветвлений филогенетического древа. Путем соотношения выявленных генетических различий и шкалы времени было вычислено приблизительное время дивергенции дошедших до наших дней линий эволюционного развития. Кроме того, на основании изучения ДНК методом молекулярной гибридизации были установлены порядок ветвления и приблизительное время расхождения линий эволюционного развития [7].

По степени гибридизации, по-видимому, можно судить также о сложности генома. Как видно из сравнения гомологичности ДНК между сортами

Безостая-1 и Арпи, степень их родства наименьшая. При этом под сложностью генома по ДНК предполагается в первую очередь увеличение числа вариантов генов или генетических систем, а значит и увеличение размеров генома в общем. При этом усложнение геномов проходило без каких-либо существенных изменений в природе самого гена. Об этом свидетельствуют не  $T_{пл}$ , а профили дифференциальных кривых плавления, которые в пределах гексаплоидных пшениц схожи, но уже для гексаплоидного тритикале, как это показано в таблице, степень гомологии меняется [4]. Естественно, что наиболее отдалена от гексаплоидных пшениц тетраплоидная полба, геном которой наиболее упрощен, о чем свидетельствуют также и полученные данные по кинетике реассоциации ДНК.

Таким образом, степень гомологии исследованных злаковых, полученная методом молекулярной гибридизации, свидетельствует об имеющейся общности большей части их геномов, т.е. общей доле AABB в геноме, что доказывает общность происхождения пшениц и полбы. По сути, полба является культивированной двузернянкой *Tr.dicoccoides*. По-видимому, этим и объясняется достаточно высокая степень гомологии (до 58%) между двумя представителями различных видов. Получение новых сельскохозяйственных растений с улучшенными показателями – увеличением урожайности семян, повышенной устойчивостью к различным стрессовым факторам окружающей среды – актуально для сельского хозяйства. Для этой цели применение новых молекулярно-генетических методов и более глубокое понимание фундаментальных основ процессов, происходящих в ходе онтогенеза растений, необходимы для целенаправленного создания более ценных сельскохозяйственных растений.

Кафедра биофизики

Поступила 26.03.2001

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А.С. – В кн.: Геном растений (п/р Сыгника К.М.). 1988, с.285.
2. Гаевская Е.И., Махлаева Р.Ф. – Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. 1979, т.63, №3, с.86–96.
3. Минасбекян Л.А., Варdevanян П.О., Паносян Г.А. – Биол. науки, 1992, т.7, с.31.
4. Минасбекян Л.А., Парсаданиян М.А., Паносян Г.А., Варdevanян П.О. – Физиология растений, 2000, т.47, №2, с.286–290.
5. Сиволап Ю.М., Чеботарь С.В., Топчиева Е.А., Корзун В.Н., Тоцкий В.Н. – Генетика, 1999, т.35, №2, с.1165–1673.
6. Варdevanян П.О., Минасбекян Л.А., Парсаданиян М.А. – Мол.генетика, 2000, №1, с.27–30.
7. Sibley Ch.G., Monroe B.J. – A Supplement to distribution and Taxonomy of Birds of the World, New Haven: Yale University Press , 1993.
8. Курочкина С.Д., Картель Н.А. – Мол. генетика, 1998, №4, с.3–12.
9. Михайлович В.М., Зайкин В.А., Мазурова И.К. - Мол. генетика, 1994, №6, с.27-29.
10. Maguire J. – J.Mol.Biology, 1961, v.3, p.208–218.
11. Варdevanян П.О., Карапетян А.Т., Терзикиян Г.А., Вардапетян Р.Р., Даниелян Э.А. – Биополимеры и клетка, 1990, т.6, №4, с.48–51.
12. De Ley J., Carroit H., Keynaerts A. – Eur.J.Biochem., 1970, N 12, p.133–142.
13. Bendich A.G., McCarthy B.J. – Genetics, 1970, v.65, p.545–565.
14. Dvorak J. - Genome, 1988, v.30, p.680–689.
15. Mitra R., Bhatia R. - Heredity, 1973, v.91, N 21, p.251–262.
16. Dover J.A., Flavell R.R. - Genome Evolution, London, Acad.Press, 1982, p. 239–262.
17. Я.Лелли - В кн. Селекция пшениц, М, 1980, с.38.

ՈՐՈՇ ՑՈՐԵՆԱԶԳԻՆԵՐԻ ՀՈՍՈԼՈԳԻԱՅԻ ԱՍՏԻճԱՆԻ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ամփոփում

Հետազոտված են պլիդուրյամբ և գենոմի բանաձևով տարբերվող ցորենազգիներ: Առկա է ուսումնասիրված ստրեթի գենոմի ընդհանուր մասը (AABB), որի մասին վկայում է համոլոգիայի բավականին մեծ աստիճանը (56% և ավելի): Ընդ որում, համոլոգիայի ամենափոքր աստիճանը նկատվում է տեսրապլիդ հաճարի դաշըռում: Ենթադրվում է, որ AABB գենոմի աղբյուրը հաճարի և ժամանակակից հերսապլիդ ցորենազգիների համար նույնն է: Այդ տվյալները լավ համապատասխանության մեջ են վերը նշված հացազգիներին վերաբերող ավելի վաղ հետազոտությունների արդյունքների հետ:

M.A.PARSADANYAN, L.A.MINASBEKYAN, P.O.VARDEVANYAN

THE INVESTIGATION OF LEVEL OF HOMOLOGY  
OF SOME CEREAL'S DNA

Summary

The cereals distinguished on ploidy and genome formulae have been studied. Since investigated sorts have common part (AABB), the high level of homology was observed (56% and higher). The lowest level of homology obtained for tetraploid polba. It is assumed that the sources of AABB genome of polba as well as modern hexaploid wheat are common. These data are in good consideration with our recent investigations of the same cereals.

Биология

УДК 631.527.633.11

Р.Р. САДОЯН, К.Г. АЗАРЯН

СРАВНИТЕЛЬНОЕ МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ  
СТРУКТУРЫ СТЕБЛЯ КАРЛИКОВЫХ ГИБРИДОВ ПШЕНИЦЫ

В результате комплементации доминантных генов гибридной карликовости возникает депрессивность как по морфологическим, так и по анатомическим показателям стебля.

Гибрид типа Dwarf II более депрессирован, что выражается в резком подавлении роста растений, уменьшении числа и размеров сосудистых пучков. Выяснилось, что уменьшение диаметра стебля гибрида Dwarf II происходит за счет уменьшения его полой части, при этом функционирующая поверхность не уменьшается.

Гибридный карлик типа Dwarf III варьирует в сторону уменьшения диаметра стебля. Слабое развитие механического кольца частично компенсируется большим числом расположенных в нем сосудистых пучков. У гибрида Dwarf II и Dwarf III паренхимная ткань развита хорошо.

Явление гибридной карликовости возникает при скрещивании нормальных растений в первом или во втором гибридном поколении в результате комплементации доминантных  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  генов. По генам гибридной карликовости изучено 1059 сортов различных видов пшениц. Носителями доминантных генов карликовости оказались 71,24% изученных сортов.

Карликовые гибриды проявляются в различные периоды онтогенетического развития в зависимости от генотипа скрещиваемых сортов [1, 2]. По степени развития они делятся на три типа. Это:

1. Dwarf I – летальная форма Dwarfness, т.е. бесплодные растения, которые погибают в состоянии травянистых пучков или хохолков (рис. 1).

2. Dwarf II – промежуточная, полулетальная форма Dwarfness. Гибридные растения имеют темно-зеленые листья, короткие продуктивные стебли с полу sterileными колосьями. Установлено [3], что по количественным признакам гибриды этого типа сильно депрессированы и превосходят родителей лишь по общей кустистости (рис. 2).

Гибрид типа Dwarf II более депрессирован по росту стебля и числу колосков в несколько укороченных колосьях. Следует отметить, что, несмотря на некоторое повышение продуктивной кустистости, выход зерна с одного растения вследствие множества полу sterileных колосьев в 4–6 раза меньше, чем у родителей.

3. Dwarf III – по депрессивности самая слабая, плодовитая форма Dwarfness. Эти гибриды в период полного кущения отличаются обильным побегообразованием, светло-зелеными листьями и отставанием от родителей по высоте стебля. К началу колошения они быстро поднимаются в

росте, но не достигают высоты родительских форм. В конце вегетации растения типа Dwarf III отличаются обилием тонких, неполегающих стеблей с мелкими колосьями и часто со щуплым зерном. По количественным признакам [3] гибриды этого типа карликовости меньше отличаются от родительских форм, чем Dwarf II (рис. 3).



Рис. 1. Гибрид типа Dwarf I  
(Frisko×Кавказ F<sub>1</sub>).



Рис. 2. Гибрид типа Dwarf II  
(Амби×Дельфи F<sub>1</sub>).



Рис. 3. Гибрид типа Dwarf III  
(Дельфи×Бенгалензе F<sub>1</sub>).

Обсуждая физиологический механизм возникновения гибридной карликовости, Гермсен [2] предполагал, что под влиянием Д генов в гибридах синтезируются вещества антигиббереллиновой природы, которые задерживают ростовые процессы.

Бабаджанян в 1974 г. [1] выдвинул новую концепцию возникновения типов Dwarfness, предполагая, что система Д генов блокирует эндогенные активные вещества и тем самым задерживает рост растения.

По нашим неопубликованным данным, комплементация генов гибридной карликовости отражается также на содержании пластидных пигментов и интенсивности фотосинтеза у гибридных растений.

В литературе вопрос полегания и продуктивности пшеницы рассматривается с учетом строения стебля [4–8].

У продуктивных сортов озимой мягкой пшеницы наблюдалась увеличение диаметра междуузлий, толщины склеренхимного кольца, размеров сосудистых пучков и паренхиматизация соломины, что повышало выполнность стебля и устойчивость к полеганию [9].

Соотношение высоты и толщины стебля является одним из важных параметров, характеризующих неполегаемость пшеницы [4, 10]. Известно, что в прочности стебля определенное значение имеет анатомическое строение второго междуузлия [11]. При этом чем сильнее развита механическая ткань стебля, особенно в базальной его части, тем выше устойчивость растения к полеганию [12]. Известно также, что повышению прочности стебля

способствует толщина клеточных оболочек механической ткани. Широкое механическое кольцо вместе с сосудистыми пучками, составляя "скелет" стебля, определяет устойчивость растений к полеганию [5].

Сравнительное изучение длинно- и короткостебельных сортов мягкой яровой пшеницы выявило наличие прямой корреляции между структурой стебля и его полегаемостью. У длинностебельных, неустойчивых к полеганию сортов склеренхима и сосудистые пучки развиты слабее, чем у устойчивых, короткостебельных сортов [13].

Изучение проводящих пучков паренхимы у различных по плоидности видов пшеницы показало увеличение их диаметра. При этом наибольшее увеличение размеров проводящих пучков обнаруживалось при формировании тетрапloidов. Дальнейшее объединение генов практически не привело к увеличению пучков [14].

С целью выявления корреляции между степенью депрессированности морфологических показателей (высота растений, продуктивная кустистость, количество колосков, выполненнаяность колосьев и др.) и строением стебля нами были изучены вторые междоузлия главных стеблей.

**Материал и методика.** Эксперимент проведен на опытном участке АрмСХА в условиях Арагатской равнины в 1995–1998 годах. Гибриды мягкой пшеницы первого поколения ( $F_1$ ) получены методом принудительного опыления с предварительной изоляцией и кастрацией родительских форм.

Анатомические исследования проведены на срезах вторых междоузлий главных стеблей гибридов и их родительских форм в фазе цветения. Срезы сделаны бритвой от руки, окрашены сафранином, заключены в глицерин-желатин [15]. Измерения анатомических показателей выполнены при помощи окуляр-микрометра МОВ-1-15Х. Изучались диаметр стебля, ширина паренхимной и механической ткани, толщина оболочек клеток механической ткани, число и размеры проводящих пучков. Данные, полученные по морфологическим и анатомическим показателям, подвергались математической обработке по Доспехову [16].

**Результаты и обсуждение.** Результаты исследований ряда морфологических показателей изученных нами гибридов и их родительских форм представлены в табл. 1.

Таблица 1

*Некоторые морфологические показатели карликовых гибридов пшеницы*

Образцы	Высота растений, см	Продуктивная кустистость	Длина главного колоса, см	Количество колосков
Дельфи	125,1±1,40	4,3±0,1	11,1±0,30	18,3±0,40
Dwarf III $F_1$ Дельфи × Бенгалензе	112,2±1,02	6,3±0,2	6,0±0,16	14,6±0,40
Бенгалензе	131,4±0,92	4,2±0,14	8,0±0,14	19,0±0,50
Эмби	103,1±1,20	4,1±0,10	8,8±0,18	17,2±0,50
Dwarf II $F_1$ Эмби×Дельфи	27,5±0,70	5,3±0,17	7,73±0,07	9,7±0,40
Дельфи	121,3±1,40	4,3±0,10	11,1±0,30	18,3±0,40

Как показывают данные, у гибрида Dwarf III наблюдается увеличение продуктивной кустистости, что обуславливает формирование большого чис-

ла коротких, мелких колосьев. Выход зерна с одного растения занимает промежуточное положение, хотя гибрид по высоте растений, длине главного колоса и числу колосков в нем уступает родительским формам.

Результаты анатомических исследований показали, что строение стеблей карликовых гибридов Dwarf III и Dwarf II определенным образом отличается от родительских форм (табл. 2).

Таблица 2

*Некоторые анатомические показатели стебля карликовых гибридов пшеницы*

Варианты	Диаметр, мкм		Толщина, мкм			Количество сосудистых пучков			Радиальный размер пучков, мкм
	стебля	полой сердцевины	мех. ткани	паренх. ткани	оболочечек клеток мех. ткани	общее число	паренх. ткань	мех. ткань	
Дельфи	2990±5,3	1886±2,8	122±2,1	430±2,5	4,5±0,2	40	28,1±0,5	12±0,6	237,4±1,9
Dwarf III F <sub>1</sub> Дельфи × Бенгалензе	2720±3,7	1616±3,7	92±2,3	460±3,8	3,6±0,1	46	28,0±0,6	18±0,5	207,9±2,8
Бенгалензе	3200±3,9	2166±2,7	98±1,9	419±3,8	3,0±0,1	43	28,13±0,5	15±0,5	200,3±2,8
Эмби	3145±3,5	2073±2,6	92±1,8	444±3,6	2,4±0,1	42	27,2±0,5	15,1±0,4	228,2±3,2
Dwarf II F <sub>1</sub> Эмби×Дельфи	2169±4,0	1017±2,7	96±2,3	480±2,6	2,2±0,1	33	20±0,6	13±0,5	205,2±3,1
Дельфи	2990±5,3	1886±2,8	122±2,1	430±2,5	4,5±0,2	40	28,1±0,5	12±0,6	237,4±1,9

Установлено, что гибридная комбинация Дельфи × Бенгалензе (Dwarf III) по диаметру стебля и ширине механической ткани уступает родителям. Эта ткань состоит из клеток более округлой формы, толщина оболочек которых занимает среднее положение между родителями.

Таблица 3

*Соотношение числа сосудистых пучков к площади сечения стебля*

Образцы	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>	Общее число пучков	Соотношение числа пучков к площади сечения
Дельфи	7,018	40	5,7
Dwarf III F <sub>1</sub> Дельфи × Бенгалензе	5,800	46	7,9
Бенгалензе	8,038	43	5,3
Эмби	7,760	42	5,4
Dwarf II F <sub>1</sub> Эмби×Дельфи	3,690	33	8,9
Дельфи	7,018	40	5,7

Узкое кольцо механической ткани пронизано большим числом нормально развитых, равномерно расположенных сосудистых пучков. Ситовидные

трубки в них сравнительно толстостенные. Паренхимная ткань по ширине превосходит таковую у родителей, она крупноклеточная, развита хорошо.

Следует отметить, что в паренхимной зоне количество сосудистых пучков у гибрида Dwarf III и родительских форм одинаково – 28, но по толщине механической ткани оно различно и сравнительно больше, чем у родителей. У гибрида Dwarf III на сравнительно меньшей поверхности расположено несколько больше сосудистых пучков (табл. 3).

Вместе с этим меняется соотношение механической, паренхимной и полой части сердцевины к диаметру стебля (табл. 4).

Таблица 4  
Соотношение тканей стебля к диаметру и высоте растений

Образец	Высота растений, см	Диаметр стебля, мк	Соотношение			
			высоты к диаметру	мех. ткани к диаметру	паренхимной ткани к диаметру	полой части к диаметру
Дельфи	125,1	2990	418,4	0,040	0,15	0,63
Dwarf III F, Дельфи × Бенгалензе	112,2	2720	412,5	0,034	0,17	0,59
Бенгалензе	131,4	3200	410,0	0,030	0,13	0,68
Эмби	103,1	3145	327,0	0,030	0,14	0,66
Dwarf II F Эмби × Дельфи	27,5	2169	126,8	0,044	0,22	0,47
Дельфи	125,1	2990	418,4	0,040	0,15	0,63

Таким образом, гибрид Dwarf III отличается от своих родителей как рядом морфологических показателей (высота растений, продуктивная кустистость, длина колоса, число колосков и др.), так и внутренним строением стебля.

В случае гибрида типа Dwarf II (Эмби × Дельфи) депрессия по морфологическим показателям выражена сильнее (рост стебля, выход зерна с колоса и др.), за исключением продуктивной кустистости. В этом случае образуется множество полустерильных колосьев.

Анатомический анализ стебля гибрида Dwarf II показал, что он отличается от родительских форм как по количественным показателям элементов, так и форме и расположению клеток. Уменьшаются число и размер пучков, в частности в паренхимной зоне. В толще механических и паренхимных слоев сосудистые пучки расположены неравномерно. В некоторых случаях они сливаются, а иногда тормозятся закладка и окончательное формирование пучков. В подобных пучках ксилемные и флоэмные элементы выражены нечетко. Стебель гибрида Dwarf II отличается также характером строения паренхимной ткани. Она образуется из беспорядочно расположенных клеток различной величины и формы.

По развитию механической ткани гибрид превосходит материнскую форму, уступая отцовской. Однако толщина оболочек клеток механической ткани меньше по сравнению со всеми остальными образцами (см. табл. 2). Выяснилось, что меняется соотношение толщины паренхимной и механичес-

кой тканей, а также сердцевины и диаметра стебля, как и в случае Dwarf III (см. табл. 4).

Несмотря на то что общее количество сосудистых пучков на сечении меньше, чем у родителей, в процентном соотношении оно больше родительских форм (см. табл. 3).

Примечательно, что уменьшение диаметра стебля гибрида (Dwarf II) происходит за счет уменьшения полой части, при этом функционирующая поверхность не уменьшается, а значительно увеличивается за счет паренхимы.

Обобщая все данные как морфологических, так и анатомических исследований, можно предположить, что вследствие комплементации доминантных Д генов у гибридных форм Dwarf III и Dwarf II выявляются значительные морфолого-анатомические отклонения. При этом гибридные растения Dwarf II становятся, с одной стороны, более низкими с короткими междуузлиями, узкими стеблями, со слабыми и полупустыми колосьями, с другой – меняется соотношение толщины функционирующих слоев стебля (паренхимной и механической тканей) как в отношении к диаметру стебля, так и сердцевине, изменяются число и размеры сосудистых пучков, а также толщина оболочек клеток механической ткани.

В результате подобные отклонения морфо-анатомического характера, обеспечивая функциональную деятельность растений в целом, способствуют повышению устойчивости гибридных карликов к полеганию.

**Выводы.** 1. В результате комплементации доминантных генов гибридной карликовости возникает депрессивность как по морфологическим, так и по анатомическим показателям стебля.

2. Гибридный карлик типа Dwarf III варьирует в сторону уменьшения диаметра стебля и толщины механической ткани. Превосходит родителей он по ширине паренхимной ткани и количеству сосудистых пучков, а по радиальному размеру пучка и толщине оболочек клеток механической ткани занимает промежуточное положение между родителями. Слабое развитие механического кольца частично компенсируется большим числом расположенных в нем сосудистых пучков, что в свою очередь обеспечивает устойчивость стебля к полеганию.

3. Гибрид типа Dwarf II оказался более депрессированным, что выражается в резком подавлении роста растений, уменьшении числа сосудистых пучков и их размеров. Большая выполнленность стебля достигается за счет хорошо развитой паренхимной ткани.

По ширине механической ткани данный гибрид занимает промежуточное положение между родителями, а толщина оболочек клеток минимальная (2,2 мкм) по сравнению со всеми остальными вариантами.

4. У гибридов Dwarf III и Dwarf II паренхимная ткань развита хорошо.

Число сосудистых пучков, расположенных в паренхиме, у всех вариантов константно, за исключением гибрида типа Dwarf II. В зоне механической ткани их число более изменчиво. По радиальному размеру сосудистых пучков гибриды мало различаются между собой (207,9 мкм – Dwarf III, 205,2 мкм – Dwarf II), а по сравнению с родительскими формами существенное уменьшение отмечается только у гибридного карлика типа Dwarf II.

5. У гибридов, особенно у Dwarf II, более выполненный стебель, чем у родителей, что выражается в сравнительно широком слое паренхимы. У Dwarf III различия в этих показателях менее заметны.

6. Выяснилось, что неполагаемость гибридных растений определяется не только количественным выражением соотношения высоты растения к диаметру, но и рядом показателей анатомо-морфологического характера строения стебля.

АСХА, ЕГУ

Поступила 15.06.2000

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаджанян Г.А. Опыт классификации генотипов сортов пшеницы по генам гибридной карликовости. – Тр.: Арм. НИИЗ, сер. Пшеница, 1974, №1, с. 30–44.
2. Hermse Y.G. Th. Hybrid dwarfness in wheat. – Eucalyptica, 1967, v. 16, №1.
3. Казарян М.Х. Вопросы генетики гибридной карликовости (dwarfness) у пшеницы. – Автoref. дис. на соискание уч. ст. канд. биол. наук, Ер., 1976.
4. Декапрелевич Л.Л. К методике оценки сортов пшениц на полегаемость и характеристика по этому признаку некоторых местных сортов Восточной Грузии и селекционных сортов. Устойчивость растений против полегания. Минск, 1965.
5. Дорофеев В.Ф. Анатомическое строение стебля некоторых видов пшеницы и его связь с полеганием. – Ботанический журнал, 1962, т. 47, №3.
6. Дорофеев В.Ф., Градчанинова О.Д. Анатомическое изучение стебля и листа пшеницы. – Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции, Л., 1971, т. 44, в. 1.
7. N'attrova Z. Karacita vodivych cest v poslednium intermodiu stebla u odrud psenice ozime s ruznou produktivitou klasu. – Rostl. Vytoba, 1987, v. 33., №10, p. 1085–1091.
8. Zalewski D., Zorc W., Dolinski R. Analiza dialleliczna cech morfologicznych zdzbka i wybranych elementow plonowania związanych z odporosicą na wyleganie pszenicy ozimej. – Biul. Inst. hod i aklim rosl., 1997, №204, с. 57–65.
9. Пыльнев В.В. Изменение анатомического строения озимой пшеницы в результате селекции в Центральном районе Нечерноземной зоны России. Изв. ТСХА, 1996, №2, с. 87–96.
10. Струцевская Е.С. Механические показатели прочности стебля пшеницы. Сб.: Тр. аспирантов и молодых научных сотрудников ВИР, 1966, № 11.
11. Ильинская-Центилович М.А. Устойчивость к полеганию как проблема селекции озимой пшеницы. Автореф. дис. на соискание уч. ст. доктора биол. наук, Харьков, 1964.
12. Носатовский А.И. Биология. Пшеница. М.: Изд-во Колос, 1965.
13. Москалева Г.И. Морфолого-анатомические особенности строения стебля и устойчивость к полеганию мягкой яровой пшеницы. – Науч.-техн. бюлл. ВИР, Л., 1987, т. 57, вып. 2, с. 64–68.
14. Лазаревич С.В. Дивергенция проводящей системы стебля пшеницы. – Тез. докл. регион. науч.-практич. конференции. Витебск, 1996, с. 41–42.
15. Прозина М.Н. Ботаническая микротехника. М.: Изд-во Высшая школа, 1960.
16. Доспехов В. А. Методика полевого опыта. М.: Изд-во Колос, 1979.

Ա.Ա. ՍԱԴԻՔՅԱՆ, Կ.Գ. ԱԶԱՐՅԱՆ

ՑՈՐԵՆԻ ԳԱԲԱԾ ՀԻՖՐԻԴՆԵՐԻ ՑՈՂՈՒՆԻ  
ՄՈՐՖՈԼՈԳԱ-ԱՆԱՏՈՄԻԿԱՆ ՎԱՐՈՒՅՎԱԾՔԻ ՀԱՍԵՄԱՏԱԿԱՆ  
ՈՒԽՈՒՄՆԱԽՐՈՒԹՅՈՒՆԻ

## Ամփոփում

Հիբրիդային զանանության դոմինանտ գեների կոմպլեմենտացիան առաջացնում է ճնշվածություն ինչպես մորֆոլոգիական հատկանիշներում, այնպես էլ ցողունի անառողմիական կառուցվածքում:

Dwarf II տիպի հիբրիդը խիստ ճնշված է, որն արտահայտվում է բույսի աճի կտրուկ դանդաղումով, ինչպես նաև անորային խրձերի քանակի և չափերի նվազումով: Պարզվել է, որ Dwarf II տիպի հիբրիդի ցողունի տրամագծի փոփոխությունը տե-

ոի է ունենում նրա սնամեց հատվածի հաշվին: Այս դեպքում գործող մակերեսը չի փոքրանում:

Dwarf III տիպի հիբրիդում դիտվում է ցողոնի տրամագծի նվազում: Մեխանիկական օղակի բույլ զարգացումը մասնակիորեն փոխհատուցվում է նրանում անորային խրձերի քանակի ավելացմամբ:

Երկու հիբրիդներն ել ունեն լավ զարգացած պարենքիմային հյուսվածք:

R.R. SADOYAN, K.G. AZARIAN

## COMPARATIVE MORPHOLOGICAL-ANATOMICAL STUDY OF THE STRUCTURES OF A STALK OF HYBRID DWARFNESS OF WHEAT

### Summary

As a result of complementation of dominant genes of hybrid dwarfness the depression of morphological, as well as anatomical parameters of a stalk arises.

The type of hybrid Dwarf II is more depressed which is expressed in sharp suppression of the growth of plants, reduction of the number and size of fibro-vascular bundles. It was found out that the reduction of the diameter of a stalk of a hybrid Dwarf II occurs at the expence of reduction of a hollow part, in this case the functioning surface does not decrease.

The type of the hybrid dwarfness as Dwarf III varies to the part of reduction of a diameter of a stalk. The weak development of a mechanical ring is partially compensated by a large number of fibro-vascular bundles located in it. The parenchyma in both hybrids is well developed.

**Биология**

УДК 582.28:620.193.8

Дж.Г. АБРАМЯН, И.В. ШАХАЗИЗЯН

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА  
МИКОБИОТОЫ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ И МИКОДЕСТРУКТОРОВ,  
ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ НА ОТХОДАХ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

Результаты проведенных экспериментов показали, что большинство микромицетов обладает избирательным действием при заселении, обраствании и биологическом повреждении или разложении испытуемых синтетических материалов.

