

ISSN 0132-0173

ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ԿԱՍՏՈՒՐԻ  
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

ԳԻՏԱԿԱՆ ՏԵՂԵԿԱԳՐ  
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

1  
1996



ԵՐԵՎԱՆ  
ЕРЕВАН

Հանդեսըլոյս է տեսմում տարին 3 անգամ:  
Հրատարակվում է 1925 թ.-ից (1967 թ.-ից՝ պարբերաբար):

Журнал выходит 3 раза в год.  
Издается с 1925 г. (с 1967 г. - периодически).

#### ԽՄԻԱԳՐԱԿԱՆ ԿՈԼԵԳԻԱ

ՏԵՐ-ԱՆՏՈՆՅԱՆ Վ.Մ. (գլխ. խմբագիր), ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Ռ.Մ. (գլխ. խմբագրի  
տեղակալ), ԸԱՐԱՄԲԵՅԱՆ Լ.Թ. (պատ. քարաուդար)  
ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ Ն.Հ., ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ Ա.Ա., ԲԱԼՅԱՆ Ս.Պ., ԲԵՅԼԵՐՅԱՆ Ն.Մ.,  
ԴԱՎԻԵԼՅԱՆ Ե.Ա., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ Վ.Մ., ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ  
Շ.Լ., ԾԱՀՐԱԳՅԱՆ Ո.Լ., ՉՈՒԲԱՐՅԱՆ Ե.Վ., ՍԱՀԱԿՅԱՆ Գ.Ա., ՍԱՐԳՍՅԱՆ Հ.Հ.,  
ՄԱՐԳՍՅԱՆ Վ.Ս., ՏՈՆՈՅԱՆ Ո.Ն., ՓԱՓՈՋՅԱՆ Թ.Ա.

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ТЕР-АНТОНЯН В.М. (глав. редактор), АРУТЮНЯН Р.М. (зам. глав. редактора),  
ШАРАМБЕЯН Л.Т. (отв. секретарь)

ԱՎԵՏԻՍՅԱՆ Ա.Ա., ԱՐԱԿԵԼՅԱՆ Հ.Ս., ԱՐՈՒԹՅՈՒՆ Վ.Մ., ԲԱԼՅԱՆ Ը.Պ., ԵՐԵՎԱՆՅԱՆ Հ.Մ.,  
ԴԱՎԻԵԼՅԱՆ Է.Ա., ՕՍԻՊՅԱՆ Լ.Լ., ՊԱՊԱՅԱՆ Տ.Ա., ՍԱԿՅԱՆ Հ.Ս., ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Վ.Ը.,  
ՍԱՐԿԻՍՅԱՆ Օ.Ա., ՏՈՆՈՅԱՆ Ռ.Ի., ԽԱՉԱՏՐՅԱՆ Ի.Գ., ՉՈՒԲԱՐՅԱՆ Ե.Վ., ՇԱԽԲԱԳՅԱՆ Ռ.Լ.

Издательство Ереванского университета  
© "Ученые записки" ЕГУ, естественные науки, 1995

Сдано в производство 05.08.1996 г. Подписано к печати 31.03.1996 г. Формат 70x108  
1/16. Офсетная печать 7,5 печ. л = 11,25 усл. л. л. Заказ 32. Тираж 300.  
\* Регистрационный номер 258.

---

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

## ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

### ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱ

<b>Ա. Ի. Գետրոսյան - Բազմաշրջամում ֆունկցիաների կշռային ինտեգրալային ներկայացումներ</b> .....	3
<b>Մ.Մ. Գարբինյան, Վ.Ռ. Բարսեղյան, Թ.Ա. Սիմոնյան - ո մպատակային բազմություններից ստոխաստիկ գծային համակարգի շեղման մասին</b> .....	10
<b>Ն. Խ. Մեսրոպյան - "Ազդանշան" + "աղմուկ" սխեմայում վերանորոգման պրոցեսի և պայմանական ոնքույար պրոցեսների ստրուկտորային տիպի լերեզության մասին</b> .....	17

### ՄԵԽԱՆԻԿԱ

<b>Ցու.Զ. Ցուսիթ - Առաձգական հիմքի վրա գլանային թաղանթի օպտիմալ կայունացման խնդրի լուծումը</b> .....	22
<b>Կ.Լ. Աղայան, Դ.Ռ. Թորոսյան - Մի կետում հատվող վերադիրներով ուժեղացված անվերջ առաձգական սալի կոնտակտային խնդիրներ</b> .....	27

### ՖԻԶԻԿԱ

<b>Ա.Հ. Գևորգյան, Ա.Մ. Սեղրակյան - Լույսի բնեղացման հարթության պտույտի ուժեղացման և բևուացման ազիմուտի կայունացման առանձնահատկությունները անհզոտության միջավայրերում կլամման և դիմացական առկայության դեպքում</b> .....	36
<b>Ա.Ա. Արգումանյան Հ.Ս. Կարայան - Արևային մարտկոցի էլեկտրական էներգիայի ֆուրյե-ձևափոխիչի մոդելավորում</b> .....	42

### ՔԻՄԻԱ

<b>Լ.Ե. Պողոսյան, Ս.Ն. Ավագյան, Մ.Խ. Մինասյանց - Co(II), Cu(II), Zn(II), Cd(II) և Fe(III)-ի 1,4-րիս(դիֆենիլֆուֆիմո)բրուբան-2-ի հետ կոմպլեքս միացությունների սինթեզը ու հետազոտությունները</b> .....	47
<b>Մ.Լ. Երիցյան, Ն.Պ. Երիցյան, Ֆ.Հ. Կարապետյան - 1,3-դիալի-5-2-միորոքի-3-ֆենօքսիպոռահի իդոցիանուրատի պոլիմերացումը</b> .....	52
<b>Զ.Ռ. Անդրեապյան, Ռ.Տ. Մկրտչյան, Ժ. Խ. Գրիգորյան, Ս.Կ. Գրիգորյան - Բարձր մաքրության հատորիումի ֆոտորիդի սնացման եղանակ</b> .....	56

### ԿԵՆՍԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<b>Ա.Ա. Ստեպանովա - Bjerkandera adusta (Willd. ex Fr.) Karst. (Polyporaceae) բազիդիումների և սպորմների մորֆոգենեզի ուլտրակառուցվածքային առանձնահատկությունները</b> .....	59
<b>Ս.Գ. Նամազյան, Մ.Գ. Թամալիշյան, Ն.Զ. Կիրակոսյան, Ռ.Գ. Աղամյան - Հայաստանի Հանրապետության լոկոլուսակոմիցենները</b> .....	64

<b>Ե.Հ. Սիմոնյան, Է.Մ. Զիգարյան - Խաղողի երկու սորտերի մորֆո-գենետիկական և բջջաբանական պարամետրերի տեղեկատվության գնահատականը</b>	68
<b>Կ.Ա. Զիվանյան, Կ.Ս. Տեր-Օհանյան - Թոշումների լարողի և գեներացիայի բջջային մեխանիզմները</b>	75
<b>Ն.Պ. Բեգլարյան, Ա.Ս. Ոսկանյան, Ա.Մ. Մինասյան - Հոտավետ մանուշակի վրա (Viola odorata L.) տարրեր մեթոդով բռնական հորմոն գիբերելեաթթվի ազդեցության ուսումնասիրությունը <math>M_1</math> և <math>M_2</math>-ում</b>	79

## ԵՐԿՐԱԲԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

<b>Հ.Հ. Սարգսյան - Եղեգնաձորի սինկլինորիոնի տեկոտնիկայի առթիվ (Փ. Կովկաս)</b>	85
<b>Վ.Գ. Վարդանյան, Ռ.Ս. Մինասյան - Սևանա լճի ավազանի ջրահավաք տարածքի պալեոշրջանների արաբանական շրջանացում</b>	91

## ԱԾԽԱՐՀԱԳՐՈՒԹՅՈՒՆ

<b>Գ.Գ. Դավթյան - Վայք - Ջանգեզուրի սելավների դասակարգումը</b>	95
<b>Թ.Գ. Վարդանյան - ՀՀ գետերի նվազագույն հոսքի կախումը ջրհավաք ավազանի միջին բարձրությունից</b>	101

## ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ

<b>Վ.Գ. Մելքոնյան - Բույան Բանրամաշիվների քվազինույնությունները և պայմանական գերնույնությունները</b>	105
<b>Մ.Ա. Գրիգորյան, Ա.Ս. Սարդարյան, Ֆ.Ա. Անատորյան, Ա.Ռ. Սուքիայան, Վ.Գ. Վարդանյան, Գ.Գ. Իլիկյան - Արմավիրի շրջանում ծամրության ուժի ապերիոդիկ վարիացիաների ուսումնասիրության արդյունքները</b>	107
<b>Վ.Գ. Վարդանյան - Երկչափ մաթեմատիկական մոդելավորման կիրառումը Սևանա լճի ջրահավաք ավազանի խորցային հոսքի ուսումնասիրության համար</b>	110
<b>Ուաղիկ Մարտիրոսի Մարտիրոսյան (ծննդյան 60 - ամյակի առթիվ) Եղվարդ Վարդանի Չուբարյան (ծննդյան 60 - ամյակի առթիվ)</b>	114
<b>Եղվարդ Վարդանի Չուբարյան (ծննդյան 60 - ամյակի առթիվ)</b>	116

Математика

УДК 517. 55

А.И. ПЕТРОСЯН

## ВЕСОВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ В ПОЛИДИСКЕ

В работе получено интегральное представление типа Коши-Грина для функций, гладких в замыкании полидиска  $D''$ . Это представление имеет вид

$$u(z) = P_{\rho, \alpha, \gamma}(u)(z) + T_{\rho, \alpha, \gamma}(\bar{\partial}u)(z),$$

где  $P_{\rho, \alpha, \gamma}$  является оператором ортогонального проектирования в пространстве

$L^2(D'', \prod_{k=1}^n (1 - |\zeta_k|^{\rho_k})^{\alpha_k} |\zeta_k|^{\gamma_k} d\nu_{z_k})$  на подпространство аналитических функций.

Пусть  $D$  - единичный круг на комплексной плоскости,  $C^1(\overline{D})$  - множество функций, непрерывных на  $\overline{D}$  вместе со своими производными первого порядка. Известная формула Коши-Грина

$$u(z) = P(u)(z) + T(\bar{\partial}u)(z) = \frac{1}{2\pi i} \int \frac{u(\zeta) d\zeta}{\zeta - z} - \frac{1}{\pi} \iint_D \frac{\partial u(\zeta)}{\partial \bar{\zeta}} \frac{d\nu_2(\zeta)}{\zeta - z}, \quad (1)$$

где  $u \in C^1(\overline{D})$ ,  $d\nu_2$  - элемент площади, позволяет выделить из функции  $u(z)$  ее "аналитическую часть"  $P(u)(z)$ . Это свойство формулы (1) используется в различных вопросах, например, для написания в явном виде решения неоднородного уравнения Коши-Римана

$$\frac{\partial u(z)}{\partial \bar{z}} = f(z),$$

где  $f(z)$  - функция, непрерывная на  $\overline{D}$ . А именно одним из решений этого уравнения является функция  $T(f)(z)$ . Уже одно это применение свидетельствует о важности формул типа (1), особенно в многомерном случае.

Выбирая соответствующим образом весовые сомножители к функции  $u(z)$ , из (1) можно получить различные весовые формулы. Например, применяя (1) к функции

$$u_z(\zeta) = \left( \frac{1 - |\zeta|^2}{1 - \bar{\zeta}z} \right)^{\alpha+1} u(\zeta)$$

( $\alpha > -1$ ,  $z \in D$  фиксировано) и учитывая, что  $u_z(z) = u(z)$ ,  $u_z(\zeta) = O$  при  $|\zeta| = 1$ ,

получим

$$u(z) = \frac{\alpha+1}{\pi} \iint_D u(\zeta) \frac{(1-|\zeta|^2)^\alpha}{(1-\bar{\zeta}z)^{\alpha+2}} dv_2(\zeta) - \frac{1}{\pi} \iint_D \frac{\partial u}{\partial \bar{\zeta}} \left( \frac{1-|\zeta|^2}{1-\bar{\zeta}z} \right)^{\alpha+1} \frac{dv_2(\zeta)}{\zeta-z}. \quad (2)$$

В случае голоморфной функции  $u(z)$  имеем  $\frac{\partial u}{\partial z} = 0$ , и в (2) второе слагаемое исчезает; для этого случая формула впервые получена (другим способом) в [1]. В дальнейшем в работе [2] были введены ядра более общего типа и получены соответствующие интегральные представления, а именно доказана следующая теорема:

**Теорема A** (см. [2]). Пусть даны числа  $\rho > 0$ ,  $\alpha > -1$ ,  $\gamma > -2$ ,  $\mu = \frac{2+\gamma}{\rho}$ .

Тогда для всякой  $u \in C^1(\overline{D})$  имеет место интегральная формула

$$\begin{aligned} u(z) &= P_{\rho, \alpha, \gamma}(u)(z) + T_{\rho, \alpha, \gamma}(\bar{\partial} u)(z) = \\ &= \frac{1}{\pi} \iint_D (1-|\zeta|^\rho)^\alpha |\zeta|^\gamma u(\zeta) \Phi(z, \zeta) dv_2(\zeta) - \frac{1}{\pi} \iint_D \frac{\partial u(\zeta)}{\partial \bar{\zeta}} \frac{\psi(z, \zeta)}{\zeta-z} dv_2(\zeta), \end{aligned} \quad (3)$$

где ядра  $\Phi$  и  $\psi$  имеют вид

$$\begin{aligned} \Phi(z, \zeta) &= \Phi(z, \zeta; \rho, \alpha, \gamma) = \frac{\rho}{2\Gamma(1+\alpha)} \int_0^\infty e^{-t} E_{\rho/2}(t^{2/\rho} z \bar{\zeta}; \mu) t^{\alpha+\mu} dt, \\ \psi(z, \zeta) &= \psi(z, \zeta; \rho, \alpha, \gamma) = 1 - \frac{(\zeta-z)\rho}{\zeta\Gamma(1+\alpha)} \int_0^{|z|} (1-r^\rho)^\alpha r^{\gamma+1} \int_0^\infty e^{-t} t^{\alpha+\mu} E_{\rho/2}(t^{2/\rho} r^2 z / \zeta; \mu) dt dr, \end{aligned}$$

$E_\rho(z; \mu)$  - функция типа Миттаг-Леффлера

$$E_\rho(z; \mu) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{\Gamma(\mu+k/\rho)}.$$

Отметим, что формула (2) является частным случаем (3), соответствующим выбору параметров  $\rho = 2$ ,  $\gamma = 0$ . При этом

$$\Phi(z, \zeta; 2, \alpha, 0) = (\alpha+1) \frac{1}{(1-\bar{\zeta}z)^{\alpha+2}}, \quad \psi(z, \zeta; 2, \alpha, 0) = \left( \frac{1-|\zeta|^2}{1-\bar{\zeta}z} \right)^{\alpha+1}$$

Перечислим те свойства ядер  $\Phi$  и  $\psi$ , на которых основывается доказательство теоремы А:

- a)  $\psi = 1$  при  $\zeta = z$ ;
- б)  $\psi = 0$  при  $|\zeta| = 1$ ;
- в)  $\frac{\partial \psi}{\partial \bar{\zeta}} = (1-|\zeta|^\rho)^\alpha |\zeta|^\gamma (z-\zeta) \Phi$ .

Пусть  $L^2_{\rho, \alpha, \gamma}(D)$  - пространство функций, у которых норма

$$\|f\|_{\rho,\alpha,\gamma} = \left\{ \iint_D |f(\zeta)|^2 \left(1 - |\zeta|^{\rho}\right)^{\alpha} |\zeta|^{\gamma} d\nu_2(\zeta) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

конечна. Снабженное скалярным произведением

$$\langle f, g \rangle_{\rho,\alpha,\gamma} = \iint_D f(\zeta) \overline{g(\zeta)} \left(1 - |\zeta|^{\rho}\right)^{\alpha} |\zeta|^{\gamma} d\nu_2(\zeta),$$

это пространство является гильбертовым. Множество голоморфных функций из  $L^2_{\rho,\alpha,\gamma}(D)$  образует ее замкнутое подпространство и обозначается через  $H^2_{\rho,\alpha,\gamma}(D)$ . Оказывается, что формула (3) обладает замечательным свойством: выделяемая ею "аналитическая часть" является ортогональной проекцией  $u(z)$  в  $L^2_{\rho,\alpha,\gamma}(D)$  на  $H^2_{\rho,\alpha,\gamma}(D)$ .

Настоящая работа посвящена распространению формулы (3) на многомерный случай, а именно на случай функций, заданных в полидиске. Отметим сразу, что приводимую ниже соответствующую многомерную формулу (4) не удается получить, исходя из одномерной формулы (3).

Приведем необходимые нам обозначения:

$D^n = \{z \in \mathbb{C}^n : |z_k| < 1, k = 1, \dots, n\}$  - единичный полидиск в пространстве  $\mathbb{C}^n$ ;

для гладкой функции  $u(z)$  и  $w \in \mathbb{C}^n$  вводится обозначение

$$\langle \bar{\partial}u, w \rangle_{(i_1, \dots, i_k)} = \frac{\partial u}{\partial \bar{z}_{i_1}} \overline{w}_{i_1} + \frac{\partial u}{\partial \bar{z}_{i_2}} \overline{w}_{i_2} + \dots + \frac{\partial u}{\partial \bar{z}_{i_k}} \overline{w}_{i_k};$$

дополнительный к  $(i_1, \dots, i_k)$  мультииндекс обозначается через  $(j_1, \dots, j_{n-k})$ ; далее,  $d\bar{z}[k] = d\bar{z}_1 \wedge \dots \wedge d\bar{z}_{k-1} \wedge d\bar{z}_{k+1} \wedge \dots \wedge d\bar{z}_n$ ;  $d\bar{z} \wedge dz = d\bar{z}_1 \wedge \dots \wedge d\bar{z}_n \wedge dz_1 \wedge \dots \wedge dz_n$ , причем пространство  $\mathbb{C}^n$  ориентировано так, что  $d\bar{z} \wedge dz = (2i)^n d\nu_{2n}$ , где  $d\nu_{2n}$  означает

$2n$ -мерную меру Лебега в  $\mathbb{C}^n \approx \mathbb{R}^{2n}$ .

Сформулируем основной результат настоящей работы.

**Теорема.** Для всякой функции  $u(z)$ , гладкой на  $\bar{D}^n$ , и чисел

$$\rho_k > 0, \alpha_k > -1, \gamma_k > -2, \mu_k = \frac{2 + \gamma_k}{\rho_k}, \quad k = 1, 2, \dots, n,$$

имеет место интегральное представление

$$u(z) = P_{\rho,\alpha,\gamma}(u)(z) + T_{\rho,\alpha,\gamma}(\bar{\partial}u)(z), \quad (4)$$

$$\text{где } P_{\rho,\alpha,\gamma}(u)(z) = \frac{1}{\pi^n} \int_{D^n} u(\zeta) \prod_{m=1}^n \left(1 - |\zeta_m|^{\rho_m}\right)^{\alpha_m} |\zeta_m|^{\gamma_m} \Phi_m d\nu_{2n}(\zeta),$$

$$\begin{aligned} T_{\rho,\alpha,\gamma}(\bar{\partial}u)(z) &= \frac{1}{\pi^n} \sum_{k=0}^{n-1} (n-k-1)! \int_{D^n} \sum_{1 \leq i_1 < \dots < i_k \leq n} \langle \bar{\partial}u, z - \zeta \rangle_{(j_1, \dots, j_{n-k})} \psi_{j_1} \cdots \psi_{j_{n-k}} \times \\ &\quad \times \prod_{m=\alpha_1}^{\alpha_k} \left(1 - |\zeta_m|^{\rho_m}\right)^{\alpha_m} |\zeta_m|^{\gamma_m} \Phi_m \frac{d\nu_{2n}(\zeta)}{|\zeta - z|^{2n-2k}}. \end{aligned}$$

Для краткости записи здесь положено

$$\rho = (\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n), \quad \alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n), \quad \gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n),$$

$$\Phi_k = \Phi(z_k, \zeta_k; \rho_k, \alpha_k, \gamma_k), \quad \psi_k = \psi(z_k, \zeta_k; \rho_k, \alpha_k, \gamma_k).$$

Предварительно докажем лемму, носящую сугубо технический характер.

*Лемма.* Пусть

$$\tilde{\Phi}_k = \left(1 - |\zeta_k|^{\rho_k}\right)^{\alpha_k} |\zeta_k|^{\gamma_k} \Phi_k;$$

$$A_k = \sum_I \int_{D^n} u \psi_{j_1} \cdots \psi_{j_{n-k}} \tilde{\Phi}_{i_1} \cdots \tilde{\Phi}_{i_k} \frac{|\zeta_{i_1} - z_{i_1}|^2 + \cdots + |\zeta_{i_k} - z_{i_k}|^2}{|\zeta - z|^{2(n-k+1)}} d\bar{\zeta} \wedge d\zeta, \quad 1 \leq k \leq n;$$

$$B_k = \sum_I \int_{D^n} \langle \bar{\partial} u, z - \zeta \rangle_{(j_1, \dots, j_{n-k})} \psi_{j_1} \cdots \psi_{j_{n-k}} \tilde{\Phi}_{i_1} \cdots \tilde{\Phi}_{i_k} \frac{d\bar{\zeta} \wedge d\zeta}{|\zeta - z|^{2(n-k)}}, \quad 0 \leq k \leq n-1,$$

где суммирование производится по всем упорядоченным мультииндексам

$$I = (i_1, i_2, \dots, i_k), \quad 1 \leq i_1 < \cdots < i_k \leq n.$$

Тогда

$$A_k = \frac{1}{n-k} (B_k + A_{k+1}), \quad 1 \leq k \leq n-1. \quad (5)$$

*Доказательство.* Используя тождество

$$\frac{|\zeta_{i_1} - z_{i_1}|^2 + \cdots + |\zeta_{i_k} - z_{i_k}|^2}{|\zeta - z|^{2(n-k+1)}} = \frac{1}{n-k} \sum_{m=1}^{n-k} \frac{\partial}{\partial \bar{\zeta}_{j_m}} \frac{\bar{\zeta}_{j_m} - \bar{z}_{j_m}}{|\zeta - z|^{2(n-k)}},$$

справедливость которого проверяется непосредственным вычислением, будем иметь

$$A_k = \frac{1}{n-k} \sum_I \sum_{m=1}^{n-k} \int_{D^n} u \psi_{j_1} \cdots \psi_{j_{n-k}} \tilde{\Phi}_{i_1} \cdots \tilde{\Phi}_{i_k} \frac{\partial}{\partial \bar{\zeta}_{j_m}} \frac{\bar{\zeta}_{j_m} - \bar{z}_{j_m}}{|\zeta - z|^{2n-2k}} d\bar{\zeta} \wedge d\zeta =$$

$$= \frac{1}{n-k} \sum_I \sum_{m=1}^{n-k} (-1)^{j_m-1} \int_{D^n} u \psi_{j_1} \cdots \psi_{j_{n-k}} \tilde{\Phi}_{i_1} \cdots \tilde{\Phi}_{i_k} d \left[ \frac{\bar{\zeta}_{j_m} - \bar{z}_{j_m}}{|\zeta - z|^{2n-2k}} d\bar{\zeta} [j_m] \wedge d\zeta \right].$$

Применяя к каждому слагаемому формулу Стокса, получим

$$A_k = \frac{1}{n-k} \sum_I \sum_{m=1}^{n-k} (-1)^{j_m-1} \left\{ \int_{\partial D^n} u \psi_{j_1} \cdots \psi_{j_{n-k}} \tilde{\Phi}_{i_1} \cdots \tilde{\Phi}_{i_k} \frac{\bar{\zeta}_{j_m} - \bar{z}_{j_m}}{|\zeta - z|^{2n-2k}} d\bar{\zeta} [j_m] \wedge d\zeta - \right.$$

$$\left. - \int_{D_n} d[u \psi_{j_1} \cdots \psi_{j_{n-k}} \tilde{\Phi}_{i_1} \cdots \tilde{\Phi}_{i_k}] \wedge \frac{\bar{\zeta}_{j_m} - \bar{z}_{j_m}}{|\zeta - z|^{2n-2k}} d\bar{\zeta} [j_m] \wedge d\zeta \right\}.$$

Интеграл по границе полидиска исчезает в силу свойства (б). Учитывая свойство (в), будем иметь

$$\begin{aligned}
A_k &= \frac{1}{n-k} \sum_I \int_{D^n} \left[ \sum_{m=1}^{n-k} \frac{\partial u}{\partial \zeta_{j_m}} (\bar{z}_{j_m} - \bar{\zeta}_{j_m}) \right] \psi_{j_1} \cdots \psi_{j_{n-k}} \tilde{\Phi}_{i_1} \cdots \tilde{\Phi}_{i_k} \frac{d\bar{\zeta} \wedge d\zeta}{|\zeta - z|^{2n-2k}} + \\
&+ \frac{1}{n-k} \sum_I \sum_{m=1}^{n-k} \int_{D^n} u \psi_{j_1} \cdots \frac{\partial}{\partial \zeta_{j_m}} \psi_{j_m} \cdots \psi_{j_{n-k}} \tilde{\Phi}_{i_1} \cdots \tilde{\Phi}_{i_k} \frac{|\zeta_{j_m} - z_{j_m}|^2}{|\zeta - z|^{2n-2k}} d\bar{\zeta} \wedge d\zeta = \\
&= \frac{1}{n-k} B_k + \frac{1}{n-k} \sum_I \sum_{m=1}^{n-k} \int_{D^n} u \psi_{j_1} \cdots \tilde{\Phi}_{j_m} \psi_{j_{n-k}} \tilde{\Phi}_{i_1} \cdots \tilde{\Phi}_{i_k} \frac{|\zeta_{j_m} - z_{j_m}|^2}{|\zeta - z|^{2n-2k}} d\bar{\zeta} \wedge d\zeta.
\end{aligned}$$

Объединяя здесь слагаемые, имеющие одинаковый набор индексов  $i_1, \dots, i_k, j_m$  и обозначив упорядоченный мультииндекс через  $(i_1, \dots, i_{k+1})$ , получим утверждение (5) леммы.

*Доказательство теоремы.* Нам нужна формула Мартинелли-Бохнера для гладких функций. Напомним ее (см., например, [3]):

$$g(z) = c_n \int_{\partial G} g(\zeta) \omega'(\zeta, z) - c_n \int_G \bar{\partial} g(\zeta) \wedge \omega'(\zeta, z), \quad (6)$$

где  $g(z)$  - функция, гладкая на замыкании ограниченной области с кусочно-гладкой границей,  $c_n = \frac{(n-1)!}{(2\pi i)^n}$ ,  $\omega'(\zeta, z)$  - форма бистепени  $(n, n-1)$ , имеющая следующий вид:

$$\omega'(\zeta, z) = \frac{1}{|\zeta - z|^{2n}} \left\{ \sum_{k=1}^n (-1)^{k-1} (\bar{\zeta}_k - \bar{z}_k) d\bar{\zeta}[k] \right\} \wedge d\zeta.$$

Применив (6) к функции  $g(\zeta) = u(\zeta) \psi_1 \cdots \psi_n$ , с учетом свойств (а) - (в) будем иметь

$$\begin{aligned}
u(z) &= c_n \int_{\partial D^n} u \psi_1 \cdots \psi_n \omega'(\zeta, z) - c_n \int_{D^n} \bar{\partial} u \wedge \psi_1 \cdots \psi_n \omega'(\zeta, z) - \int_{D^n} u \bar{\partial}_\zeta (\psi_1 \cdots \psi_n) \wedge \omega'(\zeta, z) = \\
&= -c_n \int_{D^n} \sum_{k=1}^n \frac{\partial u}{\partial \bar{\zeta}_k} (\bar{\zeta}_k - \bar{z}_k) \psi_1 \cdots \psi_n \frac{d\bar{\zeta} \wedge d\zeta}{|\zeta - z|^{2n}} - c_n \int_{D^n} u \left[ \sum_{i=1}^n \frac{\partial \psi_i}{\partial \bar{\zeta}_i} \psi_1 \cdots \psi_{i-1} \psi_{i+1} \cdots \psi_n d\bar{\zeta}_i \right] \wedge \omega'(\zeta, z) = \\
&= c_n \int_{D^n} \langle \bar{\partial} u, z - \zeta \rangle_{(1, \dots, n)} \psi_1 \cdots \psi_n \frac{d\bar{\zeta} \wedge d\zeta}{|\zeta - z|^{2n}} + c_n \int_{D^n} u \sum_{i=1}^n \psi_1 \cdots \psi_{i-1} \psi_{i+1} \cdots \psi_n \tilde{\Phi} \frac{|\zeta_i - z_i|^2}{|\zeta - z|^{2n}} d\bar{\zeta} \wedge d\zeta.
\end{aligned}$$

В обозначениях леммы это равенство выглядит следующим образом:

$$u(z) = c_n (B_o + A_1). \quad (7)$$

Из леммы последовательно получаем

$$\begin{aligned}
A_1 &= \frac{1}{n-1} B_1 + \frac{1}{n-1} A_2 = \frac{1}{n-1} B_1 + \frac{1}{n-1} \left( \frac{1}{n-2} B_2 + \frac{1}{n-2} A_3 \right) = \cdots = \\
&= \frac{1}{n-1} B_1 + \frac{1}{(n-1)(n-2)} B_2 + \cdots + \frac{1}{(n-1)!} B_{n-1} + \frac{1}{(n-1)!} A_n.
\end{aligned} \quad (8)$$

Подставляя (8) в (7), получим

$$\begin{aligned} u(z) &= \frac{(n-1)!}{(2\pi i)^n} \left\{ B_n + \sum_{k=1}^{n-1} \frac{1}{(n-1)\cdots(n-k)} B_k + \frac{1}{(n-1)!} A_n \right\} = \\ &= \frac{1}{(2\pi i)^n} A_n + \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n-k-1)!}{(2\pi i)^n} B_k. \end{aligned} \quad (9)$$

Утверждение (4) теоремы I следует из (9), если заметить, что согласно определению  $A_k$ ,  $B_k$  и  $\tilde{\Phi}_k$  имеем

$$\begin{aligned} \frac{1}{(2\pi i)^n} A_n &= \frac{1}{(2\pi i)^n} \int_{D^n} u \tilde{\Phi}_1 \cdots \tilde{\Phi}_n \frac{|\zeta_1 - z_1|^2 + \cdots + |\zeta_n - z_n|^2}{|\zeta - z|^2} d\zeta \wedge d\bar{\zeta} = \\ &= \frac{1}{\pi^n} \int_{D^n} u \tilde{\Phi}_1 \cdots \tilde{\Phi}_n dv_{2n} = P_{\rho, \alpha, \gamma}(u)(z); \\ \sum_{k=1}^{n-1} \frac{(n-k-1)!}{(2\pi i)^n} B_k &= T_{\rho, \alpha, \gamma}(\bar{\partial} u)(z). \end{aligned}$$

Как было отмечено выше, интегральное представление (4) является многомерным аналогом (3) и в частном случае формулы (2). Отметим, что другой многомерный вариант формулы (2) получен в работе (4).

Введем пространство  $L^2_{\rho, \alpha, \gamma}(D^n)$  функций  $f$ , измеримых в  $D^n$  и имеющих конечную норму

$$\|f\|_{\rho, \alpha, \gamma} = \left\{ \int_{D^n} |f(\zeta)|^2 \prod_{k=1}^n \left(1 - |\zeta_k|^{\rho_k}\right)^{\alpha_k} |\zeta_k|^{\gamma_k} dv_{2n}(\zeta) \right\}^{\frac{1}{2}}.$$

Это норма соответствует скалярному произведению

$$\langle f, g \rangle_{\rho, \alpha, \gamma} = \int_{D^n} f(\zeta) \overline{g(\zeta)} \prod_{k=1}^n \left(1 - |\zeta_k|^{\rho_k}\right)^{\alpha_k} |\zeta_k|^{\gamma_k} dv_{2n}(\zeta).$$

Множество функций из  $L^2_{\rho, \alpha, \gamma}(D^n)$ , голоморфных в  $D^n$ , составляет замкнутое подпространство  $H^2_{\rho, \alpha, \gamma}(D^n)$ . Имеет место следующая теорема.

*Теорема 2.* Оператор  $P_{\rho, \alpha, \gamma}$  является ортогональным проектором из  $L^2_{\rho, \alpha, \gamma}(D^n)$  на  $H^2_{\rho, \alpha, \gamma}(D^n)$ .