Микроорганизмы и грибы в отличие от беспозвоночных более тесно связаны с химическими особенностями среды [1]. Техногенное загрязнение почв, являющихся основным местообитанием микроскопических почвенных грибов, играет роль селективного фактора. В результате почвенные организмы, активно участвующие в антроподинамических сменах, формируют грибные сообщества, сохранившие жизнеспособность благодаря проявлению высокой устойчивости к создавшимся весьма экстремальным условиям. Приспособительную реакцию микромицетов к таким условиям исследователи относят за счет их способности к биохимическому и физиологическому типу адаптации [2].

Сукцессии имеют непосредственное отношение к одному из наиболее общих свойств живой материи, присущих всем типам биологических систем адаптации. Сущность адаптации состоит в поддержании функциональной устойчивости систем при изменении условий окружающей среды [3]. Естественно, что поддержать функциональную устойчивость в техногенно загрязненной эдафической среде может в определенной степени экологическая группа технофильных грибов.

Определяющим фактором в формировании комплексов микромицетов-деструкторов являются характер и интенсивность техногенного загрязнения.

Микологическому анализу были подвергнуты почвы окрестностей завода "ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТ" и НИИ "ПЛАСТПОЛИМЕР". Контролем служили идентичные почвы, удаленные от предприятий на 10 км.

Микологическому анализу также были подвергнуты пробы почв, взятые из-под многолетних скоплений некоторых отходов вышеуказанных предприятий полимерных материалов, в числе которых поливиниловый спирт (ПВС), поливинилацетатная дисперсия (ПВАД), ацетилцеллюлоза (АЦ).

Деструктивная способность различных наборов испытуемых грибов бы-

ла исследована на твердых отходах поливинилбутираля (ПВБ), поливинилового спирта (ПВС), поливинилацетатной дисперсии (ПВАД), ацетилцеллюозы (АЦ), винилфлекса (ВФ), ацетата натрия (АН).

Наборы грибов для проведения экспериментов первоначально были составлены из числа микромицетов, выделенных из почв близ территории завода "Поливинилацетат", а также из разрушающихся в естественных условиях полимерных материалов.

С целью выявления воздействия выбросов и отходов предприятий на качественный состав микромицетов почв нами был рассчитан коэффициент сходства ( $K_{Ch}$ ) видового состава грибов [4]. Сравнительный анализ полученных данных показал, что как выбросы, так и отложения отходов определенной химической природы в качестве инициированного источника питания стимулировали развитие в почве специфического комплекса микромицетов. Обнаружен весьма низкий  $K_{Ch}$  видового состава микробиоты загрязненных почв близ территории предприятий и контрольных почв ( $K_{Ch}=14\%$ ). Заметно различается видовой состав под отложениями ацетилцеллюозы и поливинилового спирта ( $K_{Ch}=27\%$ ); несколько ниже – под отходами ацетилцеллюозы и поливинилацетатной дисперсии ( $K_{Ch}=23\%$ ). Резко различается качественный состав микромицетов в почвах под отходами поливинилового спирта и поливинилацетатной дисперсии ( $K_{Ch}=14\%$ ).

Приведенные данные убеждают в селекционирующем воздействии отложений отходов полимерных материалов на видовой состав микробиоты почв.

Определенный интерес представляло проведение сравнительного анализа видового состава микромицетов в почвах под отходами с видовым составом сообществ микроконструкторов, функционирующих на них как в природных условиях, так и при испытании на грибостойкость в лабораторных условиях.

Результаты микологических анализов почвы, загрязненных отходами предприятий, выявили наибольшую плотность популяции микромицетов рода *Aspergillus*. В комплексе доминирующих видов значились *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. ficiuum*, *A. nidulans*, *A. terreus*.

Проведенные нами эксперименты на испытания грибостойкости отходов исследуемых предприятий выявили наибольшую деструктивную активность именно представителей данного рода. При включении в наборы аспергиллов они непременно выявлялись в числе колонизирующих микромицетов-деструкторов. В их числе *Aspergillus niger*, *A. terreus*, *A. flavus*, *A. nidulans*, т.е. те же виды, которые значились в числе доминантов в загрязненных почвах.

Видовое разнообразие аспергиллов, заселяющих отходы полимерных материалов, обнаружено и в природных условиях. На полимерных материалах, разрушающихся в естественных условиях, выявлены виды, которые не были отмечены в почве, в их числе – *Aspergillus carbonarius*, *A. awamori*, *A. oguzae*, *A. sclerotiorum*. Доминирование *A. carbonarius*, наряду с иными видами грибов, на полимерных материалах в условиях субтропиков отмечено Р.Е. Пашкевичем и В.И. Дахновским [5].

И наконец именно аспергиллы первыми колонизируют готовую продукцию в условиях производства.

Примечательно, что в природных условиях на отходах несколько чаще, чем в искусственных экспериментах выявлялись виды рода *Penicillium*. Большей частотой встречаемости обладали виды *Penicillium chrysogenum* и *P.*

*verrucosum* var. *cyclopium*, отмеченные в почвах под отходами и близ территории предприятий.

Обильно представлены как в почвах, так и на отходах в природных условиях темноокрашенные гифомицеты.

Неоднократно выявлялись диаспоры *Alternaria alternata* в почвах под отложениями поливинилового спирта и на разрушающихся его отходах в природных условиях. Следует отметить также, что более 22% видов микромицетов, расселяющихся почву под отходами поливинилового спирта, выявлено в качестве микодеструкторов в процессе испытания на грибостойкость образцов поливинилового спирта. При этом ряд видов значится в числе доминирующих в исследуемых почвах, к ним относятся *Astemonium strictum*, *Aspergillus niger*.

В числе типичных редких видов отмечен *Stysanus medius*. Интересно, что *S. medius* был обнаружен лишь под отложениями отходов поливинилового спирта и на его отходах. По данным О.Е. Марфениной [6], при стабильном химическом загрязнении появляются ранее не типичные для данных экологических условий виды грибов. При включении *Stysanus medius* в набор тест-культур, которым были инфицированы образцы различных испытуемых отходов, рост указанного гриба был обнаружен лишь на поливиниловом спирте. Таким образом, заселение поливинилового спирта видом *Stysanus medius* не случайно, а весьма закономерный процесс, указывающий на приуроченность данного вида к ПВС.

На отходах последнего, экспонируемых в естественных условиях, обнаружены сочетания грибов, включающие виды, которые входили в состав микосинузий на ПВС в искусственных условиях, к примеру, *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. niger*, *Stysanus medius*. Наличие микромицетов на пораженном материале не является доказательством его роли в качестве агента биодеструкции. Причастность к процессам биоповреждения, функционирующая роль микромицетов подтверждается при постановке экспериментов на грибостойкость в лабораторных условиях.

Обнаружено также идентичное сочетание грибов, адаптирующих на винифлексе (*Aspergillus ochraceus*, *Trichoderma viride*) и ацетилцеллюлозе (*A. ficuum*, *T. viride*) в естественных и искусственных условиях. Это доказывает, что заселение микромицетов-деструкторов синтетических материалов носит избирательный характер.

При инфицировании набором грибов, включающим виды *Aspergillus ficuum*, *A. ochraceus*, *A. nidulans*, *Trichoderma viride*, *Myrothecium verrucaria*, на ВФ функционируют *Aspergillus ochraceus* и *Trichoderma viride*. Тогда как АЦ колонизирует сообщество видов, включающее *Aspergillus ficuum* и *Trichoderma viride*.

Около 20% видов микромицетов в почве под отложениями АЦ составили микодеструкторы, выявленные на образцах АЦ, инфицированных водно-споровой смесью различных культур грибов. В их числе виды, доминирующие в почве, – *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Trichoderma viride*.

Подобные же данные получены Е.В. Лебедевой и И.Г. Каневской [7]. При сравнении доминирующих видов микромицетов, выделенных из почв, загрязненных выбросами Батумского нефтеперерабатывающего завода и изолированных с полимерных материалов, выставленных на микологических площадках в этом же районе, ими выявлены виды грибов со 100% встречаемостью как в почвах, так и на апробируемых материалах. В их чис-

ле *Aspergillus niger*, *Penicillium cyclopium*, *Trichoderma viride*.

Результаты проведенных экспериментов показали, что большинство микромицетов обладает избирательным действием при заселении, обрастиании и биологическом повреждении или разложении испытуемых синтетических материалов. На отходах полимерных материалов, экспонируемых в естественных условиях и при испытаниях на грибостойкость, весьма часто функционируют сходные сообщества видов микодеструкторов.

Функциональные взаимосвязи между определенными видами микодеструкторов в ассоциации обеспечивают их более интенсивный рост и развитие и оказывают существенное влияние на ход процесса разрушения материала, на котором они поселились.

Кафедра ботаники

Поступила 23.03.2000

## ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова В.Н. Гифомицеты лесной подстилки в различных экосистемах. Киев: Наукова думка, 1987, 250с.
2. Караваев Ю.Н. Экспериментальная адаптация микроорганизмов. М.: Наука, 1975, 179с.
3. Шкорбатов Г.Л. К построению общей теории адаптации. – Общая биология. 1982, т. XIII, № 6, с. 775–787.
4. Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М.: Мир, 1967, 358 с.
5. Пашкевич Р.Е., Дахновский В.И. Микодеструкция полимерных пленок в условиях субтропиков. – Антроп. экол. микромиц., аспекты матем. моделир. и охр. окруж. среды: Тез. докл. конф. Киев, 1990, с. 40–41.
6. Марфенина О.Е. Особенности жизненных циклов микроскопических грибов в почвах при антропогенном воздействии. – Антроп. экол. микромиц., аспекты матем. моделир. и охр. окруж. среды: Тез. докл. конф. Киев, 1990, с. 12–13.
7. Лебедева Е.В., Каневская И.Г. Микромицеты – показатель антропогенного воздействия. – Изучение грибов в биогеоценозах: Тез. докл. IV Всес. конф. Свердловск, 1988, с. 132.

## Զ.Հ. ԱՐԱԿԱՆՅԱՆ, Ի.Վ. ԸԱՀԱԳԻՔՅԱՆ

ԱԴՏՈՏՎԱԾ ՀՈՂԵՐԻ ՄԻԿՈԲԻՈՏԱՅԻ, ԹԱՓՈՆՆԵՐԻ ԵՎ ՊԱՏՐԱՍԻ ԱՐՏԱԴՐԱՆՔԻ ՎՐԱ ԳՈՐԾՈՂ ՄԻԿՈԴԵՍՏՐՈՒԿՏՈՐՆԵՐԻ ՏԵՍԱԿԱՅԻՆ ԿԱԶՄԻ ՀԱՄԵԼԱՏԱԿԱՆ ԱՆԱԼԻԶԸ

## Ամփոփում

Կատարված փորձերի արդյունքները ցույց տվեցին, որ միկրոսիցետների մեծամասնությունն ընտրողաբար է ազդում փորձարկվող սինթետիկ նյութերի վրա, երբ պատում է նրանց, բնակվում է նրանց վրա, կենսարանական վնասներ հասցնում կամ քայլայում իջշալ նյութերը:

J.H. ABRAHAMYAN, I.V. SHAHAZIZYAN

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SPECIES COMPOSITION OF  
MYCOBIOTA OF SOILS AND MYCODESTRUCTORS FUNCTIONING  
ON WASTE MATERIALS AND FINISHED PRODUCTS

Summary

The results of the carried out experiments show, that the most of micromycetes has a selektive influence on inhabiting, overgrowing and biodestruction or biodegradation of the investigated synthetic materials.

**ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱԿԻ ԳԻՏԱԿԱՆ ՑԵՂԵԿԱԳԻՐ  
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ ЕРЕВАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Բնական գիտություններ

2,2001

Естественные науки

**Կ Ե Բ Ա Ր Ա Բ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ**

УДК 575.24.581.15.581.3

Վ.Ս.ՊՈՂՋՍՅԱՆ, Ռ.Մ.ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ, Է.Ա.ԱՊԱՔԱՆՅԱՆ,  
Ա.Ս.ՎԱՐԺԱՊԵՏՅԱՆ, Ա.Լ.ԱԹՈՅԱՆ

**ԱՐՏԱՐԱԿԱՆ ԱՂՏԱԶՐԵՐԻ ՄՈՒՏԱԳԵՆ  
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ALLIUM CEPA-ի ՎՐԱ**

Եռոնրիի ատոմային էլեկտրակայանի (ԱԷԿ) վքարի ժամանակ շրջակայքում աճող բուսական մողելների ուսումնասիրությունները ցույց տվեցին, որ նրանց սերմերում առաջացած քրոմոսոմային խաթարումների գնահատումը մուտագեն ազդեցության բացահայտման լավագույն ցուցանիշն է [1-3]:

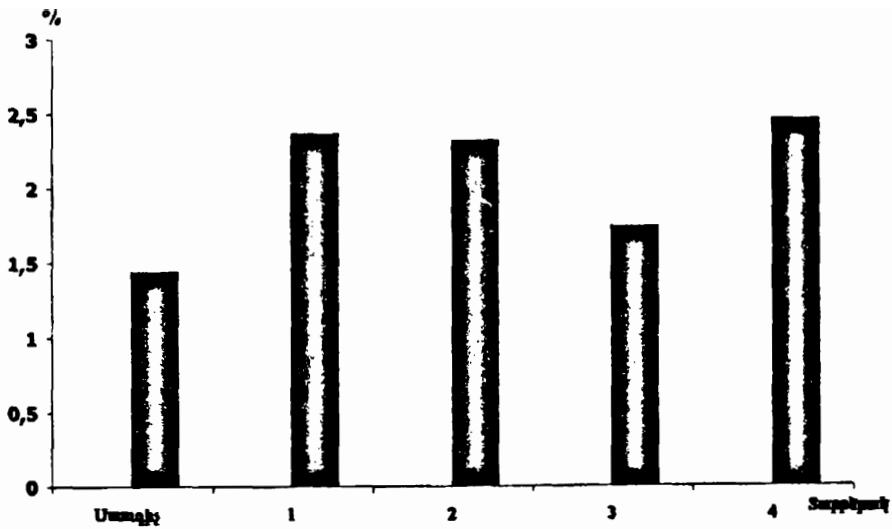
Հայտնի է, որ ԱԷԿ-ի աշխատանքի ընթացքում առաջանում են ինչպես ուսումնական գազեր, այնպես էլ հեղուկ ուսումնական թափոններ, որոնք մինչև քոյլատրելի ակտիվություն մաքրելուց հետո արտահանվում են կոյուղի կամ ջրամբարներ: Հայկական ԱԷԿ-ը, մյուս գործող կայանների հետ համեմատած, ունի մի շարք առանձնահատկություններ՝ կապված տեղական պայմանների հետ: Դրանցից մեկն այն է, որ աղտաջրերով լցված ջրամբարների ջուրը զիշավորապես օգտագործվում է ոռոգման համար: Հետևաբար, ուղիացյուն մուտագենների հետազոտություններում բուսական մողելների կիրառումը առաջնահերթ խնդիրներից մեկն է:

Առաջնորդվելով այդ սկզբունքներով՝ սկսած 1996թ. ուսումնասիրվել է Հայկական ԱԷԿ-ի արտադրական և կենցաղային թափոնացրերի ազդեցությունը Allium cepa-ի քրոմոսոմային խաթարումների և գենոմային մուտացիաների հաճախականության վեա:

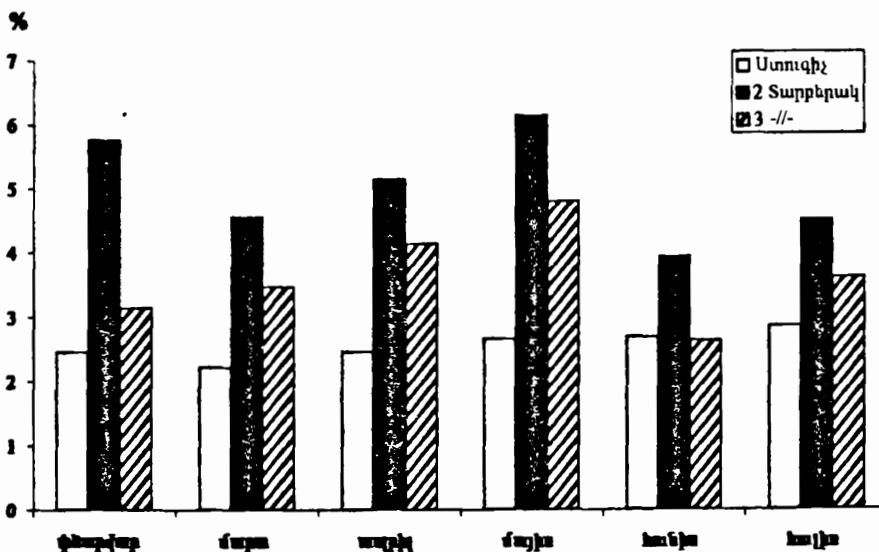
Նյուրը և մերոդիկան: Allium cepa-ի սերմերը 18 ժամ անողությամբ մշակվել են Հայկական ԱԷԿ-ի աղտաջրերի տարբեր նմուշներով: Ընտրվել են չորս տարբերակներ՝ 1. տեխնիկական ջուր խառնված ԱԷԿ-ի կենցաղային ջրերի հետ, 2. մինչ մաքրման կայան հասնող ջուր, 3. մաքրման կայանից դուրս եկող ջուր, 4. ԱԷԿ-ի և Արմավիրի շրջանի կենցաղային ջրերի խառնվածքը: Որպես ստուգիչ ծառայել է Երևան քաղաքի խմելու ջուրը:

Մշակված և լվացված սերմերը ծեցվել են թերմոսատի մեջ Պետրի թասերում՝  $24\text{--}25^{\circ}\text{C}$ : Բջջագենետիկական անալիզի համար 0.5-1 սմ երկարություն ունեցող ծիկերը ֆիքսվել են ացետալկոհոլի 1:3 լուծույթով, որոնցից պատրաստվել են ացետալկարմինային ժամանակավոր պրեպարատներ: Ուսումնասիրվել են բոլոր անա-, թեղթագերը որոշելու համար քրոմոսոմային խաթարումներով և գենոմային մուտացիաներ պարունակող քջինների հաճախականությունը: Անալիզի է ենթարկվել 1000-6000 անա-, թեղթագեր:

Մտացված տվյալները և քննարկումը: Ինչպես պատկերված է նկ. 1-ում, փորձարկվող առաջին և երկրորդ տարբերակների դեպքում դիտվում է քրոմոսոմային խաթարումների և գենոմային մուտացիաների հաճախականության բարձրացում, որը գերազանցում է ստուգիչ մակարդակը 1.6 անգամ: Երրորդ տարբերակում մաքրման կայանից դուրս եկող ջրերի նմուշների համար դրանք պակասում են՝ մուտենալով ստուգիչի մակարդակին: Սակայն արդեն չորրորդ տարբերակի դեպքում ինչպես քրո-



Նկար 1: *Allium cepa*-ի քրոմոսոմային խաթարումների հաճախականությունը ըստ տարբերակների:



Նկար 2: *Allium cepa*-ի գենետիկական մոնիթորինգի արդյունքները ըստ տարբերակների:  
մոտոմային խաթարումները, այնպես էլ գենոմային մոտացիաների հաճախականությունը կրկին բարձրանում է: Անհրաժեշտ է նշել, որ ինչպես ստուգիչում, այնպես էլ հետազոտվող աղտաշքների տարբերակներում գերիշտող է հանդիսանում *Allium cepa*-ի գենոմային մոտացիաների տիպը: Նշված տիպում ընդգրկված են անա-, թելֆազելլային դիտված եռ մնացող ու առաջ ընկած ամբողջական քրոմոսոմները, բազմաթերթ, ինչպես և առիվիդի բջիջները: Հարկ է նշել, որ ստուգիչ տարբերակում այս տիպը հանդիսանում է գալիս միայն եռ մնացած և առաջ ընկած ամբողջական քրոմոսոմների ձևով: Սինչեղեն փորձարկվող տարբերակներում բացի վերը նշվածից մերժված են նաև բազմաթերթ բջիջներ՝ ընդգրկելով 3-4 քետոներ: Բազմաթերթ բջիջների հաճախականությունը բարձր է հատկապես չորրորդ տարբերակում, որը հանդիպում են նաև պոլիպլոიդ բջիջներ: Վերջիններիս բանակը աճում է հատկապես առաջին տարբերա-

կի նմուշներամ: Թվարկված տիպի բջջագենետիկական խախտումներ, ինչպես նաև Կ-միտոզներ ու միկրոկորիզների առաջացումներ Allium սերա-մ դիտվել են նաև արհեստական մանրաթելի գործարանի աղտաջրերով ոռոգելիս [4]:

Տարփա տարրեր ամիսներին կատարված գենետիկական մոնիտորինգը ցույց տվեց (նկ.2), որ փետրվարից մինչև հուլիս ամիս նինջ մաքրման կայան հասնող ջրերի նմուշներում (2 տարրերակ) ստուգիչի նկատմամբ դիտվում է քրոմոտիպային խաքարումների հաճախականության բարձրացում, որը հիմնականում պայմանավորված է քրոմատիդային տիպի խաքարումների քանակի ավելացմամբ: Հրունտանային տիպի խաքարումները դիտվում են միայն փետրվար, ապրիլ և հուլիս ամիսներին վերցված նմուշներում: Մաքրման կայանով անցած ջրերի նմուշներում (3 տարրերակ) իջնում է քրոմոտիպային խաքարումների հաճախականությունը, իսկ հունիս ամսին այն հասնում է ստուգիչի մակարդակին: Սակայն գենոմային մուտացիաների բարձր հաճախականությունը բոլոր ամիսների ընթացքում պահպանվում է: Հետևաբար կարելի է ենթադրել, որ աղտաջրերը, անցնելով մաքրման արքերի միջով, հիմնականում ազատվում են այն նյութերից, որոնք առաջ են բերում քանոնամային խաքարումներ: Սակայն այս նյութերը, որոնք ազդում են բաժանման իիիկի աքրոնատիմային թելիկների վրա, առաջ բերելով գենոմային մուտացիաներ, դեռ պահպանվում են:

Անփոփելով ստացված տվյալները՝ կարելի է հանգել այն եզրակացության, որ Allium սերա-ի սերմերի տեսար կարելի է ընդունել իբրև միջավայրի աղտաջրերի բջջագենետիկական ազդեցության բացահայտմանը նպաստող լիարժեք տեսահակառակը:

Բջջագենետիկայի գրտահետազոտական  
լաբորատորիա

Մասացի է 12.07.2000

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Зяблицкая Е.Я., Спирин Е.В., Санжанова Н.И., Алексахин Р.М. Генетический и биологический эффекты действия хронического облучения посевов озимой ржи радиоактивными выпадениями от аварии на Чернобыльской АЭС – Радиобиология, 1990, т. 30, 3, с. 291-295.
2. Шевченко В.В., Гриних Л.И., Шевченко В.А. Цитогенетические эффекты в природных популяциях *Strepis testogum*, подвергающихся хроническому облучению в районе Чернобыльской АЭС. – Радиационная биология. Радиоэкология, 1995, т.35, в. 5, с.695-701.
3. Шкварников П.К. Цитологическое исследование растений, произраставших под воздействием разных уровней радиации. – Цитология и генетика, 1990, т.24, N5, с.33-37.
4. Ravindran P.N., Ravindran S. Cytological irregularities induced by water polluted with factory effluents. A. preliminary report. – Cytologia, 1978, v. 43, N 3-4, p. 565-568.

Վ.С.ՊՈՂՈԾՅԱՆ, Ռ.Մ.ԱՐԴՅՈՆՅԱՆ, Է.Ա.ԱԳԱՋԱՆՅԱՆ,  
Ա.Ս.ՎԱՐԺԱՊԵՏՅԱՆ, Ա.Լ.ԱԹՈՅՆՑ

#### МУТАГЕННОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ALLIUM СЕРА

#### Р е з у м е

Под воздействием производственно-бытовых вод Армянской АЭС на семена Allium сера отмечается повышение хромосомных aberrаций и геномных мутаций. После очистки этих вод резко снижается частота хромосомных aberrаций, однако уровень геномных мутаций сохраняется.

V.S. POGHOSYAN, R.M. HARUTYUNYAN, E.A. AGHADJANYAN,  
A.S. VARDJAPETYAN, A.L. ATOYANTS

MUTAGEN ACTION OF INDUSTRIAL AND COMMUNAL  
SEWAGE ON THE ALLIUM CEPA

**Summary**

Under the influence of industrial-communal sewage of Armenian atomic nuclear power-station on the air-dry seeds of Allium sera an increase of chromosomal aberrations and genome mutations is observed. After cleaning the water the frequency of chromosomal aberrations abruptly decreases. However the level of genome mutations is preserved.

Երկրաբանություն

УДК 550-34

Գ.Պ. ՍԻՄՈՆՅԱՆ, Լ.Ս. ՆԱԶԱՐՅԱՆ, Հ.Հ. ՍԱՐԳՍՅԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՏԱՐԱԾՔԻ ԵՐԿՐԱԾԱՐԺԱԾԻՆ ԶՈՆԱՆԵՐԸ  
ԵՎ ՆՐԱՆՑ ԵՐԿՐԱԾԱՐԺԱԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ  
(Հաղորդում 1)\*

Երկրաշարժածին գոնաների տակ հասկացվում են երկրակեղեր տարահասակ, տարաքնույթ և տարառության խորքային, ոեզինալ և լոկալ տեկտոնապես ակտիվ խզումնային խախտումները, որոնցով ժամանակ առ ժամանակ տեղի են ունենում խզումնաբեկորքային կտրուկ շարժումներ՝ ծնելով երկրաշարժեր:

Երկրաշարժածին գրնաների առանձնացումը և ուսումնասիրությունը ունեն կարևոր տեսական և կիրառական նշանակություն երկրաշարժերի առաջացման երկրաբանական պայմանների որոշման, տեղի և ուժգնության գնահատման, սեյսմիկ շրջանացման և երկարաժամկետ կանխագուշակման տեսակետից: Ուստի, խզումները ուսումնասիրվող տարածքի երկրաշարժաակտիվությունը գնահատելու համար որոշողական նախանշաններ են հանդիսանում: Այս տեսակետից մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում Հայաստանը, քանի որ նրա տարածքը ընորոշվում է տարահասակ և տարառության, տեկտոնական տեսակետից ակտիվ խորքային, ոեզինալ և լոկալ խզումնային խախտումներով, որոնց հետ կապված են հիմնական սեյսմիկ երևույթները:

Երկրաշարժերի և խզումնային խախտումների միջև եղած կապը հնարավորություն է տալիս Հայաստանի տարածքում առանձնացնել համակովկասյան (հյուսիսարևմտյան) և հակակովկասյան (հյուսիսարևելյան) ուղղության երկրաշարժածին գոնաներ [1]:

Եղնելով շափսերից, թափանցման խորությունից և երկրաշարժաակտիվության աստիճանից, վերջիններս բաժանվում են երեք կարգի:

1. Առաջին կարգին վերագրվում են այն երկրաշարժածին գոնաները, որոնք ներկայացված են տարածական ակտիվ խորքային բնկվածքներով, հատում են երկրակեղեր և սահմանազատում նրա խաչոր տեկտոնական կառույցները: Նրանցում երկրաշարժերի մագնիտուդը հասնում է՝  $U = 6,1-7,0$ :

2. Երկրորդ կարգին պատկանում են այն երկրաշարժածին գոնաները, որոնք ներկայացված են գրանիտային ու քաղաքային շերտերի սահմանին (Կոնքայի անշատման սահմանին) հասմող խզումներով: Նրանց թափանցման խորությունը 20-25 կմ է, իսկ երկարությունը՝ մի քանի տասնյակ կմ: Այս գոնաներում ցնցումների առակագույն մագնիտուդը հասնում է՝  $U = 5,1-6,0$ :

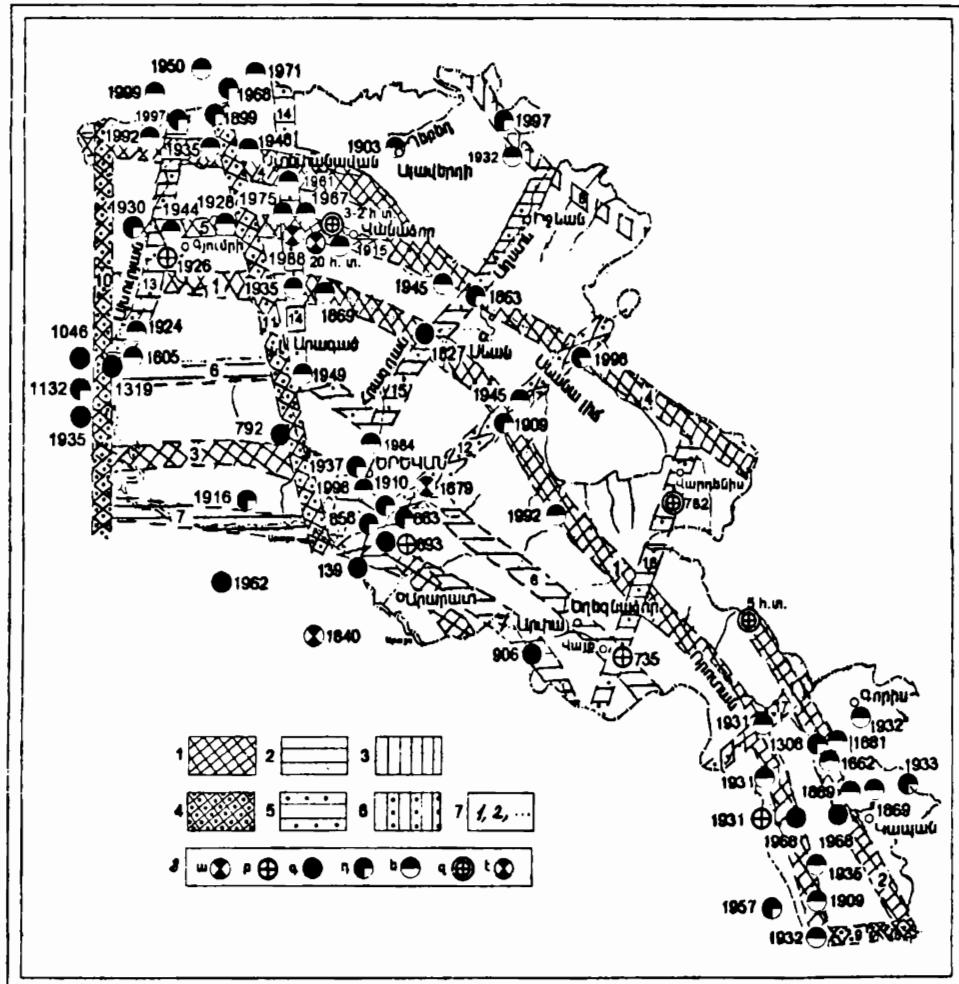
3. Երրրորդ կարգին վերագրվում են ոչ խոչոր երկրաշարժածին գոնաները, որոնք համապատասխանում են առաջին տասնյակ կմ երկարության խզումներին: Վերջիններիս թափանցման խորությունը հասնում է քյուրեղային հիմքի մակերևույթին:

\* Հողվածք կազմված է 2 հաղորդումներից, որոնց համարու բովանդակությունը ներկայացվել է Իրանում (Թեհրանում) 2000թ. հոկտեմբերի 10-12-ին տեղի ունեցած Ասիայի սեյսմոլոգիական հանձնաժողովի 3-րդ - գիտաժողովում:

Նրանցում երկրաշարժերի մագնիտուդը հասնում է՝  $U = 4,1-5,0$ :

Հարկ է նշել, որ տարբեր կարգերի գոնաները մինյանցից տարբերվում են իրենց երկրաշարժակտիվության աստիճանով, որի հետ կապված երկրաշարժերի ինտենսիվությունն ու մագնիտուդը ինչպես առանձին երկրաշարժածին գոնաներում, այնպես էլ նրանց տարբեր հատվածներում կարող են լինել նշվածից մեծ կամ փոքր կախված ծալքավորության հասակից, ապահների լիբոլոգիական կազմից և այն կառուցների տիպից, որոնցում վերջիններս ծևափորվել են:

Ստորև տրվում է տարբեր կարգի եիմնական երկրաշարժածին գոնաների բնութագիրը և նրանց հետ կապված ուժեղ երկրաշարժերի մագնիտուդը (տես սխեման):



Հայաստանի երկրաշարժածին գոնաների սխեման:

1-6.) Համակովկասյան և հակակովկասյան ուղղության առաջին, երրորդ և երրորդ կարգերի երկրաշարժածին գոնաներ, 7.) երկրաշարժածին գոնաների համարներ, 8.) երկրաշարժերի վերականգնումները և մագնիտուդը. ա)  $U = 6,1-7,0$ , բ)  $U = 5,6-6,0$ , ց)  $U = 5,1-5,5$ , դ)  $U = 4,6-5,0$ , ե)  $U = 4,0-4,5$ , զ) և է) մ.թ.ա. (մեր թվարկությունից առաջ):

Համակովկասյան ուղղության երկրաշարժածին գոնաներ: Ալագին կարգի. 1. Հանքավան-Զանգեզուրի, 2. Ծիչերտ-Գիրաքաղ, 3. Երևանի, 4. Խազով-Սևանի, 5. Փամբակ-Սևանի; երկրորդ կարգի. 6. Արագած-Վայրի, 7. Միջինարարսյան; երրորդ կարգի. 8. Դեբեղաշեն-Կողդի:

Հակակովկասյան ուղղության (այս մասին՝ հաղորդում 2-ում) երկրաշարժածին գոնաներ: Ալագին կարգի. 9. Սուրբին Արաքի, 10. Ալբորյանի, 11. Արագած-Զավախիրի, 12. Ազատ-Սևանի; երկրորդ կարգի. 13. Գյումրի-Աղոցի, 14. Արագած-Սպիհակի, 15. Հրազդան-Աղստևի, 16. Վայր-Վարդենիսի; երրորդ կարգի. 17. Միսիան-Խշանասարի:

Հայաստանի հանրապետության տարածքում հայտնի են տարրեր հասակի ինչպես եյուսիսարևնտյան (համակովկասյան), այնպես էլ հյուսիսարևելյան (հակակովկասյան) միջօրեականի ու գուգահեռականի ուղղության բնկվածքների համակարգեր (խորքային, ուղղունալ և լոկայ), որոնց մեծ մասը տեկտոնապես ակտիվ է, համշյասնում է երկրաշարժածին զոնա և մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում տարածքի երկրաշարժակտիվության գնահատման տեսակետից: Դրանցից առավել հստակ արտահայտված են համակովկասյան ուղղության խորքային և ուղղունալ բնկվածքները, որոնք հանդիսանում են երկրատեկտոնական զոնաների ու խոշոր տեկտոնական կառույցների սահմաններ:

#### ՀԱՍՏԱԿՈՎԿԱՍՅԱՆ ՈՒՂՈՒԹՅԱՆ ԵՐԿՐԱԾԱՐԺԱԾԻՆ ԶՈՒԱՆԵՐ

##### 1. Առաջին կարգի երկրաշարժածին զուաներ

1) **Հանքավաճ - Զանգեզուրի երկրաշարժածին զուաներ:** Համապատասխանում է համանուն խորքային բնկվածքին: Տարածվում է հյուսիսարևմուտք-հարավարևելյան ուղղությամբ՝ Ախուրյան գետից մինչև Արար գետը մոտ 400 կմ երկարությամբ և շարունակվում Արևմտյան Հայաստանում ու Իրանում [2]: Բնկվածքի գնան առավելապես արտահայտված է նրա հյուսիսարևմտյան և հարավարևելյան վերջավորություններում և հայտնի է Մարմարիկի ու Դեբարիի բնկվածքներ անվան տակ: Առաջին հատվածում այն ճգփում է Մարմարիկ գետի երկայնքով, որով համակցվում են Քաղում-Զանգեզուրի տեկտոնական զոնայի եռալեռողյան հիմքի մերկացումով ներկայացված Ծաղկունյաց անտիկինորդիտումը և Փամբակի սինկինորդիտը՝ կազմված մինչև 4 կմ հզորության վերին կազմի և միջին-վերին եղունի հրաբխածին-նստվածքային ապարներից՝ ներարկված բազմաթիվ քրու, հիմքային և ալկալային կազմի հնտրուզիաներով: Նրա հետ կազմած են նաև միներալային առյուններ: Մարմարիկի բնկվածքը վարնետրային տիպի է՝ դեպի հյուսիս-հյուսիսարևելք անկմաք: «Երկիր» կայանի տվյալներով բնկվածքի բափանցման խորությունը՝ 40-45 կմ է, քերի տեղաշարժման լայնույթը՝ Մոխարովիչիցի հարթությունը՝ 2-3 կմ [3]: Սեղրածոր գյուղի շրջանում նրա հետ միաձուլվում է Սարիկայի Վերնետր-Վրաշարժային տիպի, հյուսիսարևելյան անկմաքը խզումնային խախտումը, որը հյուսիսարևմտյան ուղղությամբ ճգփում է դեպի Սպիտակի 1988 թ. երկրաշարժի վերնակենտրան՝ միանալով Փամբակ-Սևանի խորքային բնկվածքին:

Հարավարևելյան հատվածում Դեբարիի բնկվածքը մերձմիջօրեականի ուղղությամբ ճգփում է Ազարակ-Լիճք-Քաջարան-Դաստակերու գծով մինչև Որոտանի լեռնանցքը՝ ճյուղավորվելով Քաջարան-Դաստակերու հատվածում: Այն վարնետրային տիպի է՝ դեպի հյուսիս-արևելք 60-70° անկմաք և սահման է հանդիսանում իջած քեզ կազմող մոնցոնիտային ու բարձրացած քեզ կազմող պորֆիրաննան գրանոլիորիտային կազմի հնտրուզիաների միջև [4]: Բնեկվածքը հանդիսանում է շրջանի պոհման-մոլիրդենային և ոսկի-բազմամետաղային բազմաթիվ հանքավայրերի հանքավերահակիչ գլխավոր կառույցը, որի հետ կազմած են նաև բազմաթիվ միներալային աղբյուրներ: Հանքավան-Զանգեզուրի խորքային բնեկվածքի վերը նշված հատվածների միջանկյալ տարածքում՝ Որոտան գետի ավազանի վերին հոսանքներում, այն ներկայացված է հիդրոթերմալ փոփոխված, պիրիտիզացված հզոր զոնայով: Նրա հետ են կազմած Գեղամա լեռնաշղթայի հրաբխային կենտրոնների մի մասը, ինչպես նաև Լիճքի, Սառնակունքի, Քաջարանի, Ազարակի և այլ միներալային աղբյուրներ:

Հանքավան-Զանգեզուրի խորքային բնեկվածքը տեկտոնապես ակտիվ է, և նրա հետ կազմած են մեծ ուժգության սեյսմիկ ցնցումներ: Նրա հյուսիսարևմտյան հատվածում գրանցվել է Ծաղկածորի 1827 թ. ( $U=6,5$ ) [5,6], Գավառի (Կամոյի) 1909 և 1945 թթ. ( $U=3,8-4,5$ ), Մարտունու շրջանի (Մադանայի) 1992 թ. ( $U=4,2$ ) երկրաշարժերը [2,7]: Հնարավոր է, որ նրա արևմտյան շարունակության և Գյումրի-Աշոցքի զոնայի հատման տեղի հետ կազմած լինի Գյումրիի 1926 թ. ( $U=5,8$ ) երկրաշարժը: Չոնայի հարավարևելյան հատվածում գրանցվել են Զանգեզուրի 1931 թ. ( $U=6,3$ ), 1968 թ. հունիսի 9-ի ( $U=5,0$ ) երկրաշարժերը, ինչպես նաև քույլ ցնցումներ 1668, 1881, 1896, 1932

թթ. և այլն ( $U=3,8-4,5$ ) [4,7,8,9]:

Հանքավան-Զանգեզուրի խորքային բեկվածքի բարձր երկրաշարժակտիվությունը բացատրվում է նրանով, որ այն հանդիսանում է Հայաստանում ամենայնտեսավոր նորագույն տեկտոնական տարրերակված շարժումների գոնայի բաղկացուցիչ մասը: Այն ժամանակակից ուղիեցում հստակ արտահայտված է Ազարակ ավանի մոտ՝ մոտավորապես 500 մուղղաձիգ տեղաշարժնան լայնությով:

2) *Ծիշ կերտ - Գիրապաղի երկրաշարժած ժիմ զռնաւ:* Բնորոշվում է նույնանուն խորքային բեկվածքով: Գտնվում է հարավարևելյան Հայաստանում և Դեբաքլի խորքային բեկվածքի հետ համատեղ կազմում է 10-15 կմ լայնությամբ մի ընդհանուր խորքային բեկվածքի գոնա: Բեկվածքը մոտ 100 կմ երկարությամբ ճգվում է Արարս գետի հովտից հյուսիսարևմտյան ուղղությամբ, ինուստուֆ լոռնագագարով մինչև Չեյվա-Տաք-Մեծ Խշնանասար հրաբխի շրջանը: Այն տեկտոնական սահման է հանդիսանում վաղալայան (կիմերյան) հասակի ապարներից կազմված Կապանի անտիկլինորիֆումի և Վերին պալեոզոյի ու միջին ալպյան հասակի ապարներից կազմված Զանգեզուրի բլոկանատիկլինալային բարձրացման միջև՝ առավել ցայտուն արտահայտված լինելով Ծիշկերտ-Տաք գյուղերի միջև: Բեկվածքի անկումը դեպի հարավ-արևմուտք է, 80-85° անկյան տակ, այսինքն, հակված է դեպի Դեբաքլի բեկվածքը, և երկուսը միասին կազմում են մի մեծ տեկտոնական բնկոր՝ պատոված Մեղրու բարոյիսի և մի շարք քրու, հիմքային և ալկալայան կազմի ինտրովիաներով: Հյուսիսարևմտյան ուղղությամբ այն շարունակվում է Սյունիքի բարձրավանդակով և Վարդենիսի լոռնաշղթայով, որտեղ նրա հետ կապված են բազմաթիվ մեծ ու փոքր հրաբուխներ, այնուհետև Հայաստանի տարածքի սահմանագլխին միաձուլվում է Բագում-Սևանի խորքային բեկվածքի օֆիլիտային գոնայի հետ՝ հանդիսանալով նրա ճյուղերից մեկը: Ի դեպ, Ծիշկերտ-Գիրաքաղի բեկվածքի առանձին հատվածներում՝ Բարգուշատի լոռնաշղթայի Սպարանցի լոռնանցքի շրջանում, հանդիպում են սերպենտինիզացված գերիմբրային ապարների երեք, իսկ Ողջի գետից մինչև Ծիշկերտի լոռնանցքը՝ Խոտսուփի լոռնագագարից արևմուտք, Աղանձագետի հովտում ուղղալարիտներ: Սա հաստատում է Վերը նշված ներքությունը, որ այն հանդիսանում է Սևան-Ամասիայի օֆիլիտային գոտու ճյուղերից մեկը: Վերջինս էլ իր հերթին հանդիսանում է Հյուսիս-Անատոլիական վերնետք-Կողաշարժային երկրաշարժակտիվ օֆիլիտային գոտու մի ճյուղը, որտեղ 1939 թ. տեղի ունեցած Երգնկայի ավերից երկրաշարժի ( $U=7,0-7,5$ ) հետևանքով գոկվել է շուրջ 30 000 մարդ: Բեկվածքի հետ են կապված Մազրայի ոսկի-բազմամետալային, Սպարանցի երկարի հանքավայրերը, Տաքսի, Սիսիանի, Ուրուտի, Ծիշկերտի և այլ միներալային աղբյուրներ:

Ծիշկերտ-Գիրաքաղի խորքային բեկվածքը տեկտոնապես ակտիվ երկրաշարժածին գոնա է, որի հետ կապված են Զանգեզուրի 1-ի ( $U=5,0$ ) [7,8] և, հավանաբար, 1308թ. ( $U=6,0$ ) [8] երկրաշարժերը: Վերջինս որոշ հրատարակություններում հայտնի է Ղարաբաղի կամ Տաքսի անվամբ և թվագրվում է 1906 թ.: Այսինքն, նրա տեղի և ժամանակի հարցը մնում է վիճելի: Որոշ հեղինակներ այս երկրաշարժածին գոնայի հետ են կապում Խոնարասարի հատվածում Ծղուկի չորրորդական հրաբխի արևմտյան լոռնանցքությունը պահպանված երկու երկրաշարժածականախտությների հիման վրա ռադիոածխածնային մեթոդով որոշված մ.թ.ա. 5-րդ հզ. ( $U=6,5$ ) և Վարդենիսի մ.թ.ա. 782 թ. ( $U=6,0$ ) երկրաշարժերը [5,9-11]: Այս գոնայում սպասվում են նոյն ուժգնության երկրաշարժեր նաև ապագայում:

3) *Երևան մեջ երկրաշարժած ժիմ զռնաւ:* Բնորոշվում է նույնանուն խորքային բեկվածքով: Տարածվում է Եյուսիսարևմտյան լայնակիին մոտ ուղղությամբ Ուրծի և Վայքի լոռնաշղթաների հարավային լանջափեշերով, Արարատ քաղաքով, Վեդի, Դվին ավաններով, Երևան քաղաքից հարավ՝ Փարաքար, Աղավնատուն գյուղերով և Արագածի լոռնագանգվածի հարավային լոռնականջով, և Կտրելով Արարս գետը, շարունակվում է Արևմտյան Հայաստանում: Որոշ հեղինակներ [6] Երևանի խորքային բեկվածքի հարավարևելյան շարունակությունը համարում են Գառնի-Էլփինի խզումնային խախտումը, որը չի հանդապատասխանում իրականությանը: Զո-

նան կարային բնույթի է, սահմանազատում է Միջինարաքսյան միջեռնային իջվածքը և դրանից հյուսիս, հյուսիս-արևելք տեղադրված Արագածի, Գեղամայի հրաբխատեկունական և Ուրծի ու Վայրի անտիկինորդնամային կառույցները։ Կենտրոնական և արևմտյան մասերում զբնան արտօհայտված է երկու զուգահեռ խզումնային խախտումներով, որոնք սահմանափակում են Փարաքար-Նորաքաջի խորասուզված երստանման բարձրացումը (նոյնանուն ծանրաշափական հարաբերական մարսինումը)։ Երևանի խորքային բեկվածքը հաստատող վառ ապացույց է Փարաքար-Նորաքաջի երստանման բարձրացման և նրա երկու շերտագրական կտրվածքների տարրերությունը։ Բուն երստի վրա եղենի, օլիգոցենի և միոցենի նստվածքների ընդհանուր հզորությունը կազմում է 500-1000 մ, մեծանալով արևմտյան ուղղությամբ, այնինչ նրա հյուսիսային մասում վերին կավճի, պալեոգենի և միոցենի ֆորմացիաների հզորությունը հասնում է 4,5-5,0 մ-ի, որը երստի հարավային մասում կտրուկ նվազում է, իսկ սրոշ շերտագրական երթիզուները բացակայում են։ Միոցենի նստվածքների մոտ նկատվում է հակառակ պատկերը։ հարավային կետում նրա հաստորյունը հասնում է մինչև 3,5 կմ-ի, իսկ հյուսիսայինում՝ մինչև 1 կմ-ի։ Նույնը կարելի է ասել նաև չորրորդական լճագետային նստվածքների մասին։ Հորստի վրա նրանց հաստորյունը 25-40 կմ է, իսկ հարավում և հյուսիսում՝ մինչև 250-300 մ։ Բեկվածքի երկայնքով տարածված են բազմաթիվ միներալային աղբյուրներ և տրավերտինների կուտակներ Արարատ քաղաքի, Վեդի ավանի, Ջաղցրաշենի գյուղի մոտ և այլուր։ Վեդի ավանի և Ջաղցրաշենի գյուղերի միջև բեկվածքի զոնայում մերկանում են գերիշքային ապարների լեռեր։ «Երկիր» կայանի տվյալներով, Երևանի խորքային բեկվածքի զբնան բափանցում է մինչև երկրակեղեղի 40-45 կմ խորաքայունը (Մոխտրովիչիչի նակերևույթը) և ունի ուղղաձիգ անկում։ Բյութեղային հիմքի նակերևույթով բեկվածքի տեղաշարժման լայնությունը կազմում է 2-3 կմ, իսկ ավելի խոր հորիզոններում՝ 2-4 կմ։ Բեկվածքային զոնայի լայնությունը հասնում է 4-5 կմ-ի, երկարությունը Հայաստանի տարածքում՝ 150 կմ-ի [3, 7]։

Բեկված երկրաշանական փաստերը վկայում են դեռևս կավճի ժամանակաշրջանում առաջացած Երևանի խորքային բեկվածքի տեկունական ակտիվության մասին, որը հաստատվում է նաև երկրաշարժային տվյալներով։

Երևանի երկրաշարժածին զոնայում հաստատվել և գրանցվել են ուժեղ ցնցումներ, այդ թվում Դվինի 851-869թթ. (Մ = 4,5-5,2) և 893թ. (Մ = 6,5-7,0) [6,9], ինչպես նաև Նրեանի 1937թ. (Մ = 4,6), 1975, 1984 և 1998թթ. (Մ = 3,0-3,8) երկրաշարժները և մի քանի քոյլ ցնցումներ (Մ = 3,0-3,5)։ Այս զնամայի և հակառակվայան բարձրացման զոնայի հատման տեղում (երկրաշարժածին համգույցում) է գտնվում Արուշի 972 թ. (Մ = 6,0) [6,9] երկրաշարժի էալիկենտրոնը, որի հետևանքով ավերվել է Զվարթնոցի տաճարը և մի քանի եկեղեցիներ Թալինի շրջանում։ Բեկվածից հետևում է, որ այս զոնայում հնարավոր են մինչև 6,5-7,0 մագնիուտուլի երկրաշարժեր նաև ապագայում։

4) *Բ ա զ ո ւ մ - Մ և ա ն ի ե ր կ ր ա շ ա ր ժ ա ծ ի ն զ ո ն ա ։ Ներկայացված է նույնանուն խորքային բեկվածքով և բազմաթիվ ուղեկցող խզումներով։ Զգում է Ամասիա ավանից դեպի հարավ-արևմտյան Բազումի լուսաշղթայով ու Սևանա լիճ հյուսիսարևելյան մերձափուլ դեպի Արաքս գետը՝ ավելի քան 450 կմ երկարությամբ։ Այն համապատասխանում է Սևան-Ամասիայի (Սևան Հազարլի) օֆիոլիտային գոտուն, որը հարավարևմտյան ուղղությամբ միակցվում է Հյուսիս-Անատոլիական օֆիոլիտային գոտուն։ Մակերեսում այն ունի 10-12 կմ լայնություն։ Խորքային բեկվածքի զբնան ներկայացված է երկու փոխզուգահեռ խզումներով, որոնք արևմտյան մասում սահմանափակում են Բազումի երստը հյուսիսից և հարավից և վերահսկում են օֆիոլիտային հրաբխականությունը։ Հյուսիսային բեկվածքը վերներքային տիպի է՝ դեպի հարավ-արևելք 70-80°, իսկ հարավայինը՝ վրաշարժային տիպի՝ դեպի հյուսիս 40-50° անկմանը։ Այդ բեկվածքների ուղղությամբ վերին ալիցունի դրերիտային բազալտները դեֆորմացված են զարդարակ սանդղավանդակի և ֆերատրիտ տեսքով՝ մինչև 100-120 մ տեղաշարժման ամպիլուտուրով, որը Ամասիա ավանի մոտ կազմում է ավելի քան 150 մ։ Հորստը կազմող վերին յուրա – ստորին կավճի ապարները ավելի ուժգին են*

ծալքափրկած, փոխակերպված և կոտրատված, քան նրա թևերը: Նշված գոնայի երկայնքով նկատվում է մանր ծալքափրորյուն, տարաբնույթ և տարապղորյան խզումնային խախտումների խտացում: Զոնայում տարածված են մեծ թվով տարբեր կազմի հնտրուզիաներ, դրոնց հետ կապված են ոսկու և ոսկի-քազմանետաղային հանքավայրեր (Սառը և այլն) ու միներալային աղբյուրներ: Դիլիջան քաղաքի, Հաղարձին, Կոյրիշև, Գոշ, Մարտունի գյուղերի շրջանում այդ բեկվածքի խզումների ենտ կապված են քազմաստիճան սողանքներ: Այս ամենը վկայում է բեկվածքի այժմյան տեկտոնական ակտիվության մասին:

Ըստ երկրաֆիզիկական տվյալների, զոնայի քափանցման խորությունը երկրակեղևում հասնում է 40-50 կմ-ի (մինչև Մոխորովիշիշի մակերևույթը), բյուրեղային հիմքի մակերևույթի տեղաշարժման լայնություն՝ 2-3 կմ-ի [2,12]:

**Բազում** - Սևանի երկրաշարժածին զոնան բնոլոցվում է համեմատաբար քոյլ երկրաշարժայնությամբ: Այստեղ գրանցվել են միայն  $U=4,0-4,2$  մեծության ցնցումներ՝ 1935, 1948, 1961, 1992 թթ. Բազումին հորսափ շրջանում, 1853 և 1945 թթ. Սևանի լեռնանցքի շրջանում, 1998 թ. Սևան լճի կենտրոնական մասում և այլն [4]: Սակայն, ենենով այս զոնայում տեղի ունեցող տեկտոնական շարժումներից և նրա հետ միակցված զոնաների երկրաշարժակալիքի վեհականությունից, կարելի է ներառյել, որ այստեղ հնարավոր են մինչև  $U=6,5-7,0$  մեծության ցնցումներ:

**5) Փամբակ - Սևանի երկրաշարժածի զոնա:** Պայմանավորված է նոյնանուն աջ կտղաշարժած-վերնետքային տիպի խորքային բեկվածքով: Զգում է գուգահեռականին մոտ ուղղությամբ Ծիրակի լեռնաշղթայի հարավային լանջով, Փամբակ և Աղստև գետերի վերին հոսանքներով, Զենագետի հովտով դեպի արևելք և Սևանա լճի հյուսիսարևելյան մերձափում միակցվում է Բագում-Սևանի բեկվածքին: Բեկվածքի գոնան մակերեսում ունի 2-3 կմ լայնություն և ուղեկցվում է վերին կավճի ու եղցնի շերտերի տեղաշարժմամբ, մանրածավալափորությամբ, միներալային առդրյուների լայն տարածմամբ, օֆիտիտների ելքերով (Ծիրակի լեռնաշղթա, Զենագետի հովիտ), քրու և միջին կազմի ինտրուզիաներով ու բազմաթիվ ներծին հանքայնացումներով (Տանձուտ, Ֆրղովա գոգահովիտ և այլն): Բեկվածքի գոնան բավական ցայտուն արտահայտված է ժամանակակից ուղիւնչում՝ Փամբակ, Աղստև, Զենագետ գետերի հովտներով, Սևանի զառիթափ ափով և վարնետքային սանդղավանդակներով, ինչը վկայում է նրա ներկայական տեկտոնական ակտիվության մասին: Այն բացահայտված է նաև «Երկիր» կայանի տվյալներով:

Փամբակ - Սևանի երկրաշարժածին զոնայի հետ է կապված Սպիտակի 1988 թ. դեկտեմբերի 7-ի կործանիչ երկրաշարժը ( $M=7,1$ ) [8], որի հետևանքով երկրի մակերևույթն գոյացել է 35-37 կմ երկարությամբ վարսեսք-վրաշարժային տիպի երկրաշարժածևախախտում (Ալավար-Զրաշեն գյուղերի միջև), որի տեղաշարժման անվախությունը վերնակենտրոնում (Սպիտակ քաղաքի և Գեղասար գյուղի միջև) ուղղաձիգ ուղղությամբ կազմում է 1,8-2 մ, իսկ հորիզոնական ուղղությամբ՝ 0,8-1,0 մ. [13]. Այս զոնայի հետ են կապված եղել նաև մի քանի քոյլ ցնցումներ 1915, 1928, 1930, 1944, 1967, 1975 թթ. ( $M=4,0-4,6$ ) [7]. Այս զոնային են վերագրվում նաև մ.թ.ա. 20-17-րդ հզ. ( $M=7,0$ ) Սպիտակի և մ.թ.ա. 3-2-րդ հզ. ( $M=6,5$ ) Վանաձորի մոտ տեղի ունեցած երկրաշարժերը [5, 6, 9, 13]. Բերքածից հետևում է, որ զոնայի երկրաշարժակալությունը կշարունակվի նաև ապագայում:

2. Երկրորդ կարգի երկրաշարժածին զոնաներ

6) **Արագած - Վայրի երկրաշարժածածին զոնա:** Ներկայացված է նույնանոնի խորքային բեկվածքով: Այս սահման է հանդիսանում Բազմա-Զանգեզուրի էվգեռսինկինալային և Մերձարարսյան միոցեռսինկինալային զոնաների միջև: Զգվում է Արագածի տեկոտնահրաբխային զանգվածի հարավային լեռնալանջով Աշտարակ քաղաքի, Գառնի, Էլփին գյուղերի և Վայր ավանի ուղղությամբ, Կտրում է Վայրի լեռնաշղթան ու շարունակվում Զանգեզուրի լեռնաշղթայի արևմտյան լեռնափեշերով դեպի Օրդուրադ քաղաքը: Ա.Ս.Ավանեսյանը և Հ.Հ.Արգոսյանը [6] այս բեկվածքն անվանում են Գառնի-Էլփինի բեկվածք՝ գտնելով, որ այն զգվում է Գառնի

գյուղից մինչև Խաչիկ զյուղը, որտեղ այն ունի հյուսիսարևմտյան տարածում և ներկայացված է աջակողմյան վերնետք-կողաշարժով՝ դեպի հյուսիս-արևելք 80-85° անկմանը: Բեկվածքի զոնայում զարգացած են Վեդու օֆիլիտային գոտու համալիրի ապարները՝ պատռված սերպենտինիտների, գաբրոների, պլազմանիտների ոչ մեծ մարմիններով: Այդ համալիրը կոնյակ-տուրոսի հրաբխա-կարբոնատային ապարների հետ մեկտեղ հնտենսիվ դիավոլկացված է: Այս բեկվածքի զոնան որպես ակտիվ կառուց անջատվել և տառմնասիրվել է Ա.Ս.Կարախանյանի [5] կողմից Գառնի-Սպիտակի միացյալ բեկվածք անվան տակ: Սակայն եղած երկրաբանական և երկրաֆիզիկական տվյալները հիմք են տալիս փաստելու, որ Սպիտակի ակտիվ բեկվածքը ինքնուրույն միավոր է, բացակայում է Գառնի-Մեղրածոր գյուղերի միջև: Սեր կարծիքով, Գառնի-Էլփինի բեկվածքը, Գառնի գյուղի մոտ Ազատ-Սևանի բեկվածքին միանալով, չի ընդհատվում, այլ շարունակվում է դեպի արևմտուք Ծորաղբյուր գյուղի ուղղությամբ Ծորաղբյուրի խզվածք անվան տակ [14], որի հետ կապված են տեղի սույները և Չորջի ծորակի միներալային աղբյուրը: Արևմտյան շարունակության վրա այն ճգփում է Քանաքեռի բարձրացման հարավային լեռնագեղցով, կտրելով Հրազդան գետը, հասնում է Աշտարակ քաղաք: Այստեղ Քասախ գետի վրա գտնվող հին կամրջի մոտ դիտվում են պիլոցենի անդեգիտային լավաների գլխիվայր թերթատվածություն և աջ կողմում նորենային գյուցումների կոտակում: Այսուհետև այդ բեկվածքն անցնում է Արայի լեռով և, Արազածի տեկտոնահրաբխային զանգվածը բաժանելով հարավային հիջած և հյուսիսային բարձրացած կեսերի, շարունակվում է Արևմտյան Հայաստանում:

Արազած-Վայրի երկրաշարժածին զոնան տեկտոնական տեսակետից ակտիվ գոնան է, որի հետ կապված են Վայոց ծորի 735 թ. (Մ=6,5), Գառնիի 1679 թ. (Մ=7,0) [5,6,9] և այլն] երկրաշարժերը, որոնց վերնակենտրոնային մարգերում Վայրի լեռնաշրջայի արևելյան վերջավորությունում ու Գելայոր գյուղի ավերակների շրջանում պահպանվել են երկրաշարժածևախախտումները: Նրա և Արազած-Զավախիրի հակառկասային բարձրացման հատման տեղում է գտնվում Բյուրականի 1949 թ. երկրաշարժի վերնակենտրոնը (Մ=4,6) [7], իսկ Ախուրյանի բեկվածքի հետ հատման տեղում գտնվում են Անի քաղաքի տարածքում 1043-1319 թթ. տեղի ունեցած մի քանի երկրաշարժերի վերնակենտրոնները (Մ=4,5-6,0) [5,7]: Բեկված տվյալներից հետևում է, որ այս գոնայում հնարավոր են մինչև Մ=6,5-7,0 մեծության ցնցումներ նաև ապագայում:

7) *Միջինարդական երկրաշարժած առաջարկ գոնայում է նորոշվում է նույնանուն բեկվածքով:* Ճգփում է զուգահեռականին մոտ ուղղությամբ Արաքս գետի հովտով, այսուհետև շարունակելով հարավարևելյան ուղղությամբ՝ Վեդի ավան-Ուրցածոր գյուղով և Չաղափ գյուղի հյուսիսային մասով մինչև Չիվա-Արենի-Գնիշիկ գյուղերը: Արաքս գետի հովտում այն վերնետքային տիպի է՝ 700-800 մ լայնություն, Արտաշատ քաղաքի մոտ՝ 1000 մ (հորատանցքերի տվյալներ), իսկ Ուրցածորից մինչև Գնիշիկ հանդես է գալիս զարդարակի վերնետք-կողաշարժի տեսքով մոտ 1000 մ լայնություն՝ դեպի հարավ-արևմտուք 65-70° անկմամբ:

Միջինարաբայսան երկրաշարժածին զոնայի հետ են կապված Արաքսի հովտում տեղի ունեցած 139 թ. (Մ=5,7), 1910 թ. (Մ=4,6) [7,9] և Վայոց ծորի 906թ. (Մ=6,5) [9] երկրաշարժերը: Հավանական է, որ այս գոնայի հետ է կապված նաև Արմավիրի (Սարդարապատի) 1916 թ. երկրաշարժի վերնակենտրոնը (Մ=4,6) [2,7]: Այս գոնայում հնարավոր են նույն ուժգնության ցնցումներ նաև ապագայում:

### 3. Երրորդ կարգի երկրաշարժած առաջարկ գոնան եր

8) *Դերենաշաշեան-Կողրի երկրաշարժած առաջարկ գոնայում Պայմանակարգած է նույնանուն բեկվածքով:* Բեկվածքն անցնում է Ալավերդու անտիկլինորիֆումի և Պապաքարի (Նոյեմբերյանի) սինկլինորիֆումի սահմանագծով՝ Վերին յուրայի և Վերին կավճի նատվածքների կոնտակտով: Բեկվածքը տարածվում է Ուսկեպար գետի վերին հոսանքից դեպի հյուսիս-արևմտուք Ծնող-Կաղրի գրանիտային ինտրուզիայի հյուսիսարևելյան կոնտակտով մինչև Այրում ավանը և Դեբեղ գետի առաջացումների

տակ քաղվելուց հետո նորից մակերես է դուրս գալիս Դեբեղաշեն գյուղի շրջանում: Խօզածքի երկայնքով զարգացած է հիդրոբերմալ փոփոխաված ապարների հզոր զնա: Հյուսիսարևմտյան տարածման ֆոնի վրա պահում այն ունի թույլ արտահայտված՝ դեպի հարավ-արևմուտք շրջաված ալեղոնածև տեսք: Բեկվածքը վարձնելու կողաշարժային բնույթի՝ դեպի հարավ-արևելք 60-80<sup>0</sup> անկմամբ:

Դեբեղաշեն-Կոռդի երկրաշարժածին զննայի հետ են կապված 1932 թ. (Մ=4,0) և 1997 թ. (Մ=4,5) Նոյեմբերյանի երկրաշարժերը [2,7]: Նշված երկրաշարժածին զննան գտնված է Հարավային Կովկասի կյուսիսարևելյան լանջի նորագույն տեկտոնիկայի տեսակետից միաբեր մեղմ բարձրացման զննայում, որտեղ նորագույն բարձրացման լայնույթը կազմում է մի քանի հարյուր մետրից մինչև 2000 մ: Հաշվի առնելով այդ հանգամանքը, այստեղ կարելի է սպասել նոյն մեծության ցնցումներ նաև ապագայում:

Պատմական և ռեգիոնալ երկրաբանության ամբիոն

Ստացվել է 21.03.2000

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Simonyan G.P., Nazaryan L.S., Sarkisyan H.H. Seismogenous zones of the Territories of Armenia and their seismoactivity (South Caucasus). Abstracts. Third meeting of Asian Seismological Commission. Symposium on seismology, Earthquake Hazard Assessment and Earth's Interior Related Topics. October 10–12, 2000. Tehran, I.R.Iran.
2. Габриелян А.А., Саркисян О.А., Симонян Г.П. Сейсмотектоника Армянской ССР. Еր.: Изд-во ЕГУ, 1981.
3. Егоркина Г.В., Соколова И.В., Егорова Л.М. Изучение глубинных разломов по материалам, полученным по станциям „Земля..“ – В сб.: Геофизические поля и сейсмичность. М.: Наука 1975.
4. Симонян Г.П. Сейсмогенные зоны Юго-Восточной Армении. – В сб.: Сейсмотектоника некоторых районов юга СССР. М.: Наука, 1976.
5. Караканян А.С. Активные разломы и сильные землетрясения Анатолийско-Малокавказского орогена. – Автореф. дис. на соискание уч. ст. доктора геол.-мин. наук. М.: Изд-во ИФЗ, 1995.
6. Аванесян С.А., Саркисян О.А. – Уч. записки ЕГУ, 1999, N 2.
7. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. М.: Наука, 1977.
8. Бабаян Т.О., Симонян Г.П. – Изв. АН Арм ССР. Науки о Земле, 1987, N 2.
9. Pirouzyan S.A., Balassanyan S.Y., Avanesyan A.S. et al. The catalogue of strong Earthquakes in the territory of Armenia and Adjacent Regions. Historical and prehistorical Earthquakes in the Caucasus. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht (Boston) London, 1997.
10. Караканян А.С., Харазян Э.Х., Аветисян С.А. – Изв. АН Арм. ССР. Науки о Земле, 1989, N 4.
11. Арутунян Р.А. Исторический вулканизм Армянского нагорья: Сб. научн. трудов конференции, посвященной памяти А.Г.Бабаджаняна. Гюмри: Изд-во Гитутюн, 1999.
12. Սարգսյան Հ.Հ., Հայկական ԽՍՀ ռեգիոնալ երկրատեկության կազմություն, Եր., ԵՊՀ հրատ., 1989:
13. Симонян Г.П. Некоторые сейсмотектонические предпосылки возникновения Спитакского землетрясения 1988 г: Тр. научн. конференции, посвященной 10-летию Спитакского землетрясения. Հայաստանի ժինարարների տեղեկագիր: Հատուկ բողարկում, Եր., 1999, թիվ 4:
14. Джрабашян Р., Чилингарян Г., Каграманов Ю., Сатян М. и др. Геология и перспективы нефтегазоносности мезокайнозойских седиментационных бассейнов Центральной части Армении. Еր., Изд-во Манакаварժ, 1999.

Г.П.СИМОНЯН, Л.С. НАЗАРЯН, О.О. САРКИСЯН

СЕЙСМОГЕННЫЕ ЗОНЫ ТЕРРИТОРИИ АРМЕНИИ И  
ИХ СЕЙСМОАКТИВНОСТЬ  
( Сообщение 1)

Резюме

В статье рассматривается сейсмоактивность сейсмогенных зон территории Армении. Сейсмогенные зоны разделены на два направления – общекавказское и антикавказское. В каждой из них сейсмогенные зоны, исходя из размеров, глубины проникновения и степени сейсмоактивности, делятся на три категории, которые могут генерировать сейсмические толчки различной магнитуды и интенсивности.

В первом сообщении рассматриваются сейсмогенные зоны общекавказского направления.

G.P. SIMONIAN , L.S. NAZARYAN , H.H. SARGSYAN

SEISMOGENIOUS ZONES OF TERRITORY OF ARMENIA  
AND THEIR SEISMOACTIVITY  
(Message 1)

Summary

In two messages the seismoactivity of seismogenious zones of the territory of Armenia is considered. Seismogenious zones are devided into two groups: all-Caucasian and antiCaucasian directions. In each of these groups, proceeding from the sizes, depth of penetration and the degree of seismoactivity, seismogenious zones are devided into three categories, which can generate seismic tremors of various magnitude and intensity. In the first message seismogenious zones of all-Caucasian direction are considered .

*Геология*

УДК 5531:5392

ГАЙК П. АЛОЯН

**ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ ПО ТИПАМ РУД НА МАРЦИГЕТСКОМ ЗОЛОТОПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

Марцигетское золотополиметаллическое месторождение представлено крутопадающими жильными зонами прожилково-вкрашенного оруденения переменной мощности со сложным внутренним строением и характеризуется многокомпонентным и разнотипным составом руд при относительно низких содержаниях основных компонентов. При определении оптимальной плотности разведочной сети аналогичных месторождений рекомендуется использовать графоаналитический метод, учитывающий величину минимально допустимой погрешности по инструкции ГКЗ РА с учетом кривой фактических средних погрешностей.

Марцигетское золотополиметаллическое месторождение находится в Лорийской области РА, на правом берегу р. Дебед, у устья р. Марцигет. В структурном отношении оно приурочено к Икатацкой горст-антеклинали в пределах висячего крыла Марцигетского разлома северо-восточного падения – южной ветви Сомхетского глубинного разлома. Рудовмещающие породы представлены андезитами, андезито-дацитами и их пирокластолитами марцигетской и сотской свит среднего эоценена, являющимися стратиграфическим аналогом рудоносной агви-лалварской вулканогенно-осадочной свиты западного фланга Алавердского рудного поля [1]. Марцигетское наряду с Алавердским, Ахтальским, Шамлугским, Арманисским и другими месторождениями края является дополнительной сырьевой базой восстанавливаемых горно-рудных и металлургических предприятий Алавердского металлургического комплекса. В этом плане разработка оптимальной плотности разведочной сети месторождения по типам руд повысит достоверность геологического-разведочных данных и снизит геологический риск определения качества сравнительно "небогатых" руд, что и позволит обосновать целесообразность промышленного освоения месторождения.

Рудные тела месторождения представлены единым морфогенетическим типом – крутопадающими жильными зонами прожилково-вкрашенного оруденения переменной мощности со сложным внутренним строением. Локализация оруденения в пределах жильных зон происходит в основном в виде параллельно вытянутых и кулисообразно расположенных маломощных стержней (жил и прожилков) кварц-сульфидного и кварц-карбонат-сульфидного составов, редко – в виде гнездообразных скоплений сульфидов [2]. Руды Марцигетского месторождения многокомпонентные (золото,

серебро, медь, свинец, цинк, сера, кадмий, селен, теллур, висмут) и разнотипные. Содержание основного полезного компонента – золота – составляет 3–5 г/т. На основе геолого-технологического картирования на месторождении выделены три типа руд: медно-золоторудный и золотополиметаллический по сульфидным рудам и лимонит-малахиткупритовый по окисленным [3]. Распределение полезных компонентов в рудах неравномерное. Коеффициент их вариации колеблется в сульфидных рудах от 70 до 150%, а в окисленных – от 110 до 180% и более. Рудные тела не имеют геологических границ и потому оконтурены по данным секционного опробования в пересчете на условное золото. При выборе оптимальных параметров разведочной сети нами использованы два метода определения погрешности: аналитический и метод разрежения, или сравнения вариантов. В основе аналитического метода лежит общезвестная формула определения погрешности ( $P$ ) среднего значения параметров [4]:

$$P = \frac{V \cdot t}{\sqrt{n}},$$

где  $V$  – коэффициент вариации (мера изменчивости параметра),  $t$  – коэффициент вероятности (принят равным 1, что при нормальном распределении соответствует вероятности 68,3%),  $n$  – количество наблюдений.

Кривые изменения содержаний полезных компонентов, построенных по данным бороздовых проб по ортам 2 и 4, а также по квершлагу 1 и штрекам 7 и 8 штоленъ 1 и 11, имеют неправильный многовершинный вид (рис. 1). После трехкратного сглаживания по известной методике П.Л. Каллистова [5] кривая изменения содержания условного золота приобретает волнобразный вид. При этом четко прослеживаются локальные отклонения содержания по отношению к уровню среднего значения. На основе кривых регрессии определены минимальные и максимальные величины полуволны ( $\lambda/2$ ), амплитуда направленной изменчивости ( $H$ ), а также откорректированное значение меры изменчивости ( $V_{min}$ ) (табл. 1 и 2).

Полученные результаты использованы при выборе плотности разведочной сети аналитическим методом.

Разрежение сети наблюдений в рудных штреках проводилось следующим образом: вычисленные средние содержания при различных расстояниях между пробами сопоставлялись со средними значениями по данной выработке – эталоном. Были проведены многовариантные ( $l = 4, 6, 8, \dots, 50$  м) разряжения и расчеты соответствующей погрешности определения среднего содержания условного золота по окисленным и сульфидным рудам в зависимости от расстояния между пересечениями по рудным штрекам 7–8 штолень 1 и 11. По результатам этих расчетов построены кривые изменения значений фактической величины средней погрешности (рис. 2). Построена также теоретическая кривая, вычисленная аналитическим методом с использованием данных табл. 2. Анализ кривых показывает, что по мере увеличения расстояния между точками наблюдений (т.е. уменьшением их количества) до 10 м величина средней погрешности возрастает плавно, составляя для сульфидных руд 7,5%, а для окисленных – 12,2%. При малом шаге между точками наблюдений в интервале от 4 до 20 м наблюдается ступенчатое восхождение кривой с почти горизонтальными и крутыми отрезками. С увеличением расстояния между пересечениями до 50 м величина погрешности

возрастает прямо пропорционально расстоянию между точками наблюдений. При расстоянии 50 м средняя погрешность составляет 43,6% для сульфидных руд и 48,2 % для окисленных, а максимальная погрешность при разных вариантах достигает  $\pm 60$  – 90%. Сходимость фактической и теоретической кривых погрешности определения среднего содержания условного золота (рис. 2, кр. 2 и 3) при расстояниях между пробами в пределах минимальной полуволны (10–20 м) свидетельствует о незначительном влиянии направленной (закономерной) изменчивости и достоверности аналитических расчетов при анализе разведочных данных [5, 6].

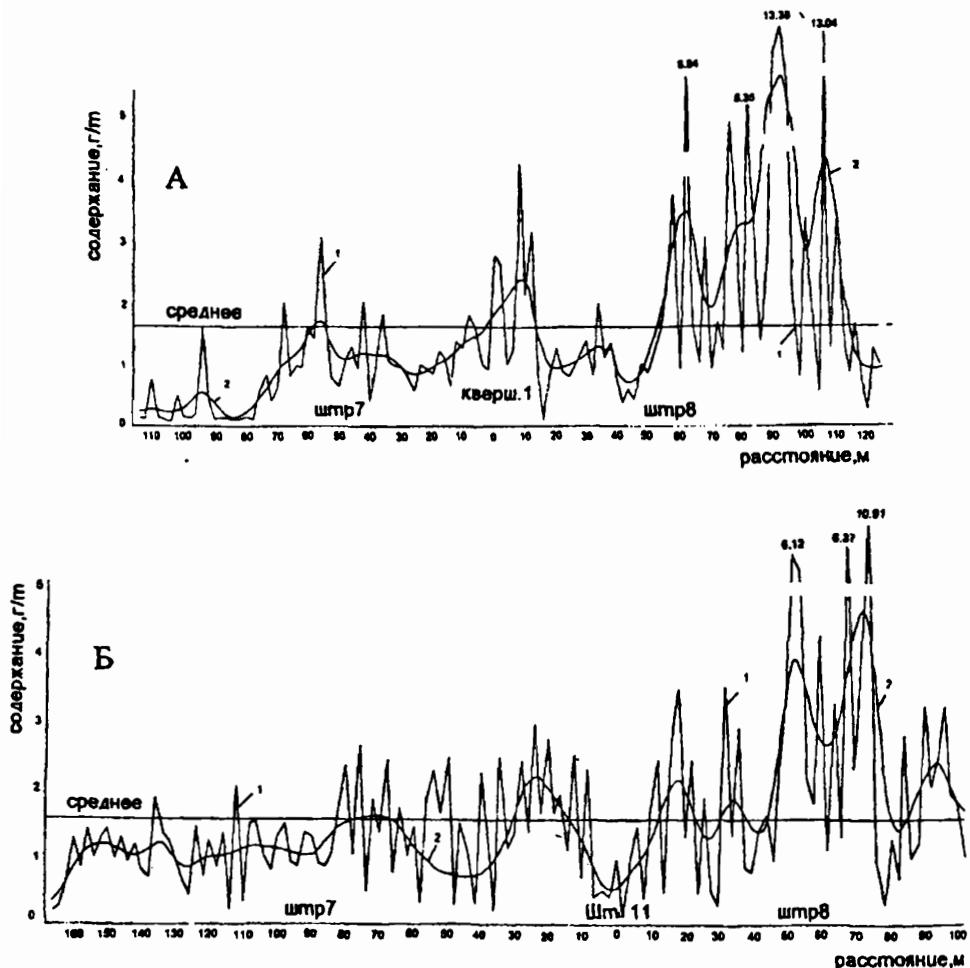


Рис. 1. Характер изменения содержания условного золота в сульфидных (А) и окисленных (Б) рудах по простирианию рудного тела 7 (на горизонтах штолень 1 и 11): 1 – расчетная кривая, 2 – откорректированная кривая.

Расстояния между пересечениями на разведенных горизонтах обычно устанавливаются исходя из величины допустимых ошибок при определении средних значений параметров подсчетных блоков. По "Классификации запасов" ГКЗ РА [7], для месторождений 3-ей группы по сложности геологического строения и степени изменчивости качества полезного ископаемого коэффициент вариации наиболее изменчивого подсчетного параметра (в

данном случае среднего содержания) устанавливается в пределах 100–160%, а допустимая погрешность при определении основных подсчетных параметров по категории  $C_1$  – от  $\pm 25$  до  $\pm 40\%$  и категории  $C_2$  – от  $\pm 40\%$  до  $\pm 60\%$ . ГКЗ СССР для месторождений этой группы (сложно построенные жильные зоны, залежи и жилы сложного строения) рекомендует плотность разведочной сети:  $20-30 \times 40 \times 60$  м для подсчетных блоков категории  $C_1$  [8].

Таблица 1

*Максимальные и минимальные величины (полуволны и амплитуды) направленного изменения содержаний условного золота в рудах Марцигетского месторождения*

Участок, тип руды	Длина полуволны колебаний, м		Амплитуда колебания, %	
	$\lambda/2_{\min}$	$\lambda/2_{\max}$	$H_{\min}$	$H_{\max}$
Дзагидзор				
по простиранию рудной зоны (штрек):				
окисленные руды	10–20	50–70	4–10	40–70
сульфидные руды	8–15	40–70	2–6	30–50
по мощности рудной зоны (орты, квершлаги)	1–3	5–8	0,5–5	15–40
Марц				
по простиранию рудной зоны (штрек)	8–15	30–70	2,5–10	15–50
по мощности рудной зоны (орты)	1–5	5–10	0,5–3	10–40

Таблица 2

*Показатели изменчивости содержания условного золота до и после многократного сглаживания*

Участок, тип руды	Количество наблюдений	Ср. содержание, г/т	Показатель изменчивости содержания		Откорректированное значение после сглаживания	
			$\sigma$	$V, \%$	$\sigma_{\min}$	$V_{\min}, \%$
Дзагидзор						
окисленные руды (штр. 7 и 8 шт. 11)	280	1,51	2,20	145,6	1,29	85,4
сульфидные руды (штр. 7 и 8 шт. 1)	240	1,63	1,86	114,1	1,10	67,5

Марцигетское золотополиметаллическое месторождение относится к 3-й группе по сложности геологического строения, чем в принципе и определяется плотность разведочной сети по инструктивным материалам. На стадии предварительной разведки на месторождении в целом обеспечена этажность горизонтов, а пересечения на разведочных горизонтах по простиранию рудного тела пройдены с некоторыми отклонениями от действующих норм (от 60 до 80 м). Однако вышеизложенный фактический материал по изменению типов руд с глубиной и характеру распределения полезных ком-

понентов в пределах рудных тел с учетом морфогенетических особенностей локализации оруденения показывает, что дополнительно следует учесть также нижеследующие факторы без изменения группы месторождения.