*Доказательство.* Прежде всего, если  $u \in H^2_{\rho, \alpha, \gamma}(D^n)$ , то  $\bar{\partial} u = 0$  и, как следует из (4),

$$u(z) = P_{\rho, \alpha, \gamma}(u)(z).$$

Пусть, далее,  $v$  принадлежит ортогональному дополнению к  $H^2_{\rho, \alpha, \gamma}(D^n)$  в  $L^2_{\rho, \alpha, \gamma}(D^n)$ . Имеем

$$P_{\rho,\alpha,\gamma}(v)(z) = \frac{1}{\pi^n} \int_{D^n} v(\zeta) \prod_{k=1}^n \left(1 - |\zeta_k|^{\rho_k}\right)^{\alpha_k} |\zeta_k|^{\gamma_k} \Phi_k d\nu_{2n}(\zeta) = \frac{1}{\pi^n} \left\langle v(\zeta), \prod_{k=1}^n \overline{\Phi(\zeta_k, z_k)} \right\rangle_{\rho,\alpha,\gamma}$$

Функция  $\overline{\Phi(\zeta, z)}$  при фиксированном  $z \in D$  голоморфна относительно  $\zeta$  в  $D$  и непрерывна в  $\overline{D}$  (см.[2]). Поэтому  $\prod_{k=1}^n \overline{\Phi(\zeta_k, z_k)}$  принадлежит  $H_{\rho,\alpha,\gamma}^2(D^n)$  и, как следует из (10),  $P_{\rho,\alpha,\gamma}(v)(z) \equiv O$ .  
Это и доказывает теорему.

ЕГУ, ВВМКУ Минобороны РА

Поступила 21.11.1995

## ЛИТЕРАТУРА

1. Джрабашян М.М. К проблеме представимости аналитических функций. - Сообщ. Инст. матем. и мех. АН Арм. ССР, 1948, в. 2, с. 3-40.
2. Джрабашян М.М. Весовые интегральные представления гладких и голоморфных функций в единичном круге и в комплексной плоскости. - Изв. НАН Армении, матем., 1993, т. 28, № 4, с. 1-28.
3. Шабат Б.В. Введение в комплексный анализ: (часть 2). М.: Наука, 1985.
4. Charpentier Ph. Formules explicites pour les solutions minimales de l' équation  $\bar{\partial}u = f$  dans la boule et dans le polydisque de  $C^n$ . - Ann. Inst. Fourier, 1980, v. 30, № 4, pp. 121-154.

Ա. Ի. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

## ԲԱԶՄԱԾՐՁԱՆՈՒՄ ՖՈԽՆԿՑԻԱՆԵՐԻ ԿԸՆԱՑԻՆ ԻՆՏԵԳՐԱԼԱՑԻՆ ՆԵՐԿԱՑԱՑՈՒՄՆԵՐ

### Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Աշխատանքում ստացվել է կոչի - Գրինի տիպի ինտեգրալային հերկայացում  $D^n$  բազմաչղանի փակման վրա ողորկ ֆունկցիաների համար: Այդ հերկայացումն ունի հետևյալ տեսքը:

$$u(z) = P_{\rho,\alpha,\gamma}(u)(z) + T_{\rho,\alpha,\gamma}(\bar{\partial}u)(z),$$

որտեղ  $P_{\rho,\alpha,\gamma}$  - ն  $L^2\left(D^n, \prod_{k=1}^n \left(1 - |\zeta_k|^{\rho_k}\right)^{\alpha_k} |\zeta_k|^{\gamma_k} d\nu_{2n}\right)$  տարածության մեջ օրթոգոնալ պրոյեկտման օպերատոր է անալիտիկ ֆունկցիաների ենթատարածության վրա:

М.С. ГАБРИЕЛЯН, В.Р. БАРСЕГЯН, Т.А. СИМОНЯН

## ОБ УКЛОНЕНИИ СТОХАСТИЧЕСКОЙ ЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ $m$ ЦЕЛЕВЫХ МНОЖЕСТВАХ

Рассматривается стохастическая линейная дифференциальная игра уклонения от  $m$  целевых множеств в классе частично-программных стратегий. Второй игрок строит свою стратегию, отслеживая поводырь, построенный при помощи  $\lambda$ -функции при самом упорном сопротивлении со стороны первого игрока. Получена оценка, позволяющая определить величину расстояния фазового состояния системы от поводыря в любой момент времени.

**1. Постановка задачи.** Пусть движение конфликтно-управляемой системы описывается линейным дифференциальным уравнением

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u + C(t)v, \quad (1.1)$$

где  $A(t)$ ,  $B(t)$ ,  $C(t)$  ( $t \geq t_0$ ) - непрерывные матрицы-функции с соответствующими размерностями  $(n \times n)$ ,  $(n \times p)$  и  $(n \times q)$  при  $t \in [t_0, \infty)$ . Управления  $u$  и  $v$  выбираются из компактных множеств  $P$  и  $Q$ :

$$u \in P \subset R^p; \quad v \in Q \subset R^q \quad (1.2)$$

Пусть заданы моменты времени  $t_0 = \vartheta_0 < \vartheta_1 < \dots < \vartheta_m = \theta$ .

В  $R^n$  заданы выпуклые, замкнутые и ограниченные множества  $M_k$  ( $k = 1, \dots, m$ ).

Пусть  $(t_0, x_0)$  - исходная позиция системы (1.1), где  $x_0 = x(t_0)$ , а  $\Delta_r$  есть разбиение полуоси  $t_0 \leq t < \infty$  узлами  $\tau_1^{(r)}, \tau_2^{(r)}, \dots$  с диаметром  $\delta_r = \sup_i (\tau_{i+1}^{(r)} - \tau_i^{(r)})$ .

Предполагается, что при любом  $r$  (т.е. разбиении  $\Delta_r$ ) моменты времени  $\vartheta_k$  ( $k = 1, \dots, m$ ) являются узлами разбиения, т.е.

$$\tau_{i_0}^{(r)} = t_0 = \vartheta_0, \quad \tau_{i_1}^{(r)} = \vartheta_1, \dots, \tau_{i_m}^{(r)} = \vartheta_m = \theta. \quad (1.3)$$

Рассмотрим дифференциальную игру уклонения от множеств  $M_k$  ( $k = 1, \dots, m$ ) при условиях (1.1)-(1.2), в которых управление  $u$  и  $v$  в любой момент времени являются случайными функциями от элементарных событий  $\omega_i = \{\xi_1, \dots, \xi_i\}$  из вероятностного пространства  $\{\Omega_i, B_i, P_i\}$ , которое строится по схеме, описанной в [1] (стр. 291).

Рассмотрим полуинтервал  $\left[\tau_i^{(r)}, \tau_{i+1}^{(r)}\right] \subset [\vartheta_{k-1}, \vartheta_k], i_{k-1} \leq i \leq i_k (k = 1, \dots, m)$ .

**Определение 1.1.** Стохастическим частично-программным управлением на полуинтервале  $\left[\tau_i^{(r)}, \tau_{i+1}^{(r)}\right]$  первого игрока назовем измеримое отображение вида

$$u_i: \left[\tau_i^{(r)}, \tau_{i+1}^{(r)}\right] \times \Omega_i \times R^n \rightarrow P \subset R^p. \quad (1.4)$$

Аналогичным образом определяется стохастическое частично-программное управление на полуинтервале  $\left[\tau_i^{(r)}, \tau_{i+1}^{(r)}\right]$  второго игрока

$$v_i: \left[\tau_i^{(r)}, \tau_{i+1}^{(r)}\right] \times \Omega_i \times R^n \rightarrow Q \subset R^q. \quad (1.5)$$

Определим на полуинтервале  $\left[\tau_i^{(r)}, \tau_{i+1}^{(r)}\right]$  случайное движение

$$\begin{aligned} x\left[\tau_i^{(r)} \cdot \tau_{i+1}^{(r)}; \cdot \cdot \cdot; x\left[\tau_i^{(r)}\right]\right] &= x\left[\cdot; \tau_i^{(r)}; x\left[\tau_i^{(r)}\right]; u_i(\cdot); v_i(\cdot)\right] = \\ &= \left\{x\left(t, \omega_i, x\left[\tau_i^{(r)}\right]\right) = x(\cdot); \tau_i^{(r)}; x\left[\tau_i^{(r)}\right], u_i(\cdot) v_i(\cdot), \right. \\ &\quad \left. \vartheta_{k-1} \leq \tau_i^{(r)} \leq t < \tau_{i+1}^{(r)} < \vartheta_k, \omega_i \in \Omega_i\right\} \end{aligned} \quad (1.6)$$

как решение стохастического уравнения

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u_i\left(t, \xi_1, \dots, \xi_i, x\left[\tau_i^{(r)}\right]\right) + C(t)v_i\left(t, \xi_1, \dots, \xi_i, x\left[\tau_i^{(r)}\right]\right) \quad (1.7)$$

при частично-программных управлениях  $u_i(\cdot)$  и  $v_i(\cdot)$  и начальной позиции  $\left(\tau_i^{(r)}, x\left[\tau_i^{(r)}\right]\right)$ .

**Определение 1.2.** Измеримая по  $t, \omega$  функция  $u\left(t, \omega, x\left[\tau_i^{(r)}\right]\right)$  называется неупреждающей, если при почти всех  $\omega_i \in \Omega_i$  выполняется

$$u\left(t, \omega, x\left[\tau_i^{(r)}\right]\right) = u\left(t, \xi_1, \dots, \xi_i, x\left[\tau_i^{(r)}\right]\right), \tau_i^{(r)} \leq t < \tau_{i+1}^{(r)}. \quad (1.8)$$

Аналогичным образом определяется неупреждающая функция

$$v\left(t, \omega, x\left[\tau_i^{(r)}\right]\right) = v\left(t, \xi_1, \dots, \xi_i, x\left[\tau_i^{(r)}\right]\right), \tau_i^{(r)} \leq t < \tau_{i+1}^{(r)}. \quad (1.9)$$

**Определение 1.3.** Стохастическим частично-программным управлением на интервале времени  $[t_*, t]$  первого игрока назовем неупреждающее отображение вида

$$u: [t_*, t] \times \Omega \times R^n \rightarrow P \subset R^p. \quad (1.10)$$

Аналогичным образом определяется стохастическое частично-программное управление на  $[t_*, t]$  второго игрока как неупреждающее отображение вида

$$v: [t_*, t] \times \Omega \times R^n \rightarrow Q \subset R^q. \quad (1.11)$$

Таким образом, управляющие воздействия первого и второго игрока, которые являются кусочно-постоянными функциями, допустимы для любого промежутка  $[t_*, \theta]$  и имеют вид

$$\begin{aligned} u(\cdot) &= \begin{cases} u_i(\cdot) & \text{при } t \in [\tau_i^{(r)}, \tau_{i+1}^{(r)}] \end{cases}, \\ v(\cdot) &= \begin{cases} v_i(\cdot) & \text{при } t \in [\tau_i^{(r)}, \tau_{i+1}^{(r)}] \end{cases}. \end{aligned} \quad (1.12)$$

Под случайным движением на  $[t_*, \theta]$  понимается решение следующего уравнения:

$$\dot{x} = A(t)x + B(t)u(\cdot) + C(t)v(\cdot). \quad (1.13)$$

Наряду с движением исходной системы (1.1) рассмотрим движение точки (повары)  $w(t)$ , которое формируется так, чтобы в процессе игры они взаимно отслеживались [2]. Динамика повары определяется следующим уравнением:

$$\dot{w} = A(t)w + B(t)u + C(t)v. \quad (1.14)$$

Построим функцию Ляпунова и определим управляющее воздействие второго игрока, обеспечивающее соответствующие уклонения.

Пусть выполнены следующие условия [3].

*Условие 1.1.* При всех  $t \in [t_0, \tau_i^{(r)}]$  и  $\tau_i^{(r)} \in [t_0, \vartheta_k]$  функции

$$\begin{aligned} \chi_k(t, \vartheta_k, l) &= - \left[ \int_t^{\eta_i} \min_{u \in P} l'(\tau_i^{(r)}, \tau) B(\tau) u d\tau + \right. \\ &\quad \left. + \int_t^{\eta_i} \max_{v \in Q} l' X(\tau_i^{(r)}, \tau) C(\tau) v d\tau + \min_{p \in M_k(\eta_i)} l' p \right] \end{aligned} \quad (1.15)$$

выпуклы по  $l$ ,  $k = 1, \dots, m$ . (Числа  $\eta_i$  - определим ниже).

*Условие 1.2.* Для всякого вектора  $u \in \tilde{P} = \text{co}\{u: u \in P\}$  найдется вектор  $v \in \tilde{Q} = \text{co}\{v: v \in Q\}$  такой, что для всех  $t(t_0 \leq t \leq \vartheta_m)$  и для всех векторов  $l$  будет справедливо неравенство

$$l'(B(t)u + C(t)v) \geq \min_{u \in P} l'B(t)u + \max_{v \in Q} l'C(t)v. \quad (1.16)$$

Построим функцию Ляпунова

$$\begin{aligned} \lambda(t, w) &= \sum_{j=k}^m \int_t^{\vartheta_j - \mu} \frac{d\tau}{\mathcal{E}_j^{(0)}(t, w, \tau)}, \\ &\quad (\vartheta_i - \mu \leq t \leq \vartheta_k - \mu, \vartheta_0 = t_0). \end{aligned} \quad (1.17)$$

Здесь функции  $\mathcal{E}_j^{(0)}(t, w, \vartheta_j)$  определяются выражением

$$\mathcal{E}_j^{(0)}(t, w, \vartheta_j) = \max_{|l_j| \leq 1} [l'_j X[\vartheta_j, t] w - \chi_j(t, \vartheta_j, l_j)]. \quad (1.18)$$

Единственность вектора  $l_j^{(0)}$ , максимизирующего (1.18), следует из условия 1.2, где  $\mu > 0$  - сколь угодно малое число. Из вида функции  $\lambda(t, w)$  (1.17) следует, что область  $G$  определения этой функции следующая:

$$\min_{\eta_j} \mathcal{E}_j^{(0)}(t, w, \tau) = C > 0, \quad j = 1, \dots, m. \quad (1.19)$$

$\eta_j$  является решением (1.17) [2].

Область  $G$  открыта, и при стремлении точки  $(t, w(t))$  к границе этой области функция  $\lambda(t, w)$  неограниченно возрастает. Область  $G$  не пересекается с множествами  $\{(t, w) : w \in M_k, t \in [t_0, \vartheta_k - \mu]\}$ . Если удастся выбором стратегии второго игрока не допустить возрастания функции  $\lambda(t, w(t))$ , то этим будет обеспечено условие  $\{t, w(t)\} \in G$ , что и осуществит соответствующие уклонения до моментов  $\vartheta_k$ .

Определим стратегию второго игрока на поводыре из условия

$$\begin{aligned} & \left\{ \sum_{j=k}^m \int_t^{\vartheta_j - \mu} \frac{d\tau}{[\mathcal{E}_j^{(0)}(t, w, \tau)]^2} l_j^{(0)} X(\tau, t) \right\} C(t) V_e[t, w] = \\ & = \max_{v \in Q} \left\{ \sum_{j=k}^m \int_t^{\vartheta_j - \mu} \frac{d\tau}{[\mathcal{E}_j^{(0)}(t, w, \tau)]^2} l_j^{(0)} X(\tau, t) \right\} C(t) v \\ & \quad (\vartheta_{k-1} - \mu \leq t \leq \vartheta_k - \mu; \vartheta_0 = t_0, k = 1, \dots, m), \end{aligned} \quad (1.20)$$

а при  $\{t, w\} \in G$  положим  $\{V_e[t, w]\} = Q$ .

Доказано [3], что стратегии второго игрока  $\{V_e[t, w]\}$  обеспечивают уклонение каждого движения  $w(t)$  от множеств  $\{M_k\}$  до моментов времени  $\vartheta_1, \dots, \vartheta_m$ , если  $w_0 = w(t_0)$  не принадлежит множеству  $M_1$ .

Так как целью второго игрока является получение гарантированного результата, обеспечивающего соответствующие уклонения от целевых множеств  $M_1, \dots, M_m$  при самом упорном сопротивлении первого игрока, то второй игрок прицеливает движение на построенный поводырь.

Таким образом, пучок абсолютно-непрерывных функций, который является поводырем, будет решением

$$\dot{w}(t) = A(t)w + B(t)u[t] + c(t)\tilde{v}, \quad (w_0 = w(t_0)),$$

где  $u[t]$  - любое допустимое управление, а  $\tilde{v} \in Q$  определяется из (1.20).

**2. Оценка.** Пусть  $t_* \subset [t_0; \vartheta]$ ,  $x(t_*) = x_*$  есть позиция, которую занимает система при  $t = t_*$  (назовем истинным положением системы).

Предполагается также, что второй игрок не может точно определить положение системы  $x_*$ ; измеренное с ошибкой положение обозначим через  $\hat{x}_*$ . Условия прицеливания второго игрока на поводырь при самом упорном сопротивлении первого игрока будут

$$(w_* - x_*)' B(t_*) u^* = \min_{u \in P} (w_* - x_*) B(t_*) u, \quad (2.1)$$

$$(w_* - \hat{x}_*)' C(t_*) v^* = \max_{v \in Q} (w_* - \hat{x}_*) C(t_*) v, \quad (2.2)$$

где  $w_*$  есть самое близкое положение точки  $x_*$ .

При этой постановке конкретное движение поводыря определяется из уравнения

$$\dot{w}(t) = A(t)w(t) + B(t)u^* + C(t)\tilde{v} \quad (w_* = w(t_*)), \quad (2.3)$$

а движение точки определяется уравнением

$$\dot{x}[t] = A(t)x[t] + B(t)u(t) + C(t)v^*, \quad (2.4)$$

где  $u(t)$  - любое допустимое управление.

Построенное движение в виде ломаных Эйлера  $(t, x[t])$  даже при  $x_* = w_*$  может выйти из пучка, построенного поводырем, следовательно, целесообразно иметь мажорирующую оценку движения  $(t, x[t])$  от пучка поводыря в любой момент времени  $t \in [t_*, \theta]$ .

Обозначим через

$$\rho(t) = \|w(t) - x[t]\| \quad (2.5)$$

евклидову норму вектора  $w(t) - x[t]$ .

$$\text{В момент времени } t = t_*, \rho(t_*) = \|w(t_*) - x[t_*]\| = \|w_* - x_*\|.$$

Тогда имеем

$$\begin{aligned} \frac{d\rho^2(t)}{dt} &= 2[w(t) - x[t]]' [\dot{w}(t) - \dot{x}[t]] = 2[w(t) - x[t]]' \times \\ &\times [A(t)w(t) + B(t)u^* + C(t)\tilde{v} - A(t)x[t] - B(t)u - C(t)v^*] \leq 2\|A(t)\|\rho^2(t) + \\ &+ 2[(w_* - x_*) + \psi(t - t_*)]' \{B(t_*)u^* + C(t_*)\tilde{v} - B(t_*)u - C(t_*)v^* + \psi_1(t - t_*)\}; \end{aligned} \quad (2.6)$$

предполагается, что  $t - t_*$  - малая величина, причем  $\psi \rightarrow 0$ ;  $\psi_1 \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow t_*$ .

Оценим величину  $(w_* - x_*)' [B(t_*)u^* + C(t_*)\tilde{v} - B(t_*)u - C(t_*)v^*]$ . Из условия (2.1) следует, что  $(w_* - x_*)' [B(t_*)(u^* - u)] \leq 0$ . Следовательно, необходимо оценить величину

$$\begin{aligned} (w_* - x_*)' [C(t_*)(\tilde{v} - v^*)] &= (w_* - \hat{x}_*)' [C(t_*)(\tilde{v} - v^*)] + \\ &+ (\hat{x}_* - x_*)[C(t_*)(\tilde{v} - v^*)] \leq (\hat{x}_* - x_*)' C(t_*)(\tilde{v} - v^*) \leq \|\hat{x}_* - x_*\|cd, \end{aligned} \quad (2.7)$$

где  $\|C(t)\| \leq c$ ;  $\|A(t)\| \leq v$ ;  $\|\tilde{v} - v^*\| \leq d$ ,

где  $d$  зависит от множества  $Q$ ;  $d = \max_{v_1, v_2 \in Q} \rho(v_1, v_2)$ .

Таким образом, из (2.6) и (2.7) получим

$$\frac{d\rho^2(t)}{dt} \leq 2v\rho^2(t) + \bar{\varphi}(t - t_*) + \|\hat{x}_* - x_*\|cd, \quad (2.8)$$

где  $\bar{\varphi}(t - t_*) \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow t_*$ .

Интегрируя неравенство (2.8), получим

$$\rho^2(t) \leq \rho^2(t_*) e^{2v(t-t_*)} + e^{2vt} \int_{t_*}^t e^{-2v\tau} \bar{\varphi}(\tau - t_*) d\tau + cde^{2vt} \int_{t_*}^t e^{-2v\tau} \|\hat{x}_* - x_*\| d\tau. \quad (2.9)$$

Обозначим  $\varphi(t - t_*) = \max_{\tau \in [t_*, t]} \bar{\varphi}(\tau - t_*)$ , тогда из (2.9) имеем

$$\rho^2(t) \leq \rho^2(t_*) e^{2v(t-t_*)} + \frac{\varphi(t - t_*)}{2v} \left( e^{2v(t-t_*)} - 1 \right) + \frac{\|\hat{x}_* - x_*\|}{2v} cd \left( e^{2v(t-t_*)} - 1 \right). \quad (2.10)$$

Предположим, что  $t = t_* + \delta_i^{(r)}$ , где  $\delta_i^{(r)} = \tau_i^{(r)} - \tau_0^{(r)}$ , тогда (2.10) будет иметь вид

$$\rho^2(t_* + \delta_i^{(r)}) \leq \rho^2(t_*) e^{2v\delta_i^{(r)}} + \frac{\varphi(\delta_i^{(r)})}{2v} \left( e^{2v\delta_i^{(r)}} - 1 \right) + \frac{\|\hat{x}_* - x_*\|}{2v} cd \left( e^{2v\delta_i^{(r)}} - 1 \right).$$

Продолжая эту итерацию, в итоге получим

$$\begin{aligned} \rho^2 \left( t_* + \sum_{i=1}^{k+1} \delta_i^{(r)} \right) &\leq \rho^2(t_*) e^{2v \sum_{i=1}^{k+1} \delta_i^{(r)}} + \frac{1}{2v} \left[ \varphi(\delta_1^{(r)}) + cd\mathcal{E}_1 \right] \times \\ &\left( e^{2v \sum_{i=1}^{k+1} \delta_i^{(r)}} - e^{2v \sum_{i=2}^{k+1} \delta_i^{(r)}} \right) + \frac{1}{2v} \sum_{j=2}^{k+1} \left[ \varphi(\delta_j^{(r)}) + cd\mathcal{E}_j \right] \times \left( e^{2v \sum_{i=j}^{k+1} \delta_i^{(r)}} - 1 \right), \end{aligned} \quad (2.11)$$

где  $\delta_i^{(r)} = \tau_i^{(r)} - \tau_{i-1}^{(r)}$ ;  $\left\| \hat{x} \left( t_* + \sum_{i=1}^{j-1} \delta_i^{(r)} \right) - x \left( t_* + \sum_{i=1}^{j-1} \delta_i^{(r)} \right) \right\| \leq \mathcal{E}_j$ .

Нетрудно заметить, что в качестве точки  $(t_*, x_*)$  можно в полученную оценку вставить начальное положение  $(t_0, x_0)$ . Полученная оценка (2.11) позволяет оценить математическое ожидание, дисперсию и т.д. отклонения системы от поводыря, следовательно, и от соответствующих целевых множеств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Красовский Н.Н. Управление динамической системой. М.: Наука, 1985.
2. Красовский Н.Н., Субботин А.И. Позиционные дифференциальные игры. М.: Наука, 1974.
3. Габриелян М.С. Об оптимальном уклонении от областей.- Уч. записки ЕГУ, 1976, № 3.

Մ.Ս. ԳԱԲՐԻԵԼՅԱՆ, Վ.Ռ. ԲԱՐՍԵՂՅԱՆ, Թ.Ա. ՍԻՄՈՆՅԱՆ

### ԽՊԱՏԱԿԱՑԻՆ ԲԱԶՄՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻՑ ՍՏՈԽԱՍՏԻԿ ԳԾԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԾԵՂՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

#### Ա. մ փ ռ փ ու մ

Դիտարկված է մասնակի-ծրագրային ստրատեգիաների դասում շատ ճպատակային բազմություններից շեղման ստոխաստիկ գծային դիֆերենցիալ խաղը: Խաղի ընթացքում երկրորդ խաղացողը կառուցում է իր ստրատեգիան  $\lambda$ -ֆունկցիայի օգնությամբ առաջին խաղացողի ամենաուժեղ դիմադրության դեպքում: Ստացված է ժամանակի ցանկացած պահի համար ուղղորդիչ համակարգի ֆազային վիճակի հեռավորության գնահատականը:

Н.Х. МЕСРОПЯН

О ЛЕБЕГОВОСТИ СТРУКТУРНОГО ТИПА УСЛОВНО  
РЕГУЛЯРНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОБНОВЛЯЮЩЕГО ПРОЦЕССА  
В СХЕМЕ "СИГНАЛ" + "ШУМ"

Ниже рассматриваются две задачи. В одной из них приводятся условия, при которых структурный тип цепочки  $H_0^t$  - пространств, порожденных гауссовским стационарным процессом  $x(s)$ ,  $0 \leq s \leq t$ , будет лебеговским, начиная с некоторого места  $t > s$ . В другой - дается условие, при котором обновляющий процесс для процесса  $y(t)$  на отрезке  $[0, T]$  будет иметь лебеговский тип.

I. Пусть  $x(t)$ ,  $t \in (-\infty, \infty)$  - стационарный гауссовский процесс. Обозначим через  $H$  гильбертово пространство, состоящее из гауссовых случайных величин со скалярным произведением  $(\cdot, \cdot) : (\xi, \eta) = M\xi \cdot \bar{\eta}$ . Пусть  $H_a^b$ ,  $-\infty \leq a \leq b \leq +\infty$ , - подпространство пространства  $H$ , порожденное величинами  $x(t)$ ,  $a \leq t \leq b$ . Положим  $H_{-\infty}^\infty = H$ .

Пусть  $I_s = I(H_{-\infty}^0, H_0^\infty / H_{-s}^s) = -\frac{1}{2} \ln \det(E - P_s^- P_s^+ P_s^-)$ , где  $P_s^-, P_s^+$  ортопроекторы в  $H$  на подпространства  $H_s^-, H_s^+$  соответственно:

$$H_s^- = \overline{V}\{H_{-\infty}^0, H_{-s}^s\} \ominus H_{-s}^s,$$

$$H_s^+ = \overline{V}\{H_0^\infty, H_{-s}^s\} \ominus H_{-s}^s,$$

где  $\overline{V}\{\cdot\}$  - замыкание линейной оболочки множества, указанного в скобках.

В гауссовском случае величина  $I_s$  имеет следующий смысл [1]. Это условное количество информации, содержащейся в "прошлом" процесса  $x(t)$  (т.е. в величинах из  $H_{-\infty}^0$ ) относительно его "будущего" (т.е. величин из  $H_0^\infty$ ), при условии, что фиксировано его "настоящее", (т.е. известны значения, принятые величинами из  $H_{-s}^s$ ). Заметим, что это количество информации (в гауссовском случае) не зависит от значений из  $H_{-s}^s$ .

Далее, обновляющим процессом для процесса  $x(t)$  называется процесс с ортогональными приращениями  $\varepsilon(t)$  такой, что  $H'_{-\infty}(x) = H'_{-\infty}(\varepsilon)$ . Пространство

$H'_{-\infty}(\varepsilon)$ ,  $-\infty < t < +\infty$ , описывается с помощью соответствующей структурной функции  $\varphi(t) = M|\varepsilon(t)|^2$ ,  $-\infty < t < +\infty$ , функция  $\mu(t) = d\varphi(t)$  называется структурной мерой процесса  $x(t)$ , а ее тип - структурным типом процесса.

**Теорема.** Пусть процесс  $x(t)$  условно регулярен, т.е.  $I(H_{-\infty}^0, H_0^\infty / H_0^s) < \infty$ , начиная с некоторого  $s$ . Тогда структурный тип цепочки  $H'_+(t > s)$  отличается от лебеговского нагрузкой в нуле.

**Доказательство.** Разложим пространство  $H_{-\infty}^\infty$  на составляющие

$$H_{-\infty}^\infty = H_{-\infty}^0 \cup H_0^s \cup H_s^\infty$$

с введенным скалярным произведением  $(\cdot, \cdot)$ . Подпространства  $H_{-\infty}^0$ ,  $H_0^s$  и  $H_s^\infty$  не являются ортогональными. Введем подпространства

$$H_- = H_{-\infty}^s \ominus H_0^s, \quad H'_+ = H'_+ \ominus H_0^s.$$

Тогда  $H'_{-\infty} = H_- \oplus H_0^s \oplus H'_+$ , где  $H_- \perp H_0^s$ ,  $H'_+ \perp H_0^s$ , а  $H_-$  и  $H'_+$ , вообще говоря, не ортогональны между собой. Так как  $I(H_{-\infty}^0, H_0^\infty / H_0^s) < \infty$ , то косинус угла между  $H'_+$  и  $H_-$  меньше единицы. Тогда из того же условия ограниченности количества информации следует существование ограниченного и ограниченно-обратимого оператора  $A$  такого, что  $(A \cdot, \cdot) = (\cdot, \cdot)$ , причем пространства  $H_-$  и  $H'_+$  со скалярным произведением  $\langle \cdot, \cdot \rangle$  будут ортогональны, т.е.

$$H'_{-\infty} = H_- \oplus H_0^s \oplus H'_+.$$

Тогда из условия условной регулярности следует, что оператор  $E - A$  - оператор Гильберта-Шмидта:  $\|E - A\|_2 < \infty$ . При этом по теореме Крейна [2] структурный тип цепочки  $H'_+(t > s)$  в пространстве со скалярным произведением  $\langle \cdot, \cdot \rangle$  совпадает со структурным типом  $H'_{-\infty}$  в пространстве со скалярным произведением  $\langle \cdot, \cdot \rangle$ , тип которого лебеговский [3].

Заметим, что условие условной регулярности равносильно тому, что [4] спектральная плотность  $f(\lambda)$  процесса  $x(t)$  представляется в виде  $f(\lambda) = \frac{1}{|E(\lambda)|^2} \cdot f_0(\lambda)$ , где  $E(z)$ -целая функция степени не выше  $s$ , а  $f_0(\lambda)$  - спектральная плотность абсолютно регулярного процесса, т.е.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{\ln f_0(\lambda) - \ln f_0(\mu)}{\lambda - \mu} \right|^2 d\lambda d\mu < \infty.$$

Теорема доказана.

**II.** Пусть наблюдается процесс  $y(t) = x(t) + z(t)$ , где  $x(t)$  - "сигнал", а  $z(t)$  - "шум". Предположим, что

- 1)  $x(t), z(t)$  - независимые гауссовые процессы,
- 2)  $x(t)$  имеет на отрезке  $[0, T]$  обновляющий процесс  $\varepsilon_x(t)$  лебеговского типа:
- a)  $\varepsilon_x(t), t \in [0, T]$ , - процесс с ортогональными приращениями,

$$M|\varepsilon_x(t) - \varepsilon_x(s)|^2 = |t - s|,$$

б)  $\varepsilon_x(t) \in \bar{V}\{x(s), s \in [0, t]\}$ ,

в)  $x(t) \in \bar{V}\{\varepsilon(s), s \in [0, t]\}$ ,

где  $\bar{V}\{\cdot\}$  - замыкание линейной оболочки множества, указанного в скобках.

Здесь приводятся условия, обеспечивающие лебеговость обновляющего процесса для процесса  $y(t)$  на отрезке  $[0, T]$ .

Грубо говоря, эти условия требуют малость "шума" по отношению к "сигналу".

Пусть  $R_x(t, s)$  и  $R_z(t, s)$  - корреляционные функции процессов  $x(t)$  и  $z(t)$  соответственно, а  $R_y(t, s)$  - корреляционная функция процесса  $y(t)$ . Так что

$$R_y(t, s) = R_x(t, s) + R_z(t, s).$$

Обозначим через  $H_T$  гильбертово пространство функций на отрезке  $[0, T]$  со скалярным произведением

$$(\varphi, \psi) = \int_0^T \int_0^T R_x(t, s) \varphi(t) \overline{\psi(s)} dt ds.$$

Пусть  $\{\varphi_j(t)\}_{j=1}^\infty$  - ортонормированный базис в  $H_T$ .

**Теорема.** Если

$$\sum_j \int_0^T \int_0^T R_z(t, s) \varphi_j(t) \overline{\varphi_j(s)} dt ds < \infty,$$

то обновляющий процесс  $\varepsilon_y(t)$  для процесса  $y(t)$  на отрезке  $[0, T]$  имеет также лебеговский тип.

**Замечание.** Каждому элементу  $\varphi \in H_T$  соответствует линейный функционал

$$\varphi^* = \int_0^T \varphi(t) x(t) dt.$$

Пусть

$$\hat{\varphi} = \int_0^T \varphi(t) y(t) dt.$$

Последний интеграл определен, если

$$\int_0^T \int_0^T R_z(t, s) \varphi(t) \overline{\psi(s)} dt ds < \infty.$$

В теореме требуется, чтобы

$$\sum_j M |\varphi_j - \varphi_j^*|^2 < \infty,$$

где  $\hat{\varphi}_j = \int_0^T y(t) \varphi_j(t) dt$ ,  $\varphi_j^* = \int_0^T x(t) \varphi_j(t) dt$ ,

т.е. чтобы

$$\sum_j M \left| \int_0^T z(t) \varphi_j(t) dt \right|^2 < \infty.$$

Отметим, что величина написанной выше суммы не зависит от выбора ортонормированного базиса в  $H_T$ .

*Доказательство теоремы.* Пусть  $Y(s) = \bar{V}\{y(t), t \in [0, s]\}$ . В пространстве  $Y(T)$  введем скалярное произведение  $(\cdot, \cdot)$ :

$$(\xi, \eta)_Y = M \xi \bar{\eta}, \quad (\xi, \eta \in Y(T)).$$

В этом же пространстве введем еще одну билинейную форму  $(\cdot, \cdot)$ , полагая

$$(y(t), y(s))_x = M x(t) \cdot \overline{x(s)} = R_x(t, s).$$

Заметим, что

$$(y(t), y(s))_Y = R_x(t, s) + R_z(t, s).$$

По условию система подпространств  $Y(s), s \in [0, T]$  в пространстве со скалярным произведением  $(\cdot, \cdot)_x$  является цепочкой подпространств с однократным лебеговским типом. Тогда, по теореме Крейна [3], если  $(\cdot, \cdot)_Y = ((E - A)\cdot, \cdot)_x$  где  $E$  - единичный оператор, а  $A$  - оператор Гильберта-Шмидта, то названная цепочка  $Y(s)$  в пространстве со скалярным произведением  $(\cdot, \cdot)_Y$  также будет иметь однократный лебеговский тип. Последнее эквивалентно тому, что процесс  $Y(t)$  на отрезке  $[0, T]$  будет иметь один обновляющий процесс лебеговского типа.

Остается заметить, что

$$\|A\|_2^2 = \sum_j \int_0^T \int_0^T R_z(t, s) \varphi_j(t) \overline{\varphi_j(s)} dt ds.$$

Теорема доказана.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гельфанд И.М. , Яглом А.М. О вычислении количества информации о случайной функции, содержащейся в другой такой функции.- УМН, 1957, в. 1, т.12, с. 3-52.
2. Наймарк М.А. Нормированные колыца. М.: Наука, 1968.
3. Розанов Ю.А. Теория обновляющих процессов. М.: Наука, 1974.
4. Солев В.Н. Условно регулярные процессы. Проблемы теории вероятностных распределений. IV. - Записки научных семинаров ЛОМИ, Л., 1977, т.72.

Ն.Խ. ՄԵՍՐՈՊՅԱՆ

**"ԱԶԴԱՆԾԱՆ" + "ԱՂՄՈՒԿ" ՍԽԵՄԱՑՈՒՄ ՎԵՐԱՆՈՐՈԳՄԱՆ  
ՊՐՈՑԵՍԻ ԵՎ ՊԱԹՄԱՆԱԿԱՆ ՌԵԳՈՒԼԱՑԱՐ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ  
ՍՏՐՈՒԿՏՈՒՐԱՅԻՆ ՏԻՊԻ ԼԵԲԵԳՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ**

### Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Աշխատանքում դիտարկվում է 2 խնդիր: Նրանցից մեկում բերվում են պայմաններ, որոնց դեպքում գառայան ստացիոնար  $x(s)$ ,  $0 \leq s \leq t$ , պրոցեսով առաջացված  $H'_0$  տարածությունների ստրուկտուրային տիպը կլինի լեբեզյան, սկսած որևէ տեղից,  $t > s$ : Մյուսում տրվում են պայմաններ, որոնց դեպքում  $y(t)$ ,  $t \in [0, T]$ , պրոցեսի վերանորոգող պրոցեսը կունենա լեբեզյան տիպ:

Ю.ДЖ. ЮСИФ

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Исследуется задача об оптимальной стабилизации колебаниями прямоугольной ортотропной цилиндрической оболочки, шарнирно опертой по краям на упругом основании. Оболочка стабилизируется при помощи управляющего воздействия, приложенного на ее верхней поверхности. Задача решается методом Фурье, после чего получается бесконечная система обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка по времени с разделяющимися переменными. Определяется оптимальное управляющее воздействие для каждого уравнения.

Рассмотрим задачу об оптимальной стабилизации колебаниями однородной ортотропной тонкой цилиндрической оболочки на упругом основании постоянной толщины  $h$ . Аналогичная задача для ортотропной прямоугольной пластины на упругом основании была рассмотрена в [1]. Пусть оболочка перекрывает прямоугольник со сторонами  $a$  и  $b$ . Обозначим криволинейные ортогональные координаты точки на поверхности оболочки через  $\alpha$  и  $\beta$ . Для рассматриваемой оболочки принятая техническая теория [2].

В случае, когда оболочка загружена лишь нормально приложенной поверхностью нагрузкой  $Q(\alpha, \beta, t)$  ( $t$  - время), принадлежащей классу  $L_2$  на  $[0, a] \times [0, b] \times [0, \infty]$ , получим следующее дифференциальное уравнение колебаний для потенциальной функции  $\psi(\alpha, \beta, t)$  [3]:

$$\frac{\partial^2}{\partial t^2} [L_2(C_{ij})\Psi] + \frac{1}{\rho h} L_1(D_{ij})\Psi = \frac{1}{h\rho} (Q(\alpha, \beta, t) - K w(\alpha, \beta, t)), \quad (1)$$

где  $L(C_{ij})$ ,  $L(D_{ij})$  - дифференциальные линейные операторы соответственно четвертого и восьмого порядка [2,3],  $\rho$  - плотность оболочки,  $K$  - упругие постоянные,  $C_{ij}, D_{ij}$  - жесткости и  $w$  - прогиб оболочки.

Предположим, что оболочка шарнирно оперта по всему контуру [2,3], а начальные условия имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{при } t = 0 \quad w = L_2(C_{ij})\Psi = f(\alpha, \beta); \quad \frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} [L_2(C_{ij})\Psi] = \Phi(\alpha, \beta); \\ \text{при } t \rightarrow \infty \quad w \rightarrow 0, \quad \frac{\partial w}{\partial t} \rightarrow 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь  $f(\alpha, \beta)$ ,  $\Phi(\alpha, \beta)$  - начальный прогиб и начальная скорость. При решении этой задачи минимизируется функционал

$$I = \int_0^{\infty} \left[ V + \frac{1}{2} h \rho \int_0^b \int_0^{\partial} \frac{\partial}{\partial t} \left( L_2(C_{ij}) \Psi \right)^2 AB d\alpha d\beta + \right. \\ \left. \frac{\chi}{h \rho} \int_0^b \int_0^{\partial} \left( Q - \tilde{K} L_2(C_{ij}) \Psi \right)^2 AB d\alpha d\beta \right] dt, \quad (3)$$

где  $V$  - потенциальная энергия [2,3], второе слагаемое - кинетическая энергия, последнее слагаемое характеризует интенсивность внешнего воздействия и  $\chi$  - произвольная постоянная.

Краевым условиям [3] удовлетворим, представляя искомую функцию  $\Psi(\alpha, \beta, t)$ , интенсивность поперечной нагрузки  $Q(\alpha, \beta, t)$  и функции  $f(\alpha, \beta)$ ,  $\Phi(\alpha, \beta)$  в виде двойного ряда Фурье:

$$\begin{aligned} \Psi(\alpha, \beta, t) &= \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} T_{k,n}(t) \sin \lambda_k \alpha \sin \lambda_n \beta, \\ Q(\alpha, \beta, t) &= \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} U_{k,n}(t) \sin \lambda_k \alpha \sin \lambda_n \beta, \\ f(\alpha, \beta) &= \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{k,n} \sin \lambda_k \alpha \sin \lambda_n \beta, \\ \Phi(\alpha, \beta) &= \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} b_{k,n} \sin \lambda_k \alpha \sin \lambda_n \beta, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{где } \lambda_k = \frac{k\pi}{a}, \lambda_n = \frac{n\pi}{b}.$$

Подставляя значения  $\Psi(\alpha, \beta, t)$  и  $Q(\alpha, \beta, t)$  соответственно из (4) в (3) получим

$$I_{k,n} = \int_0^{\infty} \left[ \lambda_{k,n}^2 T'_{k,n}^2(t) + \lambda_{k,n} H_{k,n} T_{k,n}^2(t) - \lambda_{k,n} L T_{k,n}(t) U_{k,n}(t) + \right. \\ \left. + M U_{k,n}^2(t) \right] dt, \quad k, n = 1, 2, \dots, \quad (5)$$

где

$$\begin{aligned} \lambda_{k,n} &= \frac{C_{11}}{\Omega A^4} \lambda_k^4 + \frac{1}{A^2 B^2} \left( \frac{1}{C_{66}} - 2 \frac{C_{12}}{\Omega} \right) \lambda_k^2 \lambda_n^2 + \frac{C_{22}}{\Omega B^4} \lambda_n^4, \\ H_{k,n} &= \frac{1}{2} \mu \left\{ \lambda_{k,n} \left[ \frac{D_{11}}{A^4} \lambda_k^4 + \frac{2}{A^2 B^2} (D_{12} + 2D_{66}) \lambda_k^2 \lambda_n^2 + \frac{D_{22}}{B^4} \lambda_n^4 \right] + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{A^4 R^2} \lambda_k^4 + \frac{1}{2} \mu \chi \tilde{K}^2 \lambda_{k,n}^2 \right\}, \quad L = 2M\tilde{K}, \quad M = \frac{1}{2} \mu^2 \chi, \quad \mu = \frac{2}{\rho h}. \end{aligned}$$

При этом

$$I = \lambda \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} I_{k,n} \quad \lambda = \frac{\partial bAB}{4\mu}. \quad (6)$$

Подставляя выражения (4) в уравнение (1), умножая на  $\sin \lambda_k \alpha \sin \lambda_n \beta$  и интегри-

руя на  $([0, a] \times [0, b])$ , получим

$$T''_{k,n}(t) + \frac{S_{k,n}}{\lambda_{k,n}} T_{k,n}(t) = \frac{\mu}{2\lambda_{k,n}} U_{k,n}(t), \quad k = n = 1, 2, \dots, \quad (7)$$

где

$$S_{k,n} = \frac{1}{2} \mu \left\{ \lambda_{k,n} \left[ \frac{D_4}{A^4} \lambda_k^4 + \frac{2}{A^2 B^2} (D_{12} + 2D_{66}) \lambda_k^2 \lambda_n^2 + \frac{D_{22}}{B^4} \lambda_n^4 \right] + \frac{1}{A^4 R^2} \lambda_k^4 + \tilde{K} \lambda_{k,n} \right\}.$$

Таким образом мы получим бесконечную систему обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка во времени с постоянными коэффициентами (7) и начальными условиями

$$\begin{aligned} T_{k,n}/|_{t=0} &= a_{k,n}, \quad T'_{k,n}|_{t=0} = b_{k,n}; \quad k = n = 1, 2, \dots, \\ T_{k,n}(t) &\rightarrow 0 \text{ при } t \rightarrow \infty. \end{aligned} \quad (8)$$

Так как каждое уравнение системы (7) не зависит от других уравнений, а функционал (5) зависит только от переменных, входящих в  $k, n$ -ое уравнение системы (7), то можно минимизировать функционал (6), минимизируя каждое из независимых функционалов (5).

Таким образом эта задача сводится к задаче аналитического конструирования оптимального регулятора [4,5] для каждого  $(k, n)$ ,  $k, n = 1, 2, \dots$ .

Так как система уравнений (7) линейная, то целесообразно функцию Ляпунова искать в виде

$$V_{k,n} = A_{k,n} T_{k,n}^2 + 2B_{k,n} T_{k,n} T'_{k,n} + C_{k,n} T'_{k,n}^2. \quad (9)$$

Тогда уравнение Ляпунова - Беллмана будет

$$\begin{aligned} 2A_{k,n} T_{k,n} T'_{k,n} + \frac{1}{\lambda_{k,n}} (B_{k,n} T_{k,n} + C_{k,n} T'_{k,n}) (\mu U_{k,n} - 2S_{k,n} T_{k,n}) + \\ + 2B_{k,n} (T'_{k,n})^2 + \lambda_{k,n}^2 T_{k,n}^2 + \lambda_{k,n} H_{k,n} T_{k,n}^2 - \lambda_{k,n} L T_{k,n} U_{k,n} + M U_{k,n}^2 = 0, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\mu B_{k,n} T_{k,n} + \mu C_{k,n} T'_{k,n} = \lambda_{k,n}^2 L T_{k,n} - 2\lambda_{k,n} M U_{k,n}. \quad (11)$$

Определяя  $U_{k,n}$  из (11), подставляя в (10) и выравнивая коэффициенты при  $T_{k,n}^2$ ,  $T_{k,n} T'_{k,n}$  и  $T_{k,n} T'_{k,n}$  получим систему квадратных уравнений относительно  $A_{k,n}$ ,  $B_{k,n}$  и  $C_{k,n}$ . Решая эти уравнения, получим

$$\begin{aligned} B_{k,n} &= \frac{1}{\mu^2} \lambda_{k,n} \left[ (\lambda_{k,n} \mu L - 4MS_{k,n}) \pm \sqrt{(\lambda_{k,n} \mu L - 4MS_{k,n})^2 - \lambda_{k,n} \mu^2 (\lambda L^2 - 4MH_{k,n})} \right]; \\ C_{k,n} &= \frac{2}{\mu} \lambda_{k,n} \sqrt{M(2B_{k,n} + \lambda_{k,n}^2)}, \\ A_{k,n} &= \frac{C_{k,n}^2}{\lambda_{k,n}} \left[ S_{k,n} - \mu(\lambda_{k,n}^2 L - \mu B_{k,n}) / 4M \lambda_{k,n} \right], \end{aligned} \quad (12)$$

$$U_{k,n} = \frac{1}{2M\lambda_{k,n}} \left[ (\lambda_{k,n}^2 L - \mu B_{k,n}) T_{k,n} - \mu C_{k,n} T'_{k,n} \right].$$

Следует отметить, что при решении этих уравнений знаки перед радикалами выбираются так, чтобы коэффициенты  $A_{k,n}$  и  $C_{k,n}$  были положительными. Для того чтобы квадратичная форма (9) была положительно определенной, необходимо, чтобы еще выполнялось условие

$$\begin{aligned} A_{k,n}C_{k,n} - B_{k,n}^2 &= \left(2B_{k,n} + \lambda_{k,n}^2\right) \left(\frac{4M\lambda_{k,n}}{\mu^2}S_{k,n} - \frac{\lambda_{k,n}^2}{\mu}L + B_{k,n}\right) - B_{k,n}^2 = \\ &= B_{k,n}^2 + \lambda_{k,n}^2 B_{k,n} + \left(2B_{k,n} + \lambda_{k,n}^2\right) \left(\frac{4M}{\mu^2}\lambda_{k,n}S_{k,n} - \frac{L}{\mu}\lambda_{k,n}^2\right) = \\ &= B_{k,n}^2 + \lambda_{k,n}^2 B_{k,n} + \frac{2\chi}{\rho h}\lambda_{k,n}(2B_{k,n} + \lambda_{k,n}^2) \left[\lambda_{k,n} \left(\frac{D_{11}}{A^4}\lambda_k^4 + \right.\right. \\ &\quad \left.\left. + \frac{2}{A^2B^2}(D_{12} + 2D_{66})\lambda_k^2\lambda_n^2 + \frac{D_{22}}{B^4}\lambda_n^4\right) + \frac{1}{A^4R^4}\lambda_k^4\right] > 0. \end{aligned}$$

Таким образом форма  $V_{k,n}$  (9) при определенных наверху  $A_{k,n}, B_{k,n}$  и  $C_{k,n}$  является положительно определенной. С другой стороны, нетрудно проверить, что квадратичная форма  $\frac{dV_{k,n}}{dt}$  (составленная в силу системы (7) при  $U_{k,n}$  (12)) является определенной отрицательной.

Таким образом согласно теореме Ляпунова - Беллмана система (7) оптимально стабилизируется управляющим воздействием  $U_{k,n}(t)$  (12).

Для определения функций  $U_{k,n}$  как функции от времени, нужно интегрировать систему (7) при  $U_{k,n}$  (12) и начальных условиях (8).

Решение системы (7) будет

$$T_{k,n}(t) = e^{-P_{k,n}t} \left( \frac{B_{k,n} + a_{k,n}P_{k,n}}{w_{k,n}} \sin w_{k,n}t + a_{k,n} \cos w_{k,n}t \right) \quad k = n = 1, 2, \dots, \quad (13)$$

где

$$P_{k,n} = \frac{\mu^2 C_{k,n}}{8M\lambda_{k,n}^2} > 0, \quad w_{k,n} = \frac{\mu^2 B_{k,n}}{8M\lambda_{k,n}^2} - \frac{1}{16M\lambda_{k,n}} [\mu(\mu + 4L)\lambda_{k,n} - 16MS] > 0.$$

Подставляя значения  $T_{k,n}$  и  $T'_{k,n}$  в (12), получим

$$\begin{aligned} U_{k,n}(t) &= \frac{e^{-P_{k,n}t}}{2M\lambda_{k,n}} \left\{ \frac{1}{w_{k,n}} \left[ (B_{k,n} + a_{k,n}P_{k,n})(\lambda_{k,n}^2 L - MB_{k,n} + \mu P_{k,n} C_{k,n}) + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \mu a_{k,n} C_{k,n} w_{k,n}^2 \right] \sin w_{k,n}t + [\lambda_{k,n}^2 a_{k,n} L + \mu a_{k,n} B_{k,n} - \mu C_{k,n} B_{k,n}] \cos w_{k,n}t \right\}, \quad (14) \\ &\quad k = n = 1, 2, \dots. \end{aligned}$$

Таким образом оптимальные значения  $\Psi(\alpha, \beta, t)$ ,  $W(\alpha, \beta, t)$  и  $Q(\alpha, \beta, t)$  (4) определены.

Замечание [6]. Так как

$$\frac{\partial^8 \Psi}{\partial \alpha^{8-j} \partial \beta^j}, \quad \frac{\partial^6 \Psi}{\partial t^2 \partial \alpha^{4-i} \partial \beta^i} \quad (j=0, 1, \dots, 8), \quad (i=0, 1, \dots, 6)$$

принадлежат по крайней мере классу  $L_2([0,a] \times [0,b], [0,\infty])$ , т. е. ряды

$$\sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \left( k^{8-j} n^j a_{k,n} \right)^2, \quad j = 1, 2, \dots, 8, \quad (15)$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \left( k^{6-i} n^i b_{k,n} \right)^2, \quad i = 1, 2, \dots, 6,$$

сходятся [7], то двойные ряды

$$\sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{1}{w_{k,n}} \left( B_{k,n} + a_{k,n} P_{k,n} \right) \left( -B_k \mu + \lambda_{k,n}^2 L + \mu P_{k,n} C_{k,n} \right) + \mu a_{k,n} C_{k,n} w_{k,n}^2 \right\}^2,$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \lambda_{k,n}^2 a_{k,n} L - \mu a_{k,n} B_{k,n} - \mu C_{k,n} B_{k,n} \right\}^2$$

равномерно сходятся, а минимальное значение функционала (6)

$$\min J = \lambda \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \left( A_{k,n} a_{k,n} + 2 B_{k,n} a_{k,n} b_{k,n} + C_{k,n} b_{k,n}^2 \right)$$

ограничено.

Таким образом определенная функция  $Q(\alpha, \beta, t)$  принадлежит классу  $L_2$  и оптимально стабилизирует колебательное движение оболочки при минимизации значения функционала (6).

ЕГУ, Мансурский университет, Еспет.

Поступила 14.11.1995

#### ЛИТЕРАТУРА

- Саркисян В.С., Габриелян М.С., Юсиф Ю.Дж. Об оптимальной стабилизации прямоугольной пластинки на упругом основании. - Уч. зап. ЕГУ, 1992, № 1.
- Амбарцумян С.А. Теория анизотропных оболочек. М.: Госиздат физ.-мат. литературы, 1961.
- Саркисян В.С. Некоторые задачи математической теории упругости анизотропного тела. Ер.: Изд.-во ЕГУ, 1976.
- Габриелян М.С. О стабилизации механической системой-мощности континума. - Уч. записки ЕГУ, 1975, № 2.
- Летов А.М. Аналитическое конструирование регуляторов. - Автоматика и телемеханика, 1960, т. 21, № 4, 5, 6; 1961, т. 22, № 4.
- Юсиф Ю.Дж. Решение задачи оптимальной стабилизации цилиндрической оболочки. - Уч. зап. ЕГУ, 1989, № 2.
- Колмогоров А.М., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука 1976.

#### ՑՈՒՑԱԿԱՆ ՀԻՄՔԻ ՎՐԱ ԳԼԱՆԱՑԻՆ ԹԱՂԱՆԹԻ

#### ՕՊՏԻՄԱԼ ԿԱՅՈՒՆԱՑՄԱՆ ԽՆԴՐԻ ՀՈՒՄՈՒՄԸ

#### Ամփոփում

Հետազոտվում է ուղղանկյուն օրթոտրոպ գլանային թաղանթի տատանումների օպտիմալ կայունացման խնդիրը, որը եզրերով հոդակապորեն ամրացված է առաձըգական հիմքին: Թաղանթը կայունացվում է իր արտաքին մակերևույթի վրա կիրառված ղեկավարող ազդեցությամբ:

Խնդիրը լուծվում է ֆուրիեի մեթոդով, որից հետո ստացվում է անշատվող փոփոխականներով ըստ ժամանակի 2-րդ կարգի անվերջ սովորական դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգ: Որոշվում է յուրաքանչյուր հավասարման համար օպտիմալ ղեկավարող ազդեցությունը:

*Механика*

УДК 539.3

К.Л. АГАЯН, Д.Р. ТОРОСЯН

**КОНТАКТНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ УПРУГОЙ ПЛАСТИНЫ, УСИЛЕННОЙ СТРИНГЕРАМИ, ПЕРЕСЕКАЮЩИМИСЯ В ОДНОЙ ТОЧКЕ**

В работе рассматриваются две задачи для упругой бесконечной пластины, усиленной в первой задаче четырьмя одинаковыми бесконечными стрингерами а во второй - четырьмя одинаковыми конечными стрингерами. Отметим, что в обеих задачах стрингеры пересекаются в одной точке под ровным углом. Пластина деформируется под действием сил, приложенных к стрингерам, симметрично относительно их центра. Задача заключается в определении контактных усилий, действующих между стрингерами и пластиной.

С помощью преобразования Фурье первая задача сводится к решению функционально-разностных уравнений относительно трансформантов Фурье контактных сил. Даётся замкнутое решение этого функционального уравнения. Получены асимптотические формулы, характеризующие поведение контактных сил в окрестности центра и далёких от него точках стрингеров. Вторая же задача сводится к решению функционального уравнения типа Винера-Хопфа. Решение функционального уравнения строится сведением его к квазивполне регулярной совокупности бесконечных систем линейных алгебраических уравнений относительно вычетов трансформантов Фурье интенсивностей контактных усилий.

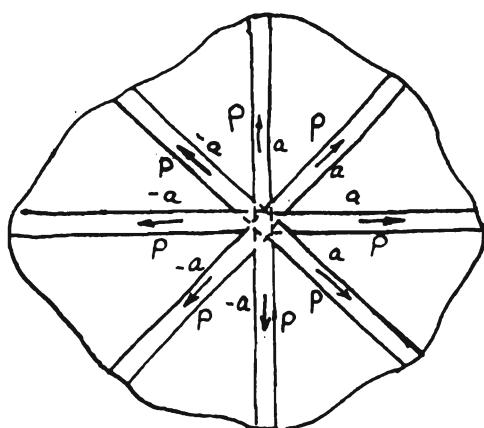


Рис.1.

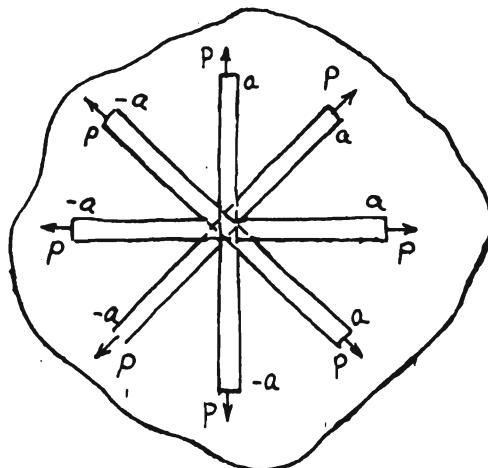


Рис.2.

1. Пусть упругая бесконечная пластина толщиной  $h$  усиlena четырьмя бесконечными стрингерами с модулями упругости  $E_s$  и с площадью поперечного сечения  $F_s$ . Пластина деформируется под действием сил  $P\delta(x \pm a)\delta(y)$ ,  $P\delta(x)\delta(y \pm a)$ ,  $P\delta(x \pm a)\delta(y \pm a)$  (рис. 1.2).

Относительно стрингеров принимается модель контакта по линии, т. е. считается, что контактные касательные усилия сосредоточены вдоль средней линии контактного участка, а для пластины предполагается, что во время деформации она находится в условиях обобщенного плоского напряженного состояния. Отметим также, что, исходя из симметричности задачи, следует рассматривать равновесие только стрингера, занимающего действительную ось.

В силу вышесказанного и при учете нечетности контактных касательных сил  $\tau(x)$  уравнение равновесия стрингера, расположенного на действительной оси, записывается в виде

$$\frac{dU^{(1)}(x)}{dx} = -\frac{1}{E_s F_s} \int_0^\infty \theta(t-x) \tau(t) dt + \frac{P}{E_s F_s} \theta(a-x),$$

где  $\theta(x)$  - функция Хевисайда,  $U^{(1)}(x)$  - перемещения точек стрингера.

С другой стороны, для пластины имеем

$$\begin{aligned} \frac{dU^{(2)}(x,0)}{dx} &= \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \left[ \frac{(3-\nu)(1+\nu)}{4Eh} \left( \frac{1}{t-x} + \frac{1}{t+x} + \sqrt{2} \left( \frac{t+x}{(t+x)^2+t^2} + \frac{t-x}{(t-x)^2+t^2} \right) \right) - \right. \\ &\quad - \frac{(1+\nu)^2}{2Eh} \left( \frac{t(t^2-x^2)}{(t^2+x^2)^2} + \sqrt{2} \left( \frac{t^2(t-x)}{((t-x)^2+t^2)^2} + \frac{t^2(t+x)}{((t+x)^2+t^2)^2} \right) \right) + \\ &\quad \left. + \frac{\sqrt{2}}{2} \left( \frac{t(t^2-(t-x)^2)}{((t-x)^2+t^2)^2} + \frac{t(t^2-(t+x)^2)}{((t+x)^2+t^2)^2} \right) \right] \tau(t) dt \quad (0 < x < \infty), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\nu$  - коэффициент Пуассона материала пластины, а  $E$  - ее модуль упругости,  $U^{(2)}(x,y)$  - перемещения точек пластины. Выше имели в виду нечетность функции  $\tau(x)$ .

Теперь, удовлетворив условия контакта

$$\frac{dU^{(1)}(x)}{dx} = \frac{dU^{(2)}(x,0)}{dx} \quad (0 < x < \infty),$$

получим

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_0^\infty & \left[ \frac{1}{t-x} + \frac{1}{t+x} + \sqrt{2} \left( \frac{t+x}{(t+x)^2+t^2} + \frac{t-x}{(t-x)^2+t^2} \right) - \right. \\ & - 2A \left( \frac{t(t^2-x^2)}{(t^2+x^2)^2} + \sqrt{2} \left( \frac{t^2(t-x)}{((t-x)^2+t^2)^2} + \frac{t^2(t+x)}{((t+x)^2+t^2)^2} \right) \right) + \end{aligned} \quad (2)$$

$$+\frac{\sqrt{2}}{2} \left( \frac{t(t^2 - (t-x)^2)}{\left((t-x)^2 + t^2\right)^2} + \frac{t(t^2 - (t+x)^2)}{\left((t+x)^2 + t^2\right)^2} \right) \right] \tau(t) dt = \\ = -\lambda_0 \int_0^\infty \theta(t-x) \tau(t) dt + \lambda_0 \theta(a-x) P \quad (0 < x < \infty),$$

где

$$A = \frac{1+\nu}{3-\nu}, \quad \lambda_0 = \frac{4Eh}{E_s F_s (3-\nu)(1+\nu)}.$$

Таким образом, задача свелась к решению сингулярного интегрального уравнения (2). Решение этого уравнения (2) ищем в классе функций, равных нулю при нулевом значении аргумента и суммируемых на полуоси  $[0, \infty)$ . Для решения уравнения (2) сделаем замену переменных  $t = al^\nu$ ,  $x = al^\nu$ , после чего, применив преобразования Фурье, задачу сведем к решению функционально-разностного уравнения

$$\bar{K}(\alpha) \bar{\tau}(\alpha) + \lambda \bar{\tau}(\alpha - i) = \lambda P_1 \quad (-1 < \operatorname{Im}\alpha < 0), \quad (3)$$

где

$$\bar{K}(\alpha) = \alpha - \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi\alpha}{2} + i(\alpha+i)A + 2^{\frac{i\alpha-1}{2}} \left[ (1+i(\alpha+i)A) \operatorname{ch} \frac{\pi\alpha}{4} - (i+(\alpha+i)A) \operatorname{sh} \frac{\pi\alpha}{4} \right]}{\operatorname{sh} \frac{\pi\alpha}{2}}, \\ P_1 = \frac{P}{\alpha}, \quad \lambda = \lambda_0 \alpha.$$

Решение уравнения (3) ищем в виде [1]:

$$\bar{\tau}(\alpha) = \frac{i\Gamma(i\alpha)}{\operatorname{ch} \frac{\pi\alpha}{2}} \bar{T}_1(\alpha), \quad \bar{\tau}(\alpha - i) = -\frac{\Gamma(1+i\alpha)}{\operatorname{sh} \frac{\pi\alpha}{2}} \bar{T}_1(\alpha - i), \quad (4)$$

где  $\Gamma(\alpha)$  - известная функция Гамма,  $\bar{T}_1(-i) = 0$ . Поставив выражения  $\bar{\tau}(\alpha)$ ,  $\bar{\tau}(\alpha - i)$  из (4) в (3), получим функциональное уравнение

$$\bar{B}_1(\alpha) \bar{T}_1(\alpha) - \lambda \bar{T}_1(\alpha - i) = \lambda P_1 \frac{\operatorname{sh} \frac{\pi\alpha}{2}}{\Gamma(1+i\alpha)} \quad (5)$$

при условии

$$\bar{T}_1(-i) = 0, \quad (6)$$

где

$$\bar{B}_1(\alpha) = \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi\alpha}{2} + i(\alpha+i)A + 2^{\frac{i\alpha-1}{2}} \left[ (1+i(\alpha+i)A) \operatorname{ch} \frac{\pi\alpha}{4} - (i+(\alpha+i)A) \operatorname{sh} \frac{\pi\alpha}{4} \right]}{\operatorname{ch} \frac{\pi\alpha}{2}} \\ (-1 < \operatorname{Im}\alpha < 0).$$

Далее, решение уравнения (5) при условии (6) строится методом, изложенным в работах [1-3], и имеет вид

$$\bar{T}_1(\alpha) = -\frac{P_1 i \lambda}{2 Y_1(\alpha)} \int_{i\tau-\infty}^{i\tau+\infty} [\operatorname{cth}\pi(\alpha-s) + \operatorname{cth}\pi s] \frac{\lambda^{-i(\alpha-s)} Y_1(s-i) \operatorname{sh} \frac{\pi s}{2}}{\Gamma(1+is)} ds$$

$$(-1 < \operatorname{Im}\alpha < \tau < 0),$$

где

$$Y_1(\alpha) = \exp \left[ -\frac{i}{2} \int_{i\tau-\infty}^{i\tau+\infty} (\operatorname{cth}\pi(\alpha-s) + \operatorname{cth}\pi s) \ln \bar{B}_1(s) ds \right] \quad (-1 < \operatorname{Im}\alpha < \tau < 0).$$

Итак, мы определили  $\tau(az)$ :

$$\tau(az) = \frac{1}{2\pi} \int_{i\tau-\infty}^{i\tau+\infty} \frac{i\Gamma(i\alpha)}{\operatorname{ch} \frac{\pi\alpha}{2}} \bar{T}_1(\alpha) z^{-i\alpha} d\alpha \quad (-1 < \tau < 0, 0 < z < \infty). \quad (7)$$

Для получения асимптотических формул для функции  $\tau(ax)$  при  $x \rightarrow 0$ ,  $x \rightarrow \infty$  исследуем полюса аналитического продолжения функции  $\bar{\tau}(\alpha)$ . Проще всего это сделать из уравнения (3) [1,4,5]. Исследования показывают, что функция  $\bar{\tau}(\alpha)$  имеет при  $\operatorname{Im}\alpha \leq -1$  полюса только в точках  $\alpha = -i(2n+1)$ ,  $\alpha = -i(2n+2)$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) с кратностями  $n$ , а при  $\operatorname{Im}\alpha \geq 0$  - полюса только в точках  $\alpha = \alpha_k + in$ ,  $\alpha = -\bar{\alpha}_k + in$  ( $k = 1, 2, 3, \dots$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ ) и притом простые, где  $\alpha_k$  - нули функции  $\bar{B}_1(\alpha)$ , расположенные в порядке  $0 < \operatorname{Im}\alpha_k < \operatorname{Im}\alpha_{k+1}$ , а  $\bar{\alpha}_k$  - сопряженные с  $\alpha_k$  и  $\bar{B}_1(-\bar{\alpha}_k) = 0$ .