1. Окисленные руды (лимонит-малахит-купритовый тип), выделенные в верхних частях рудных тел Дзагидзорского участка в тех же контурах, резко отличаются от материнских сульфидных руд (медно-золоторудный тип) вещественным составом, содержанием, формами нахождения и характером распределения полезных компонентов, а также технологическими свойствами и товарной продукцией. При неоднородности рудного тела с глубиной не рекомендуется устанавливать единые стандарты по плотности разведочной сети для сульфидных и окисленных руд. К тому же коэффициент вариации содержания золота по окисленным рудам превышает допустимые нормы для месторождений 3-й группы по "Классификации запасов" ГКЗ РА и достигает 180% и более, что необходимо учесть при разведке, подсчете запасов и оценке объекта.

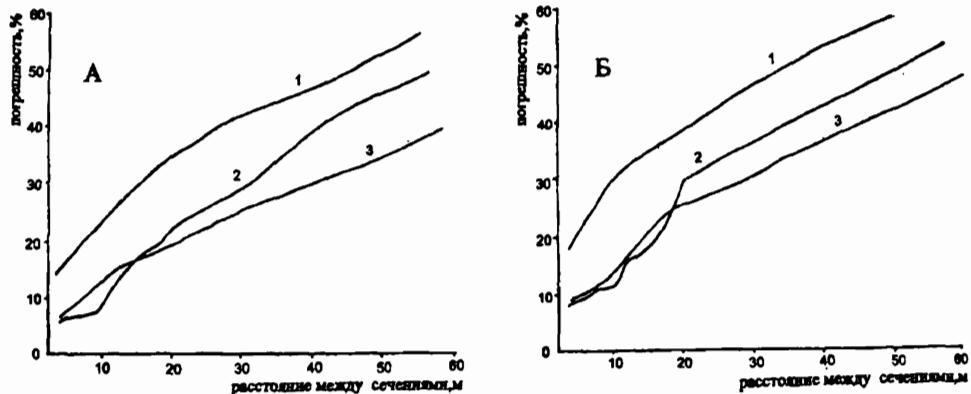


Рис. 2. График изменения величины погрешности определения среднего содержания условного золота в сульфидных (А) и окисленных (Б) рудах в зависимости от расстояния между пересечениями (точками наблюдений): 1 – теоретическая кривая, построенная с учетом первоначального значения коэффициента вариации ( $V$ ); 2 – расчетная (фактическая) кривая средней погрешности; 3 – теоретическая кривая, построенная с учетом откорректированного коэффициента вариации ( $V_{min}$ ).

2. Допустимые ГКЗ РА значения максимальной и средней погрешности при определении основных подсчетных параметров для "небогатых" золоторудных месторождений 3-й группы при отрицательном знаке могут привести к губительным последствиям. Для месторождений марцигетского типа (с содержанием золота в пределах 3–4 г/т) целесообразнее руководствоваться минимально допустимыми значениями погрешности (20–25%) с меньшим геологическим риском при незначительном уплотнении сети наблюдений в рамках допустимых пределов. На этом основании и с учетом результатов наших графоаналитических исследований рекомендуется при определении оптимального расстояния между пересечениями на разведочных горизонтах по простирианию рудных тел использовать кривую фактических средних погрешностей (рис.2, кр.2) и величину минимальной погрешности для блоков категории  $C_1$  по ГКЗ РА. В этом случае расстояние между пересечениями для сульфидных руд составит не более 18–20 м, а для окисленных – не более 15–16 м, что находится в пределах допустимых норм по инструкции ГКЗ СССР (ныне действующей на территории РА) для золоторудных

месторождений.

Таким образом, на основании всего вышеизложенного для месторождений, аналогичных Марцигетскому, предлагается следующая оптимальная плотность разведочной сети: для сульфидных руд по категории  $C_1 - 18 - 20 \times 40 \text{ м}$ , по категории  $C_2 - 30 - 40 \times 40 - 80 \text{ м}$ ; для окисленных руд по категории  $C_1 - 10 - 15 \times 20 - 40 \text{ м}$ , по категории  $C_2 - 20 - 30 \times 40 - 80 \text{ м}$ . При такой плотности разведочной сети во избежание удорожания разведки 1 т руды предлагается использовать систему подземных и наземных буровых скважин.

Горно-металлургический институт

Поступила 04.05.2000

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алоян Г.П. – Изв. НАН РА, Науки о Земле, 1998, №3, с. 62–65.
2. Алоян Г.П. – Тр. Горно-металлургического института. Ер., Изд-во Манкаварж, 2000.
3. Давтян А.А., Алоян Г.П. – Тр. Армнипроцветмета. Ер., Изд-во Манкаварж, 1996, с. 85–90.
4. Галкин Б.И., Бирюков В.И., Крейтер В.М. и др. Разведка штокверковых месторождений цветных и редких металлов. М.: Госгеолтехиздат, 1962, 234 с.
5. Каллистов П.Л. Руководство по методам разведки и подсчета запасов золоторудных месторождений. М., Недра, 1956, 185 с.
6. Товмасян В.В. – Уч. записки ЕГУ , 1971, №1, с. 103–116.
7. Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых. Ер., ГКЗ РА, 1998, 28 с.
8. Инструкции по применению классификации запасов к золоторудным месторождениям. Сб. руководящих материалов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. М., ГКЗ СССР, 1985, т. 1, с. 479–506.

## ՀԱՅԿ Պ. ԱԼՈՅԱՆ

ՍԱՐՑԻԳԵՏԻ ՈՍԿԻ-ԲԱԶԱՍԱՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ  
ՀԵՏԱԽՈՒԶԱԿԱՆ ՑԱՆՑԻ ԽՏՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ ԸՆՏ  
ՀԱՆՔԱՏԵՍԱԿՆԵՐԻ

## Ամփոփում

Մարցիգետի ոսկի-բազմամետաղային հանքավայրը երկրաբանական կառուցվածքի բարդության տեսակետից ՀՀ ՊԴՀ «պաշարների դասակարգման» համաձայն պատկանում է 3-րդ խմբին, որով և սկզբունքորեն որոշվում է հետախուզական ցանցի խորհրդականությունը: Հանքատեսակների ըստ խորհրդական և օգտակար տարրերի տեղաբաշխման բնույթի կտրուկ փոփոխության դեպքում անհրաժեշտ է հաշվի առնել հանքայնացման տեղայնացման նորփոգենետիկ առանձնահատկությունները, ինչպես նաև հետևյալ գործոնները (առանց հանքավայրի խմբի փոփոխման):

Օքսիդային հանքաբարերը (լիմոնիտ-մալախիտ-կոպրիոտային հանքատեսակ), որոնք առանձնացվում են Զաղիճնորի տեղամասի հանքային մարմինների վերին մասերում, կտրուկ տարրերվում են մայրական սուլֆիդային հանքաբարերից (ոսկի-պղնձային հանքատեսակ) իրենց նյութական կազմով, օգտակար տարրերի պարունակությամբ, գոյածներով և տեղաբաշխման բնույթով, ինչպես նաև տեխնոլոգիական հատկանիշներով և ապրանքային արտադրանքով: Օգտակար տարրերի պարունակությունների փոփոխության գործակիցը օքսիդային հանքաբարերում գերազանցում է բույլատրելի նորմերը և հասնում մինչև 180% և ավելի:

Մարցիկեսի և նմանատիպ «ոչ հարուստ» հանքավայրերում բայց հանքատեսակների հետախուզական ցանցի օպտիմալ խոռոչյան որոշման ժամանակ առաջարկվում է օգտագործել գրաֆունալիտիկ մեթոդը, հաշվի առնելով փաստացի սխալ միջին ցուցանիշները և դեկավարվելով ՀՀ ՊՊՀ հրահանգով նախատեսված բույլատրելի սխալի նվազագույն մեծությամբ:

HAYK P. ALOYAN

SUBSTANTIATION OF THE PROSPECTING NETWORK'S OPTIMAL DENSITY ACCORDING TO ORE TYPES ON THE MARTSIGET GOLD-POLYMETALLIC DEPOSIT

Summary

The Martsiget gold-polymetallic deposit is represented by the steeply deeping veined zones of the streaky-disseminated mineralization of the altered thickness with the complex internal formation and is characterized by the multi-component and multi-type ore composition at the relatively low content of the main components. Thus, at the determination of the analogous deposits prospecting network's optimal density it is recommended to utilize a graphoanalytic method which takes into account the value of maximum permissible errors according to operating instruction of the State Reserves Committee with allowance of the actual average errors curve.

Աշխարհագրություն

УДК 528.932:711

Գ.Մ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Ռ.Խ. ԳԱԳԻՆՅԱՆ

ԱՌԱՋՆԱՅԻՆ ԻՆՖՈՐՄԱՑԻԱՅԻ ՎԵՐԱՐՏԱՐՈՒԹՅԱՆ  
ԵՎԱԼԱԿՈՒԹՅՈՒՆ ՀԱՄԱԴԻՐԱՅԻՆ ՔԱՐՏԵԶՆԵՐԻ  
ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅԱՆ ՄԾԱԿՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ  
(ոելիքի քարտեզի օրինակով)

Աշխարհագրական քարտեզները, ըստ էության, համարվում են քարտեզագրական հատուկ լեզվի՝ պայմանական նշանների կամ նրանց առանձին համակարգերի միջոցով օբյեկտիվ իրականության առավել հատկանշական վերարտադրությունները: Այդ իմաստով ակնհայտ են աշխարհագրական քարտեզների առավելությունները, թեկուզ ամենակատարյալ օդատիեզերական և այլ բնույթի լուսանկարների նկատմամբ:

Տարբեր հեռավորություններից և տեսանկյուններից Երկրի մակերևույթի այս կամ այն հատվածի տեսանելի պատկերները քարտեզների վրա արտահայտվում են երկրաշափական պատկերների կամ դիդակտիկ տարբեր պայմանական նշանների միջոցով: Այդ պատկերումների ժամանակ հաճախ պայմանական նշանները քարտեզների վրա վերացնում են բազմաթիվ օբյեկտների և երևույթների առանձին կողմերն ու դրանով հսկ «խեղճացնում» տեղանքի մանրամասնությունները: Դա անխուսափելի է և պայմանավորված է օբյեկտիվ մի շարք պատճառներով, օրինակ, քարտեզագրման դնբացքում Երկրի մակերևույթի առանձին հատվածների կամ նրա ամրողական պատկերի բնդիմանքացումների հետևանքով առաջացող աղավաղումները:

Քարտեզագրական բնդիմանքացման առավել ընդհանուր ձևերը մշակված են բազմաթիվ ենդիմակների կողմից [1-5], որտեղ բացահայտված են բնական և սոցիալ-տնտեսական մի շարք երևույթների քանակական ցուցանիշների, նրանց որակական հատկանիշների, օբյեկտների երկրաշափական ձևերի, պատկերների առավել ընդհանուր կողմերի ընտրությունների և ընդհանրացումների եղանակները և մերողները: Մշակված են նաև պատկերվող առանձին օբյեկտների և երևույթների եզակի հասկացություններից հավաքականների անցման եղանակները [6], որտեղ հատուկ ուղարկություն է դարձվում պատկերվող երևույթների գլխավոր հատկանիշների ճիշտ արտահայտման, կազմված քարտեզների բովանդակության աշխարհագրական համապատասխանելիության վրա և այլն: Դրա հետ մեկտեղ քարտեզագրական գրականության մեջ առ այսօր համապատասխանաբար թիվ են լուսարձանված արտահայտման տարրեր ինտենսիվություն ունեցող երևույթների և պրացեսների քարտեզագրական բնդիմանքացման ձևերն ու մերողները, առանձին, հատկապես բնական բաղադրիչների շարժմբացի գնահատման, կանխատեսման, համադիրային քարտեզների մասնագիտական բովանդակության գիշավոր տարրերի ճիշտ ընտրության, կարգաբանման և բնդիմանքացման հարցերը: Ըիշ են լուսարձանված նաև առաջնային ինֆորմացիայի բնույթի, հուսալիության, ծավալների որոշման չափանիշները, այդ ինֆորմացիայի քարտեզագրական վերամշակման, վերացարկման և ընդհանրացման առանձնահատկությունները և այլն:

Համադիրային կիրառական քարտեզների բովանդակության մշակման և գրաֆիկական արտահայտման ժամանակ առաջնային ինֆորմացիայի ընդհանրացման բոլոր ձևերը առաջին հերթին պետք է համապատասխանեն ինժեներական հոգեբանության պահանջներին, այսինքն ապահովեն քարտեզների երկրաչափական և աշխարհագրական համապատասխանելիությունը: Չնայած ընդհանրացման բնույթը ու աստիճանը կախված են նաև տվյալ քարտեզի մասշտարից, նպատակից պատկերվող օրյեկտների տարածական բնույթից և այն, որանք չպետք է վճռորոշ լինեն քարտեզների աշխարհագրական օրյեկտիվության արտահայտման գործում:

Ի տարրերություն անալիտիկ քազմաքիվ այլ քարտեզների, ուղիելի քանակական ցուցանիշների, նրա ծագումնաբանական և ծևաբանական, հաճախ նաև նրա շարժմանը կանխատեսման համադիրային քարտեզների մասնագիտական բավանդակության մշակման ժամանակ անհրաժեշտ է լինում կիրառել քարտեզագրական ընդհանրացումների երկու հիմնական ձև. ծավալային՝ քարտեզագրվող մի շալք երևայների հատկանիշների ամփոփմամբ գիշակորի մշակում և իմաստային՝ բովանդակության բազմազանությունների միասնությամբ ընդհանրացում [6-9]:

Ծավալային ընդհանրացման ժամանակ պետք է շեշտել քարտեզի մասնագիտական բովանդակության տարրերի ճիշտ տարրերակումը և կարգաբանումը, որը հստակ ձևով պետք է արտահայտվի նրա բացատրագրի մշակման և կոմպանովկայի ժամանակ: Նման դեպքերում քարտեզի ստորին «ցենզին» շիամապատասխանող, սակայն բովանդակության համար անհրաժեշտ տարրերը, անկախ նրանց քանակից, չպետք է ընկնեն ընդհանրացման տակ: Ավելի քան 25 տարիների (1967-1995 թթ.) մեր հետազոտությունները ցույց տվեցին, որ Սևանա լճի ավազանի ուղիելի դինամիկայի անգամ խոշորանական աշխատավորությունը (1:25 000 և 1:50 000) քարտեզագրման ժամանակ գետային խորքային և կողային երողին աշխատանքների հզորությունների պատկերման համար որպես ցուցանիշ հանդես էին գալիս մի դեպքում տասնյակ սանտիմետրեր և մետրեր, իսկ մյուսում՝ մույնին միլիմետրեր: Նույն երևոյթը դիտվեց նաև Աղսուկի ավազանում սողանքների դինամիկայի դաշտային հետազոտությունների ժամանակ: Ծավալային հատկանիշների ընդհանրացման դժվարություններ առաջացան հատկապես Դիլիջան քաղաքի և նրա հարակից շրջանների սողանքների դինամիկայի խոշորամասշտաբ քարտեզագրման ժամանակ (տես աղ. 1):

#### Աղյուսակ 1

**Աղյուսակի ավազանի առավել ակտիվ սողանքային մարմինների վրա տեղակայված կետերի տեղաշարժեր 1977-1985 թթ. (դիտարկումների լուսանկարաչափական, (Փոտոգրամմետրիկական) եղանակ)**

Թագիսիք թիվը	Դիտարկ. կետերի բարը	Տեղաշարժերի մեծություն (մմ)	Թագիսիք թիվը	Դիտարկ. կետերի բարը	Մերակարգություն (մմ)
05	1	292	12	1	488
	2	131		2	372
	3	349		3	616
	4	130		4	371
	5	65		5	317
	6	18		6	190
	7	7		7	169
	8	14		8	264
	9	19		9	63
	10	1		10	31

Հենց այստեղ է, որ պատկերվող երևոյթների և օրյեկտների ծավալային ընդհանրացման ձևերից պետք է անցնել նրա իմաստային ձևերին, երևոյթների պատկերման տրամաբանական հաջորդականությամբ, նրանց բազմազանությունների

միասնության ստացման եղանակով:

Առաջնային ինֆորմացիայի նմանօրինակ ձևափոխումները քարտեզագրության մեջ իրականացվում են անալիտիկ քարտեզներից նրանց համադիրային (սինթետիկ) տեսակներին անցնան եղանակով: Ինչպես, օրինակ, ուղիեցի ձևաչափական երեք քարտեզների մեջանիկական համատեղման փոխարեն մշակել մեկ քարտեզ՝ ուղիեցի էներգիայի քարտեզը: Այստեղ անհրաժեշտ է լինում փաստագրական քարտեզների բազմության բազայի վրա մշակել նոր տիպի՝ պատկերվող երևոյթների առավել ընդհանուր ցուցանիշներ արտահայտող քարտեզներ:

Իր բնույթով և կատարման ձևով իմաստային ընդհանրացման եղանակը համեմատաբար դժվար է, քանի որ այն պայմանավորված է օրյեկտիվ իրականության արտահայտման նաև միջնորդավորված ձևերով, երբ օրյեկտները և երևոյթները նկարագրվում են տարբեր քանակական, որակական, հաճախ նաև կառուցվածքային ցուցանիշներով:

Իմաստային ընդհանրացման ժամանակ անխուսափելի է քարտեզի բովանդակության տարրերի հաջորդական բացասամենք այն հաշվով, որ դրանք համապատասխանեն առաջնային ինֆորմացիայի վերափոխման աստիճանին: Սակայն ընդհանրացման այս ձևի վրա զգացվելու է նաև մասշտարի ազդեցությունը [10]: Այսպես, օրինակ, լեռնային մասնատված ուղիեցի լանջերի թեքությունների քարտեզները կազմելու ժամանակ սանդղակի առաջին աստիճանների (մինչև 6° թեքություն) լանջերի մակերեսներն ավելանում են նույն սանդղակի վերջին երեք աստիճանների (12–45°) մակերեսների հաշվին (աղ. 2):

Աղյուսակ 2

N/N	Լանջ. թեք. աստիճանը	Ընդհանուր մակերեսները				Տարբերությունները	
		1:200 000		1:1 000 000			
		Σ մակ., մմ <sup>2</sup>	%	Σ մակ., մմ <sup>2</sup>	%		
1	0°–1,5°	2448	24,4	324	32	+7,6	
2	1,5°–3,0°	463	4,6	100	10	+5,4	
3	3,0°–6,0°	371	3,7	70	7	+3,3	
4	6,0°–12,0°	878	8,7	49	4,9	-3,8	
5	12,0°–20,0°	5303	53,0	338	33,8	-19,2	
6	20,0°–45,0°	290	2,9	95	9,0	+6,1	
7	45,0° և ավելի	67	0,6	5	0,5	-0,1	
	Լիճ	98	1,0	29	2,9	+1,9	
	Σ Մակ. տեսական	10000	100	1000	100		
	Σ Մակ. շափած	9918	99,29	1020	93,2		
	Տարբերություն	82	0,71	20	6,8		

Ինչպես հաստատել են մեր հետազոտությունները [5] 1:200000 մասշտարի քարտեզի վրա մակերեսների աղավաղումները առաջին երեք աստիճաններում ավելանում են միջին հաշվով 25–30 %, իսկ վերջին երեք աստիճաններում 35–40%:

Բերված օրինակները ցույց են տալիս, որ տարածության մասշտարի փոքրացումը համապատասխանաբար փոքրացնում է նաև բովանդակության մասշտարը, սակայն ավելի քիչ, քան ծավալային ընդհանրացման ժամանակ: Այդ տարբերություններն ի հայտ են գալիս օրինաչափորեն, երբ առաջնային ինֆորմացիայի բովանդակության ընդհանրացման ժամանակ կիրառվող մեթոդները և բնույթով, և կատարման տեսնողային:

## ԳՐԱԿԱՆՈՒՅՆԻ

1. Салищев К.А. Методика анализа при исследовании явлений по картам. – Вестник МГУ: География. 1968, № 6, с 12–15.
2. Берлянт А.М. Использование карт для географического прогнозирования – Тез. докл. мат. У конференции по тем. картам. М., 1973, с. 74–79.
3. Заруцкая И.П. Составление и редактирование специальных карт природы. Иркутск, 1968, с. 10–160.
4. Николаевская Е.М., Карапетян Г.М. О методике составления и оформления карт крутизны склонов горных стран в мелком и среднем масштабе. – Изв. АН Арм. ССР, сер.: Науки о земле, 1968, № 9, с. 28–35.
5. Карапетян Г.М. О точности составления карт некоторых природных явлений (на примере почвенно-растительных и морфометрических карт). – Молодой научн. работник ЕГУ. Ер., №2 (24), 1976, с. 103–110.
6. Красильникова Н.В. Вопросы генерализации при составлении специальных карт (на примере геологических карт). М., 1962, с. 18–43.
7. Wootton I. Timathy. Predicting direct und indirect effects an integrated approach using experiments and path analysis. Ecology, 1994–75, #1, p. 151–165.
8. Boceardo P. Environment ol impact analysis using remotely Sensed data. Geosci und Water Resous: Environ. Date Model. Berlin, 1997, p. 149–158.
9. Kowalska Maigorzata Wykorzystanie systemu informacji geograficznej w ocenie antropizacji i zagrożenia szkodliwością geograficznego obszaru Silnic uprzemysłowionego. Pr. inst. geod i kartogr., 1993–40, #1, p. 11–35.
10. Башенцов А.Н. Опыт издания системы картографической оценки динамики природной среды. Проблемы географии Байкальского региона. – Сб. научн. тр. первой региональной конф. Улан-Уде, 1997, с. 159–162.

Г.М. КАРАПЕТЯН, Р.Х. ГАГИНЯН

### ОСОБЕННОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СОДЕРЖАНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ КАРТ (на примере карт рельефа)

#### Резюме

В статье на примере проведенных нами исследований в двух крупных регионах Армении (долина р. Агстев и басс. оз. Севан) предлагаются основные направления переработки первичной информации – объемное (1) и содержательное (2).

Выбор этих способов зависит от специфики и достоверности первичной информации, целевого назначения и масштаба разрабатываемых синтетических карт. Немаловажное значение имеет также характер картографируемых явлений и особенности их распространения.

G.M. KARAPETIAN, R.KH. GAGINJAN

THE PECULIARITIES OF REPRODUCTION OF PRIMARY  
INFORMATION ON WORKING OUT THE CONTENT  
OF SYNTHETIC MAPS  
(illustrated on the relief maps)

Summary

In the article the main directions of treating primary information-volumetric (1) and substantiyal (2) are offered based on the analyses done by us in Armenia's two large regions (the valley of the river Aghstef and the Sevan Basin).

The choice of these methods depends on specific characteristics and reliability of primary information, the nature of cartographical phenomena, special features of their prevalence, as well as the assignment of maps disigning.

*География*

УДК 551.4

А. В. ГАЛСТЯН

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОДОЛЬНЫХ  
ПРОФИЛЕЙ РЕК АГСТЕВСКОГО БАССЕЙНА**

Представленные в данной работе исследования основываются на камеральных и полевых работах, проведенных в бассейне р. Агстев. Они базируются на составлении построенных по топооснове масштаба 1:25000 реальных (*топографических*) профилей р. Агстев и семи ее притоков с их геометрическими аналогами, построенными математически по методу В. П. Иванова. Применительно к р. Агстев, бассейн которой является одним из достаточно хорошо изученных районов Армении, этот метод позволил выявить четкое соответствие природных особенностей данного региона участкам различных деформаций профильных линий рек. Показана прямая зависимость формы профилей от воздействия комплекса природных факторов, важнейшими из которых являются геологическое строение пород, слагающих ложе каждой реки, и неотектонические движения.

Кроме того, выявлены также новые закономерности в тектоническом развитии территории бассейна р. Агстев, которые отражены в приведенной схеме.

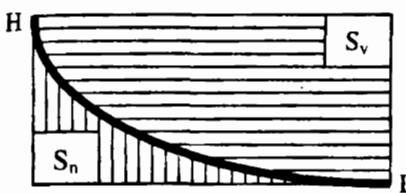
**I. Суть метода количественной характеристики формы продольных профилей рек.** В основе данной работы лежит метод количественной характеристики формы продольного профиля реки, предложенный Ивановым [1]. Он базируется на составлении продольного топографического профиля реки по топокарте крупного масштаба и сравнении его с математически построенным геометрическим аналогом.

Как известно, *топографический продольный профиль* любой реки представляет собой непрерывно снижающуюся (от верховья реки к устью) линию меженой водной поверхности, при построении которой по оси ординат откладываются значения абсолютных отметок уреза воды, а по оси абсцисс – их расстояния от устья.

Принципиально продольный профиль любой реки стремится к некоторой предельной форме, плавной кривой с непрерывно уменьшающимися к устью уклонами. Этот предельный вид продольного профиля основоположниками геоморфологии был назван “профилем предельного равновесия” или “эрзационной терминантой” [2–4].

Метод количественной характеристики продольных профилей рек, предложенный в [1], основывается на построении этой эрозионной терминанты и сопоставлении ее с реальным топографическим профилем реки. Исследования Иванова показали, что в качестве геометрического аналога по своей форме и свойствам к речному продольному профилю более всего приближается геометрическая кривая второго порядка – парабола  $n$ -ой сте-

пени, проходящая через высшую точку профиля (исток реки) и имеющая вершину в его низшей точке. Ось параболы направлена вертикально вверх через низшую точку, а показатель степени  $n$  определяется отношением между частями площади прямоугольника  $HL$ , описанного вокруг профиля:



$$n = \frac{S_v}{S_n} = \frac{HL - S_n}{S_n},$$

где  $n$  – общий показатель формы профиля реки,  $S_v$  – часть прямоугольника, лежащая выше линии профиля,  $S_n$  – часть прямоугольника, лежащая ниже.

При  $n > 1$  общая форма продольного профиля будет иметь вогнутую форму, а при  $n < 1$  форма профиля будет выпуклая.

Таким образом, формула, предложенная П.В.Ивановым, имеет следующий вид:

$$H' = H \left( \frac{L'}{L} \right)^n,$$

где  $H'$  – превышение данной точки кривой над устьем,  $H$  – превышение верховья над устьем,  $L'$  – расстояние от данной точки до устья,  $L$  – длина реки,  $n$  – общий показатель формы профиля реки.

Однако парабола  $n$ -ой степени при указанном положении ее вершины и оси имеет в своей вершине уклон, равный нулю, что справедливо только для рек, впадающих в море или озеро. Следовательно, для рек, являющихся притоками (в частности для объектов данной работы), и уклоны которых в устьевых частях не равны нулю, эта формула неприменима. Для характеристики таких профилей Иванов предлагает использовать уравнение склонной параболы  $n$ -ой степени

$$H' = H_1 \left( \frac{L'}{L} \right) + H_2 \left( \frac{L'}{L} \right)^n,$$

где  $H_1 = L \times I_0$ , а  $H_2 = H - H_1$ , причем  $I_0$  – падение основной реки в месте слияния с притоком.

Для р. Агстев значение  $I_0$  было заменено значением падения самой этой реки в низшей точке рассматриваемого в этой работе участка (около абсолютной отметки уреза воды 500 м). Значения  $S_v$  и  $S_n$  (и соответственно  $n$ ) при этом останутся прежними.

Ниже приведена таблица значений общих показателей профилей и падений р. Агстев в местах слияния с притоками.

Реки	Значение $n$	Значение $I_0, \text{м/км}$
Агстев	2.49	6.25
Гетик	0.97	14.30
Блдан	1.94	25.00
Оваджур	1.88	19.20
Агарцин	1.80	13.30
Пайтаджур	1.79	24.40
Хачахинюр	0.74	14.30
Кобханиджур	1.79	12.50

Таким образом, геометрическим аналогом топографического профиля реки является плавная кривая, которая обобщает реальный профиль, совпадая с ним в верховье и устье. Можно предположить, что при однородном литолого-петрографическом составе подстилающих пород и характерном для данной реки гидрогеологическом режиме продольный профиль ее русла был бы близким к линии геометрического аналога [5].

Итак, на основе вышеизложенных теоретических данных были построены топографические и теоретические профили р. Агстев и семи ее притоков: Гетика, Блдана, Оваджура, Агарцина, Кобханиджура, Пайтаджура и Хачахпюра. Графическое построение топографического профиля производилось на основе представления о выровненном русле реки, установленном в одну вертикальную плоскость. Для более четкого выявления индивидуальных особенностей формы продольного профиля вертикальный масштаб во много раз превышает горизонтальный. На прилагаемых чертежах на правой оси отмечены относительные превышения точек над устьем, а на левой – абсолютные отметки уреза воды в реке.

Для построения продольных профилей рек бассейна р. Агстев использовалась топокарта масштаба 1:25000. В основе построения лежит измерение последовательно расположенных отрезков речного русла от устья к истоку. Отрезки берутся между точками со значениями отметок уреза воды, т. е. в местах пересечения реки горизонталиями. В данной работе задействованы в общей сложности 1550 точек. Измерения отрезков длины реки производились циркулем с раствором ножек в 5 мм. Длина рассмотренных отрезков колеблется от 5 до 800 м, что связано с неравномерным распределением точек уреза воды на топографической карте.

Все данные, полученные от измерений по топографической карте, были обработаны с помощью компьютера. На их основе и были построены топографические продольные профили рек бассейна р. Агстев, а также их геометрические аналоги, анализ которых приводим ниже.

**II. Анализ продольных профилей р. Агстев и главных ее притоков.** Как уже было сказано, реальные профили современных рек обнаруживают ярко выраженную тенденцию тяготения к форме своего математического аналога. Однако на своем пути они обычно встречают, по мнению Иванова [1], два вида препятствий, носящих название промежуточных базисов эрозии. Один вид выражается в форме встречаемой рекой котловины проточного озера или места впадения в реку крупного притока (геоморфологическая причина). Другой вид базиса эрозии выражается в форме встречаемых иногда рекой на своем пути трудно поддающихся размыву выходов в русле твердых скальных пород или крупнокаменистых россыпей (геологическая причина).

Так как В.П. Иванов занимался применением своего метода исключительно к равнинным рекам, то вполне понятно, почему он не упомянул о тектонической причине, которую, конечно же, нельзя упускать из виду при изучении горных рек [6]. Так, на рассматриваемом в данной работе участке бассейна р. Агстев неотектоническая причина является ведущей в формировании линий продольных профилей рек этого региона. Немаловажное значение имеет также состав пород, слагающих ложе реки. Крупным промежуточным базисом эрозии для р. Агстев служит устье Гетика – самого крупного ее притока, о чем будет сказано ниже.

На построенном профиле р. Агстев четко выделяются вогнутая и вы-

пуклай деформации линии, причем вогнутая деформация осложнена куэстообразным выступом ложа реки, переломная часть которого находится на высоте 1620 м.

На рис.1 видно, что в верхнем течении реки наблюдаются значительные величины падений до высоты примерно 1800 м. Далее, на отрезке высот 1800–1600 м (точки 53–88) река приобретает гораздо более спокойный характер, уклоны резко уменьшаются, профиль обнаруживает сильное стремление к линии предельного равновесия. В рельефе на местности это выражено в виде резкого перехода крутых склонов Халабских гор, откуда берет начало р. Агстев, в котловинную долину Маргаовит.

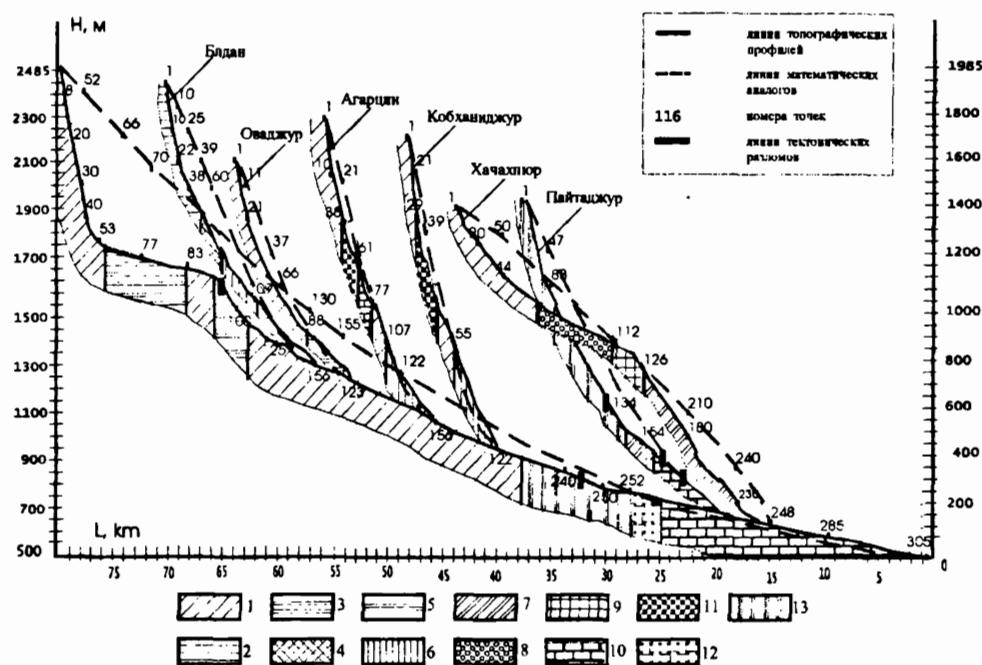


Рис.1. Продольный профиль р.Агстев (с притоками). 1. Средний эоцен. Фельзитовые туфы, туфоконгломераты и туффиты с потеками кварцевых и других порфиритов. 2. Средний эоцен. Порфириты, туфопесчаники, песчаники с прослойями известняков и глин. 3. Граниты, гранодиориты, адамелиты, тоналиты и пр. 4. Верхний эоцен. Известняки и конгломераты. 5. Верхний сенон. Высококарбонатные мергели, известняки, песчаники с прослойями глины. 6. Верхний эоцен. Пироксены, плагиоклазовые порфириты, их туфы, туфобрекчи, туффиты с линзами известняков. 7. Юрские порфириты, туфобрекчи, туфоконгломераты с прослойями доломитов, известняков и песчаников. 8. Ср. юра. Андезитовые порфириты с линзами песчано-глинистых сланцев, туфобрекций, туфопесчаников и туфов. 9. Верхняя юра. Известняки, песчаники, глины, переходящие в порфириты, и их пирокласты. 10. Верхний мел. Известняки, мергели, аргиллиты, песчаники, глины с базальными конгломератами в основании. 11. Нижний эоцен. Известняки и конгломераты с прослойями известняков и песчаников. 12. Ср.юра. Андезитовые порфириты, туфобрекчи и туфопесчаники. 13. Ср. юра. Порфириты, туфобрекчи, туффиты и туфопесчаники с прослойями известняков.

При сопоставлении полученных результатов с геологической картой данного района выявилась неоднородность состава пород, подстилающих русло реки. Если в верхнем течении на склонах Халабского хребта русло проложено в легко размываемых породах среднего эоцена (туфопесчаники, песчаники с прослойями известняков и глин), то при выходе в Марга-

витскую котловину на абсолютных отметках 1750–1650 м река встречает на своем пути гранитоиды раннего олигоцена, труднее поддающиеся размыву.

Ниже абсолютной отметки уреза воды 1620 м наблюдается резкое увеличение падения реки, и линия профиля вновь меняет свое направление. Изучение тектоники бассейна р. Агстев показало, что в этом месте реку под большим углом пересекает крупный разлом-сброс; серия тектонических нарушений продолжается и дальше вниз по течению реки вплоть до устья реки Блдан. Линия профиля отразила эти нарушения в виде серии микроизвилин – участков с аномальными падениями. Как известно, *аномальными* считаются участки, где падение реки больше, чем на смежном, расположенным выше по течению [7]. Причем необходимо отметить, что для горных рек увеличение падения на 1–5 см/км вниз по течению (если оно не является нарастающим на отрезках большой протяженности) не считается аномальным. В рельефе на местности вышеупомянутый участок представлен глубокой V-образной долиной с крутыми стенами, почти лишенными террас.

В пределах Дилижанской котловины (ниже устья р. Блдан) профиль реки представляет собой плавную линию без каких-либо резких неровностей, стремящуюся к профилю предельного равновесия. Отчасти это обусловлено однородностью подстилающих пород. Немаловажное значение имеет и наличие здесь промежуточного базиса эрозии – на высоте 2060 м. Агстев принимает свой самый крупный приток – р. Гетик.

Ниже устья Гетика русло р. Агстев проложено в толще современных аллювиально-делювиальных отложений, которые подстилают участки, сходные по составу с предыдущим, однако более древние по возрасту. Еще ниже по течению эти породы переходят в известняки, мергели, песчаники и глины верхнего мела, которые подстилают участок реки, соответствующий выпуклой деформации профиля. На этом отрезке линия топографического профиля очень мало превышает линию математического аналога и имеет плавный характер, который не нарушают даже увеличения расхода воды в результате впадения притоков Пайтаджур и Хачахпюр. Можно предположить, что превышение это вызвано мощной аккумуляцией современного аллювия, принесенного рекой с вышележащих участков.

Как это видно из таблицы, общие показатели профилей всех рассмотренных притоков р. Агстев колеблются в малых пределах – от 1.79 до 1.94, т. е. линии их геометрических аналогов имеют вогнутую форму. Исключение составляют рр. Гетик и Хачахпюр. Теоретический профиль р. Гетик приближается по форме к прямой линии (показатель степени у него равен  $0.97 < 1$ ), а аналог профиля у р. Хачахпюр имеет ярко выраженную выпуклую форму.

На построенном топографическом профиле р. Гетик выделяются две вогнутые и одна выпуклая деформации (см. рис. 2).

Все верхнее течение этой реки имеет небольшой уклон и плавные очертания линии профиля без каких-либо значительных неровностей. Более глубокое, чем на теоретическом профиле, врезание русла можно объяснить сильной эрозионной деятельностью и отсутствием аккумуляции (река здесь протекает в среднеэоценовых порфиритах, туфопесчаниках, песчаниках с прослойями известняков и глин). Примерно от абсолютной отметки 1800 м начинается выпуклая деформация, которая закономерно продолжает линию профиля вплоть до высоты 1650 м (у с. Мартуни). Здесь долину р. Гетик пересекает крупный тектонический разлом-сдвиг, что находит свое не-

медленное отражение в направлении линии профиля. Наблюдается резкое увеличение угла падения реки, что в рельефе соответствует сужению долины Гетика и вхождению его в V-образное ущелье.

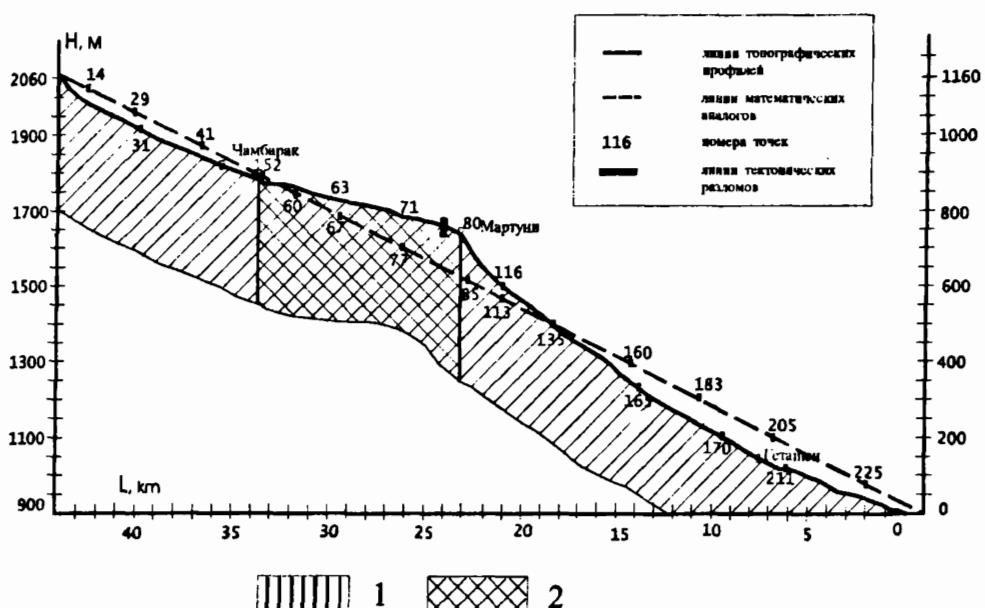


Рис. 2. Продольный профиль р. Гетик. 1. Средний эоцен. Порфириты, туфопесчаники с прослойками известняков и глин, туфобрекчи, туфиты с прослойками кварцевых порфиритов. 2. Нижний эоцен. Известняки и конгломераты с прослойками известняков и песчаников.

На последующем отрезке увеличивается врезание реки, и ниже абсолютной отметки 1565 м наблюдается превышение геометрического аналога над топографическим профилем. Линия последнего в нижнем течении местами осложнена участками аномальных падений, что позволяет предположить наличие здесь мелких тектонических нарушений. Изучение геологии подстилающей русло Гетика поверхности показало относительную однородность пород с точки зрения сопротивляемости эрозии на всем протяжении реки, т.е. геологическое строение не может оказывать решающего влияния на формирование неровностей профиля р. Гетик. Тем более вероятной становится возможность объяснить их тектоническими причинами. Можно предположить, что территория бассейна р. Гетик, лежащая вышеупомянутого разлома-сдвига, испытывает интенсивное поднятие, тогда как нижележащая часть, напротив, опускается.

Несмотря на бросающееся в глаза сходство формы продольных профилей рр. Гетик и Хачахпюр, при ближайшем рассмотрении выясняется, что причины, обусловившие их, тем не менее различны.

Как уже было отмечено, линия геометрического аналога профиля р. Хачахпюр имеет хорошо выраженный выпуклый характер. Линия же топографического профиля где-то в среднем течении, как и в случае с р. Гетик, образует крупный уступ (см. рис. 1). На всем протяжении реки преобладают превышения линии математического аналога над линией реального профи-

ля, и лишь на небольшом участке (между точками 112 и 126) гребневая часть вышеупомянутого уступа возвышается над профилем равновесия. Несмотря на разнообразие подстилающих пород, всех их, с точки зрения сопротивляемости эрозии, можно назвать однородными.

Образование уступа в линии топографического профиля р. Хачахпур можно объяснить антecedентным характером ее долины. Врезание, начавшееся со временем поднятия Иджеванских гор, активно продолжается и в настоящее время, т. е. профиль реки находится в стадии формирования.

Топографический профиль р. *Пайтаджур* на всем своем протяжении не превышает линии геометрического аналога за исключением приустьевой части. До абсолютной высоты 1600 м (точка 86) он образует плавную правильную кривую, которая затем на интервале высот 1600–1500 м резко увеличивает уклон (образует зону аномального падения). Дальнейший отрезок русла (от 1500 до 800 м) выделяется изобилием зон аномальных падений. Можно предположить, что здесь река протекает в зоне активных вертикальных тектонических движений. Изучение тектоники данного района показало наличие здесь ряда мелких разломов, пересечение которых рекой и образует аномальные падения профиля.

Последним вниз по течению из этих тектонических разломных нарушений является Ахсу-Гандзакарский разлом, после которого река спокойно течет в толще своих аллювиальных накоплений вплоть до впадения ее в р. Агстев.

Что же касается остальных четырех притоков, то в поведении линий их профилей четко прослеживаются некоторые закономерности, о которых будет сказано ниже. Если рассмотренные выше реки проявляют некоторую самостоятельность в развитии, то относительно остальных действует ряд общих закономерностей, что позволяет проанализировать их вместе. Так, все четыре притока владают в Агстев в пределах расширения долины основной реки на участке устья р. Блдан – с. Агарцин, попарно с каждой стороны: Блдан и Агарцин слева, а Оваджур и Кобханиджур – справа.

Линии профилей каждой из этих рек имеют свои индивидуальные особенности, проявляющиеся в профиле в виде микроформ – мелких вариационных изгибов линии. Однако наблюдается также общая закономерность: на топографических профилях всех четырех притоков четко обозначены по две деформации – вогнутая в верхнем течении и выпуклая в нижнем. Замечательно то, что переход от верхних вогнутых деформаций к нижним выпуклым происходит у всех этих рек на абсолютной отметке уреза воды примерно 1500 м. Обусловленность упомянутых выше микроизгибов профилей этих рек геологическим строением подстилающей поверхности стала очевидной при сопоставлении их с геологической картой данной местности. Однако геологической причины явно недостаточно для объяснения указанной выше крупной закономерности в поведении линий профилей этих рек. Следовательно, ее можно объяснить только с помощью анализа тектонических движений этой местности.

По всей видимости, в пределах абсолютных отметок 1400–1500 м проходит граница между тектонически активными зонами в бассейне верхнего течения р. Агстев. При перенесении на карту масштаба 1:100000 данных критических точек профиля можно выявить и линии предполагаемых границ зон тектонических движений (см. рис. 3). Согласно схеме, они проходят по обе стороны от русла р. Агстев на высотах около 1500 м, причем правобереж-

ная линия оконтуривает зону перехода склонов массива Малый Маймех в Дилижанскую котловину. Правобережная линия также проходит по переходной зоне – по предгорным повышениям Халабского хребта. Таким обра-

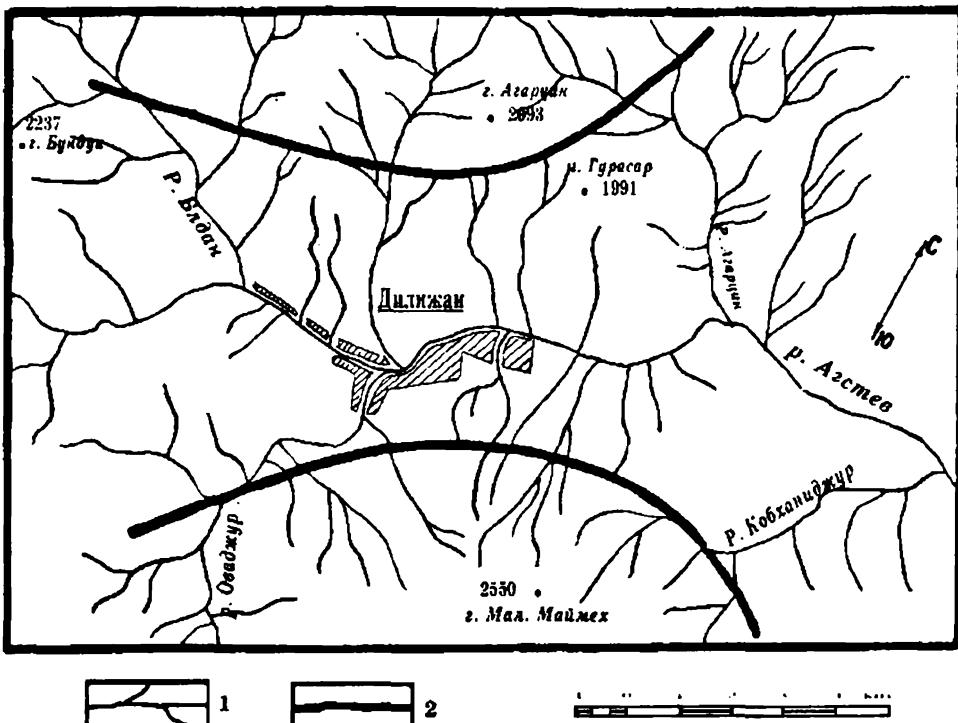


Рис. 3. Схема границ предполагаемых тектонических нарушений, выделенных на основе анализа продольных профилей рек. 1. Речная сеть. 2. Линии границ предполагаемых тектонических нарушений.

зом, продольные профили некоторых притоков р. Агстев чутко среагировали на “замаскированные” в рельефе тектонические нарушения и позволили выявить их с достаточной точностью.

Кафедра картографии и геоморфологии

Поступила 18.09.2000

## ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов П. В. Метод количественной характеристики формы продольного профиля реки. – Изв. Всесоюзного географического общества, 1951, в. 6, т 83.
2. Григорьев С. В. О типе рек Карело-Мурманского края (Новый метод анализа продольных профилей рек.), 1936.
3. Щукин И. С. Общая геоморфология. М., 1974.
4. Райс Р. Дж. Основы геоморфологии. Изд-во Прогресс, М.: 1980.
5. Кожурина М. С. Опыт исследования продольных профилей некоторых рек Прикарпатья для целей тектонического анализа. – Изв. Всесоюзного географического общества, 1956, в. 1, т 88.
6. Сетунская Л. Е. Опыт анализа продольных профилей рек в целях изучения тектонических движений. – Изв.АН СССР, сер. географ., 1959, N 3.
7. Маккавеев Н. Н. Сток и русловые процессы, М.: Изд-во МГУ, 1971.

ԱՂՍԵՎԻ ԱՎԱՋԱՆԻ ԳԵՏԵՐԻ ԵՐԿԱՅՆԱԿԻ ՊՐՈՖԻԼՍԵՐԻ  
ԵՆՎԱՉԱՓԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ամփոփում

Հողվածում բնդգրկված հետազոտությունները հիմնված են Աղստև գետի ավազանում կատարված դաշտային և կամերալ ախտառերների վրա: Նրանց հիմքում ընկած է Վ. Պ. Խվանովի մեթոդի կիրառումը, ըստ որի 1:25000 մասշտաբի տոպոքարտեզներով կառուցված Աղստևի և նրա 7 վտակների իրական (տոպոգրաֆիական) պլոտֆիլմերը համեմատվում են նրանց իսկ երկրաշափական ամայոզմերի հետ: Վերջիններս կառուցվում են Վ. Պ. Խվանովի առաջարկած բանաձևերի հիման վրա:

Այս մեթոդի կիրառումը բոլոր տվյալ բացահայտել ստացված պլոտֆիլային գծերի ձևախախտումների ճշգրիտ համապատասխանությունը նշված տարածաշրջանի բնական առանձնահատկություններին: Ցույց է տրված պլոտֆիլների ծնի ուղղակի կախվածությունը մի շարք բնական գործուների ազդեցությունից, որոնցից կարևորագույններն են յուրաքանչյուր գետի հունի երկրաբանական կառուցվածքը և նեռուեկտոնական խախտումները:

Բացի այդ, բացահայտված են նաև Աղստև գետի ավազանի Դիլիջան քաղաքի մոտ ընկած տարածքի տեկտոնական զարգացման նոր օրինաչափություններ, որոնք և արտացոլված են բերված սխեմայում:

A. V. GALSTIAN

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE LONGITUDINAL PROFILES  
OF THE BASIN OF THE AGHSTEV RIVER

Summary

The presented studies include field and cameral surveys carried out in the basin of the Aghstev river. They are based upon the compilation of the 1:25000 scale topographic basis for real (topographic) profiles of the Aghstev river and the seven inflows including their geometric analogues, mathematically built up pursuant to the Ivanov's method. With regard to the Aghstev river the basin of which represents a thoroughly studied area in Armenia, the said method has enabled disclosure of clear correspondence of the regional natural specifics with the various parts of deformations of the river profile lines.

The paper reflects on the direct dependence of the profile forms upon the impact of a set of natural factors the most important of which are represented by geological structure of the rocks underlying the floor of each river coupled with neo-tectonic movements.

In addition, new ruling conformities in tectonic developments in the area of the Aghstev river basin are revealed which have been reflected in the given diagram.

# ՀԱՅՈՐԴՈՒՄԵՐ \*

# СООБЩЕНИЯ

УДК 513.83

П.С. ГЕВОРКЯН

## ЭКВИВАРИАНТНОЕ ОБОБЩЕНИЕ ТЕОРЕМЫ ФРЕЙДЕНТАЛЯ. ЭКВИВАРИАНТНАЯ $n$ -ПОДВИЖНОСТЬ

В настоящей статье доказывается эквивариантный аналог (теорема 1) теоремы Фрейденталя, который позволяет обобщить некоторые результаты Богатого. Всюду в данной работе  $G$  предполагается конечной группой.

**Теорема 1.** Любое  $n$ -мерное компактное метризуемое  $G$ -пространство является пределом обратного спектра  $S = \{K_i; \pi_i^{i+1}\}, i = 1, 2, \dots$ , составленного из компактных  $n$ -мерных  $G$ -комплексов  $|K_i|$  и эквивариантных отображений  $\pi_i^{i+1}, i = 1, 2, \dots$ .

**Доказательство.**\* Пусть  $X$  – произвольное компактное метризуемое  $G$ -пространство с  $\dim X = n$ . Рассмотрим последовательность покрытий  $\{U_i, i = 1, 2, \dots\}$   $G$ -пространства  $X$ , где каждое  $U_i$  – конечное регулярное  $(n+1)$ -кратное  $G - \frac{1}{2^i}$ -покрытие, и для любого  $i$   $U_{i+1} \prec U_i$ . Известно [1], что для любого  $i$  существует эквивариантное вписывание  $\mu_i : U_{i+1} \mapsto U_i$ . Очевидно, что всякое такое вписывание индуцирует эквивариантное отображение  $K(\mu_i) : K(U_{i+1}) \mapsto K(U_i)$ , где  $K(U_i), i = 1, 2, \dots$ , первое покрытие  $U_i$ , которые мы пока что рассматриваем как абстрактные симплексиальные комплексы с естественными симплексиальными действиями группы  $G$ .

Теперь мы хотим для каждого покрытия  $U_i$  найти такое  $G$ -разбиение единицы  $(\bar{\pi}^i, i = 1, 2, \dots)$ , чтобы выполнялось равенство

$$\pi_i^{i+1} \circ \pi^i = \bar{\pi}^i, \quad (1)$$

где  $i = 1, 2, \dots, \pi^i : X \mapsto |K(U_i)|^2$ ;  $\pi_i^{i+1} : |K(U_{i+1})| \mapsto |K(U_i)|$  – естественные эквивариантные отображения, соответствующие  $G$ -разбиениям единицы  $\bar{\pi}^i, i = 1, 2, \dots$ . Для достижения этой цели каждому покрытию  $U_i$  сопостав-

\* По поводу определений основных понятий см. [1].

\*\*  $|K(U_i)|$  – это геометрическая реализация абстрактного  $G$ -комплекса  $K(U_i)$ .