Так как определили аналитические свойства функции  $\bar{\tau}(\alpha)$ , перейдем к вычислению интеграла в (7). Замыкая путь интегрирования сверху, получим формулу

$$\tau(az) = i \sum_{k=1}^{\infty} \left[ \left( \sum_{n=0}^{\infty} (-\lambda)^n b_{nk} z^{n-i\alpha_k} \right) A_{-1}^{(\alpha_k)} + \left( \sum_{n=0}^{\infty} (-\lambda)^n \tilde{b}_{nk} z^{n+i\bar{\alpha}_k} \right) A_{-1}^{(-\bar{\alpha}_k)} \right] \quad (0 \leq z < 1), \quad (8)$$

а замыкая снизу -

$$\begin{aligned} \tau(az) = & -iA_{-1}^{(3)} z^{-3} - iA_{-1}^{(4)} z^{-4} - z^{-5} \left( iA_{-1}^{(5)} + A_{-2}^{(5)} \ln z \right) - z^{-6} \left( iA_{-1}^{(6)} + A_{-2}^{(6)} \ln z \right) + \\ & + O(z^{-7} (1 + \ln z + \ln z^2)) \end{aligned} \quad \text{при } z \rightarrow \infty, \quad (9)$$

где

$$\operatorname{Res}_{\alpha=\alpha_k} \bar{\tau}(\alpha) = \operatorname{Res} \bar{\tau}(\alpha_k) = A_{-1}^{(\alpha_k)}, \quad \operatorname{Res} \bar{\tau}(-\bar{\alpha}_k) = A_{-1}^{(-\bar{\alpha}_k)},$$

$$\operatorname{Res} \bar{\tau}(\alpha_k + in) = (-\lambda)^n b_{nk} A_{-1}^{(\alpha_k)}, \quad \operatorname{Res} \bar{\tau}(-\bar{\alpha}_k + in) = (-\lambda)^n \tilde{b}_{nk} A_{-1}^{(-\bar{\alpha}_k)},$$

$$b_{nk} = \prod_{l=1}^n [\bar{K}(\alpha_k + il)]^{-1}, \quad \tilde{b}_{nk} = \prod_{l=1}^n [\bar{K}(-\bar{\alpha}_k + il)]^{-1}, \quad b_{0k} = \tilde{b}_{0k} = 1,$$

$$\begin{aligned}
A_{-1}^{(\alpha_k)} &= \frac{\lambda(P_1 - \bar{\tau}(\alpha_k - i)) \operatorname{sh} \frac{\pi \alpha_k}{2}}{\alpha_k \beta'(\alpha_k)}, \quad A_{-1}^{(-\bar{\alpha}_k)} = \frac{\lambda(P_1 - \bar{\tau}(-\bar{\alpha}_k - i)) \operatorname{sh} \frac{\pi \bar{\alpha}_k}{2}}{\bar{\alpha}_k \beta'(-\bar{\alpha}_k)}, \\
A_{-1}^{(k)} &= \operatorname{Res} \bar{\tau}(-ki) \quad (k = 3, 4, 5, 6), \quad A_{-2}^{(k)} = \lim_{\alpha=-ik} [(\alpha + ik)^2 \bar{\tau}(\alpha)] \quad (k = 5, 6), \\
A_{-1}^{(3)} &= \frac{4i(1 + \sqrt{2})(1 - A)P_1}{\pi \lambda}, \quad A_{-1}^{(4)} = \frac{24i(A - \sqrt{2})(1 - A)(1 + \sqrt{2})P_1}{\pi \lambda^2}, \\
A_{-1}^{(5)} &= \frac{8i(1 + 3A)(1 - 2\sqrt{2})}{\pi \lambda} A_0^{(4)} - \frac{A(7 - 26\sqrt{2} + 6\sqrt{2}\pi) + (1 - 6\sqrt{2} + 2\sqrt{2}\pi)}{\pi \lambda} A_{-1}^{(4)}, \\
A_{-1}^{(6)} &= -A_{-1}^{(5)} \frac{\bar{K}(-5i)}{\lambda} - A_{-2}^{(5)} \frac{d\bar{K}(\alpha)}{d\alpha} \Big|_{\alpha=-5i}, \quad A_{-2}^{(5)} = \frac{8i(1 + 3A)(1 - 2\sqrt{2})}{\pi \lambda} A_{-1}^{(4)}, \\
A_{-2}^{(6)} &= -\frac{\bar{K}(-5i)}{\lambda} A_{-2}^{(5)}, \quad A_0^{(4)} = \frac{d}{d\alpha} [(\alpha + 4i)\bar{\tau}(\alpha)] \Big|_{\alpha=-4i}, \\
\beta(\alpha) &= \operatorname{ch} \frac{\pi \alpha}{2} + i(\alpha + i)A + 2^{\frac{i\alpha-1}{2}} \left[ (1 + i(\alpha + i)A) \operatorname{ch} \frac{\pi \alpha}{4} - (i + (\alpha + i)A) \operatorname{sh} \frac{\pi \alpha}{4} \right].
\end{aligned}$$

Осталось вычислить  $A_0^{(4)}$ . После вычисления  $A_0^{(4)}$  вычеты  $A_{-1}^{(5)}$  и  $A_{-1}^{(6)}$  будут даваться в конечном виде. Дифференцируя обе части равенства (3) и подставляя  $\alpha = -i$ , получим

$$A_1^{(2)} = -\frac{\bar{\tau}(-i)}{\lambda} \frac{d\bar{K}(\alpha)}{d\alpha} \Big|_{\alpha=-i},$$

где

$$A_1^{(2)} = \frac{d\bar{\tau}(\alpha-i)}{d\alpha} \Big|_{\alpha=-i} = \frac{d\bar{\tau}(\alpha)}{d\alpha} \Big|_{\alpha=-2i}.$$

Далее, умножив обе части равенства (3) на  $\alpha + ik$  ( $k = 2, 3$ ), после чего дифференцировав, положим  $\alpha = -ik$ . В итоге получим

$$\begin{aligned}
A_0^{(3)} &= \frac{1}{\lambda} \left[ \lambda P_1 - P_1 \frac{d}{d\alpha} [(\alpha + 2i)\bar{K}(\alpha)] \Big|_{\alpha=-2i} \right] - A_1^{(2)} [\bar{K}(\alpha)(\alpha + 2i) \Big|_{\alpha=-2i}], \\
A_0^{(4)} &= \frac{1}{\lambda} \left[ \lambda P_1 - \bar{K}(-3i) A_0^{(3)} - A_{-1}^{(3)} \frac{d\bar{K}(\alpha)}{d\alpha} \Big|_{\alpha=-3i} \right],
\end{aligned}$$

где

$$A_0^{(3)} = \frac{d}{d\alpha} [(\alpha + 3i)\bar{\tau}(\alpha)] \Big|_{\alpha=-3i}.$$

Отметим, что все вышеприведенные коэффициенты вычислены с помощью (3).

2. Здесь в отличие от первого пункта рассмотрим случай стрингера, расположенного на отрезке  $(-a < x < a)$  действительной оси. Уравнение равновесия указанного стрингера в данном случае запишется в виде

$$\frac{du^{(1)}(x)}{dx} = -\frac{1}{E_s F_s} \int_0^a \theta(t-x) \tau(t) dt + \frac{P}{E_s F_s},$$

а выражение для деформации бесконечной пластины получается, если в (1) заменить пределы интегрирования  $(0, \infty)$  на  $(0, a)$ , а потом, удовлетворив условиям контакта на интервале  $(0 < x < a)$  и продолжив его в область  $a < x < \infty$ , получим

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \left[ \frac{1}{t-x} + \frac{1}{t+x} + \sqrt{2} \left( \frac{t+x}{(t+x)^2 + t^2} + \frac{t-x}{(t-x)^2 + t^2} \right) - \right. \\ & - 2A \left( \frac{t(t^2 - x^2)}{(t^2 + x^2)^2} + \sqrt{2} \left( \frac{t^2(t-x)}{((t-x)^2 + t^2)^2} + \frac{t^2(t+x)}{((t+x)^2 + t^2)^2} \right) + \right. \\ & \left. \left. + \frac{\sqrt{2}}{2} \left( \frac{t(t^2 - (t-x)^2)}{((t-x)^2 + t^2)^2} + \frac{t(t^2 - (t+x)^2)}{((t+x)^2 + t^2)^2} \right) \right) \right] \tau_-(t) dt = \\ & = -\lambda_0 \theta(a-x) \int_0^\infty \theta(t-x) \bar{\tau}_-(t) dt + \lambda_0 P \theta(a-x) + g_+(x) \quad (0 < x < \infty), \end{aligned} \quad (10)$$

где

$$\tau_-(x) = \theta(a-x) \tau(x), \quad g_+(x) = \frac{4Eh}{(3-\nu)(1+\nu)} \frac{\partial u^{(2)}(x,0)}{\partial x} \theta(x-a).$$

После замены в (10)  $x = al^\nu$ ,  $t = al^\mu$  и применения преобразования Фурье получим

$$\bar{K}^{(1)}(\alpha) \bar{\tau}_-(\alpha) + \frac{\lambda}{\alpha} \bar{\tau}_-(\alpha - 1) = \frac{\lambda P_1}{\alpha} + i \bar{g}_+(\alpha) \quad (-1 < \operatorname{Im}\alpha < 0), \quad (11)$$

где

$$\bar{K}^{(1)}(\alpha) = \frac{\bar{K}(\alpha)}{\alpha}, \quad \bar{\tau}_-(\alpha) = \int_{-\infty}^\infty \tau_-(al^u) l^{i\alpha u} du, \quad \bar{g}_+(\alpha) = \int_{-\infty}^\infty g_+(al^u) l^{i\alpha u} du,$$

$\bar{\tau}_-(\alpha)$  регулярна при  $\operatorname{Im}\alpha < 0$ , а  $\bar{g}_+(\alpha)$  - при  $\operatorname{Im}\alpha > -1$ . Применим к (11) метод Винера-Хопфа [6]. Для этого, поступая аналогичным образом [7], получим

$$\bar{\tau}_-(\alpha) + \frac{\lambda \bar{\Phi}_-(\alpha)}{\alpha \bar{K}_-^{(1)}(\alpha)} = \frac{\lambda [P_1 - \bar{K}_+^{(1)}(0) \bar{\Phi}_+(0)]}{\alpha \bar{K}_-^{(1)}(\alpha) \bar{K}_+^{(1)}(0)}, \quad (12)$$

где

$$\bar{K}^{(1)}(\alpha) = \bar{K}_+^{(1)}(\alpha) \bar{K}_-^{(1)}(\alpha), \quad \bar{K}_+^{(1)}(\alpha) = \bar{M}_+(\alpha) \bar{L}_+(\alpha),$$

$$\bar{K}_-^{(1)}(\alpha) = \bar{M}_-(\alpha) \bar{L}_-(\alpha), \quad \bar{M}_+(\alpha) = \sqrt{2} \frac{\Gamma\left(1 - \frac{i\alpha}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} - \frac{i\alpha}{2}\right)},$$

$$\begin{aligned}
\bar{M}_-(\alpha) &= \frac{\sqrt{2}}{\alpha} \frac{\Gamma\left(1 + \frac{i\alpha}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{2} + \frac{i\alpha}{2}\right)}, \quad \bar{L}_+(\alpha) = \int_0^\infty L(u) e^{i\alpha u} du, \\
\bar{L}_-(\alpha) &= \int_{-\infty}^0 L(u) e^{i\alpha u} du, \quad \bar{\Phi}(\alpha) = \bar{\Phi}_+(\alpha) + \bar{\Phi}_-(\alpha) = \frac{\bar{\tau}_-(\alpha - i)}{\bar{K}_+^{(1)}(\alpha)}, \\
\bar{\Phi}_+(\alpha) &= \int_0^\infty \Phi(u) e^{i\alpha u} du, \quad \bar{\Phi}_-(\alpha) = \int_{-\infty}^0 \Phi(u) e^{i\alpha u} du, \\
L(u) &= \frac{1}{2\pi} \int_{i\tau-\infty}^{i\tau+\infty} \ln \left[ 1 + \frac{i(\alpha+i)A + 2^{\frac{i\alpha-1}{2}} \left[ (1+i(\alpha+i)A) \operatorname{ch} \frac{\pi\alpha}{4} - (i+(\alpha+i)A) \operatorname{sh} \frac{\pi\alpha}{4} \right]}{\operatorname{ch} \frac{\pi\alpha}{2}} \right] e^{-i\alpha u} d\alpha \\
&\quad (-1 < \tau < 0), \\
\Phi(u) &= \frac{1}{2\pi} \int_{i\tau-\infty}^{i\tau+\infty} \bar{\Phi}(\alpha) e^{-i\alpha u} d\alpha \quad (-1 < \tau < 0),
\end{aligned}$$

$\bar{\Phi}_+(\alpha)$ ,  $\bar{L}_+(\alpha)$ ,  $\bar{M}_+(\alpha)$  регулярны при  $\operatorname{Im}\alpha > -1$ , а  $\bar{\Phi}_-(\alpha)$ ,  $\bar{L}_-(\alpha)$ ,  $\bar{M}_-(\alpha)$  - при  $\operatorname{Im}\alpha < 0$ .

Как нетрудно видеть из (11), имеем полюса только в точках  $\alpha = \alpha_k + in$ ,  $\alpha = -\bar{\alpha}_k + in$ ,  $\bar{\alpha}_k$  - сопряженное с  $\alpha_k$  число, притом простое. Причем  $0 < \operatorname{Im}\alpha_k < \operatorname{Im}\alpha_{k+1}$ ,  $\operatorname{Re}\alpha_k > 0$ ,  $\bar{K}^{(1)}(\alpha_k) = 0$ ,  $\bar{K}^{(1)}(-\bar{\alpha}_k) = 0$ , ( $k = 1, 2, \dots$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots$ ).

Исходя из сказанного,  $\tau(a, z)$  представим в виде

$$\tau(az) = i \sum_{k=1}^{\infty} \left[ \left( \sum_{n=0}^{\infty} (-\lambda)^n b_{nk} z^n \right) B_k z^{-i\alpha_k} + \left( \sum_{n=0}^{\infty} (-\lambda)^n b_{nk}^* z^n \right) C_k z^{i\bar{\alpha}_k} \right], \quad (13)$$

где

$$\begin{aligned}
B_k &= \underset{\alpha=\alpha_k}{\operatorname{Res}} \bar{\tau}_-(\alpha), \quad C_k = \underset{\alpha=-\bar{\alpha}_k}{\operatorname{Res}} \bar{\tau}_-(\alpha), \quad \underset{\alpha=\alpha_k+in}{\operatorname{Res}} \bar{\tau}_-(\alpha) = (-\lambda)^n b_{nk} B_k, \\
\underset{\alpha=-\bar{\alpha}_k+in}{\operatorname{Res}} \bar{\tau}_-(\alpha) &= (-\lambda)^n b_{nk}^* C_k, \quad b_{nk} = \prod_{l=1}^n \left[ \bar{K}^{(1)}(\alpha_k + il)(\alpha_k + il) \right]^{-1}, \\
b_{nk}^* &= \prod_{l=1}^n \left[ \bar{K}^{(1)}(-\bar{\alpha}_k + il)(-\bar{\alpha}_k + il) \right]^{-1}, \quad b_{0k} = b_{0k}^* = 1.
\end{aligned}$$

В (13) допускается, что все  $\alpha_k$  комплексные. В случае мнимых  $\alpha_k$  в (13) вместо  $C_k$  надо положить нуль. Как в работе [7], не останавливаясь на подробностях, для неизвестных коэффициентов  $B_k$ ,  $C_k$  получим следующую совокупность бесконечных систем линейных алгебраических уравнений

$$B_k + \frac{\lambda \bar{K}_+^{(1)}(\alpha_k) \operatorname{sh} \frac{\pi \alpha_k}{2}}{\alpha_k \beta'(\alpha_k)} \sum_{m=1}^{\infty} \left[ K_{mk}^{(1)} B_k + K_{mk}^{(2)} C_k \right] = f_k^{(1)}, \quad (14)$$

$$C_k + \frac{\lambda \bar{K}_+^{(1)}(-\bar{\alpha}_k) \operatorname{sh} \frac{\pi \bar{\alpha}_k}{2}}{\bar{\alpha}_k \beta'(-\bar{\alpha}_k)} \sum_{m=1}^{\infty} \left[ K_{mk}^{(3)} B_k + K_{mk}^{(4)} C_k \right] = f_k^{(2)}, \quad (15)$$

где

$$\begin{aligned} f_k^{(1)} &= \frac{\lambda \bar{K}_+^{(1)}(\alpha_k) \operatorname{sh} \frac{\pi \alpha_k}{2}}{\alpha_k \beta'(\alpha_k) \bar{K}_+^{(1)}(0)} \left[ P_1 - \bar{K}_+^{(1)}(0) \bar{\Phi}_+(0) \right], \\ f_k^{(2)} &= \frac{\lambda \bar{K}_+^{(1)}(-\bar{\alpha}_k) \operatorname{sh} \frac{\pi \bar{\alpha}_k}{2}}{\bar{\alpha}_k \beta'(-\bar{\alpha}_k) \bar{K}_+^{(1)}(0)} \left[ P_1 - \bar{K}_+^{(1)}(0) \bar{\Phi}_+(0) \right], \\ \bar{\Phi}_-(\alpha) &= \sum_{k=1}^{\infty} \left[ \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\lambda)^n [\bar{K}_+^{(1)}(\alpha_k + in + i)]^{-1} b_{nk}}{\alpha - \alpha_k - in - i} \right] B_k + \\ &\quad + \sum_{k=1}^{\infty} \left[ \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\lambda)^n [\bar{K}_+^{(1)}(-\bar{\alpha}_k + in + i)]^{-1} b_{nk}^*}{\alpha + \bar{\alpha}_k - in - i} \right] C_k, \\ K_{mk}^{(1)} &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\lambda)^n [\bar{K}_+^{(1)}(\alpha_m + in + i)]^{-1} b_{nm}}{\alpha_k - \alpha_m - in - i}, \quad K_{mk}^{(2)} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\lambda)^n [\bar{K}_+^{(1)}(-\bar{\alpha}_m + in + i)]^{-1} b_{nm}^*}{\alpha_k + \bar{\alpha}_m - in - i}, \\ K_{mk}^{(3)} &= - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\lambda)^n [\bar{K}_+^{(1)}(\alpha_m + in + i)]^{-1} b_{nm}}{\bar{\alpha}_k + \alpha_m + in + i}, \quad K_{mk}^{(4)} = - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\lambda)^n [\bar{K}_+^{(1)}(-\bar{\alpha}_m + in + i)]^{-1} b_{nm}^*}{\bar{\alpha}_k - \bar{\alpha}_m + in + i}. \end{aligned}$$

Постоянная  $\bar{\Phi}_+(0)$  определяется из (12), если положить  $\alpha = -i$ . Квазиполная регулярность совокупности бесконечных систем (14) (15) следует из оценок

$$\sum_{m=1}^{\infty} \left| K_{mk}^{(1)} \right| < \infty \quad \left| \frac{\bar{K}_+^{(1)}(\alpha_k) \operatorname{sh} \frac{\pi \alpha_k}{2}}{\alpha_k \beta'(\alpha_k)} \right| < \frac{\text{const}}{\sqrt{k}} \quad (k \rightarrow \infty).$$

При мнимых  $\alpha_j$  в (14) надо положить  $C_j = 0$  и не рассматривать (14) при  $k = j$ .

Институт механики НАН Армении, ЕГУ

Поступила 8.12.1995

#### ЛИТЕРАТУРА

- Григорян Э.Х. , Торосян Д.Р. Задача для упругой бесконечной пластины, усиленной крестообразным бесконечным стрингером. - Изв. НАН РА. Механика, 1994, т. 47, № 1-2, с. 3-13.
- Григорян Э.Х. Решение задачи упругого конечного включения, выходящего на границу полуплоскости. - Уч. записки ЕГУ, 1981, № 3.
- Kolter W.T. On the Diffusion of Load from a Stiffener into a Sheet. - The Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics, 1955, v. 8, № 2, p. 164-178.
- Григорян Э.Х. Об одном подходе решению задач для упругой полуплоскости, содержащей упругое конечное включение, выходящее на границу полуплоскости. - Межвузовский сборник научных трудов, Механика, Ер., Изд-во ЕГУ, 1987, № 6, с. 127-133.

5. Григорян Э.Х. О решении контактной задачи для упругой полуплоскости, граница которой усиlena двумя полубесконечными накладками. - Межвуз. сб. научных трудов, Механика, Ер., Изд-во ЕГУ, 1991, № 8.
6. Нобл Б. Метод Винера-Хопфа, ИЛ: М., 1962.
7. Григорян Э.Х., Торосян Д.Р. Контактная задача для упругой бесконечной пластины, усиленной крестообразным конечным стрингером. - Изв. НАН РА. Механика, 1994, т. 47, № 5-6, с. 30-40.

Կ.Լ. ԱՂՋԹԱՆ, Դ.Ռ. ԹՈՐՈՍՅԱՆ

**ՄԻ ԿԵՑՈՒՄ ՀԱՏՎՈՂ ՎԵՐԱԴԻՐՆԵՐՈՎ ՈՒԺԵՂԱՑՎԱԾ  
ԱՆՎԵՐՋ ԱՌԱՋԳԱԿԱՆ ՍԱԼԻ ԿՈՆՑԱԿՑԱՅԻՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐ**

**Ա. Վ Փ Ո Վ Ո Ւ**

Աշխատանքում դիտարկված են երկու խնդիրներ անվերջ առաձգական սալի համար, որը ուժեղացված է մի կետում հատվող չորս անվերջ վերադիրներով՝ առաջին խնդրում և չորս վերշավոր վերադիրներով՝ երկրորդ խնդրում:

Ստացվել է առաջին խնդրի փակ լուծումը՝ ինչպես նաև ասխմպտուիկ բանաձևեր, որոնք բնութագրում են կոնտակտային ուժերի վարքը վերադիրի կենտրոնի և նրանից հեռու կետերում: Երկրորդ խնդիրը բերվել է քվազիլիովին ռեֆուլյար անվերջ գծային հանրահաշվական հավասարումների համակարգի համախմբության կոնտակտային ուժերի ֆուրիեի տրամաֆորմանտների մնացքների նկատմամբ:

**Физика**

УДК 532. 783. 535

А.А. ГЕВОРГЯН, А.М. СЕДРАКЯН

**ОБ ОСОБЕННОСТЯХ УСИЛЕНИЯ ПОВОРОТА ПЛОСКОСТИ  
ПОЛЯРИЗАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ АЗИМУТА ПОЛЯРИЗАЦИИ  
СВЕТА В АНИЗОТРОПНЫХ СРЕДАХ ПРИ НАЛИЧИИ  
ПОГЛОЩЕНИЯ И ДИСПЕРСИИ**

Решены некоторые прямые задачи теории азимутальной неоднородности. Рассматривается случай прохождения света через анизотропную пластинку при наличии поглощения и дисперсии. Результаты представлены в виде графиков. Обсуждаются возможности улучшения разрешающей способности усилителя поворота плоскости поляризации.

Усилинию поворота плоскости поляризации и стабилизации азимута поляризации посвящены [1-3] основополагающие работы. Дальнейшее развитие теория азимутальной неэквивалентности получила в работах [4-10]. В работе [9] показано, что в общем случае усиление поворота плоскости поляризации света достигается или за счет уменьшения интенсивности света или за счет увеличения эллиптичности поляризации. В работе [10] предлагается метод усиления поворота плоскости поляризации с применением двухслойной пластиинки.

Ниже приведены результаты детального исследования влияния поглощения и дисперсии на усиление поворота плоскости поляризации и стабилизации азимута поляризации в анизотропных средах при наличии поглощения и дисперсии.

**1. Методика вычисления.** Будем изучать зависимость величин  $|f_m|_{\max}$ ,  $\Theta_{m,\max}$ ,  $R_{\max}$ ,  $T_{\max}$ ,  $\varphi_{m,\max}$ ,  $P_{m,\max}$  от длины волны падающего света в случае нормального падения света на поглощающую анизотропную пластинку. Здесь  $m = r, t$ , где индексами  $r$  и  $t$  обозначены соответствующие величины отраженного и прошедшего света,  $|f_m|_{\max}$  - это максимальное значение величины  $|f_m|$  при изменении азимута поляризации падающего света в интервале от 0 до  $90^\circ$ ;  $\psi_m$  - азимут поляризации отраженного ( $m=r$ ) или прошедшего ( $m=t$ ) света,  $\Theta_{m,\max}$ ,  $T_{\max}$ ,  $R_{\max}$ ,  $\varphi_{m,\max}$ ,  $P_{m,\max}$  - значения эллиптичности, коэффициента пропускания, коэффициента отражения, азимута поляризации падающего света и разрешающей способности соответственно, при  $|f_m|=|f_m|_{\max}$  (более полную информацию об определении этих параметров можно получить из [9]).

Как показано в [9], эти зависимости при отсутствии поглощения света имеют осцилляционный характер, причем различаются два вида осцилляций. Периоды этих осцилляций, напр., по длине волны приблизительно определяются по формулам  $\Delta\lambda_1 \sim \lambda^2/\bar{n}d$ ,  $\Delta\lambda_2 \sim \lambda^2/\Delta nd$ , где  $\bar{n} = (n_x + n_y)/2$ ,  $\Delta n = (n_x - n_y)/2$ . При  $n_x = 1.5514$ ,  $n_y = 1.5423$ ,  $d=1\text{мм}$  величина  $\Delta\lambda_1 \sim 25\text{A}^\circ$ , а  $\Delta\lambda_2 \sim 400\text{A}^\circ (\lambda \sim 0.6\text{мкм})$ . Здесь  $n_x$ ,  $n_y$  - коэффициенты преломления обыкновенной и необыкновенной волны соот-

ветственно,  $d$  - толщина пластиинки,  $\lambda$  - длина волны в вакууме.

Исследованы зависимости вышеуказанных величин от длины волны в интервале от  $\lambda_1 = 0.595$  до  $\lambda_2 = 0.615 \text{ мкм}$ , что соответствует половине большого периода ( $\Delta\lambda_2$ ). Вычисления показывают, что аналогичные закономерности наблюдаются и в других интервалах длин волн. Шаг вычисления  $\Delta\lambda = 2 A''$ . Производится также усреднение этих величин по следующему закону:

$$\bar{X}(\lambda) = \frac{x(\lambda + \Delta\lambda) + x(\lambda + 2\Delta\lambda) + x(\lambda) + x(\lambda - 2\Delta\lambda) + x(\lambda - \Delta\lambda)}{5}. \quad (1)$$

**2. Результаты расчетов.** Результаты представлены в виде графиков. Сначала рассмотрим влияние постоянного, не зависящего от частоты поглощения на ход зависимостей величин  $S_t = \ln(|f|_{\max})$ ,  $\Theta_{t,\max}$ ,  $\Phi_{t,\max}$  от длины волны, т. е. будем предполагать, что данный интервал длин волн находится далеко от линий поглощения, так что изменением поглощения в зависимости от длины волны можно пренебречь.

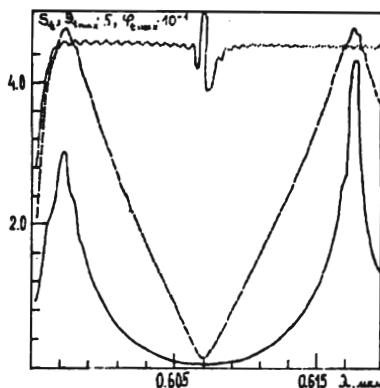


Рис. 1.

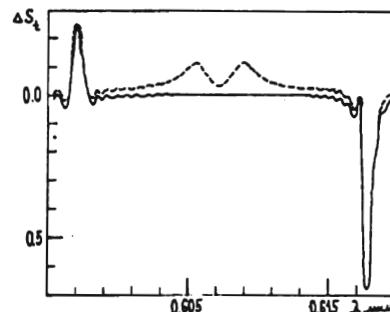


Рис. 2.

На рис. 1 представлены зависимости  $S_t$  (сплошная линия),  $\Theta_{t,\max}$  (штриховая линия) и  $\Phi_{t,\max}$  (пунктирная линия) от длины волны при отсутствии поглощения.

На рис. 2 представлены кривые зависимости величин  $\Delta S_{t,1} = S_t(\chi_x = \chi_y = 0.001) - S_t(\chi_x = \chi_y = 0)$  (сплошная линия),  $\Delta S_{t,2} = S_t(\chi_x = 0.002, \chi_y = 0) - S_t(\chi_x = \chi_y = 0)$  (штриховая линия) от длины волны. Отметим, что зависимость  $\Delta S_{t,3} = S_t(\chi_x = 0, \chi_y = 0.002) - S_t(\chi_x = \chi_y = 0)$  от  $\lambda$  практически не отличается от зависимости  $\Delta S_{t,2}$  от  $\lambda$ .

Здесь  $\chi_x$  и  $\chi_y$  - коэффициенты затухания обычновенной и необыкновенной волн соответственно.

Как видно из рис. 2, на длинах волн 0.597 и 0.6175 мкм существуют пики. Если на длине волн  $\lambda = 0.597 \text{ мкм}$  поглощение приводит к увеличению значения максимального усиления, то на длине волн  $\lambda = 0.6175 \text{ мкм}$  оно приводит к уменьшению значения максимального усиления. При анизотропном поглощении появляются дополнительные положительные пики на длинах волн  $\lambda = 0.6053$  и  $= 0.6099 \text{ мкм}$ . Анизотропия поглощения существенно влияет на максимальное усиление. Это обусловлено тем, что в этом случае работают два механизма усиления, один - обусловлен

ленный анизотропией преломления, т. е. отличием  $n_x$  от  $n_y$ , другой - анизотропией поглощения, т. е. отличием  $\chi_x$  от  $\chi_y$ . Однако параметр  $S$ , практически не отличает один вид анизотропного поглощения (анизотропия обусловлена тем, что  $\chi_x > \chi_y$ ) от другого ( $\chi_x < \chi_y$ ).

На рис. 3(б) представлены кривые зависимости величин

$$\Delta\Theta_{t,\max,1} = \Theta_{t,\max}(\chi_x = \chi_y = 0.001) - \Theta_{t,\max}(\chi_x = \chi_y = 0) \text{ (сплошная),}$$

$$\Delta\Theta_{t,\max,2} = \Theta_{t,\max}(\chi_y = 0.002, \chi_x = 0) - \Theta_{t,\max}(\chi_x = \chi_y = 0) \text{ (штриховая)}$$

$$\Delta\Theta_{t,\max,3} = \Theta_{t,\max}(\chi_x = 0.002, \chi_y = 0) - \Theta_{t,\max}(\chi_x = \chi_y = 0) \text{ (пунктирная)}$$

от длины волны. Как видно из графиков, на краях рассматриваемого полупериода имеются положительные пики, т. е. на этих областях длин волн поглощение приводит к увеличению значения  $\Theta_{t,\max}$ .

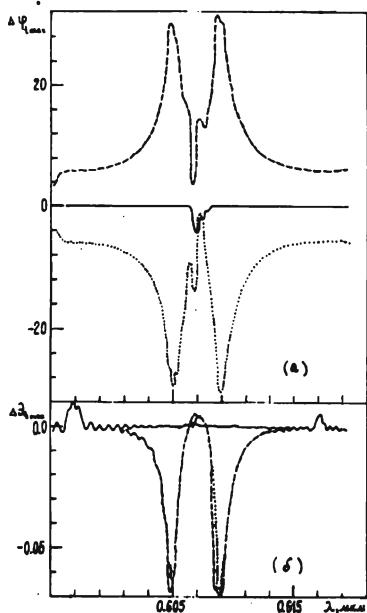


Рис. 3.

Это означает ухудшение разрешающей способности. Однако так как на коротковолновом крае максимальное усиление при наличии поглощения резко увеличивается, а коэффициент прохождения при этом мало уменьшается (это показывает расчет), то на этом крае поглощение приводит к улучшению разрешающей способности. На длинноволновом крае происходит резкое ухудшение разрешающей способности. На длинах волн  $\lambda = 0.6053 \mu\text{м}$  и  $\lambda = 0.6099 \mu\text{м}$   $\Delta\Theta_{t,\max,2}$  и  $\Delta\Theta_{t,\max,3}$  имеют большие отрицательные пики. Но на этих длинах волн улучшения разрешающей способности не происходит, несмотря на то, что величины  $\Delta S_{t,2}$  и  $\Delta S_{t,3}$  на этих длинах волн имеют положительные пики. Это обусловлено тем, что на этих длинах волн на азимутах, соответствующих максимальным значениям коэффициента усиления, коэффициент прохождения при наличии поглощения резко уменьшается. Надо отметить, что и значения максимального усиления на этих длинах волн, как видно из рис. 1, малы.

На рис. 3(а) представлены кривые зависимости величин

$$\Delta\varphi_{t,\max,1} = \varphi_{t,\max}(\chi_x = \chi_y = 0.001) - \varphi_{t,\max}(\chi_x = \chi_y = 0) \text{ (сплошная линия),}$$

$$\Delta\varphi_{t,\max,2} = \varphi_{t,\max}(\chi_x = 0, \chi_y = 0.002) - \varphi_{t,\max}(\chi_x = \chi_y = 0) \text{ (штриховая линия)}$$

$$\Delta\varphi_{t,\max,3} = \varphi_{t,\max}(\chi_x = 0.002, \chi_y = 0) - \varphi_{t,\max}(\chi_x = \chi_y = 0) \text{ (пунктирная линия)}$$

от длины волны. Влияние различных поглощений (т.е.  $\chi_x - \chi_y > 0$  или  $\chi_x - \chi_y < 0$ , или  $\chi_x = \chi_y \neq 0$ ) наиболее отчетливо выражено, как видно на рис. 3. Таким образом, параметр  $\varphi_{t,\max}$  наиболее чувствителен к влиянию поглощения. Такой ход зависимостей величин  $\Delta\varphi_{t,\max,2}$  и  $\Delta\varphi_{t,\max,3}$  от длины волны обусловлен тем, что, как уже отмечалось выше, при анизотропном поглощении работают два механизма усиления, один - обусловленный анизотропией преломления, другой - анизотропией пог-

лошения. Если анизотропия поглощения обусловлена тем, что  $\chi_x > \chi_y$ , то при отсутствии анизотропии преломления ( $n_x = n_y$ ) максимальное усиление получается на азимуте  $\phi_{\max} = 0$ . Поэтому при действии двух механизмов одновременно  $\phi_{\max}$  уменьшается, а  $\Delta\phi_{\max,3}$  становится отрицательной. Если же анизотропия поглощения обусловлена тем, что  $\chi_x < \chi_y$ , то при отсутствии анизотропии преломления, максимальное усиление получается на азимуте  $\phi_{\max} = \pi/2$ , и поэтому в общем случае, при действии двух механизмов усиления  $\phi_{\max}$  увеличивается, и  $\Delta\phi_{\max,2}$  становится всегда положительной.

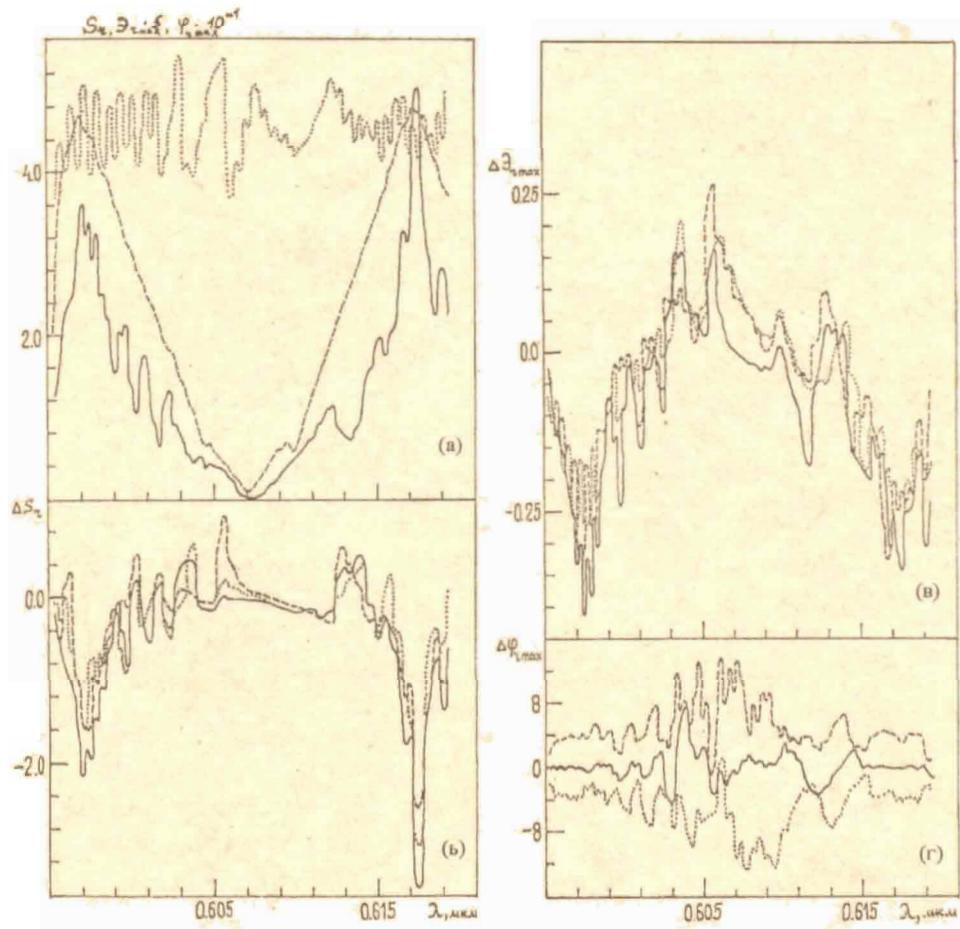


Рис. 4.

На рис. 4 (а,б,в,г,) представлены соответствующие зависимости для отраженного света. Сравнение этих рисунков с рис. 1,2,3(а,б) показывает, что параметры  $S_r$ ,  $\mathcal{E}_{r,\max}$  и  $\phi_{r,\max}$  более сложным образом зависят от длины волны, чем параметры  $S_i$ ,  $\mathcal{E}_{i,\max}$ ,  $\phi_{i,\max}$ . Это показывает, что фазовые параметры отраженного света  $S_r$ ,  $\mathcal{E}_{r,\max}$  и  $\phi_{r,\max}$  являются более чувствительными характеристиками по отношению к изменениям параметров среды, чем соответствующие параметры проходящего света.

Отметим, что все вычисления были сделаны для пластинки кристаллического

кварца с параметрами  $n_x = 15514$ ,  $n_y = 15423$ ,  $d = 1000 \text{ мкм}$ .

**3. Влияние дисперсионного поглощения.** Рассмотрим это влияние на азимутальную неэквивалентность при прохождении света через пластинку анизотропного кристалла, т. е. будем предполагать, что длина волны падающего на пластинку света находится вблизи линии поглощения. Представим главные значения тензора диэлектрической проницаемости в виде

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_x(-\omega) &= \mathcal{E}_x + \Delta\mathcal{E}(\omega)u_1, \\ \mathcal{E}_y(\omega) &= \mathcal{E}_y + \Delta\mathcal{E}(\omega)u_2,\end{aligned}\quad (2)$$

где

$\Delta\mathcal{E}(\omega) = A[(\omega_0^2 - \omega^2) + i\gamma\omega]^{-1}$ ,  $\omega_0 = 2\pi c/\lambda_0$ ,  $\omega = 2\pi c/\lambda$ ,  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$   $\lambda_0$  - длина волны линии поглощения,  $\gamma$  - полуширина линии поглощения. Для коэффициентов преломления и коэффициентов затухания получаем

$$\begin{aligned}n_{x,y} &= \sqrt{(\mathcal{E}'_{x,y} + \sqrt{\mathcal{E}'_{x,y}^2 + \Delta\mathcal{E}''^2})/2}, \\ \chi_{x,y} &= \Delta\mathcal{E}''/\sqrt{2(\mathcal{E}'_{x,y} + \sqrt{\mathcal{E}'_{x,y}^2 + \Delta\mathcal{E}''^2})},\end{aligned}\quad (3)$$

где  $\mathcal{E}'_{x,y} = \mathcal{E}_{x,y} + \Delta\mathcal{E}'$ ,  $\Delta\mathcal{E}' = \operatorname{Re}(\Delta\mathcal{E})$ ,  $\Delta\mathcal{E}'' = \operatorname{Im}(\Delta\mathcal{E})$ .

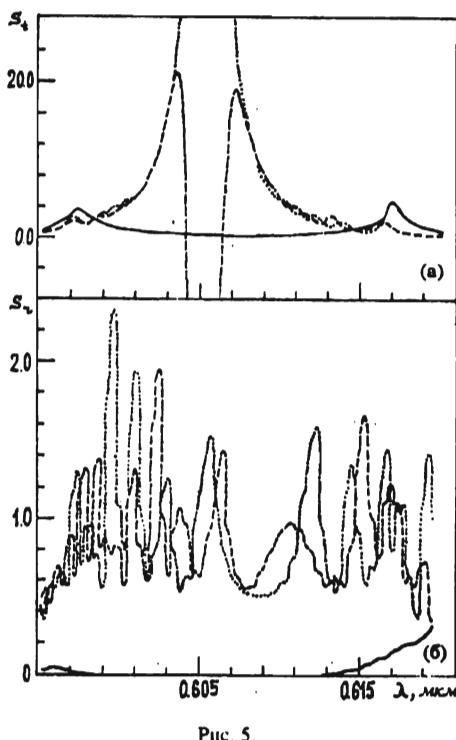


Рис. 5.

Кафедра общей физики

Поступила 26.04.1995

На рис. 5(а) представлены кривые зависимости  $S_t$  от длины волны при  $u_1 = u_2 = 1$  (сплошная кр.),  $u_1 = 1$ ,  $u_2 = 0$  (штриховая кр.) и  $u_1 = 0$ ,  $u_2 = 1$  (пунктирная кр.). Вблизи линии поглощения  $S_t$  не вычисляется, так как здесь поглощение получается большим и функции  $\operatorname{ch}\beta_{x,y}$  и  $\operatorname{sh}\beta_{x,y}$  принимают большие значения, выходящие за пределы возможностей ЭВМ.

На рис. 5(б) представлены кривые зависимости  $S_t$  от длины волны при  $u_1 = u_2 = 1$  (сплошная кр.),  $u_1 = 1$ ,  $u_2 = 0$  (штриховая кр.) и  $u_1 = 0$ ,  $u_2 = 1$  (пунктирная кр.).

Вычисления были сделаны при параметрах  $\mathcal{E}_x = 2.4068$ ,  $\mathcal{E}_y = 2.3787$ ,  $A = 0.1 \cdot 10^{28} \text{ с}^2$ ,  $\gamma = 10^{13} \text{ с}^{-1}$ ,  $d = 1 \text{ мм}$ ,  $\lambda_0 = 0.605 \text{ мкм}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Запасский В.С. ЖПС, 1982, т. 37, с. 181-186.
2. Свитаев К.К. и Хасанов Г. Опт. и спектр., 1983, т. 54, с. 538-539.
3. Ерицян О.С. Изв. АН АРМ ССР, Физика, 1984, т. 19, с. 70-73.
4. Ерицян О.С. Оптика гиротропных сред и холестерических жидкокристаллов. Ер.: Айастан, 1988, с. 336.
5. Геворгян А.А. Кандидатская диссертация, Ер.: 1987.
6. Ганапетян М.А., Геворгян А.А., Ерицян О.С., Никоян Ж.О. Изв. АН Арм. ССР, Физика, 1987, т. 22, с. 100-105.
7. Геворгян А.А. Уч. записки ЕГУ, 1986, № 3 (163), с. 47-55.
8. Геворгян А.А. Уч. записки ЕГУ, 1988, № 3 (169), с. 62-69.
9. Варданян Г.А., Геворгян А.А., Седракян А.М., Меграбян А.З. Уч. записки ЕГУ, 1993, № 1, с. 26-39.
10. Ерицян О.С. Изв. АН Арм ССР, Физика, 1991, т. 26, в. 3, с. 142-145.

Ա.Հ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ա.Մ. ՍԵԴՐԱԿՅԱՆ

ԼՈՒՑՍԻ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՀԱՐԹՈՒԹՅԱՆ ՊՏՈՒՅՏԻ  
ՈՒԺԵՂԱՑՄԱՆ ԵՎ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ԱԶԻՄՈՒՏԻ ԿԱՑՈՒՆԱՑՄԱՆ  
ԱՌԱՆՋՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԱՆԻՉՈՏՐՈՊ ՄԻԶԱՎԱՑՐՈԵՐՈՒՄ  
ԿԼԱՆՄԱՆ ԵՎ ԴԻՍՊԵՐՍԻԱՑԻ ԱՌԿԱՑՈՒԹՅԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ում

Լուծվել են ազիմուտալ աճհամասեռության տեսալրյան մի շարք ուղիղ խնդիրներ: Դիտարկված է անհզուրոպ միջավայրով լուսի անցման խնդիրը կլանման և դիսպերսիայի առկայության դեպքում: Արդյունքները ներկայացված են գրաֆիկների տեսքով: Գննարկված են լուծիչ ուժի լավացման հնարավորությունները:

Ֆիզիկա

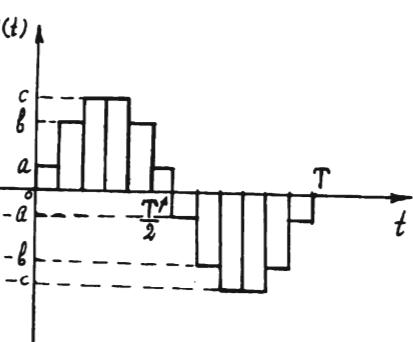
УДК 621. 3.032.621.385

Ա.Ա. ԱՐՁՈՒՄԱՆՅԱՆ, Հ.Ս. ԿԱՐԱՅԱՆ

### ԱՐԵՎԱԹԻՆ ՄԱՐՏԿՈՑԻ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՖՈՒՐՑԵ-ԶԵՎԱՓՈԽՆԻՉԻ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՈՒՄ

Արևային էլեկտրիկայի կարևորագույն խնդիրներից է մարտկոցի տված հաստատում հոսանքի էլեկտրիկայի ձևափոխումը փոփոխական սինուսուիդալ հոսանքի էլեկտրիկայի հնարավորին չափով փոքր հարմոնիկ կազմով, մեծ օ.գ.-ով և հաճախուրացնեած կայունությամբ [1-4]: Առաջարկված ձեռվափոխման տարբեր մեթոդների դեպքում կամ օ.գ.-ու է ցածր [5,6], կամ հարմոնիկների գործակիցն է մեծ [7-9]: Այդ պատճառով շատ կարևոր խնդիր է այս երկու պահանջմանը միաժամանակյա իրականացնեալը, ինչպես նաև հաճախուրացնեած կայունության ապահովումը, որոնց և նվիրված է սույն աշխատանքը:

Նկ. 1-ում պատկերված պարբերական աստիճանական ֆունկցիայի, որի մի պարբերության մեջ պարունակում է 12 ուղաճակունածների իմպուլս՝ միևնուն տևողությամբ և երեք տարբեր բարձրություններով, Ֆուրյեի վերլուծության գործակիցները հավասար են.



Նկ. 1:

Վերլուծության գործակիցները հավասար են.

$$b_{2k-1} = \frac{4}{\pi(2k-1)} \left[ a \left( 1 - \cos \frac{\pi(2k-1)}{6} \right) + b \left( \cos \frac{\pi(2k-1)}{6} - \cos \frac{\pi(2k-1)}{3} \right) + c \cos \frac{\pi(2k-1)}{3} \right], \quad (1)$$

$$b_{2k} \equiv 0, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

(1) արտահայտությամբ որոշվող վերլուծության գործակիցները հաստատում արտադրիչի ճշտությամբ կրկնվում են.

$$b_{2k+1} = \frac{2k-1}{2k+11} b_{2k-1}, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (3)$$

Այսինքն՝  $b_{11}$ -ից հետո եկող մնացած անդամները կրկնում են  $b_1$ -ից մինչև  $b_{11}$  անդամները:  $a, b, c$  մեծությունները ընտրենք այնպես, որ  $b_3, b_5, b_7, b_9$  հարմոնիկները լինեն զրո ( $(1)$ -ից հետևում է, որ  $b_{11}$ -ը հավասարեցնել զրոյի հնարավոր չէ).

$$a+b-c=0, \quad (4)$$

$$a(2+\sqrt{3})-b(1+\sqrt{3})+c=0: \quad (5)$$

(4)-ից և (5)-ից ստանում ենք (6) առնչությունը.

$$a:b:c = 1:(1+\sqrt{3}):(2+\sqrt{3}): \quad (6)$$

(4) և (5) պայմանների դեպքում (1) արտահայտությունից հարմոնիկների ամպլիտուդների համար ստանում ենք (7) արտահայտությունը.

$$b_{2k-1} = \frac{4a}{\pi(2k-1)} \left[ 1 + \cos \frac{\pi(2k-1)}{3} + \sqrt{3} \cos \frac{\pi(2k-1)}{6} \right], \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (7)$$

որտեղից սինուսիդի (առաջին հարմոնիկի) ամպլիտուդայի համար ստանում ենք

$$b_1 = \frac{12a}{\pi} = \frac{12b}{\pi(1+\sqrt{3})} = \frac{12c}{\pi(2+\sqrt{3})}, \quad (8)$$

այսինքն՝ գործնականում առաջին հարմոնիկի ամպլիտուդան հավասար է երրորդ ուղղանկյունաձև իմպուլսի բարձրությանը:

Սինուսիդի և աստիճանաձև ազդանշանի էներգիաների հարաբերությունը որոշվում է (9) արտահայտությամբ.

$$\eta = \frac{(12a/\pi\sqrt{2})^2}{\left[ 1 + (1+\sqrt{3})^2 + (2+\sqrt{3})^2 \right] \frac{a^2}{3}} = \frac{216}{\pi^2 (12 + 6\sqrt{3})}; \quad (9)$$

Հարմոնիկների գործակցի համար ստանում ենք (10) արտահայտությունը.

$$K = \frac{1}{b_1} \left[ \frac{4}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} U^2(t) dt - b_1^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{(8+4\sqrt{3}\pi^2-144)}}{12}; \quad (10)$$

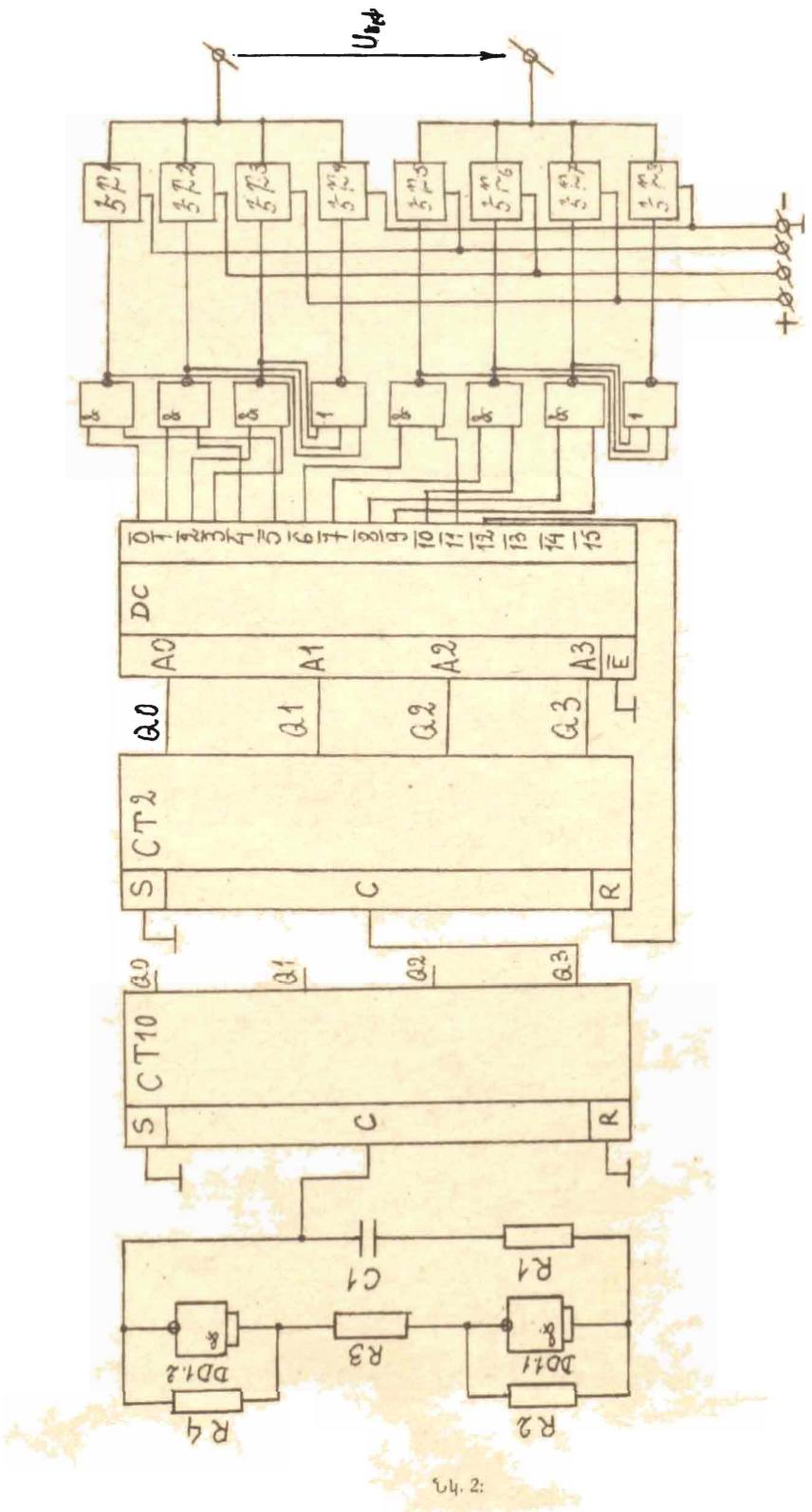
Նշված մեթոդով մեկ պարբերության մեջ 24 իմպուլսների դեպքում, որոնք ունեն 6 տարբեր բարձրություններ, համապատասխան մեծությունների համար ստանում ենք

$$\begin{aligned} b_{2k-1} = & \frac{4}{\pi(2k-1)} \left[ a \left( 1 - \cos \frac{\pi(2k-1)}{12} \right) + b \left( \cos \frac{\pi(2k-1)}{12} - \cos \frac{\pi(2k-1)}{6} \right) + \right. \\ & + c \left( \cos \frac{\pi(2k-1)}{6} - \cos \frac{\pi(2k-1)}{4} \right) + d \left( \cos \frac{\pi(2k-1)}{4} - \cos \frac{\pi(2k-1)}{3} \right) + \quad (11) \\ & \left. + e \left( \cos \frac{\pi(2k-1)}{3} - \cos \frac{5\pi(2k-1)}{12} \right) + f \cos \frac{5\pi(2k-1)}{12}, \right. \end{aligned}$$

$$b_{2k} = 0, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (12)$$

$$\begin{aligned} a:b:c:d:e:f = & \sqrt{2}:(1+\sqrt{2}+\sqrt{3}):(1+\sqrt{2}+\sqrt{3}+\sqrt{2}\sqrt{3}): \\ & :(3+\sqrt{2}+\sqrt{3}+\sqrt{2}\sqrt{3}):(3+2\sqrt{2}+\sqrt{3}+\sqrt{2}\sqrt{3}):(2+2\sqrt{2}+2\sqrt{3}+\sqrt{2}\sqrt{3}), \quad (13) \end{aligned}$$

որտեղ  $a, b, c, d, e, f$  մեծությունները համապատասխանաբար ուղղանկյունաձև իմպուլսների բարձրություններն են:



$$b_1 = \frac{24a}{\pi} = \frac{24f}{\pi(2 + \sqrt{2} + \sqrt{3} + \sqrt{2}\sqrt{3})}, \quad (14)$$

այսինքն՝ այս դեպքում նույնական սինուսոիդի ամպլիտուդան գործնականում հավասար է ամենամեծ ուղղանկյունաձև իմպուլսի բարձրությանը:

$$\eta = \frac{\left(\frac{24a}{\pi\sqrt{2}}\right)^2}{\left(8 + 5\sqrt{2} + 4\sqrt{3} + 3\sqrt{6}\right)a^2} = \frac{288}{\pi^2(8 + 5\sqrt{2} + 4\sqrt{3} + 3\sqrt{6})}, \quad (15)$$

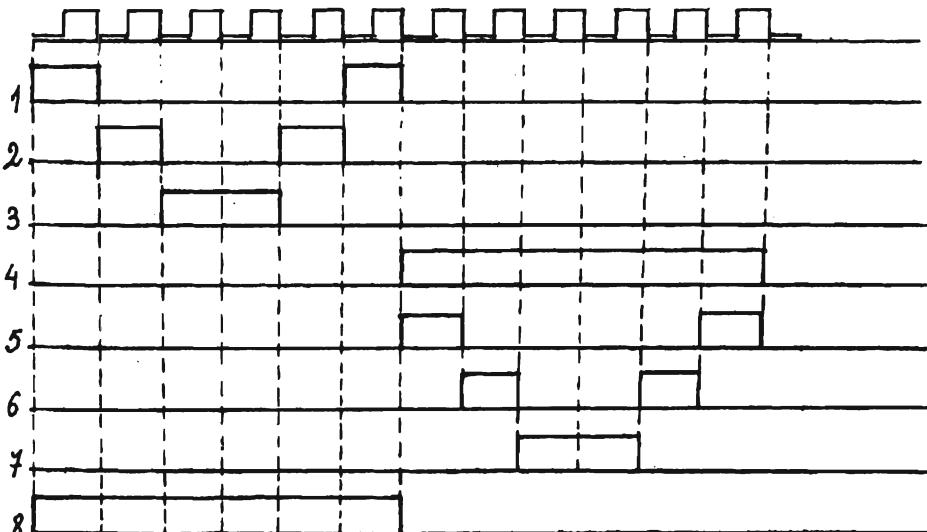
$$K = \frac{1}{b_1} \left[ \frac{4}{T} \int_0^T U^2(t) dt - b_1^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{2\pi^2(8 + 5\sqrt{2} + 4\sqrt{3} + 3\sqrt{6}) - 576}}{24}: \quad (16)$$

Ստացված (7)-(10) և (11), (18)-(20) արդյունքներից երևում է, որ նշված սկզբունքով հաստատուն լարման ձևափոխությունը ունի մեծ թվով առավելություններ:

- 1) աղբյուրի լարման օգտագործման գործակիցը բարձր է (0,7237):
- 2) Ձևափոխման էներգիան գրեթե լրիվ ընկնում է առաջին հարմոնիկին (12 և 24 իմպուլսների համար համապատասխանաբար 98% և 99%), իսկ մնացած չնշին մասը ընկնում է բարձր հարմոնիկներին:

3) Ձևափոխված լարման մեջ մասնակցող հաջորդ հարմոնիկները ունեն բավականաչափ մեծ հաճախություն առաջին հարմոնիկի հաճախության համեմատ:

Այսպիսով, մշակված սկզբունքով ձևափոխման դեպքում ստացված բարձր ցուցանիշները հնարավորություն են տալիս նախագծել հաստատուն լարման ձևափոխիչ նշված սկզբունքի կիրառմամբ: Ձևափոխիչի ֆունկցիոնալ սխեման բերված է Ակ. 2-ում:



Նկ. 3.

Հաճախության մեծ կայունություն ապահովելու համար տակտային գեներատորի հաճախությունը կերպնում ենք 10 անգամ մեծ՝ 64<sup>2</sup>g, քանի որ անհրաժեշտ տակտային իմպուլսների հաճախությունը հավասար է 600<sup>2</sup>g (12 իմպուլսների դեպքում): Հաճախության բաժանումը 10/1 հարաբերությամբ կատարվում է CT<sub>10</sub> հաշվիչում, իսկ իմպուլսների կողավորումը՝ CT<sub>2</sub> հաշվիչում: Իմպուլսների անհրաժեշտ բաշխումը կատարվում է DC դեշիֆրատորի և թվային «և -ոչ», «կամ -ոչ» տրամաբանական տարրերի միջոցով: Ելքում դրվում են հզոր էլեկտրոնային բանալիներ (էբ), որոնք դեկավորվում են տակտային իմպուլսներով: Գեներատորի ելքում և ուժային բանալիների մուտքում տակտային իմպուլսների բաշխումը բերված է Ակ. 3-ում: Նշենք նաև, որ

սկզբունքով կառուցված ձևափոխիչի իրական օ.գ.գ.-ն կազմում է 0,8-0,9, ելքում հաճախության հարաբերական անկայունությունը չի գերազանցում 1%-ը, որը գործնականում կախված չէ սպառվող հզորության մեծությունից: Տրանզիստորային TKD - 165-160-5-2 մակնիշի ելքային բանալիների դեպքում առավելագույն ելքային հզորությունը կազմում է մոտավորապես 40 կվտ:

Նկ. 2 սխեմայում համապատասխան ֆունկցիոնալ գործողությունները կարելի են իրականացնել հետևյալ թվային միկրոպինամաների միջոցով [10-12]:

K 155 LA 3 (գեներատոր), K155 IE 2 (հաշվիչ-բաժանիչ), K 155 IE 5 (հաշվիչ), K155 ИД 3 (վերծանիչ), K 155 LA 3 և K155 LE 4 (բաշխման լրացուցիչ էլեմենտներ), KT 315 և KT 815 (տակտային իմպուլսների նախնական ուժեղաբարներ), TKD - 165-160-5-2 (ելքային բանալիներ):

Տեսական ֆիզիկայի ամրիոն, օպտիկայի ամրիոն

Ստացվել է 28.09.1995

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Венке В.А., Лопухин В.М. Физические проблемы солнечной энергетики. - УФН 1991, т. 161, № 8.
2. Венке В.А., Лопухин В.М. , Саввин М.Л. Проблемы солнечных космических электростанций. -УФН, 1977, т. 123, в. 4, с. 633-665.
3. Специальные электрические машины. Под ред. А.И. Бертикова. М.: Энергоиздат, 1982, с. 153-328.
4. Արգումանյան Ա.Ա. , Չարյան Հ.Ս. Հաստատությունների փոխակերպիչի մաքանատիկական Ակադեմիայությունը և նրա օ.գ.գ. -ի հաշվումը: -ԵՊՀ, Գիտական տեղեկագիր, 1994, № 2:
5. Никитин В.Б. Транзисторные преобразователи постоянного напряжения в синусоидальное. В кн.: Полупроводниковые приборы и их применение. М.: Советское радио, 1965, в. 14, с. 243-259.
6. Фридман П.М. , Саркисов Г.А. Преобразователи постоянного напряжения в синусоидальное с двумя высокочастотными каналами. - В кн.: Электронная техника в автоматике. Под ред. Ю.И. Конева. М.: Советское радио, 1977, в. 9, с. 188-193.
7. Забродин Ю.С. Автономные тиристорные инверторы с широтноимпульсным регулированием. М.: Энергия, 1977.
8. Лабунцов В.А. , Ривкин Г.А. , Шевченко Г.И. Автономные тиристорные инверторы. М.: Энергия, 1967.
9. Dewan D.B. , Duff D.L. Optimum design of an input-commutated invertor for AC motor control. - IEEE Trans. Ind. and Gen. Appl. , 1969, v. 5, № 6, p. 699-705.
10. Титце У. , Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М.: Мир, 1983.
11. Шило В. Популярные цифровые микросхемы (справочник), М.: Мир, 1985.
12. Хоровиц А. , Хилл В. Искусство схемотехники. М.: Мир, 1984.

Ա.Ա. ԱՐՅՈՒՄԱՆՅԱՆ, Գ.Ս. ԿԱՐԱՅԻՆ

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУРЬЕ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

#### Резюме

В работе разработан новый принцип преобразования электрической энергии солнечной батареи, которая обеспечивает низкие потери и гармонический состав, а также стабильность частоты. Расчитаны к.п.д. коэффициенты гармоник и относительная нестабильность частоты. На основании разработанного принципа сконструирован преобразователь с применением микропроцессорной техники и приведена его функциональная схема.