вим такое разбиение единицы  $\bar{\rho}_v^i$ , чтобы выполнялось условие

$$\bar{\rho}_v^i = \sum_{\mu_i(U) = v} \bar{\rho}_U^{i+1}, \quad (2)$$

где  $V \in U_i$ ,  $U \in U_{i+1}$  (существование таких разбиений доказано в [2]). Очевидно, что условие (2) обеспечивает равенство

$$\rho_U^{i+1} \circ \rho_v^i = \rho_v^i, \quad i = 1, 2, \dots \quad (3)$$

Теперь заметим, что из "обычных" разбиений единицы  $\bar{\rho}^i$ ,  $i = 1, 2, \dots$ , со свойством (2) можно устроить  $G$ -разбиения единицы  $\bar{\pi}^i$ ,  $i = 1, 2, \dots$  с аналогичным свойством. Эти  $G$ -разбиения строятся формулой

$$\bar{\pi}_v^i(x) = \frac{1}{|G|} \sum_g \bar{\rho}_{gv}(gx), \quad (4)$$

где  $x \in X$ ,  $g \in G$ ,  $V \in U_i$  [1]. Докажем, что они удовлетворяют аналогичному (2) равенству

$$\bar{\pi}_v^i = \sum_{\mu_i(U) = v} \bar{\pi}_U^{i+1}, \quad (5)$$

где  $V \in U_i$ ,  $U \in U_{i+1}$ . В самом деле,

$$\begin{aligned} \bar{\pi}_v^i(x) &= \frac{1}{|G|} \sum_g \bar{\rho}_{gv}(gx) = \frac{1}{|G|} \sum_g \sum_{\mu_i(U') = V} \bar{\rho}_{U'}^{i+1}(gx) = \frac{1}{|G|} \sum_g \sum_{\mu_i(U) = v} \bar{\rho}_{gU}^{i+1}(gx) = \\ &= \sum_{\mu_i(U) = v} \frac{1}{|G|} \sum_g \bar{\rho}_{gU}^{i+1}(gx) = \sum_{\mu_i(U) = v} \bar{\pi}_U^{i+1}(x) \end{aligned}$$

Теперь нетрудно заметить, что (5) обеспечивает (1).

Таким образом для произвольного  $n$ -мерного компактного метризуемого  $G$ -пространства  $X$  построен обратный спектр  $S = \{[K(U_i)], \pi_i^{i+1}\}$ , где все  $[K(U_i)]$ ,  $i = 1, 2, \dots$ , – компактные  $n$ -мерные  $G$ -комплексы,  $\pi_i^{i+1}$  – эквивариантные граничные отображения, а эквивариантные проекции  $\pi^i : X \mapsto [K(U_i)]$  коммутируют с отображениями  $\pi_i^{i+1}$ . Для завершения доказательства теоремы остается заметить, что  $\lim S = X$ . А это следует из классической теоремы Фрейденталя [3].

Теорема доказана.

**Теорема 2.** Если  $G$ -пространство  $X$  является пределом обратного спектра  $\{X_\alpha, p_{\alpha\alpha'}, A\}$ , составленного из компактных  $G$ -пространств  $X_\alpha$  и эквивариантных отображений  $p_{\alpha\alpha'}$ , то обратная система  $\{X_\alpha, [p_{\alpha\alpha'}], A\}^*$   $G$ -ассоциирована с  $G$ -пространством  $X$ .

**Доказательство.** Аналогично доказательству соответствующей теоремы Мардешича [4].

Непосредственно из теорем 1 и 2 получается

**Следствие 1.** Пусть  $X$  – компактное метризуемое  $G$ -пространство с  $\dim X \leq n$ . Тогда существует  $G$ -ассоциированный с  $X$  спектр  $\{X_\alpha, p_{\alpha\alpha'}, A\}$  с

•  $[p_{\alpha\alpha'}]$  –  $G$ -гомотопический класс эквивариантного отображения  $p_{\alpha\alpha'}$ .

$\dim X_\alpha \leq n$  для любого  $\alpha \in A$ .

Теперь мы в состоянии обобщить некоторые результаты из работы [5] (см. также [6, 7]).

**Теорема 3.** Если компактное метризуемое  $G$ -пространство  $X$  является  $G$ - $n$ -подвижным и  $Fd_G X \leq n$ , то  $X$  является  $G$ -подвижным.

**Доказательство.** Рассмотрим некоторый  $G$ -ассоциированный с  $X$  спектр  $\{X_\alpha, p_{\alpha\alpha'}, A\}$ . Из условия  $Fd_G X \leq n$  следует существование такого компактного метризуемого  $G$ -пространства  $Y$ , что  $sh_G \leq sh_G Y$  и  $\dim Y \leq n$ . Согласно следствию 1 существует такой  $G$ -ассоциированный с  $Y$  спектр  $\{\psi_\beta, q_{\beta\beta'}, B\}$ , что  $\dim Y_\beta \leq n$ . Теперь проверим условие  $G$ -подвижности спектра  $\{X_\alpha, p_{\alpha\alpha'}, A\}$ . Пусть  $\alpha \in A$  – произвольный элемент. В силу  $G$ - $n$ -подвижности  $X$  существует такое  $\alpha' \in A$ ,  $\alpha' \geq \alpha$ , что выполняется условие  $G$ - $n$ -подвижности спектра  $\{X_\alpha, p_{\alpha\alpha'}, A\}$ . Теперь воспользуемся неравенством  $sh_G X \leq sh_G Y$ , которое означает, что существуют  $G$ -шлейповые морфизмы  $\{f_\beta, \phi\} = f: X \mapsto Y$  и  $\{g_\alpha, \psi\} = g: Y \mapsto X$ , такие, что  $g \circ f = 1_X$ . Из последнего следует, что для  $\alpha' \in A$   $\exists \alpha'' \in A$ ,  $\alpha'' \geq \alpha'$ ,  $\alpha'' \geq \phi(\psi(\alpha'))$ , такое, что

$$p_{\alpha\alpha'} = g_{\alpha'} \circ f_{\psi(\alpha')} \circ P_{\phi(\psi(\alpha'))\alpha''}.$$

Оказывается, что подобным образом найденное  $\alpha''$  удовлетворяет условию  $G$ -подвижности спектра  $\{X_\alpha, p_{\alpha\alpha'}, A\}$ . В самом деле, пусть  $\alpha'' \in A$ ,  $\alpha'' \geq \alpha$  – произвольный элемент. От нас требуется найти такой  $G$ -гомотопический класс  $r_\alpha^{\alpha''}: X_{\alpha'} \mapsto X_{\alpha''}$ , что

$$P_{\alpha\alpha''} = P_{\alpha\alpha'} \circ r_{\alpha'}^{\alpha''}.$$

В силу  $G$ - $n$ -подвижности спектра  $\{X_\alpha, p_{\alpha\alpha'}, A\}$  для  $g_{\alpha'}: Y_{\psi(\alpha')} \mapsto X_{\alpha'}$  найдется такой  $G$ -гомотопический класс  $h: Y_{\psi(\alpha')} \mapsto X_{\alpha''}$ , что

$$P_{\alpha\alpha'} \circ g_{\alpha'} = p_{\alpha\alpha''} \circ h.$$

Положим  $r_\alpha^{\alpha''} = h \circ f_{\psi(\alpha')} \circ P_{\phi(\psi(\alpha'))\alpha''}$ . Нетрудно проверить, что  $r_\alpha^{\alpha''}$  – искомый  $G$ -гомотопический класс. Теорема доказана.

Так как размерность  $Fd_G X$  не превосходит обычную размерность  $\dim$ , то из последней теоремы получается

**Следствие 2.** Всякое  $n$ -мерное,  $G$ - $n$ -подвижное компактное метризуемое  $G$ -пространство является  $G$ -подвижным.

Из теоремы 3 просто получается и следующее

**Следствие 3.** Компактное метризуемое  $G$ -пространство конечной размерности  $Fd_G X$  является  $G$ -подвижным тогда и только тогда, когда оно  $G$ - $n$ -подвижно для всех  $n$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бредон Г. Введение в теорию компактных групп преобразований. М., 1980.
2. Дольд А. Лекции по алгебраической топологии. М., 1976.
3. Freudenthal H. Entwicklungen von Räumen und ihren Gruppen. – Comp. Math., 1937, №4, p. 145–234.
4. Mardesic S. Shapes for topological spaces. – Gen. top. Appl., 1973, v. 3, №3, p. 265–282.
5. Богатый С.А. Об  $n$ -подвижности в смысле Борсука. – Bull. Akad. Polon. Sci. Math., 1974, v. 22, №8, p. 821–825.
6. Геворкян П.С. Мажоранты в классах слабо-эквивалентных  $G$ -подвижных компактов. – Уч. записки ЕГУ, 1995, №1, с. 19–22.
7. Геворкян П.С. Об одном свойстве  $G$ -подвижных компактов. – Уч. записки ЕГУ, 1994, №1, с. 26–31.

Պ.Ս. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

ՖՐԵՅՆԵՆՏԱԼԻ ԹԵՈՐԵՄԻ ԷԿՎԻՎԱՐԻԱՆՏ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐԱՑՈՒՄ:  
ԷԿՎԻՎԱՐԻԱՆՏ  $n$ -ՉԱՐԺՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆ

### Ամփոփում

Ներկա աշխատանքում ապացուցվում է Ֆրեյնենտալի թեորեմի էկվիվարիանտ համարժեքը վերջավոր  $G$ -խմբի դեպքում, որը թույլ է տալիս բնողիանուացնել  $U$ . Բոզարիի մի շարք արդյունքներ առաջնազիական տարածության  $n$ -շարժունակության վերաբերյալ:

P.S. GEVORGIAN

### EQUIVARIANT GENERALIZATION OF FREUDENTHAL'S THEOREM. EQUIVARIANT $n$ -MOBILITY

#### Summary

In the given paper the equivariant analogue of Freudenthal's theorem in finite  $G$ -group is proved, which allows to generalize some results attained by Bogaty on  $n$ -mobility of topological distance.

УДК 547.583.5.

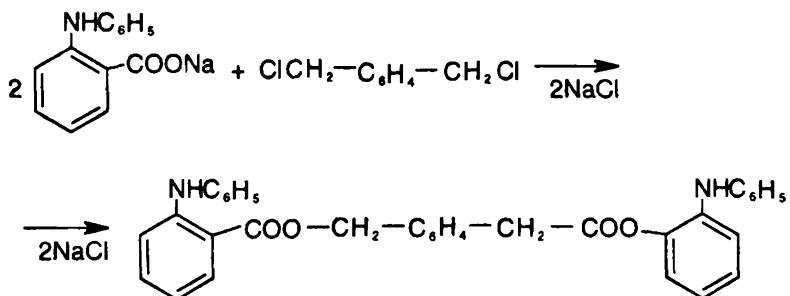
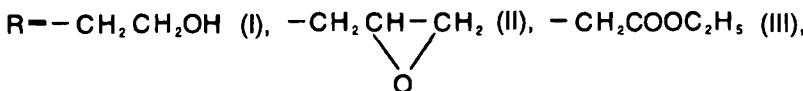
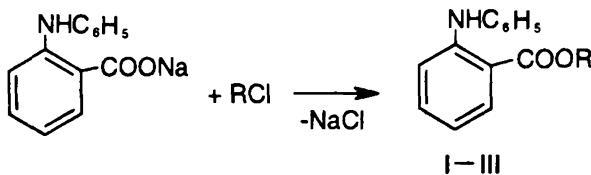
Э.Г. МЕСРОПЯН, Г.Б. АМБАРЦУМЯН, А.А. АВЕТИСЯН, М.Г. САРКИСЯН

### СИНТЕЗ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ N-ФЕНИЛАНТРАНИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

Взаимодействием натриевого производного N-фенилантраниловой кислоты с этиловым эфиромmonoхлоруксусной кислоты, эпихлоргидрином, этиленхлоргидрином и 1,4-ди(хлорметил)бензолом синтезирован ряд новых производных N-фенилантраниловой кислоты – потенциально биологически активные вещества.

Производные антрапниловой кислоты нашли широкое применение во многих отраслях народного хозяйства, в медицине и технике. Из производных антрапниловой кислоты наиболее широкое применение имеет N-фенилантрапниловая кислота, на базе которой получают акридон, акрихин, желтый риванол [1] и т.д.

В продолжение исследований по синтезу новых производных N-фенилантрапниловой кислоты [2–4] изучено взаимодействие 1,4-ди(хлорметил)бензола, этиленхлоргидрина, эпихлоргидрина и этилового эфира monoхлоруксусной кислоты с натриевой солью N-фенилантрапниловой кислоты:



Изучено влияние факторов на ход реакции и на выход полученных продуктов. В результате разработаны оптимальные условия проведения реакции.

Установлено, что выходы продуктов наибольшие, когда реакцию проводят в среде аprotонного растворителя – диметилформамиде при эквимольном соотношении реагентов, а в случае 1,4-ди(хлорметил)бензола – при соотношении [N-фенилантраниловая кислота]:[1,4-ди(хлорметил)бензол] = 2:1.

**Экспериментальная часть.** ИК-спектры сняты на приборе ИК-20, спектры ПМР регистрировались на приборе Tesla BS 497 (100 МГц), растворитель  $\text{CDCl}_3$ , внутренний стандарт – ГМДС.

Индивидуальность и чистоту полученных соединений контролировали методом ТСХ на пластинах «Silufol UV-254» в системе четыреххлористый углерод – хлороформ (3:2), проявляли парами йода.

**$\beta$ -Оксизтиловый эфир N-фенилантраниловой кислоты (I).** К 0,02 моль натриевой соли N-фенилантраниловой кислоты, растворенной в 25 мл абсолютного диметилформамида, добавляют 0,02 моль этиленхлоргидрина. Смесь нагревают на кипящей водяной бане 6–7 часов. После удаления осадка и растворителя остаток промывают этанолом, в котором растворяются непрореагировавшие исходные вещества. Образованные кристаллы промывают диэтиловым эфиром и сушат.

Полученное кристаллическое вещество коричневого цвета хорошо растворимо в хлороформе, диоксане, четыреххлористом углероде, плохо – в холодном этаноле, диэтиловом эфире, диметилсульфоксида, нерастворимо в воде.

ИК-спектр,  $\nu, \text{см}^{-1}$ : 1600 (Ar); 1730 (C=O); 3100–3600 (OH).

Спектр ПМР,  $\delta$ , м.д.: 7,6–7,4 м (5H, Ar); 8,2–8,4 м (4H, Ar); 9,3 с (NH).

**Глицилированный эфир N-фенилантраниловой кислоты (II).** К 0,02 моль натриевой соли N-фенилантраниловой кислоты в 30 мл абсолютного диметилформамида добавляют 0,02 моль эпихлоргидрина. Смесь нагревают на кипящей водяной бане 5 часов. После удаления осадка и растворителя остаток перегоняют в вакууме, собирая фракцию, кипящую при температуре 144–150°C/2 мм рт.ст., выход 50%.

ИК-спектр,  $\nu, \text{см}^{-1}$ : 1605 (Ar); 1730 (C=O). Спектр ПМР,  $\delta$ , м.д.: 6,7–8,1 сл. м (9H, Ar); 4,2 к (2H, -OCH<sub>2</sub>); 2,7 м (1H, -CHOCN<sub>2</sub>), 3,1 м (2H, -CHOCN<sub>2</sub>).

**1-(N-Фениламинобензоил)-этиловый эфир уксусной кислоты (III).** К 0,02 моль натриевой соли N-фенилантраниловой кислоты в 30 мл абсолютного диметилформамида добавляют 0,02 моль этилового эфира монохлоруксусной кислоты.

Смесь нагревают на кипящей водяной бане 3 часа. После удаления осадка и растворителя к остатку добавляют абсолютный эфир. Целевой продукт осаждается, а исходные реагенты растворяются в эфире. Целевой продукт перегоняют в вакууме, собирая фракцию, кипящую при температуре 150–155°C/2 мм рт.ст., выход 50%.

ИК-спектр,  $\nu, \text{см}^{-1}$ : 1610 (Ar); 1730 (C=O). Спектр ПМР,  $\delta$ , м.д.: 6,8–8,2 м (9H, 2Ar); 4,2 к (2H, -OCH<sub>2</sub>); 1,2 т (3H, CH<sub>3</sub>).

**1,4-Бис(N-фениламинобензоилметил)бензол (IV).** К 0,02 моль натриевой соли N-фенилантраниловой кислоты в 50 мл абсолютного диметилформамида добавляют 0,01 моль 1,4-ди(хлорметил)бензола. Смесь нагре-

вают на кипящей водяной бане 7 часов. После удаления осадка и растворителя к остатку добавляют воду, в которой целевой продукт не растворяется. Полученное вещество IV кристаллическое, коричневого цвета, с температурой плавления 141–145°C (этанол). Хорошо растворяется в бензоле, диоксане, хлороформе, четыреххлористом углероде, плохо – в этаноле и диметилформамиде, не растворяется в воде и диэтиловом эфире.

ИК-спектр, ν, см<sup>-1</sup>: 1600 (Ar); 1730 (C=O), 3520 (NH). Спектр ПМР, δ, м.д.: 6,7–8,2 м (22H, Ar); 4,1 к (4H, -OCH<sub>2</sub>).

Кафедра органической химии

Поступило 20.01.2000

## ЛИТЕРАТУРА

1. Несмеянов А.Н., Несмеянов И.А. Начала органической химии. М., 1974, т.2, с.170.
2. Месропян Э.Г., Амбарцумян Г.Б., Мартиросян Э.В., Оганесов А.С. – Уч. записки ЕГУ, 1982, №3, с.111.
3. Месропян Э.Г., Мартиросян Э.В., Амбарцумян Г.Б., Галоян Л.А., Аветисян А.А. – Арм. хим. ж., 1991, т.45, №6, с.383.
4. Месропян Э.Г., Мартиросян Э.В., Амбарцумян Г.Б., Казинян Г.А., Аветисян А.А. – Арм. хим. ж., 1994, т.48, №1, с.93.

Ե.Գ.ՄԵՏՐՈՊՅԱՆ, Գ.Բ.ՀԱՄԲԱՐԾՈՒՄՅԱՆ, Ա.Ա.ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ, Մ.Հ.ՍԱՐԳՍՅԱՆ

Ն-ՖԵՆԻԼԱՆՏՐԱՆԻԼԱԹԹՎԻ ՆՈՐ ԱԲԱՆՑՅԱԼՆԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶ

## Ամփոփում

Սինթեզեալ ենք ֆենիլանտրանիլաթթվի մի շարք ածանցյաներ՝ փոխազդեցության մեջ դնելով N-ֆենիլանտրանիլաթթվի նատրիումական աղը մոնոբլուրֆացալսաթթվի էթիլէսթերի, էպիխլորիդինի, էթիլենքլորիդինի և 1,4-դի(քլորմեթիլ)բենզուլիդինի:

E.G.MESROPYAN, G.B.HAMBARTSOUMYAN,  
A.A.AVETISYAN, V.H.SARKISYAN

## SYNTHESIS OF N-PHENYLANTRANYLIC ACID'S NEW DERIVATIVES

### Summary

By interaction of sodium derivatives of N-phenylantranylic acid with ethyl ester of monochloracetic acid, epichlorhydrine, ethylenchlorhydrine and 1,4-di(chlormethyl) benzol the new derivatives of N-phenylantranylic acid have been synthesized.

УДК 612. 821

В.Г. ГРИГОРЯН, А.Р. АГАБАБЯН, А.Н. АРАКЕЛЯН, А.Ю. СТЕПАНЯН

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖПОЛУШАРНОЙ АСИММЕТРИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ОПЕРАТОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МОНОТОННОЙ РАБОТЫ НА КОМПЬЮТЕРЕ

Показано, что при выполнении операторской деятельности на компьютере левое и правое полушария коры головного мозга участвуют на этапах обработки информации в определенной последовательности: процессы приема и обработки осуществляют правое полушарие, а поздние когнитивные – левое полушарие коры головного мозга.

В настоящее время имеется большое количество работ, свидетельствующих о том, что правое и левое полушария коры головного мозга являются взаимодополняющими системами. Одно из центральных мест в этой интенсивно разрабатываемой проблеме принадлежит вопросу о межполушарных взаимоотношениях в процессе любой нервно-психической функции [1–6]. Показано, что каждое из полушарий вносит в организацию какой-либо деятельности свой специфический вклад и доминирует на определенных этапах осуществления этой деятельности. Поэтапное доминирование полушарий актуально также и в условиях обучения. Так, обнаружено, что при решении задач зрительного поиска доминирует левое полушарие [7]; показано, что правое полушарие доминирует на ранних этапах овладения навыками, а левое – после их упрочения [8]. В основе деятельности каждого из них лежат особые механизмы, отвечающие за разную стратегию обработки информации и обеспечение деятельности. Это зависит от специфики задания и вида материала, что и обеспечивает доминирование того или иного полушария на разных стадиях обучения [9].

Цель нашего исследования – изучение межполушарных особенностей с точки зрения скорости обработки информации правым и левым полушариями при обучении испытуемых операторской монотонной работе на компьютере. Задачами исследования являлись анализ латентных периодов (ЛП) компонентов вызванных потенциалов (ВП), зарегистрированных с симметричных точек фронтальной, центральной, теменной и затылочной областей коры левого и правого полушарий до начала и после каждого часа четырехчасового эксперимента, и сравнительная оценка временных параметров ВП на последовательных этапах восприятия с точки зрения межполушарных различий.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 23 практически здоровых студента с выраженной праворукостью, не имеющих опыта работы с компьютером. Задание, которое выполнялось испытуемыми, моделировало работу операторов в статуправлениях и заключалось во введении в

память компьютера материала, не несущего смысловой нагрузки. Проводилось 5 серий регистрации ВП: до начала работы на дисплее ( $T_0$ ), после первого ( $T_1$ ), второго ( $T_2$ ), третьего ( $T_3$ ) и четвертого ( $T_4$ ) часов работы. После каждого часа работы для определения уровня функционального состояния (ФС) регистрировалась вызванная активность на свет с фронтальной, центральной, теменной и затылочной областей левого и правого полушарий коры головного мозга. В качестве стимулов использовались световые вспышки средней интенсивности (0,4 Дж) с экспозицией, равной 50 мкс, и с межстимульными интервалами приблизительно 3с. ВП регистрировалась в ситуациях непроизвольного (НВ) и произвольного внимания (ПВ), последнее достигалось при помощи специальных инструкций по подсчету стимулов. ВП усреднялись по 32 реакциям. Анализировались ЛП четырех компонентов зрительных ВП:  $P_{70}$ ,  $N_{100}$ ,  $N_{200}$  и  $P_{300}$ . Полученные данные подвергались статистической обработке с использованием t-критерия Стьюдента.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты сравнительного анализа ЛП компонента  $P_{70}$  зрительных ВП, зарегистрированных с симметричных точек фронтальной области обоих полушарий, выявили достоверную ( $p<0,001$ ) межполушарную разницу в течение всего эксперимента в обеих ситуациях: в правом полушарии ЛП были короче, по сравнению с таковыми левого. Сходные результаты были получены также при сравнительной оценке ЛП компонентов  $N_{100}$  и  $N_{200}$ : достоверно короткие ЛП наблюдаются в правом полушарии во всех сериях эксперимента. Сравнение показало, что ЛП компонента  $P_{300}$ , напротив, достоверно ( $p<0,01$ ) короче в левом полушарии во всех сериях эксперимента.

Сравнительный анализ временных параметров ВП, отведенных с симметричных точек центральных областей левого и правого полушарий, показал, что, как и во фронтальной области, ЛП компонентов  $P_{70}$ ,  $N_{100}$  и  $N_{200}$  короче в правом полушарии во всех сериях эксперимента, а ЛП компонента  $P_{300}$  достоверно ( $p<0,01$ ) короче в левом полушарии в обеих экспериментальных ситуациях.

Результаты анализа латенций ВП, отведенных с теменных областей левого и правого полушарий, показали достоверно короткие ЛП в правом полушарии для всех исследуемых компонентов.

Данные сравнительного анализа по затылочной области сходны с данными, полученными во фронтальной и центральной областях.

Таким образом, выявленная при сравнительном анализе временных показателей ВП межполушарная разница свидетельствует о том, что на ранних этапах приема и обработки информации (компоненты  $P_{70}$ ,  $N_{100}$  и  $N_{200}$ ) доминирует правое полушарие, а на более позднем этапе переработки сигнала, отражением которого является положительная волна  $P_{300}$  – левое. Необходимо отметить, что обнаруженная закономерность характерна и в ситуации привлечения внимания.

Можно резюмировать, что полушария коры головного мозга участвуют на этапах обработки информации в определенной последовательности: этапы приема и обработки осуществляют правое полушарие, а поздние когнитивные процессы – левое, что говорит о хронологическом механизме "сотрудничества" полушарий при обучении операторскому труду на дисплее. Подобная асимметрия во времени обработки сенсорной информации согласуется с общепринятым мнением о том, что правое полушарие быстрее, чем левое, обрабатывает поступающую информацию [10, 11].

По мнению ряда авторов [12, 13], в правом полушарии в основном, как мы уже отмечали, осуществляется зрительно-пространственный анализ стимулов, после чего результаты этого анализа передаются в левое полушарие, где уже происходят окончательный высший семантический анализ и осознание раздражителя. Полученные данные свидетельствуют о том, что в обучении данному виду труда на компьютере правое полушарие коры головного мозга является доминирующим по времени восприятия информации.

Кафедра физиологии  
человека и животных

Поступило 01.09..2000

## ЛИТЕРАТУРА

1. Костандов Э.А. Функциональная асимметрия полушарий мозга и неосознаваемое восприятие. М.: Наука, 1983, 170 с.
2. Костандов Э.А. – Журнал ВНД, 1990., т. 40, №4.
3. Леушнина Л.И. Невская А.А., Павловская М.Б. – Физиология человека, 1981, т. 7, №3, с. 449.
4. Невская А.А., Леушнина Л.И. Асимметрия полушарий и опознания зрительных образов. Л.: Наука, 1990, 150с.
5. Невская А.А., Леушнина Л.И. – Журнал ВНД, 1990, т. 40, № 5.
6. Cohen G – I. Exp. Psychol., 1973, v. 97, p. 349.
7. Dimond S.J., Beaumont J.G. – In Hemisphere function in the human brain (Ed. S.J. Dimond, J.G. Beaumont). London, 1974, p. 48–88.
8. Milner B. – In Neurosciences: Third Study Program. – Cambridge, Massachusetts, London, 1974, p. 75–89.
9. Sperry R.W. – In Neurosciences: Third Study Program. – Cambridge, Massachusetts, London, 1974, p. 5–19.
10. Симерницкая Э.Г. Доминантность полушарий. Изд-во МГУ, 1978, 96 с.
11. Манелис Н.Г., Гребенникова Н.В. – Физиология человека, 1984, т. 10, №3, с. 347–351.
12. Лытасев С.А., Шостак В.И. – Физиология человека, 1992, т. 18, № 3, с. 25–35.
13. Овчинников Н.Д. – Физиология человека, 1998, т. 24, №2, с. 74–79.