X и м и я

УДК 546.72+546.47+546.56+546.73+546.18

Л.Е. ПОГОСЯН, С.Н. АВАКЯН, М.Х. МИНАСЯНЦ

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ  
СОЕДИНЕНИЙ Co(II), Cu(II), Zn (II), Cd(II) И Fe(III)  
с 1,4-БИС(ДИФЕНИЛФОСФИНО)БУТЕНОМ-2**

Проведен синтез комплексных соединений Co(II), Cu(II), Zn(II), Cd(II), и Fe(III) с 1,4-бис(дифенилфосфино) бутеном-2. С помощью рентгенодифракционных, спектральных и других физических методов доказана индивидуальность выделенных комплексов.

Комплексные соединения переходных металлов с фосфорсодержащими лигандами имеют широкое применение не только в различных областях науки и техники [1-3], но и в медицине и сельском хозяйстве [4-6]. Изучение комплексных соединений с фосфорорганическими лигандами особенно важно для координационной химии, чем и обусловлено ее бурное развитие в последние десятилетия [7-9].

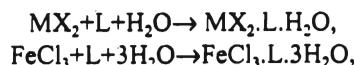
Среди комплексных соединений металлов комплексы с бидентантными (или полидентантными) лигандами занимают особое место, поскольку они имеют "нетривиальное строение", вследствие чего обладают интересными катализитическими свойствами и эффективной биологической активностью.

Исследования проведены с целью синтеза новых координационных соединений кобальта(II), меди(II), цинка(II), кадмия(II), железа(III) с органическим лигандом 1,4-бис(дифенилфосфино)бутеном-2, способным координироваться как через донорный атом фосфора, так и через ненасыщающую связь углерод-углерод, а также изучения их состава, свойств, ИК-спектров и строения.

Для получения комплексов хлоридов Co(II), Cu(II), Zn(II), Fe(III) и йодида Cd(II) с лигандом (L) 1,4-бис(дифенилфосфино)бутеном-2 ( $C_{2k}H_{2k}P_2$ ) хлориды металлов растворяли в небольшом количестве горячего спирта и прибавляли сюда горячий хлороформный раствор лиганда. Смесь перемешивали на магнитной мешалке в течение часа и оставляли на несколько суток. Через несколько дней выпавшие осадки отделяли от молочного раствора, тщательно промывали спиртом, бензолом и эфиром, а затем сушили в эксикаторе. Полученные соединения оказались довольно устойчивыми на воздухе.

Данные химических анализов выделенных комплексов приведены в табл. 1.

Реакции образования комплексов можно выразить схемами:



где M=Co, Cu, Cd; X=Cl или I.

Чистоту полученных веществ контролировали методом тонкослойной хроматографии.

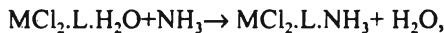
Были получены смешанные комплексы с аммиаком. Исходными веществами являлись полученные новые комплексы Co(II), Cu(II) и Zn(II) с L и аммиаком. Аммиак добавляли медленно по каплям и в ограниченном количестве. Данные химического анализа показывают, что состав полученных комплексов соответствует формулам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Данные элементного анализа для комплексных соединений металлов с 1,4-бис(дифенилфосфино)бутеном-2 ( $C_{18}H_{24}P_2$ )

Соединение	Найдено, %				Вычислено, %				Цвет
	C	H	Cl	N	C	H	Cl	N	
$CuCl_2 \cdot L \cdot H_2O$	58,47	4,89	12,44	-	58,29	4,89	12,29	-	желт.
$CoCl_2 \cdot L \cdot H_2O$	58,82	5,03	12,50	-	58,76	4,93	12,39	-	зелен.
$ZnCl_2 \cdot L \cdot H_2O$	58,00	4,79	12,18	-	58,11	4,87	12,25	-	бел.
$FeCl_3 \cdot L \cdot 3H_2O$	52,56	5,44	16,72	-	52,49	5,34	16,60	-	тем.-кор.
$CdI_2 \cdot L \cdot H_2O$	41,67	3,59	-	-	41,59	3,49	-	-	бел.
$CuCl_2 \cdot L \cdot NH_3$	58,25	5,18	12,21	2,33	58,39	5,07	12,31	2,43	зел.-сер.
$ZnCl_2 \cdot L \cdot NH_3$	58,13	5,09	12,63	2,77	58,21	5,05	12,27	2,42	бел.
$CoCl_2 \cdot L \cdot NH_3$	59,01	5,34	12,12	2,66	58,86	5,11	12,41	2,45	салатов.

Реакции образования соединений можно выразить следующей схемой:



где  $M=Co, Cu, Zn$ .

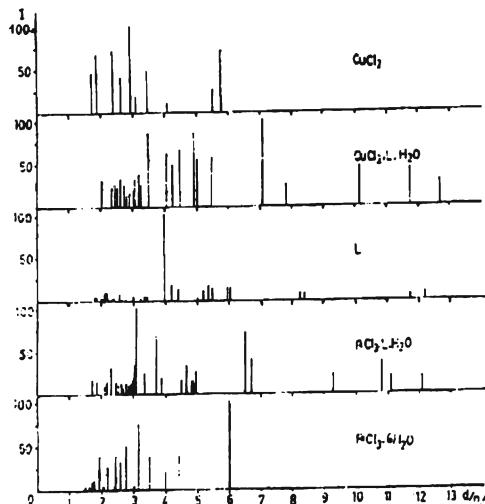


Рис. 1. Штрих-диаграммы комплексов меди, железа с 1,4-бис (дифенилфосфино)бутеном-2 (L) и исходных солей.

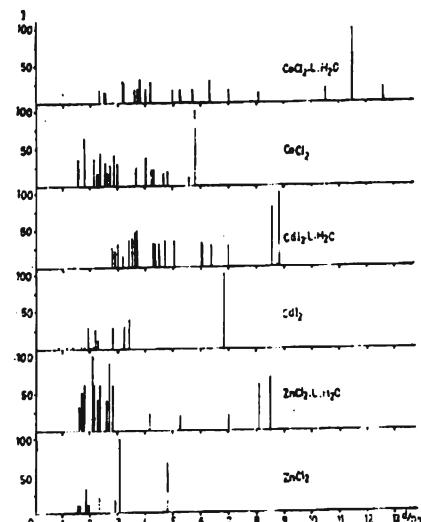


Рис. 2. Штрих-диаграммы комплексов кобальта, кадмия, цинка с 1,4-бис (дифенилфосфино)бутеном-2 (L) и исходных солей.

При получении смешанных комплексов с аммиаком не наблюдалось случая, когда аммиак вытеснял бы лиганд из соединений - вытеснялась молекула воды.

Таблица 2

Некоторые физико-химические характеристики полученных соединений и лиганда

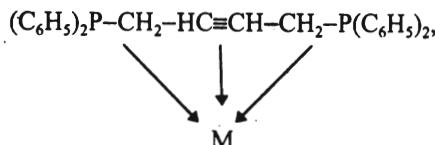
Соединение	Плотность	Молекулярный объем, $\text{см}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$	Молярная электропроводность, $\Omega^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$	pH* водного раствора	Показатели преломления	Молекулярная рефракция, $M_R$
$CuCl_2 \cdot L \cdot H_2O$	1,661	342,507	279	5,65	1,670	127,944
$CoCl_2 \cdot L \cdot H_2O$	1,679	340,867	269	6,10	1,695	131,016
$ZnCl_2 \cdot L \cdot H_2O$	1,549	368,457	281	5,90	1,730	147,068
$FeCl_3 \cdot L \cdot 3H_2O$	1,461	428,170	380	5,85	1,800	183,043
$CdI_2 \cdot L \cdot H_2O$	2,218	360,984	252	6,61	1,651	131,827
$CuCl_2 \cdot L \cdot NH_3$	1,699	338,984	278	5,99	1,645	122,886
$ZnCl_2 \cdot L \cdot NH_3$	1,593	372,030	283	6,73	1,690	142,197
$CoCl_2 \cdot L \cdot NH_3$	1,710	334,688	268	5,85	1,655	122,815
L	1,109	359,263	-	-	1,961	174,883

\*Концентрация растворов 0,001 моль/л.

Индивидуальность всех выделенных комплексов доказывалась рентгенографически, определением их плотности, растворимости, молярной электропроводности,

измерением термограмм и ИК-спектров поглощения, измерением показателя преломления. Плотность комплексов определяли пикнометрически при 20°C в бензole и эфире. Найденные характеристики приведены в табл. 2. Для всех комплексов получены дифрактограммы (рис. 1,2). Специфичность дифрактограмм и их отличие от дифрактограмм исходных веществ доказывают, наряду с данными, полученными другими методами, индивидуальность синтезированных координационных соединений.

Как показали результаты ИК-спектров полученных соединений (табл. 3), полосы поглощения валентных колебаний двойной связи C=C смешены в низкочастотную область по сравнению со спектром свободного лиганда. Исходя из понижения частоты  $\nu$  (C=C) валентных колебаний связи C=C, можно сделать вывод о том, что в комплексообразовании непосредственное участие принимает двойная связь C=C. Можно предположить, что в образующихся комплексах реализуются хелатные циклы типа



где M - атом металла комплексообразователя.

Пространственные соотношения допускают образование подобных хелатных циклов. Альтернативная возможность - образование мостиковых связей лигандом - также не исключается.

Как видно из табл. 3, опытные данные по магнитным моментам комплексов двухвалентных меди, кобальта и трехвалентного железа удовлетворительно согласуются с ожидаемыми значениями.

Таблица 3

Частоты  $\nu$  (C=C), найденные в ИК-спектрах соединений,  
и магнитные моменты комплексов

Соединение	$\nu$ (C=C), с.м. <sup>-1</sup>	$\mu$ , $\mu_B$ (теор.)	$\mu_{\text{эфф.}}$ , $\mu_B$
CuCl <sub>2</sub> .L.H <sub>2</sub> O	1560	1,73	1,73
CoCl <sub>2</sub> .L.H <sub>2</sub> O	1580	3,87	4,07
ZnCl <sub>2</sub> .L.H <sub>2</sub> O	1570	0	0
FeCl <sub>3</sub> .L.3H <sub>2</sub> O	1575	5,92	5,92
CdCl <sub>2</sub> .L.H <sub>2</sub> O	1585	0	0
L	1630	0	0

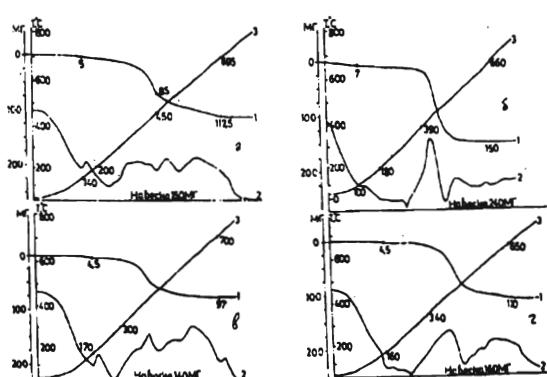


Рис. 3. Дериватограммы комплексных соединений:  
а) CuCl<sub>2</sub>.C<sub>28</sub>H<sub>26</sub>P<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O; б) ZnCl<sub>2</sub>.C<sub>28</sub>H<sub>26</sub>P<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O;  
в) CuCl<sub>2</sub>.C<sub>28</sub>H<sub>26</sub>P<sub>2</sub>.NH<sub>3</sub>; г) ZnCl<sub>2</sub>.C<sub>28</sub>H<sub>26</sub>P<sub>2</sub>.NH<sub>3</sub>;  
1, 2, 3 - соответственно кривые ТГ, ДТА, Т.

Виграммы исследованных соединений получены на дериватографе системы Паулик и Эрдей [11].

Все указанные комплексные соединения парамагнитны. Полученные экспериментальные значения эффективных магнитных моментов находятся в хорошем согласии с теоретически рассчитанными по Банфлекту эффективными боровскими магнетонными числами для всех ионов переходных элементов при комнатной температуре [10].

Значения определенных величин магнитных моментов указывают на то, что комплексы можно рассматривать как высокоспиновые соединения.

Термограммы и термогра-

Анализ экспериментальных данных показал, что при термолизе, независимо от состава комплекса, режима нагревания, сначала удаляется вода в интервале 100-150°C, после чего примерно при 160-240°C начинаются плавление и медленное отщепление лиганда, что с повышением температуры ускоряется. Ход дифференциальных кривых в интервале 355-700°C характеризуется эффектами, соответствующими разложению комплексов до оксидов (рис. 3,4, табл. 4).

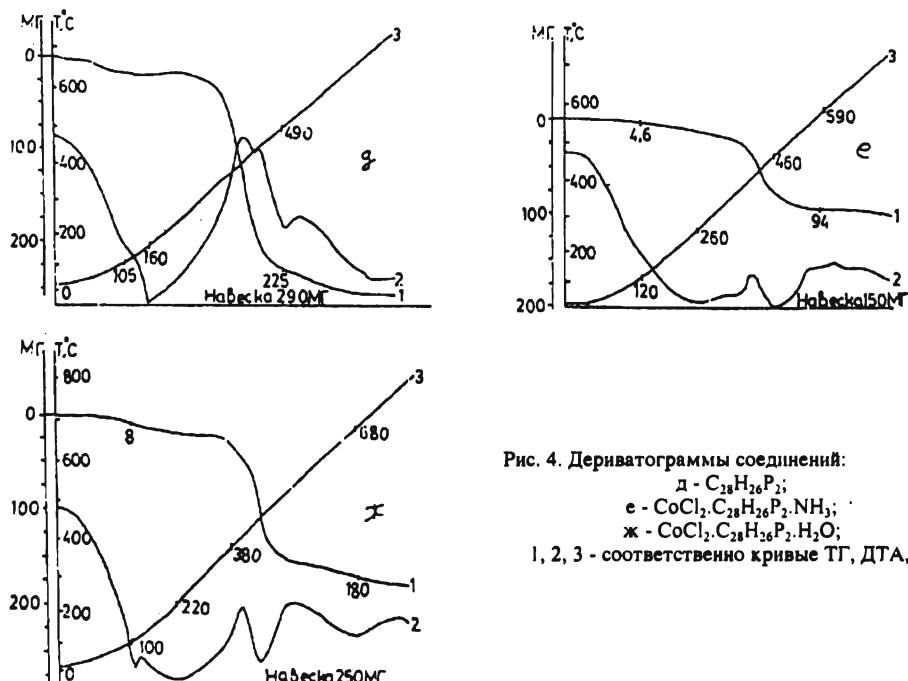


Рис. 4. Дериватограммы соединений:  
д -  $C_{28}H_{26}P_2$ ;  
е -  $CoCl_2 \cdot C_{28}H_{26}P_2 \cdot NH_3$ ;  
ж -  $CoCl_2 \cdot C_{28}H_{26}P_2 \cdot H_2O$ ;  
1, 2, 3 - соответственно кривые ТГ, ДТА, Т.

Таблица 4  
Результаты исследования термолиза полученных комплексов и лиганда

Соединение	Температура, °C	Убыль массы, %	Содержание в осадке, %		Состав осадка
			C	H	
$CoCl_2 \cdot L \cdot H_2O$	100	3,2	60,69	4,85	$CoCl_2 \cdot C_{28}H_{26}P_2$
	220 - 380				Плавление и разложение
$CuCl_2 \cdot L \cdot H_2O$	680	74	-	-	$CuCl_2 \cdot C_{28}H_{26}P_2$
	140	3,3	60,31	4,78	Разложение
$ZnCl_2 \cdot L \cdot H_2O$	200 - 450				Оксиды
	695	78,3	-	-	
$CoCl_2 \cdot L \cdot NH_3$	100	2,9	59,79	4,50	$ZnCl_2 \cdot C_{28}H_{26}P_2$
	180 - 390				Плавление и разложение
$CuCl_2 \cdot L \cdot NH_3$	660	62,5	-	-	$CoCl_2 \cdot C_{28}H_{26}P_2$
	120	3,1	60,71	4,83	Разложение
$ZnCl_2 \cdot L \cdot NH_3$	260 - 375				Оксиды
	590	62,6	-	-	
$C_{28}H_{26}P_2(L)$	170	3,2	60,64	4,91	$CuCl_2 \cdot C_{28}H_{26}P_2$
	300				Разложение
	700	69	-	-	Оксиды
	160	2,8	60,2	4,13	$ZnCl_2 \cdot C_{28}H_{26}P_2$
	340				Разложение
	650	68,7	-	-	Оксиды
	490	77,6	-	-	Плавление и частичное разложение
					$P_2O_5$

Сравнительное изучение термического разложения комплексов  $MCl_2 \cdot L \cdot NH_3$ , где  $M=Co(II)$ ,  $Cu(II)$  и  $Zn(II)$  (рис. 3,4, табл. 4), показало, что при общей аналогии их состава термическая устойчивость их различна. Все комплексы достаточно устойчивы до температуры  $300^\circ C$ . При нагревании соединений  $MCl_2 \cdot L \cdot NH_3$ , они разлагаются, не плавясь, причем чувствуется сильный запах аммиака. Термическое превращение лиганда 1,4-бис(дифенилфосфин)бутен-2 показало, что температура начала его разложения ниже ( $105^\circ C$ ) по сравнению с температурой начала разложения полученных комплексов (рис. 3,4, табл. 4). Из вышесказанного следует, что смешанные аминокомплексы обладают повышенной устойчивостью по сравнению с исходными соединениями.

Кафедра неорганической и общей химии,  
кафедра общей физики

Поступила 18.10.1995

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макаршев Ю.А. , Замяткина В.М. Соединения в квадратных скобках. Л.: Химия, 1976, с.179-207.
2. Пршибил Р. Комpleксы в химическом анализе. М.: 1960, 313с.
3. Яцммирский К.Б. Проблемы бионеорганической химии. М.: Знание, 1976, 63с.
4. Машковский М.Д. Лекарственные средства. М.: Медицина, 1986, т.2, с.576.
5. Уильямс Д. Металлы жизни. М.: Мир, 1975, с.236.
6. Скопенко В.В. , Палий Г.К. , Макац Е.Ф. , Непорада В.П. , Лампека Р.Д. Строение и антимикробная активность комплексных соединений металлов, содержащих анионы метанидного и амидного типов. - ХУ Всес. Чугаев. совещ. по химии комплексных соединений. Киев, 1985.
7. Швец А.А. , Амарский Е.Г. , Монсеева О.А. Магнитная восприимчивость и строение комплексов никеля(II) с некоторыми триарилфосфиноксидами. - Коорд. химия, 1979, т.5, в. 10, с.1510-1515.
8. Авакян С.Н. , Айрапетян В.А. , Погосян Л.Е. , Авакян С.С. Новые координационные соединения  $Co(II)$ ,  $Cu(II)$  с биоактивными аминосоединениями. - Коорд. химия, 1986, т.12, N8, с.1096-1098.
9. Дацла А.М. , Погосян Л.Е. , Авакян С.Н. Комплексные соединения переходных металлов с фосфорорганическими соединениями. - Ж.хим. и хим. технология ЕГУ, 1991, т.6, с. 10-22.
10. Селвуд С. Магнетохимия. М.: 1958, с.21.
11. Паулик Ф. , Паулик И. , Эрдей Л. Новый комплексный термоаналитический метод. Будапешт: 1958, с.124.

Լ.Ե. ՊՈՂՈՍՅԱՆ, Ս.Ն. ԱՎԱԳՅԵՎԱՆ, Մ.Խ. ՄԻՆԱՍՅԱՆՑ

**Co(II), Cu(II), Zn(II), Cd(II) եւ Fe(III)-ի 1,4-ԲԻՍ  
(ԴԻՖԵՆԵՆԻԼՖՈՍՖԻՆՈՔՍԻԴԱՄ)ԲՈՒԹԵՆ-2-Ի ՀԵՏ ԿՈՄՊԼԵՔՍ  
ՄԻԱՅՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶՆ ՈՒ ՀԵՏԱԶՈՅՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

## Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Կատարված է  $Co(II)$ ,  $Cu(II)$ ,  $Zn(II)$ ,  $Cd(II)$  և  $Fe(III)$ -ի 1,4-բիս(դիֆենիլֆոսֆինոքսիդամ)բութեն-2-ի հետ կոմպլեքս միացությունների սիմեռզ. Ռենտգենոգրաֆիակցիոն, սպեկտրոպիչ և այլ ֆիզիկական մեթոդներով ապացուցված է առաջացած կոմպլեքսների ինքնուրյունը:

Химия

УДК 541. 64:547:339

М.Л. ЕРИЦЯН, Н.П. ЕРИЦЯН, Ф.О. КАРАПЕТЯН

**ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ 1,3-ДИАЛИЛ-5-(2-ГИДРОКСИ-3-ФЕНОКСИПРОПИЛ)ИЗОЦИАНУРАТА**

Исследована радикальная полимеризация 1,3-диаллил-5-(2-гидрокси-3-феноксипропил)изоцианурата в присутствии перекиси бензоила (ПБ) в интервале температур 323-338°K. Показано, что в указанном температурном интервале актами передачи цепи на мономер, регенерации цепи и индуцирования распада инициатора в механизме реакции полимеризации можно пренебречь.

Определены мол. массы полученных образцов полимеров в сравнении с их расчетными значениями. Хорошая согласованность между экспериментальными и расчетными значениями мол. масс говорит в пользу правильности предложенного механизма полимеризации. Показано, что в выбранных нами температурных режимах на основе аллильных мономеров можно получить полимеры с более большими мол. массами.

Особенности радикальной полимеризации аллильных производных симм-триазинов в основном рассмотрены в работах [1-3]. В указанных работах отмечается роль акта деградационной передачи цепи.

Нами выдвинуто предположение, согласно которому одним из путей получения относительно высокомолекулярного и малоразветвленного полимера является проведение полимеризации в условиях значительного подавления деградационной передачи цепей. Этой цели можно достичь регулированием относительных скоростей элементарных актов, меняя температуру процесса, учитывая тот факт, что каждый элементарный акт имеет свою температурную зависимость, т. е. свою энергию активации.

Цель настоящего исследования - проверить состоятельность выдвинутого предложения на примере полимеризации 1,3-диаллил-5-(β-гидрокси-γ-феноксипропил)изоцианурата (ДАОФПИЦ), инициированной ПБ в температурном интервале 323-338°K.

Выбор этого интервала продиктован с таким расчетом, чтобы температура была ниже температур, описанных в [1-3].

**Полученные результаты и их обсуждение.** Полимеризацию ДАОФПИЦ проводили в растворе дихлорэтана (ДХЭ) в присутствии ПБ. ДАОФПИЦ получен по [4] и очищен многократной перекристаллизацией из этанола (т. пл. 65-67,5°C). Диоксан очищен по [5]. Чистота очищенного ПБ определялась по йодометрическому анализу. Она оказалась больше 99% [6]. ДХЭ сначала очищали по методике [5]. Затем очистку и сушку проводили в вакуумной установке. ДХЭ заливали в ампулу, предварительно дегазированную прокаленным оксидом бария. Ампулу с ДХЭ дегазировали путем многократного замораживания и размораживания. После чего ДХЭ в условиях замораживания переводили в другую ампулу, предварительно вакуумированную и содержащую прокаленный оксид бария, т. кип. 83,7°C,  $n_d^{20} = 1,4444$ .

Гомополимеризацию изучали дилатометрическим методом. В дилатометр помешали шарик с инициатором и боек, мономер помещали в специальную ампулу, которую тщательно дегазировали вместе с ДХЭ. В ампулу с мономером намораживали ДХЭ через мерную ампулу, и раствор заливали в дилатометр, который затем замо-

раживали и оттаивали в вакууме. Дилатометр термостатировали с точностью  $\pm 0,05^\circ\text{C}$ . Гомополимеризацию проводили при температурах  $50-65^\circ\text{C}$ . (ДАОФПИЦ) =  $0,3-1 \text{M/l}$ , (ПБ) =  $2,5 \cdot 10^3 \text{M/l}$ .

За начало полимеризации считали момент разбивания шарика с инициатором. Гомополимер осаждали из ДХЭ в диэтиловый эфир. Отфильтрованный и промытый чистым диэтиловым эфиром полимер сушили в вакууме при  $45-50^\circ\text{C}$  и давлении  $10 \pm 5$  тора до постоянной массы. Молекулярную массу полученного полимера определяли криоскопически [7], где в качестве растворителя применяли диоксан ( $K_{kp} = 4,63 \text{ град.кг/M}$ ). Согласно работам [1-3] общий механизм полимеризации аллиловых мономеров в присутствии ПБ представляется схемой:



где  $K = (1, 2, 3 \dots)$  - константы скорости соответствующих актов,  $R_i$  и  $R_j$  ( $i, j = 1, 2 \dots$ ) - первичные и растущие радикалы соответственно,  $r$  - радикал, образовавшийся в результате передачи цепи на мономер,  $r$  и  $M$  - инициатор и мономер,  $R_i$  ( $i = 1, 2 \dots$ ) - "мертвая" полимерная молекула.

Зависимость скорости полимеризации от концентрации мономера при различных температурах и заданной концентрации инициатора приводится в табл.1.

Таблица 1  
Зависимость скорости полимеризации  
от концентрации мономера  
при  $(I) = 1 \cdot 10^{-2} \text{M/l}$

(M) $\text{M/l}$	$w_n \cdot 10^6 \text{ M/l s при } T^\circ\text{K}$		
	328	333	338
0,3	2,6	4,35	6,1
0,5	3,78	7,25	10,2
0,6	-	8,7	12,2
0,7	5,3	10,1	14,28
0,8	6,05	13,0	18,3
0,9	6,8	13,0	18,3
1,0	7,55	14,5	20,4

Таблица 2  
Зависимость скорости полимеризации от тем-  
пературы полимеризации и  $(I)_0^{1/2}$  при  
 $(M) = 0,5 \text{ M/l}$

$(I)^{1/2} \cdot 10^2$ $\text{M/l}$	$w_n \cdot 10^6 \text{ M/l s при } T^\circ\text{K}$		
	328	333	338
5	1,89	3,62	5,1
7,1	2,68	5,15	7,25
10	3,77	7,25	10,2
14,1	5,3	10,2	14,3

В табл.2 представлена зависимость скорости полимеризации от концентрации инициатора при различных температурах полимеризации ДАОФПИЦ.

Порядок скорости полимеризации по инициатору, равный 0,5, говорит в пользу квадратичного обрыва растущих центров.

Основываясь на значениях порядков полимеризации по инициатору и мономеру, а также на данных табл. 1 и 2, убеждаемся в том, что можно пренебречь актами 4-7, 9 и 10 в приведенной кинетической схеме полимеризации ДАОФПИЦ, в которых участвует аллильный радикал ( $r$ ).

Авторами работы [3] определены константы элементарных актов 3,4, 6 и 8 при  $348^\circ\text{K}$ . С использованием данных табл. 1 и 2 нами оценены температурные зависимости указанных четырех актов:

$$\begin{aligned}
 K_3 &= 4,63 \cdot 10^4 \exp\left(-\frac{43000 \pm}{PT}\right) M^{-1} c^{-1}, \\
 K_4 &= 9,95 \cdot 10^9 \exp\left(-\frac{89000 \pm}{PT}\right) M^{-1} c^{-1}, \\
 K_6 &= 1,80 \cdot 10^8 \exp\left(-\frac{64000 \pm}{PT}\right) M^{-1} c^{-1}, \\
 K_8 &= 2,94 \cdot 10^3 \exp\left(-\frac{24000 \pm}{PT}\right) M^{-1} c^{-1}.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Исходя из вышеизложенного стационарную концентрацию растущих радикалов  $\left(\sum_{j=1}^{\infty} R_j\right)_{\text{ст}}$  и  $w_n$  ДАОФПИЦ в интервале температур  $323 - 338^{\circ}K$  можно представить в общезвестном виде [6]:

$$R_j = \alpha_j(1-\alpha) \sum_{j=1}^{\infty} R_j; \quad \left[ \sum_{j=1}^{\infty} R_j = \left( \frac{W_n}{K_8} \right)^{1/2} \right]; \quad W_n = \frac{K_3}{K_8^{1/2}} (K_1)^{1/2} [I]^{1/2} [M], \tag{2}$$

где  $\alpha = \frac{K_3(M)}{K_3(M) + K_8 \sum_{j=1}^{\infty} R_j}$  и  $K_1 = 1,8 \cdot 10^{14} \exp\left(-\frac{120000 \pm}{RT}\right) M^{-1} c^{-1}$ .

Таблица 3  
Зависимость  $\bar{P}_w$  от температуры полимеризации концентрации мономера и инициатора

(I) $M/l$	(M) $M/l$	$\bar{P}_w$ эксперимент. / расчетн. при $T^{\circ}K$			
		323	328	333	338
$1 \cdot 10^{-2}$	0,3	299,5 300,2	298,8 299	293,7 293,4	289,7 290
	0,5	318,2 318,5	317 316,4	306,5 306,8	301 301,4
$1 \cdot 10^{-2}$	0,7	336,4 337,5	334,2 334	321 321,3	312,5 313
	0,8	345,2 346	342 349,2	326,3 327	313,4 314
$1 \cdot 10^{-2}$	0,9	354,3 353	351,5 351	334 333,1	323,2 324
	1	363 364	358,7 359,5	339 340,5	329,3 329,8
$2,5 \cdot 10^{-3}$	0,5	363,3 364,2	360,1 361	340 340,7	331,6 332,5
	0,5	344,1 345,5	334 334,5	321,2 320,5	313,3 313
$2 \cdot 10^{-3}$	0,5	309 309,6	302,7 304	297 297,2	292,3 293

После сделанных упрощений получается, что

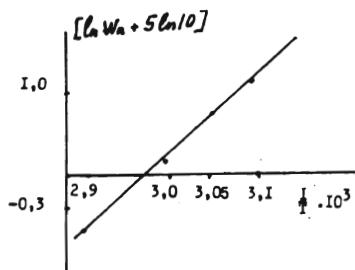
$$E_{\text{акт}} = 0,5 E_1 + (E_3 - 0,5 E_8), \tag{3}$$

где  $E_1$ ,  $E_3$  и  $E_8$  - соответственно энергии активации актов инициирования, роста и обрыва цепей. Пользуясь значениями  $E_1$ ,  $E_3$  и  $E_8$ , указанными в (2), получаем, что  $E_{\text{акт}} = 96 \text{ кДж/моль}$ . Из рисунка получается, что  $E_{\text{акт}} = 98 \pm 3 \text{ кДж/моль}$ .

Согласие между  $E_{\text{эф}}$  и  $E_{\text{экв}}$  удовлетворительное.

Средняя числовая степень полимеризации  $P_n$  определялась по формуле

$$\overline{P}_n = \frac{2K_3(M)}{(K_1 \cdot K_8)^{1/2}(I)^{1/2}}. \quad (4)$$



Зависимость  $\ln W_n$  от  $1/T$  при  
(M) = 0,7 М/л и (I) = 10<sup>-2</sup> М/л.

интервала 323 - 333°K механизм можно считать правдоподобным.

Экспериментально она определялась криоскопически. Обе величины приведены в табл. 3. Опять можно принимать, что между расчетными и экспериментально определенными значениями  $\overline{P}_n$  существует удовлетворительное согласие.

Установленные оба факта дают основание утверждать, что предложенный для температурного

ЕГУ, Армпединститут им. Х. Абовяна

Поступила 21.05.1995

## ЛИТЕРАТУРА

1. Творогов Н.Н., Берлин А.А., Балицкая Л.Г. ВМС, 1974, А16, с.840.
2. Золотухин В.В., Золотухина Г.И., Ерицян М.Л., Дьячковский Ф.С. ВМС, 1975, А17, с.2194.
3. Ерицян М.Л., Агасарян А.В., Марукян А.О. Арм. хим. журн., 1982, т.ХХХУ, №3, с.187.
4. Залинян М.Г., Арутюнян В.С., Аветисян Г.В., Ерицян М.Л., Мовсисян Г.В., Авт. св. СССР №567288(1976), бюл. изобр., 1976, № 23.
5. Общий практикум по органической химии, под ред. А.Н. Коста. Изд-во Мир, 1965.
6. Багдасарьян Х.С. Теория радикальной полимеризации. М.: Наука, 1966.
7. Рафиков С.В., Павлова С.А., Твердохлебова И.И. Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений. Изд-во АН СССР, М.: 1963, с.238.

Մ.Լ. ԵՐԻՑՅԱՆ, Ն.Պ. ԵՐԻՑՅԱՆ, Ֆ.Հ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

## 1,3-ԴԻԱԼԻ-5-2-ՀԻԴՐՕՔՍԻ-3-ՖԵՆՕՔՍԻՊՐՈՊԻԼ ԻԶՈՑԻԱՆՈՒՐԱՏԻ ՊՈԼԻՄԵՐԱՑՈՒՄԸ

### Ա. Մ Վ Ի Փ Ո Ւ Մ

Ուսումնասիրված է բնագոյիպերօքսիդով հարուցված 1,3-դիալի-5-(2-հիդրօքսի-3-ֆենօքսիպրոպիլ) կողղիանուրատի պոլիմերացումը 323-338°K ջերմաստիճանային տիրույթում:

Ցուց է տրված, որ ջերմաստիճանային նշված միջակայքում կարելի է անտեսել ալիլային ուղղիկալով շղթայի վերահարուցման, փոխանցման և քառակուսային հատման տարրական ակտերը: Փաստորեն պոլիմերացումը կարագրվում է ստացիոնար տիրույթի համար գոյություն ունեցող կինետիկական դասական հավասարումով:

Ընդհանուր ակտիվացման էներգիայի և միջին թվային պոլիմերացման աստիճանի համար տեսականորեն և փորձով որոշված մեծությունների հրար մոտավորապես հավասար լինելու հաճամանքը հիմք է տալիս ենթադրելու, որ ջերմաստիճանային նշված միջակայքի համար առաջարկված կինետիկական սխեման ընդունելի է:

Հիմնարար թետազոտությունների արդյունքները ցույց են տալիս միաժամանակ, որ ալիլային մոնոմերներից կարելի է ստանալ համեմատաբար բարձր մոլեկուլային պոլիմեր:

Химия

УДК 546.661. 8. 36

Д.Р. АНДРЕАСЯН, Р.Т. МКРТЧЯН, Ж.Х. ГРИГОРЯН, С.К. ГРИГОРЯН

**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ФТОРИДА НАТРИЯ ВЫСОКОЙ  
СТЕПЕНИ ЧИСТОТЫ**

Разработан способ получения фторида натрия высокой степени чистоты из предварительно очищенных водных растворов солей, содержащих ионы натрия и фтора, методами сульфидной очистки и концентрирования мелких частиц на поверхности раздела фаз.

Существует несколько общих методик синтеза или получения высокочистых фторидов, важнейшими из которых являются глубокая очистка самих солей, синтез фторидов из водорастворимых соединений, безводный синтез из высокочистых нелетучих веществ, синтез через летучие соединения [1].

В силу того, что большинство фторидов имеют высокую температуру плавления и кипения, методы получения их из высокочистых простых и сложных веществ преобладают над непосредственной глубокой очисткой.

Все фториды, кроме фторида аммония, имеют малую растворимость в воде, следовательно, прямая очистка их путем перекристаллизации не перспективна. Поэтому для получения высокочистого фторида натрия в качестве исходных веществ выбрали соответствующие соединения, имеющие хорошую растворимость в воде, - хлорид, нитрат, сульфат, карбонат натрия и фторид аммония.

Растворы исходных веществ подвергали предварительной очистке различными методами от лимитирующих красящих ионов металлов ( $\text{Co}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и др.).

Суть методов заключается в том, что водные растворы очищаемых солей в присутствии коллектора  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  или  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ ) обрабатываются сульфидным ионом, затем фильтруются [2]. Однако в растворе остаются мелкие невысаженные микрочастицы сульфидов ионов тяжелых металлов.

Известно, если к водному раствору соли добавить определенное количество органического растворителя, неограниченно смешивающегося с водой, то будет происходить расслоение, а на границе раздела фаз сконцентрируются мелкие невысаженные частицы сульфидов [3,4].

В литературе имеются данные об очистке солей натрия, растворимых в воде [5]. Однако для синтеза фторида натрия необходимы данные об очистке фторида аммония.

С целью определения области расслоения и образования пограничного слоя нами исследован ряд систем раствор соли - органический растворитель.

Изучены системы аммоний фторид - органический растворитель: ацетон, этиловый и пропиловый спирт. Определены области расслоения в зависимости от концентрации раствора фторида аммония и объемного соотношения раствор соли - органический растворитель ( $V_{\text{р-ра}} : V_{\text{р-ль}}$ ). Данные приведены в таблице и на рис. 1,2.

Как видно из приведенных данных, раствор фторида аммония образует устойчивое расслоение с этиловым и пропиловым спиртами в интервале концентраций раствора фторида аммония 5 - 30%. С ацетоном расслоение образуется лишь при высо-

ких концентрациях фторида аммония 20 - 30%.

$$V_{P-P} : V_{P-16}$$

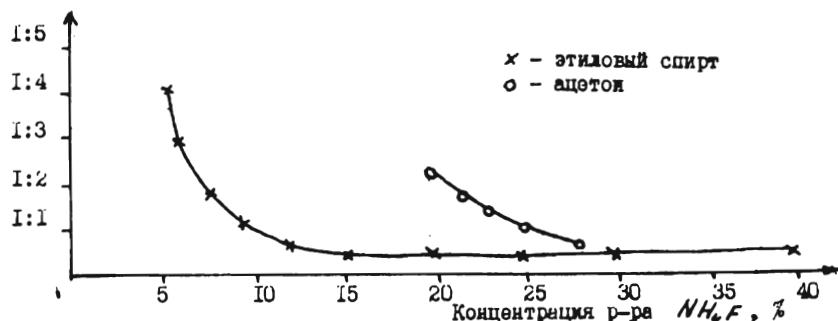


Рис. 1. Зависимость начала расслоения раствора фторида аммония с ацетоном и этиловым спиртом от концентрации  $NH_4F$ .

Для получения высокочистого фторида натрия водные растворы хлорида натрия (25%) и фторида аммония (30%) подвергали сульфидной очистке. К очищенному раствору хлорида натрия добавляли ацетон в объемном соотношении 1 : 0,4, после образования пограничного слоя выдерживали 24 часа, затем отделяли слой раствора соли  $NaCl$ . А к очищенному раствору фторида аммония также добавляли ацетон до образования расслоения в объемном соотношении 1 : 0,5, после 24 часовой выдержки отделяли слой соли  $NH_4F$ .

$$V_{P-P} : V_{P-16}$$



Рис. 2. Зависимость начала расслоения раствора фторида аммония с пропиловым спиртом от концентрации  $NH_4F$ .

Данные расслоения раствора фторида аммония с ацетоном, этиловым и пропиловым спиртами

Конц. р-ра $NH_4F$ , процент	$V_{P-P} : V$ ацетона		$V_{P-P} : V$ этил. сп.		$V_{P-P} : V$ пр. сп.	
	начало	конец	начало	конец	начало	конец
40	1:0,5	1:15	1:0,5	1:20	1:0,1	выше 1:20
30	1:0,5	1:15	1:0,5	1:20	1:0,1	выше 1:20
28	1:0,6	1:15	1:0,5	1:20	1:0,1	выше 1:20
26	1:1,0	1:14	1:0,5	1:20	1:0,15	выше 1:20
23	1:1,2	1:12	1:0,5	1:20	-	-
22	1:1,5	1:9	1:0,5	1:20	-	-
20	1:2	1:9	1:0,5	1:20	1:0,16	выше 1:20
15	-	-	1:0,5	1:20	1:0,18	выше 1:10
10	-	-	1:1,0	1:10	1:0,2	1:8
7,7	-	-	1:1,5	1:8	1:0,2	1:7
6,5	-	-	1:2,0	1:7	1:0,2	1:6
5,6	-	-	1:3,0	1:6	1:0,2	1:6
5,0	-	-	1:4,0	1:5	1:0,2	1:5
3,8	-	-	-	-	-	-

Очищенный раствор хлорида натрия помещали в фторопластовый реактор, снаб-

женный мешалкой и обогревательной рубашкой и нагревали до 80°C. Осаждение фторида натрия проводили очищенным раствором фторида аммония при непрерывном перемешивании. Полученный осадок отделяли фильтрованием, промывали небольшим количеством дистиллированной воды и ацетоном. Полученную соль высушивали в сушильном шкафу при температуре 70-80°C.

Синтезированный фторид натрия подвергали термографическому и спектральному анализам, содержание примесей красящих ионов составило порядка 10<sup>-4</sup> - 10<sup>-5</sup> мас %.

Кафедра неорганической химии

Поступила 2.10.1995

## ЛИТЕРАТУРА

1. Наумов Т.Н., Ефимов В.М. О получении фторидов металлов особой чистоты. - Высокочистые вещества, 1987, № 6, с.16.
2. Акопян С.А., Геворгян В.Б. и др. Способ очистки солей. - Ав. свид. СССР, № 960161, 1980.
3. Акопян С.А. О новом явлении концентрирования мелких частиц на границе раздела фаз двух жидкостей. - Уч. записки ЕГУ, 1987, № 2, с.181.
4. Акопян С.А., Андреасян Д.Р. Способ очистки солей. - Ав. свид. СССР, № 1675204, 1989.
5. Акопян С.А., Капанян Э.Е. и др. О глубокой очистке водорастворимых солей. - Химия и химическая технология, ЕГУ, 1991, вып. 6, с.117.

Զ.Ռ. ԱՆԴՐԵԱՍՅԱՆ, Ռ.Տ. ՄԿՐՏՉՅԱՆ, Ժ. Խ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ,  
Ս.Կ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

## ԲԱՐՁՐ ՄԱՔՐՈՒԹՅԱՆ ՆԱՏՐԻՈՒՄԻ ՖՏՈՐԻԴԻ .ԱՏԱՑՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿ

### Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Մշակված է բարձր մաքրության նատրիումի ֆտորիդի ստացման եղանակ նախապես մաքրված նատրիումի և ֆտորի իոնների պարունակող աղերի ջրային լուծույթներից՝ սոլֆիդային մաքրման և ֆազերի բաժանման մակերեսին մանր մասնիկների խտացման մեթոդով:

Биология

УДК 576.314:582.287

А.А. СТЕПАНОВА

УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОГЕНЕЗА  
БАЗИДИЙ И СПОР *BJERKANDERA ADUSTA* (WILLD. EX FR.)  
KARST. (POLYPORACEAE)

В статье приводятся данные по ультраструктуре развивающихся базидий и спор афиллофорового гриба - *Bjerkandera adusta*. Показано, что изменения в структуре базидий происходят после мейоза и достигают максимума перед формированием спор. Базальная вакуоль не играет существенной роли в развитии базидий и спор, она выполняет автолитическую функцию. Базидиоспоры в период роста имеют вид малоактивных, массовая миграция в них запасных веществ начинается лишь после появления ядра. Сравнение морфогенеза базидий трех видов афиллофоровых грибов (*Bjerkandera adusta*, *B. fumosa* и *Polyporus squamosus*), принадлежащих к двум разным родам одного семейства (Polyporaceae), показывает наличие существенных различий между ними.

Несмотря на большое число электронно-микроскопических работ, посвященных изучению базидий афиллофоровых грибов [1-5], они все еще относятся к числу слабо изученных объектов. Ряд кардинальных аспектов морфогенеза базидий и спор, к числу которых можно отнести роль базальной вакуоли, характер ультраструктурных преобразований цитоплазмы и ядер, динамику накопления и поведения запасных веществ в системе базидия - споры, участие органелл в развитии спородермы и др., остается неясным. В связи с этим в задачу настоящего исследования вошли детальное электронно-микроскопическое изучение морфогенеза базидий и спор афиллофорового гриба - *Bjerkandera adusta* - и сравнение с данными, имеющимися в литературе по базидиям других видов, и, прежде всего, ранее полученными нами для базидий близкородственных видов - *Polyporus squamosus* [1] и *Bjerkandera fumosa* [6]. Последнее представляет особый интерес, оно необходимо для выяснения вопросов о наличии различий или сходства в ходе морфогенеза базидий и спор между двумя видами афиллофоровых грибов, относящихся к одному (*Bjerkandera*) или разным (*Bjerkandera*, *Polyporus*) родам одного семейства - Polyporaceae.

В работе использовались кусочки гименофора разновозрастных плодовых тел, собранных в естественных местообитаниях и содержащих базидии на разных стадиях развития. Материал обрабатывали по общепринятой методике.

В гимении *Bjerkandera adusta* отмечаются только базидии, парафиз и цистид нет. Элементы гимения в отличии от гиф трамы гименофора пряжки не несут. Закладка инициали базидии происходит путем образования клеткой субгимнения выроста, направленного в сторону гимения и постепенно внедряющегося в него. В верхней части такого апикально растущего выроста сосредотачиваются небольшое число мелких вакуолей (рис. 1а), часто с темным содержимым, одиночные мелкие ( $\approx 0.2 \text{ мкм}$ ) митохондрии и короткие слабо извилистые цистерны эндоплазматического ретикулума (ЭР). Цитозоль отличается высокой электронной плотностью и обилием свободных рибосом, равномерно распределенных по площади среза клетки. Со временем в вырост из субгимнения мигрируют два мелких ( $\approx 0.4 \text{ мкм}$ ) округлых ядра (рис. 1б) и вновь несколько мелких вакуолей. В окончательно сформированной инициали гимения центральное положение занимают два близко расположенных ядра (рис. 1в), в

содержимом которых преобладает диффузный хроматин. Ядрышко одно, довольно мелкое ( $0.3 \text{ мкм}$ ), приурочено к оболочке ядра, имеет неровный контур, плотное; фибрillлярный и гранулярный компоненты в нем представлены в равной мере. Нуклеоплазма по электронной плотности сходна с цитозолем. Небольшие митохондрии встречаются редко (3-5 на срезе клетки), располагаются одиночно и несут короткие кристы, ориентирующиеся вдоль органеллы. В инициали базидии вещества запаса, микротельца, микротрубочки, цистерны Гольджи и пузырьки отсутствуют. Плазмалемма трехслойная, ассиметричная, тесно примыкает к тонкой ( $0.2 \text{ мкм}$ ) темной гомогенной клеточной оболочке. В целом по ультраструктуре инициали базидий *Bjerkandera adusta* сходны с таковыми других видов агариковых [1] и афиллофоровых [5-7] грибов.

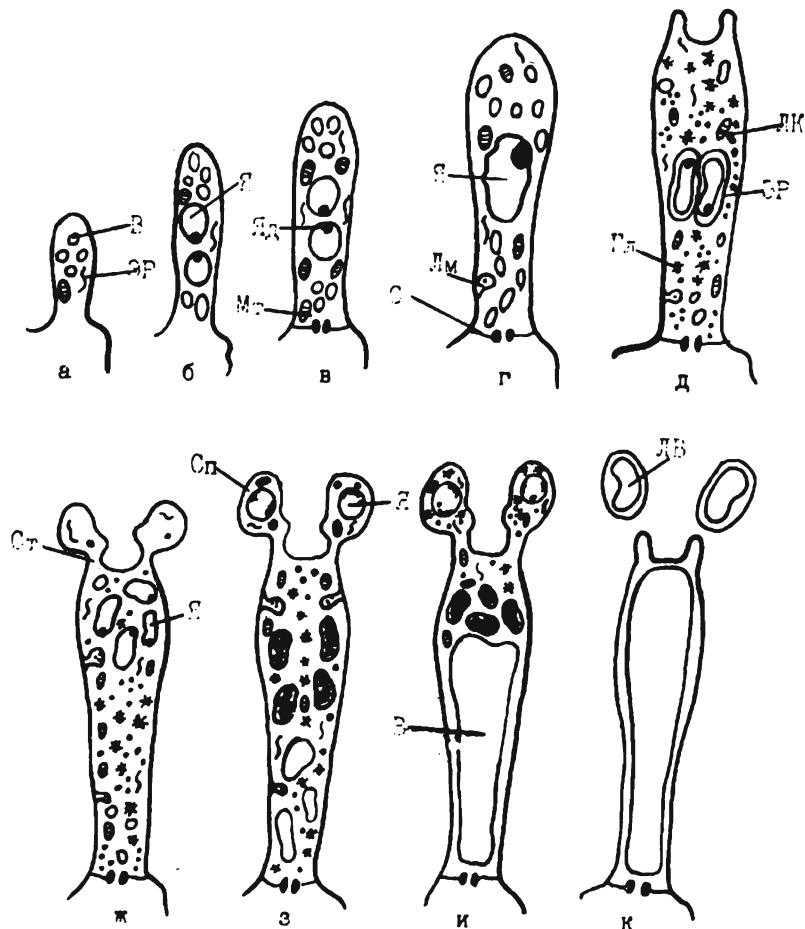


Рис. 1. Схема развития базидий и спор *Bjerkandera adusta* (по данным электронной микроскопии): а, б - заложение инициали базидии; в - сформированная инициальная базидия; г - базидия с диплоидным ядром; д - базидия после мейоза (без спор); ж-и - базидия в период формирования спор; к - базидия после отbrasывания спор.

В - вакуоль; Гл - гликоген; ЛВ - липидное включение; ЛК - липидная капля; Лм - ломасома; Мт - митохондрия; С - септа; Сп - спора; Ст - стеригмарий - эндоплазматический ретикулум; Я - ядро; Яд-ядрышко.

В молодой базидии после кариогамии центральное положение занимает диплоидное ядро ( $0.6 \times 0.10 \text{ мкм}$ ), вытянутое вдоль ее оси (рис. 1г). Оно, как и ядра инициали, в основном заполнено диффузным хроматином и содержит одно ядрышко, приуроченное к оболочке ядра. Однако ядрышко диплоидного ядра вдвое больше ядрышек гаплоидных ядер инициалей. Его отличают неровный контур и обилие грану-

лярного компонента. Оболочка диплоидного ядра имеет слабо извилистые очертания, нуклеоплазма по электронной плотности не отличается от цитозоля. В остальном (слабая вакуолизация, бедность органеллами, плотный цитозоль и богатство свободными рибосомами) диплоидные базидии в период апикального роста напоминают их инициали, что резко отличает изучаемый вид от аналогичных других видов афиллофовых [2,7] и агариковых [1] грибов, для которых характерны пролиферации хондриома (часто и эндомембранный системы) и синтез запасных веществ, т. е. черты ультраструктуры, типичные для клеток, характеризующихся высоким уровнем метаболизма. Иными словами - специфической особенностью морфогенеза базидий изучаемого вида является то, что диплоидные базидии, как и их инициали, характеризуются чертами ультраструктуры меристематических клеток. Важно отметить, что в этот период в базидиях *Bjerkandera fumosa* [6] начинается синтез запасных веществ в форме липидных капель и белковых кристаллов и только липидных капель в базидиях *Bjerkandera adusta*. Однако пролиферации хондриома так же, как и в базидиях *Bjerkandera dumosa* [6] и *Polyporus squamosus* [1], не происходит. На анализируемой стадии в базидиях *Bjerkandera adusta* отмечалось небольшое число мелких светлых пузырьков, располагающихся в толще цитозоля. Характерными были также и незначительная пролиферация агранулярных цистерн ретикулума и исчезновение крупных апикальной и базальной вакуолей, имеющих место в их инициалах.

После мейоза в верхней части базидии изучаемого вида происходит формирование четырех коротких стеригм (рис. 1д). В этот период в содергимом стеригм отмечается плотный цитозоль и многочисленные свободные рибосомы, пузырьки и микротрубочки отсутствуют. Сходное строение имели растущие стеригмы и в базидиях *Polyporus squamosus* [1] и *Bjerkandera fumosa* [6]. Клеточная оболочка формирующаяся и закончивших рост стеригм по структуре сходна с таковой базидии, но отличается меньшей толщиной (0.1 мкм). Из других видов афиллофоровых грибов в растущих стеригмах у *Lentinus edodes* [8] обнаружены пузырьки и продольно ориентирующиеся микротрубочки, у *Poria latemarginata* [2] - только пузырьки.

В постмейотической базидии четыре гаплоидных ядра несколько вытянуты (0.2 x 0.4 мкм) вдоль оси клетки и располагаются на одном уровне так, что на продольном срезе клетки выявляются только два из четырех ядер (рис. 1д). Аналогичная ориентация гаплоидных ядер отмечалась нами для базидий некоторых видов агариковых грибов - *Suillus luteus*, *Lactarius pubescens* и *Tricholoma focale* [1]. Однако гаплоидные ядра в базидиях *Polyporus squamosus* [1] и *Bjerkandera fumosa* [6] ориентировались таким образом, что в плоскости продольного среза выявлялись все четыре ядра, расположенные попарно. Для всех гаплоидных ядер характерно наличие одного мелкого (0.2 мкм) умеренно-плотного фибрилярного ядрышка, приуроченного к оболочке ядра. Снаружи ядра несут однослоиный ретикулярный футляр, располагающийся на одинаковом расстоянии от оболочки ядра, равном ее толщине. Аналогичный футляр обнаружен нами и вокруг гаплоидных ядер *Polyporus squamosus* [1] и *Bjerkandera fumosa* [6].

В базидиях изучаемого вида после мейоза происходит интенсивный синтез запасных веществ в форме липидных капель и мелких (0.01 мкм) розеток  $\alpha$ -гликогена, причем последние преобладают. Липидные капли формируют небольшие и малочисленные скопления, локализующиеся повсеместно, тогда как скопления розеток гликогена обширны, особенно в верхней части базидии. Надо отметить, что после мейоза начинался синтез розеток  $\beta$ -гликогена в базидиях *Polyporus squamosus* [1] и  $\alpha$ -гликогена в базидиях *Bjerkandera fumosa* [6]. В период синтеза базидиями запасных веществ уровень насыщенности их митохондриями и элементами ЭР остается низким. Цитозоль плотный, богат свободными рибосомами. Последнее отличает постмейотические базидии изучаемого вида от аналогичных *Bjerkandera fumosa* [6], для которых характерно низкое содержание рибосом. Появляются мелкие ломасомы и мультивезикулярные тельца. Ломасомы приурочены к клеточной оболочке (рис. 1д), отличаются небольшими размерами и наличием небольшого числа пузырьков разного диаметра. В базидиях *Bjerkandera fumosa* [6] крупные ломасомы,

ориентирующиеся по углам септ, появлялись в базидиях с диплоидным ядром. Мультивезикулярные тельца, как и ломасомы, содержат несколько пузырьков разного диаметра, одиночные, встречаются повсеместно. В базидиях *Polyporus squamosus* после мейоза резко увеличивается количество пузырьков, помимо мелких светлых, появляются мелкие серые и крупные светлые. В этот же период у этого вида удалось наблюдать редкие одиночные цистерны Гольджи подковообразной формы, вблизи которых отмечались скопления от 5 до 15 светлых пузырьков разного диаметра.

Следующим этапом морфогенеза базидий изучаемого вида гриба является формирование ими базидиоспор. Начинается этот процесс с того, что апикальный конец стеригм пузыревидно вздувается, формируя зародыш базидиоспоры. Пузырьки в цитозоле формирующихся спор отсутствуют, что отличает их от спор таких видов афиллофоровых грибов, как *Chondrostereum rigigireum* [5] и *Bjerkandera fumosa* [6], для которых они отмечены. В содержимом спор выявляются плотный цитозоль, свободные рибосомы, одиночные липидные капли, розетки гликогена, митохондрии и цистерны ЭР. Слабая насыщенность спор органеллами сохраняется в них вплоть до окончания ими роста, что характерно и для формирующихся базидиоспор таких видов агариковых грибов, как *Boletus edulis* и *Suillus luteus* [1], а из афиллофоровых - *Polyporus squamosus* [1]. В то же время формирующиеся споры *Bjerkandera fumosa* были буквально забиты запасными веществами, в основном в форме гликогена. Снаружи плазмалеммы базидиоспор *Bjerkandera adusta* формируется тонкая (0.01 мкм) однослойная спородерма (эктоспорий), непрерывно переходящая в оболочку стеригмы. По структуре и электронной плотности спородерма сходна с оболочкой стеригмы. Тонкие однослойные оболочки были характерны и для базидиоспор *Polyporus squamosus* [1] и *Bjerkandera fumosa* [6]. Наиболее толстой она была у первого вида (0.03 мкм), у второго - она занимала промежуточное положение (0.02 мкм).

Видимые изменения в структуре базидий изучаемого вида происходят только по окончании ими роста и касаются в основном их ядер, вокруг которых ретикулярный футляр исчезает и они перемещаются в верхнюю часть клетки (рис. 1ж). После миграции ядер из базидий через стеригмы в закончившие рост споры в базидии вновь видны четыре сильно хроматизованных ядра. Они эллипсоидальной формы, локализованы в центре клетки. В этот период в базальной части базидии происходит интенсивный рост трех вакуолей (рис. 1з), которые вскоре сливаются в одну крупную, так называемую базальную вакуоль (рис. 1и). Тогда как в базидиях *Bjerkandera fumosa* [6] базальная вакуоль закладывалась и приступала к росту с началом формирования спор. В то же время в базидиях *Polyporus squamosus* [1] крупные светлые апикальная и базальная вакуоли возникали, претерпевали рост и в конечном счетесливались в одну крупную центральную лишь после формирования отделительной септы в основании зрелых базидиоспор. После появления ядер в спорах в них в большом количестве мигрируют запасные вещества (липидные капли, гликоген). Органеллы если и отмечаются, то только дегенерирующие. Цитозоль же базидий в этот период постепенно обедняется веществами запаса и органеллами. Ядра, имеющиеся в базидии, располагаются без видимого порядка, не окружены ЭР, и проявляются признаки дегенерации (сокращаются в размерах, хроматин приобретает вид крупных гомогенных скоплений, нуклеоплазма просветляется), и в последующем остаются в базидии, где подвергаются полному распаду.

Четыре дегенерирующих ядра были обнаружены на заключительных этапах морфогенеза базидий из агариковых грибов у *Boletus edulis*, *Suillus luteus* и *Tricholoma focale* [1], а из трубчатых грибов - у *Polyporus squamosus* [1], *Inonotus tamaricis* [7]. *Bjerkandera fumosa* [6] и *Polyporus anthelminticus* [9]. По мере перемещения содержимого базидий и спор отмечается рост базальной вакуоли, постепенно заполняющей весь объем клетки. При этом довольно часто наблюдаются картины локального автолиза цитозоля: тонопласт формирует инвагинации разного объема, в которые вовлекаются участки цитозоля с органеллами, веществами запаса и рибосомами. Впоследствии в содержимом вакуолей они подвергаются полному распаду. Формирую-

щиеся в базидиях *Polyporus squamosus* [1] апикальная и базальная вакуоли также осуществляли локальный автолиз цитозоля. В созревающих спорах органеллы тяготят контраст и практически не выявляются, гликоген реутилизируется, отмечается массовая аккумуляция липидных капель, которые впоследствии сливаются, образуя крупное округлой формы липидное включение (рис. 1к).

Таким образом, согласно нашим наблюдениям, в базидиях *Bjerkandera adusta* формирование и последующий рост базальной вакуоли наблюдаются лишь на очень поздних стадиях развития базидий (после миграций ядер в споры). Этот факт является показателем того, что создаваемое в ходе роста этой вакуоли тургорное давление не определяет миграцию ядер и других компонентов цитозоля базидии в споры, а также рост и формирование базидиоспор, т. е. поршневая гипотеза Корнера [10] не применима к базидиям изучаемого вида так же, как и к базидиям таких ранее изученных нами видов трутовых грибов, как *Polyporus squamosus* [1], *Inonotus tamaricis* [7] и *Bjerkandera fumosa* [6]. Это противоречит мнению других исследователей ультраструктуры базидий афиллофоровых грибов [2, 5].

Институт ботаники АН Туркменистана

Поступила 21.04.1995

## ЛИТЕРАТУРА

1. Степанова А.А. , Васильев А.В. Ультраструктурные основы морфогенеза шляпочных грибов. Ашгабат: Ылым, 1994, с. 263.
2. Hoch H.C. , Setiliff E.C. Sterigma and basidiospore development in *Poria latemarginata*. - Mem. New York Bot. Gard. , 1976, v. 29, № 1, p. 98-104.
3. Mims C.W. , Seaberry F. Ultrastructure of tube formation in *Ganoderma lucidum*. - Mycologia, 1989, v. 81, № 5, p. 754-764.
4. Setiliff E.C. , Hoch H.C. , Patton R.F. Studies on nuclear division in basidia of *Poria latemarginata*. - Can. J. Bot. , 1974, v. 52, № 11, p. 2323-2333.
5. Spfers A.G. , Hopcroft H. Ultrastructural studies of basidial and basidiospore development and basidiospore release in *Chondrostereum purpureum*. - Eur. J. Forest Pathol., 1988, v. 18, № 6, p. 367-381.
6. Степанова А.А. , Васильев А.Е. Субмикроскопическое изучение базидий и субгимнения *Bjerkandera fumosa*. - Микол. и фитопатол., 1995, т.5, № 3.
7. Степанова А.А. , Васильев А.Е. Данные электронной микроскопии о морфогенезе базидий *Inonotus tamaricis*. - Микол. и фитопатол. , 1993, т. 27, № 1, с. 29-35.
8. Nakai V. Basidiosporogenesis in shiitake. *Lentinus edodes*. - Reports Tottori Mycol. Inst. , 1998, № 22, p. 59-60.
9. Roy A. , De A.B. , Pal A. Nuclear behavior in basidia of *Polyporus anthelminticus* Berk. - Nova Hedwigia, 1982, v. 36, № 1, p. 231-236.
10. Corner E.J.H. Studies in the basidium. I. The ampoule effect. - New Phytol. , 1948, v. 47, p. 22-57.

И.И. УСЕНОУОУКУ

## BJERKANDERA ADUSTA (WILLD. EX FR.) KARST. (POLYPORACEAE) ԲԱԶԻԴԻՈՒՄՆԵՐԻ ԵՎ ՍՊՈՐՆԵՐԻ ՄՈՐՖՈԳԵՆԵԶԻ ՈՒԼՏՐԱԿԱՌՈՒԹՎԱԾՔԱՅԻՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

### Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հոդվածում բերվում են տվյալներ *Bjerkandera adusta* աֆիլոֆորային սևի զարգացող բազիդիումների և սպորների ուլտրակառուցվածքի մասին: Ցույց է տրված, որ բազիդիումների կառուցվածքում փոփոխությունները տեղի են ունենում մեյզից հետո և հասնում մաքսիմալ սպորների ձևավորումից առաջ: Բազալ վակուոլը բազիդիումի և սպորների զարգացման մեջ էական դեր չի խաղում, այ ն կատարում է ավտոլիտիկ ֆունկցիա: Բազիդիոսպորները աճման շրջանում պահանջական ակտիվ են, պահեստային զուրկերի զանգվածային միգրացիան այնուհետև սկսվում է միայն կորիզի ձևավորումից հետո: Մինույն ընտանիքի (*Polyporaceae*) երկու տարրեր տեղերի պատկանող երեք տեսակի աֆիլոֆորային սևերի (*Bjerkandera adusta*, *B. fumosa* և *Polyporus squamosus*) բազիդիումների մորֆոգենեզի համեմատությունը ցույց է տալիս նրանց միջև առկա էական տարրերությունները:

Биология

УДК 582.28

С.Г. НАНАГЮЛЯН, М.Г. ТАСЛАХЧЬЯН Н.ДЖ. КИРАКОСЯН, Р.Г. АДАМЯН

ЛОКУЛОАСКОМИЦЕТЫ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

Впервые проведен полный таксономический и экологический анализ локулоаскомицетов республики, насчитывающий 290 видов, 51 род из 14 семейств и 5 порядков. Уточнена номенклатура и систематическая принадлежность таксонов всех уровней в соответствии с современными классификационными системами.

Локулоаскомицеты Армении в их современном понимании до наших работ не подвергались специальному исследованию. Однако в процессе общих микофлористических обследований отдельных регионов республики или отдельных групп растений накопилось значительное количество видов, приводимых в списках новых для Армении таксонов грибов.

С 1975 года нами начато планомерное изучение сапротрофных грибов республики, позволившее выявить большое количество новых таксонов аскомицетов. В работе мы исходим из системы, приводимой в словаре Г. Эйнсвортса [1], с некоторыми изменениями [2].

В результате многолетних исследований, а также обработки гербарных и литературных материалов выявлено 290 видов, относящихся к 51 роду, 14 семействам, 5 порядкам класса Loculoascomycetes подотдела Ascomycotina (см. табл.).

Все обнаруженные в республике локулоаскомицеты подразделяются на 6 трофических групп: ксилотрофы, герботрофы, филлотрофы, копротрофы, технотрофы и лихенотрофы. Наибольшим количеством представителей и разнообразным таксономическим составом отличается группа ксилотрофов, обитающих на стволах и ветвях древесных и кустарниковых пород и валежной древесине. Эта группа насчитывает 134 вида, среди них по количеству, частоте встречаемости и широкому географическому распространению отличаются роды *Cucurbitaria* (20 видов), *Leptosphaeria* (12 видов), *Pleospora* (10 видов) и *Strickeria* (9 видов). К ксилотрофам относятся также виды *Fenestella*, *Massaria*, *Melanomma*, *Trematosphaeria*, некоторые виды *Didymosphaeria*, *Dothidea* и другие.