Վ.Գ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Հ.Ռ. ԱՂԱԲԵՐՅԱՆ, Ա.Ն. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ, Ա.ՅՈՒ. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ

ՕՊԵՐԱՏՈՐԻ ԳԼԽՈՒՂԵԴԻ ՄԻՋԿԻՍԱԳՆԱՅԻՆ ԱՍԻՄԵՏՐԻԱՅԻ  
ՈԽՈՒՄՆԱԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԱՍՏԿԱՐԳՉՈՎ  
ՄԻԱՊԱՊԱԴ ԱԾԽԱՏԵԼՈՒ ԸՆԹԱՅԹՈՒՄ

## Ամփոփում

Հայտնաբերված է, որ համակարգով միապահաղ աշխատելու ընթացքում օպերատորի գլխուղեղի կեղևի կիսազնդերը նաև նաև ինֆորմացիայի մշակման փուլերին որոշակի հաջորդականությամբ: Ընդունման և մշակման փուլերը իրագործում է աջ կիսագունդը, իսկ ուշ կողմնային պահումը՝ ձախ կիսագունդը:

V.G. GRIGORIAN, H.R. AGHABABYAN, A.N. ARAKELIAN, A.Y. STEPANIAN

THE RESEARCH OF OPERATOR'S CEREBRAL INTERHEMISPHERIC ASYMMETRY DURING THE MONOTONOUS WORK ON THE COMPUTER

**Summary**

It is revealed that during the operator's monotonous work cerebral hemispheres take part in the stages of information processing in certain order: the right hemisphere realizes receiving and processing stages and the left hemisphere - late cognitive processes.

УДК 550:83:556.3:556.38

А.М. ИДРИС

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ  
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
В ВУЛКАНИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

Для поиска и разведки подземных вод в вулканических районах предлагается совместный анализ и интерпретация данных таких дистанционных методов исследований, как дешифрирование аэрокосмоснимков и полевых геофизических методов. Комплексирование методов, основанных на изучении разных физических полей, намного повышает однозначность и практическую эффективность решения поставленных задач.

Вулканические процессы прослеживаются на протяжении всей известной истории Земли. Особый интерес представляет вулканализм кайнозойского периода, так как используемые в настоящее время в разных странах подземные воды приурочены главным образом к образованиям этого времени. В таких районах решение ряда практических задач по обнаружению и освоению ресурсов подземных вод вызывает вопросы по усовершенствованию методов получения исходных данных как с позиции оперативности проведения исследований, так и повышения их информативности. С этой точки зрения особенно эффективным следует считать широкое привлечение возможностей дистанционных методов исследований.

Известно, что к дистанционным относят методы, с помощью которых выполняются исследования Земли с разных высот. Общие условия измерений – наличие между объектом изучения и источником физического поля атмосферного слоя, имеющего специфические свойства. Это позволяет непрерывно измерять электромагнитные, тепловые, геомагнитные, гравитационные и ядерные поля. Обычно эти методы подразделяются на спутниковый (высота 150 км и более) и аэрогеофизический (высота до 15 км). В данной работе с некоторой условностью к дистанционным отнесены также полевые геофизические методы, с учетом того обстоятельства, что исследуемый с их помощью интересующий нас объект – подземные воды (в частности, палеодолины) – находится на определенном расстоянии от поверхности Земли (на глубинах в среднем до 1,5–2 км), и их разделяющая среда (толща горных пород) обладает также разными физическими характеристиками.

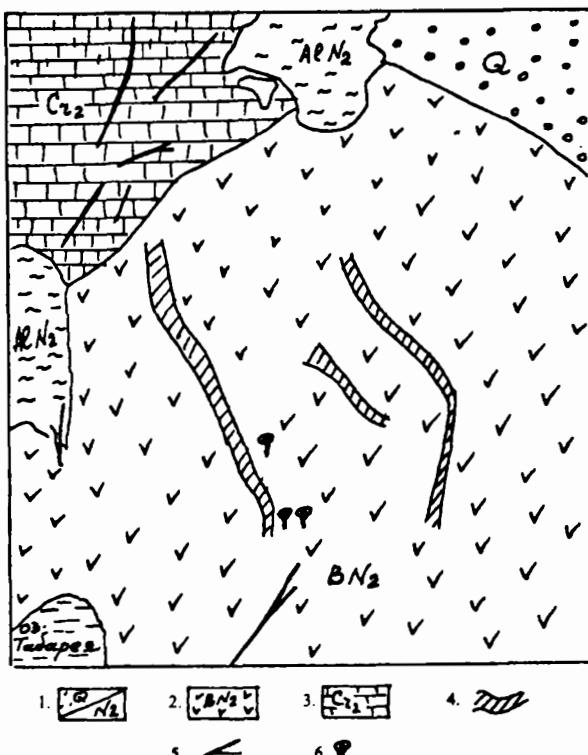
В настоящее время при использовании в комплексе дистанционных (аэрокосмических и геофизических) методов решаются следующие задачи:

- литологическое расчленение пород по физическим (в том числе влажностным) свойствам;

- структурное картирование линеаментов, кольцевых и складчатых образований, зон разломов, тектонических нарушений;
- поиск и разведка месторождений полезных ископаемых.

Использование принципа комплексирования дистанционных методов – совместный анализ результатов дешифрирования аэрокосмоснимков (АФС) и геофизических исследований – нами предлагается для выявления неосвоенных месторождений и локальных скоплений подземных вод. При этом ставятся следующие практические задачи:

- изучение региональных закономерностей распространения подземных вод;
- гидрогеологическое (палеогидрогеологическое) районирование территории;
- изучение условий взаимосвязи поверхностных и подземных вод.



Результаты комплексных (аэрокосмических и геофизических) исследований по выявлению погребенных долин; участок – Южно-Сирийское вулканическое плато, масштаб 1/500000. 1. Современные (Q) и неогеновые ( $N_2$ ) аллювиально-делювийальные отложения. 2. Базальт неогенового возраста. 3. Известняки мелового возраста. 4. Погребенные долины. 5. Тектонические нарушения. 6. Источники.

В целом сочетание дистанционных методов в общем комплексе исследований подземных водных ресурсов будет меняться в зависимости от глубины залегания последних [1]. В любом случае по результатам этих исследований составляются: литологическая карта, отражающая коллекционские свойства горных пород, обусловленных их вещественным составом; карта

трещиноватости, характеризующая региональные изменения коллекторских свойств в зависимости от интенсивности тектонической трещиноватости и раскрытия трещин; геоботаническо-гидроиндикационная карта, показывающая изменение минерализации и глубины залегания подземных вод.

Одним из важных вопросов комплексирования дистанционных методов является соотношение разрешающей способности и масштабов фотоизображений, используемых при выделении гидрологических объектов и построении на этой основе карт и разрезов. Анализ результатов исследований в различных вулканических областях (в том числе вулканических регионах Армении и Сирии) показывает, что определенная часть получаемой космической информации не находит отражения на геолого-геофизических картах. Подобное положение во многих случаях объясняется [2,3] недостаточной детальностью сравниваемых геолого-геофизических материалов, не позволяющих обнаружить ряд отдешифрованных объектов. В целом по информативности сопоставимыми считаются мелко- и среднемасштабные космоснимки и крупномасштабные геолого-геофизические материалы.

При дешифрировании аэрокосмоснимков в деле установления участков, перспективных для подземных вод, можно использовать непосредственные признаки – родники, растительность, формы рельефа и гидрографические сети, а также посредственные признаки – складчатость и разломы, по которым нетрудно установить зоны трещиноватости, карста, играющие важную роль в формировании подземных вод.

В качестве примера на рисунке приведены обобщенные результаты, полученные дешифрированием космоснимков (landsat, spot) территории Южно-Сирийского вулканического плато ) и геофизических (электроразведочных) работ в связи с поисками перспективных участков по обнаружению здесь подземных вод.

Кафедра геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

Поступило 14.02.2001

## ЛИТЕРАТУРА

1. Минасян Р.С. Изучение подземных вод вулканических областей геофизическими методами. М.: Недра, 1989.
2. Садов А.В., Бурлешник М.И., Викторов А.С. Аэрокосмические методы поисков подземных вод. М.: Недра, 1985.
3. Трофимов Д.М., Богословский В.А., и др. Аэрокосмические и геолого-геофизические исследования закрытых платформенных территорий. М.: Недра, 1986.

Ա.Մ. ԻՆՐԵՍ

ՀՐԱՄԱՆԻՆ ԾՐՋԱՆՆԵՐՈՒՄ ԴԻՍՏԱՆԿԻՎ ՄԵթՈԴՆԵՐԻ  
ՀԱՍՏԱՐՈՒՄ ԽՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ԶՐԱՅԻՆ ՈԵՍՈՒՐԱՆԵՐԻ  
ՈՒՍՈՒՄԱՍԻՐՈՎՆ ՆՊԱՏԱԿՈՎ

Ամփոփում

Հրարիսածին շրջաններում ստորերկրյա ջրերի հայտնաբերման և ենտախուզման համար առաջարկվում են ուսումնասիրություններ դիստանցիոն մեթոդների կի-

բառմամբ՝ տվյալ պարագայում օդատիեզերական նկարահանումների վերծանման նյութերի և երկրաֆիզիկական մեթոդների տվյալների համատեղ վերլուծություն։ Տարբեր ֆիզիկական դաշտերի վրա հիմնված մեթոդների համալրումը զգալիորեն մեծացնում է խնդիրների լուծման ճշտությունը և գործնական կիրառությունը։

A.M. IDRIS

THE COMPLEXING OF ALL THE REMOTE SENSING METHODS  
DURING THE EXPLORATION OF UNDERGROUND WATER  
RESOURCES IN THE VOLCANIC AREAS

**Summary**

The joint analysis and the data interpretation of the remote exploration methods such as aerocosmophotograph interpretation and field geophysical methods are proposed for the search and exploration of underground waters in the volcanic areas.

The complexing of the methods based on the investigation of different physical fields greatly increases the practical efficiency of solving the problems.

**Հ. Կ. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ - Հայկական լեռնաշխարհ, ԵՊՀ  
հրատարակություն, Եր., 2000**

Պրոֆ. Հ. Գաբրիելյանի գիրքը Հայկական լեռնաշխարհի տարածքի բնությանը վերաբերող առաջին մենագրությունն է։ Այստեղ հեղինակը նկարագրում է պատմական Հայաստանի կենտրոնական հատվածը հանդիսացող Հայկական լեռնաշխարհը, որը երկրաբանական և գեոնորֆոլոգիական առումով միանգանայն տարրերովում է նրան շրջապատող Փոքրասիական ու Իրանական լեռնաշխարհներից, եյսիսի սևծովյան իջվածքից ու հարավի Արաբասիրիական պլատֆորմից, մեկնարանում է այն որպես լեռնային կողի, ըստ եվրոպական գիտնականների՝ Berginsel։ Այնուհետև հեղինակը ներկայացնում է Հայկական լեռնաշխարհի երկրաբանական կառուցվածքը, ոելիե՞քը, բնական հարստությունները, կիյմայի, ներքին ջրերի, հողարուսական ծածկույթի, կենդանական աշխարհի առանձնահատկությունները և գիտագործ այն է, որ այդ ամբողջ համայինը պատկերում է որպես կառուցվածքային մի ընդհանրություն՝ տալով լանջաֆոտի բաղադրիչների կապերն ու փոխներգործությունը որպես երկրահամային, վերջում ներկայացնելով վերընթաց լանջաֆոտային գոտիների բնութագիրը։

Հեղինակը համառոտ կերպով նշում է նաև Հայոց աշխարհի մնացած մասի՝ Կուր-Արաքսյան դաշտավայրի, Հայկական (Վերին) Միջագետքի, Փոքր Հայքի, Կոլխիդայի մասին, ցոյց տալով, որ հայոց ընդարձակ աշխարհում է ծնունդ առել արմենուի մարդաբանական տիպը և տարածվել հարեւան երկրներ։ Արմենուիլն է հնդկուպական նախալեզվի ստեղծողը և սկսած ներկից մինչև այժմ զարգացրել է իր լեզուն և մշակույթը։ Նա ժխտում է «միջրացիոն տեսությունը»՝ համարելով այն հնարովի ու պատվիրված։ Պրոֆ. Գաբրիելյանը ներկայացնում է ցեղասպանության հետևանքով Արևմտյան Հայաստանի հայաբանման փաստը, որը հազարամյակներ շարունակ եղել է հայի բնօրրանը։

Գրքում բերգում է նաև Կիլիկիայի հայկական թագավորության տարածքի ֆիզիկաշխարհագրական բնութագիրը։ Հեղինակը վերլուծում է գետերի հոսքը, տալիս բնութագրիչները, որոնք նորույթ են, առաջին անգամ մշակում է գետերի կոչու հոսքը և ներկայացնում տեղատարման ինտենսիվությունը։

Մենագրությունը հագեցած է քարտեզներով, գրաֆիկներով։ Քարտեզները կազմվել են առաջին անգամ։

«Հայկական լեռնաշխարհ» մենագրությունը նոր ավանդ է հայագիտության ասպարեզում։

Աշխ. գիտ. թեկնածու Ա. Թ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

\* Մենագրությունը հրատարակվել է Զ. Եկավյանի հովանավորությամբ։

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

<b>И.Э. Даниелян – Об эквивалентности медленно меняющихся функций .....</b>	<b>3</b>
<b>А.М. Мовсисян – Сверточные многочлены и тождества .....</b>	<b>9</b>
<b>Г.Г. Саакян – Теорема Флоке–Ляпунова для двухпараметрической системы Дирака с периодическими коэффициентами .....</b>	<b>14</b>
<b>А.А. Чубарян – О некоторой системе классического исчисления высказываний .....</b>	<b>22</b>

### МЕХАНИКА

<b>С.Г. Шагинян – Устойчивость систем с запаздывающим аргументом при интегрально-малых возмущениях .....</b>	<b>27</b>
<b>В.С. Саркисян, И.М. Караканян – О факторизации в задаче дифракции гармонической волны на упругое полубесконечное включение .....</b>	<b>32</b>

### ФИЗИКА

<b>К.Г. Дуринян – Внутриползонное поглощение X-поляризованного света в квантовой яме с двойными <math>\delta</math>-образными барьерами .....</b>	<b>40</b>
---	-----------

### ХИМИЯ

<b>Е.А. Казоян, Э.Р. Саруханян, Ш.А. Маркарян – Физико-химические свойства поликарилонитрила, полученного при использовании солей в качестве инициаторов полимеризации .....</b>	<b>47</b>
<b>М.Л. Ерицян, Р.А. Карамян, Ф.О. Карапетян, Н.М. Бейлерян – Модификация поливинилового спирта неорганическими и органическими кислотами .....</b>	<b>53</b>
<b>С.М. Акопян, Г.П. Пирумян – Синтез новых производных 2-оксо-3-алкил-6-метил-1,4-диоксанов .....</b>	<b>58</b>
<b>А.В. Геолчян, А.С. Сагян, С.М. Вардапетян, А.А. Аветисян – Стереоселективный синтез S-трет-бутил-D-цистеина через хиальный комплекс дегидроаланина с ионом <math>Ni^{2+}</math> .....</b>	<b>64</b>
<b>Փ.Վ. Միրզոյան, Ս.Մ. Վարդապետյան – Фотометрическое определение хрома в виде молибдохромита кристаллического фиолетового .....</b>	<b>70</b>

### БИОЛОГИЯ

<b>Ա.Ե. Զաքարյան, Մ.Ա. Դավթյան, Հ.Ա. Սարկիսյան – Խեմիլումինесցենցիկ исследования некоторых противоопухолевых препаратов .....</b>	<b>77</b>
<b>Մ.Ա. Парсаданян, Л.Ա. Минасбекян, Պ.Օ. Վարdevանյան – Исследование степени гомологии ДНК некоторых злаковых .....</b>	<b>83</b>
<b>Ր.Բ. Սահօնյան, Կ.Գ. Ազարյան – Сравнительное морфолого-анатомическое изучение структуры стебля карликовых гибридов пшеницы .....</b>	<b>90</b>

<b>Дж.Г. Абрамян, И.В. Шахазизян – Сравнительный анализ видового состава микробиоты загрязненных почв и микодеструкторов, функционирующих на отходах и готовой продукции .....</b>	98
<b>В.С. Погосян, Р.М. Арutyюнян, Э.А. Агаджанян, А.С. Варжапетян, А.Л. Атоянц – Мутагенное действие производственных сточных вод на Allium сера .....</b>	103

## **ГЕОЛОГИЯ**

<b>Г.П. Симонян, Л.С. Назарян, О.О. Саркисян – Сейсмогенные зоны территории Армении и их сейсмоактивность (сообщение 1) .....</b>	107
<b>Гайк П. Алоян – Обоснование оптимальной плотности разведочной сети по типам руд на Марцигетском золотополиметаллическом месторождении .....</b>	116

## **ГЕОГРАФИЯ**

<b>Г.М. Карапетян, Р.Х. Гагинян – Особенности воспроизведения первичной информации при разработке содержания синтетических карт (на примере карт рельефа) .....</b>	123
<b>А.В. Галстян – Морфометрический анализ продольных профилей рек Агстевского бассейна .....</b>	128

## **СООБЩЕНИЯ**

<b>П.С. Геворкян – Эквивариантное обобщение теоремы Фрейденталя. Эквивариантная п-подвижность .....</b>	137
<b>Э.Г. Месропян, Г.Б. Амбарцумян, А.А. Аветисян, М.Г. Саркисян – Синтез новых производных N-фенилантраниловой кислоты .....</b>	141
<b>В.Г. Григорян, А.Р. Агабабян, А.Н. Аракелян, А.Ю. Степанян – Исследование межполушарной асимметрии головного мозга оператора при выполнении монотонной работы на компьютере .....</b>	144
<b>А.М. Идрис – Комплексирование дистанционных методов при исследовании ресурсов подземных вод в вулканических районах .....</b>	148

## **НОВЫЕ КНИГИ**

<b>Армянское нагорье (Г.К. Габриелян).....</b>	152
--	-----

## CONTENTS

### MATHEMATICS

I.E. Danielian – On equivalent slowly varying functions .....	3
A.M. Movsisian – Convolution polynomials and identities .....	9
G.H. Sahakian – Floke-Liapunov's theorem for Dirac's two parameter system with periodical coefficients .....	14
A.A. Chubarian – On some system of propositional logics calculus .....	22

### MECHANICS

S.G. Shahinyan – Stability of systems with retardation in the case of small integral perturbations .....	27
V.S. Sarkisyan, I.M. Karakhanyan – On factorization in the problem of diffraction of harmonic wave on elastic half infinite inclusion.....	32

### PHYSICS

K.H. Durinyan – Intersubband absorption of X-polarized light in quantum well with double $\delta$ -like barriers .....	40
--	----

### CHEMISTRY

E.H. Ghazoyan, E.R. Sarukhanyan, Sh.A. Markarian – Physicochemical properties of the polyacrylonitrile synthesiced with the use of salts as initiators of polymerization .....	47
M.L. Eritzian, R.A. Karamian, F.H. Karapetian, N.M. Beylerian – Modification by polyvinylalcohol by inorganic and organic acids .....	53
S.M. Hakopian, G.P. Piroumian – The synthesis of new derivatatives of 2-oxo-3- alkyl-6-methyl-1,4-dioxcanes .....	58
A.V. Geolchanyan, A.S. Saghiyan, S.M. Vardapetyan, A.A. Avetisyan – Stereoselective synthesis of S-tret-butyl-D-cysteine via a chiral $Ni^{2+}$ complex of dehydroalanine .....	64
F.V. Mirzoyan, S.M. Vardapetyan – Photometric determination of chromium in the form of crystal violet molybdochromite .....	70

### BIOLOGY

A.E. Zakaryan, M.A. Davtyan, N.A. Sarkisyan – Research on some anti-cancer substances by methods of chemiluminescence .....	77
---	----

M.A. Parsadanyan, L.A. Minasbekyan, P.O. Vardevanyan – The investigation of level of homology of some cereal's DNA .....	83
R.R. Sadoyan, K.G. Azarian – Comparative morphological-anatomical study of the structures of a stalk of hybrid dwarfness of wheat .....	90
J.H. Abrahamyan, I.V. Shahazizyan – Comparative analysis of the species composition of mycobiota of soils and mycodestructors functioning on waste materials and finished products .....	98
V.S. Poghosyan, R.M. Harutyunyan, E.A. Aghadjanyan, A.S. Vardjapetyan, A.L. Atoyan – Mutagen action of industrial and communal sewage on the Allium cepa .....	103

## GEOLOGY

G.P. Simonian, L.S. Nazarian, H.H. Sargsian – Seismogenous zones of territory of Armenia and their seismoactivity ( message 1) .....	107
Hayk P. Aloyan – Substantiation of the prospecting network's optimal density according to ore types on the Martsiget gold-polymetallic deposit .....	116

## GEOGRAPHY

G.M. Karapetian, R.Kh. Gaginian – The peculiarities of reproduction of primary information on working out the content of synthetic maps (illustrated on the relief maps) .....	123
A.V. Galstian – Morphometric analysis of the longitudinal profiles of the basin of the Aghstev river .....	128

## COMMUNICATIONS

P.S. Gevorgian - Equivariant generalization of Freudenthal's theorem. Equivariant n-mobility .....	137
E.G. Mesropyan, G.B. Hambartsumyan, A.A. Avetisyan, V.N. Sarkisyan – Synthesis of n-phenylalantrylic acid's new derivatives .....	141
V. G. Grigorian, H.R. Aghababyan, A.N. Arakelian, A.Y. Stepanian – The research of operator's cerebral interhemispheric asymmetry during the monotonous work on the computer .....	144
A.M. Idris – The complexing of all the remote sensing methods during the exploration of underground water resources in the volcanic areas .....	148

## NEW BOOKS

Armenian highland (H.K. Gabrielian) .....	152
---	-----

## ԿԵՆՏՐԱՆԵՐԻ ՀԵՐԱԿԱԿԱՆԵՐԻ ՀԱՍՏԱՐ

- «Գիտական տեղիկագիր» Խամբառմ հրատարակում և՛ Երևանի պետական համալսարանում կատարված տեսական ու մորմարական բնությի օրինակներ Խոդամանական և մասնակի մարմատիերայի, Կիրառական մարմատիերայի, Ժետատիերայի ֆիզիկայի, ասդիտիգիայի, Թիֆիայի կենսարանուրբան, Երևարանաբերյան և Ֆիզիկայի աշխարհագրուրբան բնագավառներից, Խնձօն առև. Ակնարիսյի Խոդամանակ պատմիքամակարդուրան կողմից:
- Ընդունվում են պիտական ուր հրատարակուրյանների, մասագրույթամների և դասագրերի մասին տեղեկատվուրբան, ԵՊՀ մասնակցուրբանը կարագած գիտաժողովների և գիտական դրույթների մասին նույնը, ինչպես նաև համալսարանում աշխատող անդամների գիտական մասնակտուրան կողմանից միարեկուրյան համառու ակնարկներ:
- Բնագրերը ներկայացվում են երկու օրինակով, Խամակարգչային շարժաձրով «Word» ծրագրով (Խայերն տեսարար Տիգեր Արմենա, ուսանող Աննա տառապետականներով) կամ մերժեացրված երկու հայերվարոյ հայերն կամ ուսուերն իզգով, ուսանողն կամ հայերն և անզերն աշխատմանը ներառյալ ազգանունները և հոգիածի վերացիքը՝ Վարին ձախ ամփլիւմում գրվում է ՕԱԵ-ն, հաջորդ ուղղութ հեղինակների անվանաւուանքը ու ազգանունները, այնուհետև հոգիածի վերացիքը։ Դրան հետևում է հոգիածի համառու աշխատուրը։ Այն լցուր է համապատասխան հայերն և անզերն աշխատմանը գլուխվոր արդյունքները առանց գրական նորմների, 100 բաժիք ու ամենի ծախալով։
- Հոգիածի ծախալը աղյուսակներով չպետք է գերազանցի 10 էջը, Խաղորդանքը 4, Առաջինը 2։
- Հոգիածները ծախերպատմութ պետք է հարազանցի 10 էջը, Խաղորդանքը 4, Առաջինը 2։
- Հոգիածները ծախերպատմութ պետք է հարազանցի 10 էջը, Խաղորդանքը 4, Առաջինը 2։
- Հոգիածները ծախերպատմութ պետք է հարազանցի 10 էջը, Խաղորդանքը 4, Առաջինը 2։
- Հոգիածները պետք է լինեն բնարկելու խնդրի հետ առնվազ ճամանակակից հրատարակումների վրա։ Դրանք ընդունվում են բնագրի մաքու ուստ համեմականութ հերթականուրբան, կրամային համար նշվու և բառականի խուսացներու (1), (2-5)։ Հոգիածի վերջութ նոյն հաշորդականուրբանը նշվու և գրականուրբան սուսակը կրագային համար, հեղինակների աղյուսակները ու անվանաւուուրը։ Պարբերական հրատարակուրյանների համար այնուհետև հաշորդում է անսացի ընդունված կրօնա անվանութ առաջ շահերուների, հրատարական բնական, հասուրի ու ռողարկան համարները, հերթական համարը, 100 գրիքի դիպրում մերնացիքը, հրատարակում վայրը, հրատարակուրյունը, բնականը։ Շիրառական աշխատանքի վերաբերյալ (բացի դիմուտագիտույնից) գրականուրբանը մեջ նշել չեն բուրգարպատմութ։
- Միևնույն նշուրբ աղյուսակի և նկարի ծևու ներկայացնել չեն բուրգարպատմութ։
- Թույլացնութ է 5-ից ու ավելի նկար երկու օրինակից (խոտակ բնամկար կամ գնացքի ուրիշ և սուրբ առանձին սպասակ թքի վրա)։ Յուրաքանչյուր նկարի նույնութ կողմի վրա գրիսու է հարցային համարը, հարվածի վերացիքը և հեղինակների ազգանունները։ Տերութ լուսացըներում նշվու են միարենք և աղյուսակների տեղերը։ Նկրների բնականուրբանը պահպատճեները անհրաժեշտ է մերկայացնել առանձին էջի վրա ցան ներդականուրբանը։
- Բանաձեկը գրիսու են պարզ և ազատ (մերկնացիր ներկայացնելու) և տարու կամ բանարու Անհրաժշտ և սկ ճամփարու նշել իրար նաև ներկանու մածառաւուրք և փորբառաները ( $\frac{S}{\tilde{S}}, \frac{\tilde{S}}{S}, \frac{V}{\tilde{V}}, \frac{\tilde{V}}{V}$  և այլն), ինդեքսները և գուցիները ( $A_{\tilde{C}}, B_{\tilde{C}}$ )։ Կարութ ճամփարու ընդ ծել իմաստամ տառերը։
- Հոգիածի ներսուի վերջութ ձախ կողմուն, նշյու է այն ամքինը կամ բարերարիան, որտեղ կատարվել է աշխատանքը։
- Հոգիածը առորագրվութ է բորբ հեղինակների կողմից։
- Խոճապուրյունը նեղինակին տալիս է առաջին սրբագրույթը, որտեղ ուղղուած ներական են ապագրույթան միավութը։
- Հանդիսը կարեի է ճեղք ընթե խոճապուրյութում նախարկու բաժանույթունույնը։