Подавляющее большинство ксилотрофных локулоаскомицетов ведет сапротрофный образ жизни, однако среди представителей этой группы встречаются также факультативные паразиты, развивающиеся на ослабленных различными физическими факторами породах. К ним мы причисляем *Didymella effusa*, развивающийся на ветвях жимолости, *Dothidea sambuci* - на ветвях бузины, *Didymosphaeria massarioides* - на поврежденных морозом ветвях таволги, *Karschia nigerrima* - на усыхающих ветвях дуба, и некоторые другие.

Второй по количеству видов является трофическая группа герботрофов. Всего обнаружено 110 видов герботрофов, среди них наибольшим количеством представителей отличается род *Leptosphaeria*, представленный 35 видами, затем следует род *Pleospora*, насчитывающий 27 видов, 10 видов рода *Ophiobolus* также обитают на травянистых растениях, род *Rygeophora* представлен 8 видами, *Mycosphaerella* - 10, *Didymella* - 5, *Trematosphaeria* - 4, *Clathrospora* - 3, и единичные представители других родов.

*Количественное распределение видов локулоаскомицетов по таксономическим группам*

Порядок	Семейство	Род	Количество видов
Capnodiales	Capnodiaceae	Capnodium	1
Dothideales	Dothideaceae	Dothidea	3
		Dothiora	3
		Plowrightia	3
	Mycosphaerellaceae	Pleosphaerulina	2
		Botryosphaeria	2
		Quignardia	2
		Laestadia	5
		Lasiobotrys	1
		Mycosphaerella	28
	Venturiaceae	Platychora	1
		Sphaerulina	3
		Stigmata	2
		Venturia	6
		Xenomeris	1
		Gibbera	1
Pleosporales	Fenestellaceae	Fenestella	7
		Kalmusia	2
	Lophiostomataceae	Lophiostoma	4
		Lophiotrema	2
		Lophiosphaeria	1
	Melanommataceae	Platystomum	2
		Cucurbitaria	20
		Crotonocarpia	1
		Massariella	1
		Massarina	1
		Melanomma	7
		Melanopsamma	4
		Ottia	3
		Teichosporella	1
		Teichospora	2
		Trematosphaeria	8
	Pleosporaceae	Strickeria	9
		Clathrospora	3
		Didymella	7
		Didymosphaeria	7
		Herpotrichia	1
		Herpotrichiella	1
		Leptosphaeria	47
		Ophiobolus	10
		Pleospora	41
	Sporormiaceae	Sporormia	5
Pseudosphaerales	Pseudosphaeriaceae	Sporomella	1
		Pyrenophora	12
	Massariaceae	Tichothecium	1
		Massaria	5
Hysteriales	Patellariaceae	Pleomassaria	4
		Karschia	1
		Leciographa	1
		Patellaria	1
	Hysteriaceae	Hysterographium	3
Итого:	5	14	51
			290

Сравнительно малочисленной трофической группой являются филлотрофные локулоаскомицеты, обитающие на листьях древесных и кустарниковых пород. Однако в таксономическом отношении это довольно разнообразная и интересная группа. Здесь наибольшим числом видов представлен род *Mycosphaerella*, насчитывающий 16 видов, *Venturia* - 6 видов, 4 вида - *Laestadia*, и единичные представители родов *Sphaerulina*, *Capnodium*, *Didymella* и др. Всего группа филлотрофных локулоаскомицетов насчитывает 41 вид, в подавляющем большинстве биотрофов. К ним относятся *Mycosphaerella carinthiaca* - на живых листьях клевера, *M. fragariae* - на землянике, *M. lysimachiae* - на вербейнике, *Rutengophora chrysospora* - на листьях вишни,

*Stigmatea juniperi*, паразитирующий на живой хвое можжевельника, виды *Venturia*, поражающие листья ясения, герани, яблони, груши, щавеля, *Xenomeris juniperi*, обитающий на живой хвое можжевельника, *Platychora ulmi* - на листьях ильма.

Сапротрофными формами этой группы грибов являются 13 видов *Mycosphaerella*, 2 вида *Leptosphaeria*, *Pleospora aurea*, *Didymella quercina* и др.

Из копротрофных локулоаскомицетов, обитающих на помете травоядных животных, обнаружено 5 видов *Sporogonia* и 1 вид *Sporogoniella*.

И наконец по одному виду представлены группы карпотрофов - *Guignardia bidwellii*, развивающегося на плодах винограда, технотрофов - *Melanopsamma pomiformis*, обитающего на чеферной ткани и обнаруженного в Шамлугском руднике [3], и лихенотрофов - *Tichothecium gemmiferum*, развивающегося на корковом лишайнике [4].

Нами выявлены некоторые закономерности распределения исследуемых грибов по растительным сообществам республики. Установлено, что локулоаскомицеты входят в состав определенных микосинузий, передающихся из года в год. В лесной растительности нами выделено 3 основных типа микосинузий: ксиlobионтная, филлобионтная и гербобионтная. В первой группе наиболее часто встречаются представители рода *Cucurbitaria* в сочетании с другими микромицетами, чаще всего сферопсидальными грибами, а также виды *Leptosphaeria*, *Pleomassaria* и *Dothidea* совместно с видами целомицетов. В образовании филлобионтных микосинузий принимают участие представители родов *Mycosphaerella*, *Laestadia*, *Pleospora*. Так, на опавших листьях дуба формируются сочетания грибов, состоящие из *Laestadia cookeana*, *Hymenoscyphus vulgarorum* и *Camarosporium oreades*; *Mycosphaerella punctiformis* развивается на опавших листьях ивы совместно с *Rhytisma salicina*, *Coniothecium phyllophilum*; *Pleospora pustulans* - на перезимовавших листьях гордовины совместно с *Cladosporium epiphyllum* и др.

В гербобионтных микосинузиях преобладают сочетания видов *Leptosphaeria*, *Sphaerulina*, *Mycosphaerella* с представителями сферопсидальных и гифальных грибов. Всего в лесных фитоценозах выявлено 195 видов локулоаскомицетов, из них 120 видов в лиственных лесах, 75 - в смешанных.

Безлесные фитоценозы несколько беднее составом исследуемых организмов, хотя и здесь образуются своеобразные сочетания грибов. В можжевеловых редколесиях, томиллярах, горных степях превалируют виды с темноокрашенными муральными спорами. Отмечены следующие сочетания локулоаскомицетов с другими грибами: *Cucurbitaria pulchella* - *Diplodia paliuri* на держи-дереве, *Strickeria pomiformis* - *Camarosporium atraphaxidis* на курчавке, *Pleospora scirpicola* - *Sporodesmium scirpicolum* на осоке и др.

Интересно отметить, что локулоаскомицеты образуют микрогруппировки, состоящие из нескольких видов одного рода, которые встречаются из года в год в одних и тех же стациях определенных фитоценозов. Так, в дубово-грабовых лесах Ванадзорского района на одном и том же участке в течение трех лет весной нами было отмечено одновременное развитие *Didymella applanata*, *D.catariae*, *D.effusa*, *D.quercina*.

Исследования, проводимые в хорошо выраженных томиллярах, расположенных к северо-западу от Веди на холмах и склонах горы Ерах, позволили выявить микромикоценоз из представителей 14 видов рода *Pleospora*. Почти в том же составе эта группировка встречается на участке горной степи близ Гарни. Микрогруппировка из видов рода *Ophiobolus* развивается ежегодно в лиственном лесу близ села Анкаван. В этот микромикоценоз входят почти все виды этого рода, найденные нами в республике, - *O.bardanae*, *O.erythrosporus*, *O.fruticum*, *O.incomptus*, *O.rugphyrogonus*, *O.vulgaris*, *O.affinis*.

В процессе критической обработки гербарных и литературных материалов по локулоаскомицетам нами проведена таксономическая и номенклатурная коррекция таксонов. Отдельные виды переведены в синонимы, другие переименованы в соответствии с современными классификационными системами аскомицетов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ainsworth G.C. Ainsworth and Bisby's dictionary of Fungi. 6 th Edition, Kew, 1971.
2. Васильева Л.Н. Пиреномицеты и локулоаскомицеты севера Дальнего Востока. Л.: Наука, 1987.
3. Бондарцева М.А. , Семан Э.О. Новости сист.низш. раст. , 1978, т. 15.
4. Авакян К.Г. Уч. записки ЕГУ, 1976, № 1.

Ս.Գ. ՆԱԽԱԳԹՈՒԼՅԱՆ, Մ.Գ. ԹԱՍԼԱԽՉԵՎԱՆ, Ն.Զ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ, Ռ.Գ. ԱՌԱՄՅԱՆ

### ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԼՈԿՈՒԼՈԱՍԿՈՄԻՑԵՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

#### Ա մ փ ո ւ մ

Առաջին անգամ տրվում է հանրապետությունում տարածված լոկուլոասկոմիցետների լիակատար տաքսոնոմիկական և էկոլոգիական անալիզը:

Այս սմերը ընդգրկում են 290 տեսակներ, որոնք պատկանում են 51 ցեղերին, 14 ընտանիքներին և 5 կարգերին: Հատ ժամանակակից կարգաբանական սիստեմների ճշտված են բոլոր տաքսոնների անվանումները և կարգաբանական պատկանելիությունը:

Е.Г. СИМОНЯН, Э.М. ДЖИГАРДЖЯН

ОЦЕНКА ИНФОРМАТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ  
МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ И ЦИТОЛОГИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ У ДВУХ СОРТОВ ВИНОГРАДА

В настоящей работе виноград был использован в качестве тестобъекта для оценки мутагенного влияния промышленных и автотранспортных загрязнителей атмосферы.

Виноград является древнейшей культурой, широко распространенной в Армении. Он повсеместно возделывается на территории города Еревана и произрастает вблизи производственных предприятий и автотранспортных коммуникаций города. Имеются данные о чувствительности культуры к неблагоприятным внешним условиям, что выражается в повышении стерильности ее репродуктивных органов, в первую очередь - в стерильности мужской генеративной сферы [1-4].

**Материал и методика исследования.** Материалом для исследования служили два местных сорта винограда - Арагат (Ачабаш) и Мсхали. Анализировали по 1000 свежих пыльцевых зерен каждого сорта из 19 пунктов исследования в трех повторностях в течение трех лет. Всего подсчитано 315000 пыльцевых зерен. Препараты готовили ацетокарминовым методом и методом Шардакова.

Изучение развития репродуктивных органов винограда проводили на более чем 700 препаратах. Материал фиксировался по методу Навашина и Бродского. Окраска постоянных препаратов производилась железным гематоксилином по Гейденгайну.

Объем 11100 пыльцевых зерен определяли методом, предложенным Выгодским [5].

Контролем служили те же сорта винограда, произрастающие на территории экспериментальной базы НИИВВиП.

В обычных для данного растения внешних условиях почти вся образующаяся в пыльниках пыльца является фертильной. Под влиянием неблагоприятных внешних условий (плохой погоды с чрезмерными понижениями или повышениями температуры и влажности), искусственных реагентов (таких, как изменения температуры и рентгеновского облучения, а также обработка химикатами) нормальное развитие и строение пыльцы могут нарушиться, что приведет к появлению стерильной пыльцы.

Дорсей [6] высказывает мнение, что одна из причин стерильности пыльцы у винограда - это нарушение развития генеративного ядра.

Однако пыльца может быть стерильной не только при нарушенном, но и нормальном течении мейоза. На рост, развитие и размножение растений не может не повлиять также и загрязненность внешней среды. Особенно сильно она влияет на половой аппарат растений, что приводит к их стерильности.

Серьезность начальных изменений во многом зависит от химической и физической природы загрязнителей, молекулярного строения, биологической активности и концентрации их [7].

В данном случае наша цель заключалась в том, чтобы попытаться внести ясность в указанный вопрос в условиях Еревана. Опыты ставились на двух разных сортах винограда. Все исследованные растения находились в естественных условиях, и

на них действовал комплекс физических и химических факторов.

Растения различных разновидностей, как и сорта внутри вида, обладают различной степенью фертильности пыльцы. Высокая фертильность является одним из важнейших показателей жизнеспособности растений.

В наших условиях степень фертильности пыльцы как показатель жизнеспособности изучалась у растений, растущих в наиболее загрязненных районах Еревана.

Определение фертильности пыльцевых зерен винограда ацетокарминовым методом у сорта Аарати выявило определенную закономерность. Из таблицы видно, что фертильность в первый год исследования более низкая. В восточном районе, в точке 35, стерильность составляет  $37,26\% \pm 1,24$ , затем она увеличивается до  $40\% \pm 0,89$ . В точке 20 центра стерильность составляет  $33,26\% \pm 1,22$ , далее увеличивается соответственно по годам исследования до  $73,43\% \pm 0,13$  и  $86,03\% \pm 0,63$ . В юго-западной зоне (точка 3) стерильность, наоборот, уменьшается от  $32,33\% \pm 1,21$  до  $7,1\% \pm 0,46$ . Во второй год наиболее высокая стерильность наблюдается в северном районе, в точке 21-  $92,3\% \pm 0,49$ , в то время как уровень стерильности в контроле по годам исследования составляет  $4,33\% \pm 0,53$ ;  $2,5\% \pm 0,28$  и  $5,23\% \pm 0,40$ .

*Определение фертильности пыльцевых зерен винограда ацетокарминовым методом по трем годам исследования*

Название сорта	Район сбора	Точки сбора	I год			II год			III год		
			материала	ферт.	стер.	% $\pm$	ферт.	стер.	% $\pm$	ферт.	стер.
Аарати	южный	24	96	4	$\pm 0,51$	97,27	2,73	$\pm 0,29$	97,53	2,47	$\pm 0,28$
	юго-зап.	3	67,66	32,33	$\pm 1,21$	98,47	1,53	$\pm 0,22$	92,9	7,1	$\pm 0,46$
	северный	21	94,66	5,33	$\pm 0,58$	7,7	92,3	$\pm 0,49$	95,1	4,9	$\pm 0,39$
	восточный	35	62,73	37,26	$\pm 1,24$	62,13	37,87	$\pm 0,88$	60,0	40,0	$\pm 0,89$
	центр	20	67,73	33,26	$\pm 1,22$	26,57	73,43	$\pm 0,81$	13,97	86,03	$\pm 0,63$
	К-запад.	67	95,66	4,33	$\pm 0,53$	97,5	2,5	$\pm 0,28$	94,77	5,23	$\pm 0,40$
Мсхали	К-восточ.	121	-	-	-	93,57	6,43	$\pm 0,45$	86,0	14,0	$\pm 0,63$
	южный	25	91,86	8,13	$\pm 0,70$	76,63	22,37	$\pm 0,76$	83,43	16,57	$\pm 0,67$
	юго-зап.	9	86,66	13,33	$\pm 0,88$	11,13	88,87	$\pm 0,57$	57,73	49,27	$\pm 0,91$
	северный	15	59,66	40,33	$\pm 1,26$	27,53	72,47	$\pm 0,81$	38,9	61,1	$\pm 0,89$
	восточный	30	93,0	7,0	$\pm 0,66$	79,93	20,07	$\pm 0,73$	75,8	24,2	$\pm 0,78$
	центр	38	85,8	14,2	$\pm 0,90$	65,3	34,7	$\pm 0,87$	96,93	3,07	$\pm 0,31$
Мсхали	К-запад.	63	93,26	6,73	$\pm 0,65$	56,33	43,67	$\pm 0,90$	75,87	24,13	$\pm 0,78$
	К-восточ.	122	-	-	-	91,17	8,83	$\pm 0,52$	79,03	20,97	$\pm 0,74$

Анализ полученных данных показал, что в 3-ий год наиболее высокая степень стерильности наблюдалась у сорта Аарати в точке 20 (центр) -  $86,03\% \pm 0,63$  и в точке 35 (восточный район) -  $40,0\% \pm 0,89$ . Наиболее низкая стерильность пыльцевых зерен наблюдалась в точке 24 южного района -  $2,47\% \pm 0,28$ . Контрольный уровень стерильности соответственно составлял  $5,23\% \pm 0,40$ .

Из приведенной таблицы видно, что наиболее низкая фертильность за 3-ий год наблюдается в восточном районе и в центре, в других же районах уровень фертильности довольно высок.

Данные, полученные ацетокарминовым методом, показывают, что в некоторых точках стерильность стойко сохраняется (точка 35) и составляет по годам исследования соответственно  $37,26\% \pm 1,24$  (1-ый год),  $37,87\% \pm 0,88$  (2-ой год) и  $40,0\% \pm 0,89$  (3-ий год) и в точке 24 -  $4,0\% \pm 0,51$ ;  $2,73\% \pm 0,29$ ;  $2,47\% \pm 0,28$ .

Аналогичные исследования проводились на сорте Мсхали. Данные, полученные на этом сорте за указанные годы, при сравнении с наблюдениями на сорте Аарати показывают, что этот сорт является более чувствительным к неблагоприятным внешним факторам.

Во 2-ой год анализа был введен и новый метод исследования (метод Шардакова), основанный на выявлении фермента пероксидазы в жизнеспособных пыльцевых зернах.

На рис. 1 и 2 приводятся диаграммы сравнения двух методов в выявлении процента стерильности пыльцевых зерен. В зависимости от точек сбора и района города показана различная реакция зерен на действие неблагоприятных факторов окружающей среды.

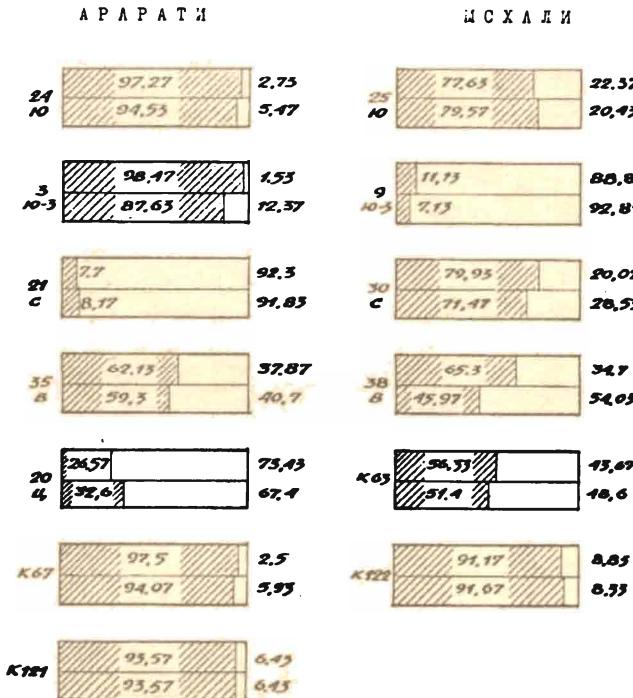


Рис. 1. Диаграмма сравнения двух методов исследования в выявлении процента стерильности и фертильности пыльцевых зерен (1-ый год).

Обозначения: а - ацетокарминовый метод; б - метод Шардакова;  
[■] - % фертильности, [□] - % стерильности.

В южном районе, в точке 24, стерильность оказалась равной  $5,47\% \pm 0,41$ , а в северном, в точке 21, -  $91,83 \pm 0,50\%$ . При анализе того же количества пыльцевых зерен в точке 3 юго-западного района (2-ой год) стерильными оказались  $12,37\% \pm 0,60$  пыльцевых зерен, а в точке 20 (центр) -  $67,4\% \pm 0,86$ . В восточном же районе уровень стерильности незначительно превышает уровень стерильности в контроле -  $5,93\% \pm 0,43$ .

Данные, полученные в течение трехгодичного анализа, свидетельствуют о том, что показатели стерильности и фертильности являются довольно стойкими и не зависят от климатических условий и от метода исследования.

Аналогичная картина наблюдается и при изучении сорта Мчхали. При анализе данных, приведенных в диаграмме 1, видно, что процент стерильности во всех районах города и во всех точках довольно высокий. В южном районе в точке 25 стерильность пыльцевых зерен составляла  $20,43 \pm 0,74\%$ . В точке 9 юго-западной зоны наивысший процент стерильности -  $92,87\% \pm 0,47$ .

Анализ пыльцы, собранной из точки 38 (восточный район), выявил высокий процент стерильности у сорта Мчхали за два года исследования. В точке 9 юго-западного района также, как и в первый год наивысший процент стерильности был равен  $59,5\% \pm 0,80$  (рис. 1, 2). И, по-видимому, на стерильность пыльцевых зерен влияет не только загрязненность воздушного бассейна, но и особенности самого сорта.

Представляют определенный интерес данные, полученные по определению объема пыльцевых зерен, проведенному в тех же пунктах. Анализ этих данных показал, что в 1-ый год наибольший объем имели пыльцевые зерна, собранные с точки 5 -

2079,52 и с точки 3 - 1897,70 $\mu$ . В остальных точках у сорта Аарати наблюдается примерно одинаковая картина (1425,70 $\mu$  - южный; 1318,68 $\mu$  - юго-западный; 1506,59 $\mu$  - северный и т. д.). Уровень контроля соответственно составлял 1685,73 $\mu$ . У сорта Мсхали объем пыльцевых зерен высок в точке 15 - 1888,84 и в контроле - 1868,30 $\mu$ .

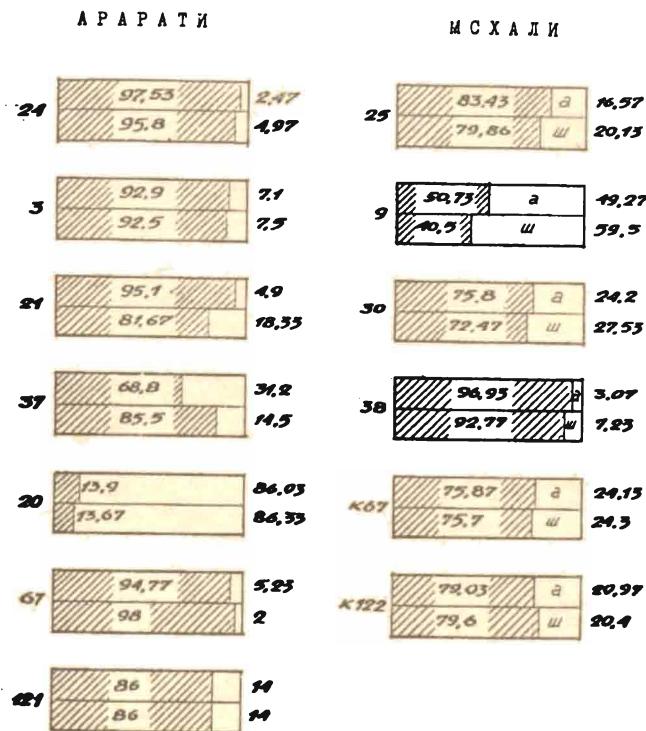


Рис. 2. Диаграмма сравнения двух методов исследования в выявлении процента стерильности и фертильности пыльцевых зерен (2-ой год).

Обозначения: а - акетокарминовый метод; б - метод Шардакова;

- % фертильности, - % стерильности.

Данные, полученные во второй год исследования, несколько иные. Во всех пунктах пыльцевые зерна у сорта Аарати, по сравнению с таковыми предыдущего года, были значительно меньшего объема, например, в юго-западных точках 5, 3 и др. У сорта Мсхали не наблюдается отмеченной закономерности, и показатели более равные без резких колебаний.

В следующей серии опытов исследовано действие загрязнителей воздуха на жизнеспособность пыльцы винограда в двух городских пунктах. Оба исследованных пункта - "1" и "2" - находились в наиболее загрязненном юго-западном районе Еревана, где размещены такие производственные объединения, как НПО "Наирит", "Поливинилацетат", заводы железо-бетонных конструкций, химреактивов, ТЭЦ, механические предприятия и др. Выбросы указанных производств содержат большое количество вредных веществ.

Результаты анализа показали, что наибольшее количество стерильной пыльцы наблюдается в точке "2" - 66,0%±0,86, а в точке "1" - 44,04%±0,90 (рис. 3).

Известно, что уровень загрязнения воздуха зависит, с одной стороны, от объема поступающих транспортно-промышленных выбросов в единицу времени и интенсивности рассеивания, а с другой - от скорости удаления их из атмосферы с помощью естественных факторов. В зависимости от сочетания перечисленных моментов уровень загрязненности воздуха в одном и том же районе может быть в отдельные дни минимальным, а в другие - достигать критической отметки. Основная роль в распространении и рассеивании транспортно-промышленных выбросов принадлежит вет-

ру. В наших экспериментах указанные точки находились по направлению движения ветра. Циклон не отмечался.

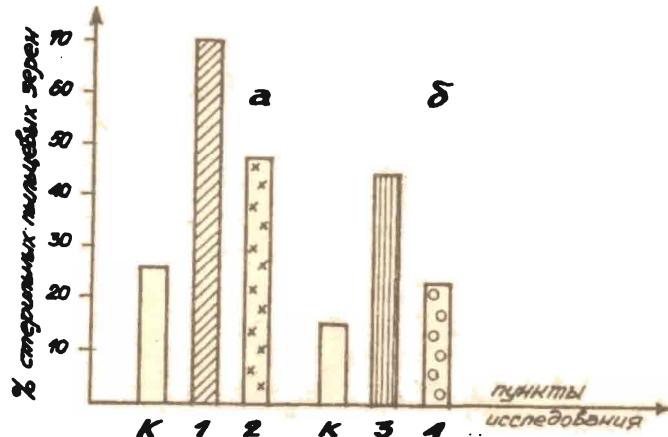


Рис.3. Стерильность пыльцы двух сортов винограда. Обозначения: а - сорт Мсхали в пунктах исследования близ химических предприятий; б - сорт Арарати в пунктах с перегруженным автомобильным транспортом.

Высокий процент стерильности пыльцы в точках "1" и "2" можно объяснить действием мутагенов, токсических веществ и климатических факторов.

Отмечено нарушение нормального развития и строения пыльцы, что привело к появлению стерильности, снижению плодовитости растения в целом, т.к. недостаточное количество нормальной пыльцы (жизнеспособной) не может полностью обеспечить оплодотворения во всех семяпочках и способствовать развитию всех семяпочек в семена.

Вблизи автомагистрали исследовались растения в 2-х точках ("3" и "4"). Изучалась пыльца сорта Арарати, собранная в период бурного цветения винограда.

Полученные данные свидетельствуют о повышении процента стерильности пыльцы, собранной с северного района ("3"), который равен  $18,33\% \pm 0,70$ , а у собранной с восточного района ("4") -  $41,04\% \pm 0,11$  стерильности (рис. 3).

Процент стерильной пыльцы весьма значительно уменьшался в северном районе. Особенно резкое снижение процента стерильности пыльцевых зерен наблюдается в точке "3", где процент фертильности зерен от 8,17 в первый год исследования возрастает до 81,67% во 2-ой год.

В восточном районе в варианте "4" обнаружен  $41,04\% \pm 0,11$  стерильных пыльцевых зерен. Это сравнительно высокий показатель стерильности, если учесть, что в юго-западном районе, в пункте, находящемся вблизи ряда химических предприятий, он составил  $44,03\% \pm 0,90$  при исследовании пыльцы более чувствительного сорта Мсхали.

Из литературы [8] известно, что наличие семян без зародыша и эндоспермы свидетельствует о том, что у вышеназванных сортов развивается семенная кожура или без оплодотворения, или после оплодотворения, когда наступает дегенерация элементов зародышевого мешка [8]. Наличие семян с эндоспермой без зародыша говорит о дегенерации яйцевого аппарата без нормального слияния ядер и развития эндоспермы. Семена, образующиеся из этих семяпочек, бывают пустыми, имеют в основном семенную кожуру, состоящую из интегументов и других структур (халаза, рубчик). Ткань нуцеллуса в случае, когда внутри зародышевого мешка дегенерируют элементы яйцевого и антиподального аппаратов, сохраняется хорошо, клетки долгое время жизнеспособны.

Отсутствие яйцеклетки и центрального ядра, а также антиподов или их следов в зародышевых мешках семяпочек, собранных с разных точек Еревана, свидетельствует о нарушении эмбриогенеза, недоразвитии эндоспермы и дегенерации элементов

зародышевого мешка.

Отсутствие элементов в зародышевых мешках, а также ядер эндоспермы и антиподов свидетельствует о том, что у винограда, как это было показано ранее [9-11], двойное оплодотворение происходит редко, и чаще оплодотворяется только центральное ядро.

Анализ препаратов в разных пунктах города показал, что в зависимости от места сбора материала меняется картина развития репродуктивных органов. Так, в материале, собранном в 1-ый год, количество нормально развитых семяпочек во всех зонах города составляло 60, а дегенерировавших - 15. Наибольшее количество дегенерировавших семяпочек установлено в пункте 5 (юго-западный район, сорт Аарати). Во 2-ой год во всех пунктах проанализировано 239 нормальных семяпочек и 29 дегенерировавших. Здесь наибольшее число дегенерировавших семяпочек установлено в пункте 7 (юго-западный район, сорт Мсхали), где на 18 нормальных приходится 4 дегенерировавших семяпочек. Сходная картина наблюдается и в другие сроки.

Результаты изучения эмбриогенеза у двух обоеполых сортов винограда, несмотря на значительные аномалии, заключающиеся в отсутствии зародыша, дегенерации яйцевого аппарата, эндоспермы и в раннем отмирании зародышевых мешков, а также в дегенерации самих семяпочек и завязей, показывают, что подобного рода отклонения, возможно, являются результатом не только нарушения хода эмбриогенеза из-за неблагоприятных условий внешней среды, но и других причин, связанных с длительным вегетативным размножением отобранных форм, что и привело к подавлению половой сферы культурного винограда, в частности в эмбриогенезе изучаемых сортов. Эти нарушения более усугубляются в районах, наиболее загрязненных выбросами промышленных предприятий (юго-западный, южный) и автомобильного транспорта (северный, восточный).

Кафедра генетики и цитологии

Поступила 31.05.1995

## ЛИТЕРАТУРА

1. Макаров-Кожухов Л.Н. Реакция винограда на неблагоприятные климатические условия в период цветения. - Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1959, с.25.
2. Малтабар Л.М. , Романов И.И. , Магер М.И., и др. Виноградарство Молдавии. Кишинев: Карта Молдовеняиске, 1968, с.79-85.
3. Талда Н.Е. Влияние климатических условий на прохождение вегетации, урожайность и качество винограда. - Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1968, №4, с.20-24.
4. Симонян Е.Г. , Джигардян Э.М. О стерильности пыльцы некоторых сортов винограда. - Уч. записки ЕГУ, 1985, №3 (160), с.107-110.
5. Выгодский М.Я. Справочник по элементарной математике. М. , 1976, с.263-265.
6. Dorsey M.Y. Pollen development in the grape whit speciale reference to sterility. - Minn. Agr. Exp. Sta. - Bull., 1914, p.114.
7. Илькув Г.М. Загрязнители атмосферы и растения. Киев: Наукова Думка, 1978, с.246.
8. Симонян Е.Г. , Самвелян Г.Е. О беззародышевом развитии семян у некоторых сортов винограда. - Биол.журн.Армении, 1970, т.23, №10, с.48-54.
9. Симонян Е.Г. Микроспорогенез и развитие женского гаметофита у винограда. - Изв.Сельско - хоз.наук, Ер. , 1965, №10, с.55-60.
10. Симонян Е.Г. , Самвелян Г.Е. Развитие пыльцы обоеполых и женских сортов винограда. - Биол.журн.Армении, 1966, т.19, №7, с.42-45.
11. Симонян Е.Г. , Хачатрян Т.Л. Беззародышевое развитие и семяобразование некоторых сортов винограда в зависимости от давности их происхождения, - Биолог.журн.Армении, 1973, т.26, №10.

**ԽԱՂՈՂԻ ԵՐԿՈՒ ՍՈՐՏԵՐԻ ՄՈՐՖՈ-ԳԵՆԵՏԻԿԱԿԱՆ ԵՎ  
ԲՋՋԱԲԱՆԱԿԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՏԵՂԵԿԱՏՎՈՒԹՅԱՆ  
ԳՆԱՀԱՏԱԿԱՆԸ**

**Ա. Մ Փ Ռ Ո Ւ Մ**

Ներկայացվող աշխատանքում խաղողը օգտագործվել է որպես տեստ-օբյեկտ արտադրությունից և ավտոտրանսպորտից աղտոտված մթնոլորտի մուտագեն ազդեցությունը գնահատելու համար:

Եղիսեն խաղողի սաղմնաբանական ուսումնասիրության արդյունքները ցույց են տալիս, որ հանդիպող անոնմալիաները (սաղմի բացակայություն, ձվաբջջային ապարատի դեգեներացիա, ինչպես նաև սերմնաբողբջի և վարսանդի դեգեներացիա) հնարավոր են, որ արդյունք լինեն ոչ միայն արտաքին պայմանների անբարենպաստության, այլ նաև այն բանի, որ ընտրված մները երկարատև բազմացվել են վեգետատիվ ճանապարհով, ինչը և հանգեցրել է կուլտուրական խաղողի սեռական ապարատի թերզարգացմանը, որը դրսորվել է ուսումնասիրվող սորտերի սաղմնային զարգացման ընթացքում:

Փոշեհատիկների ստերիլության բարձր տոկոսը որոշ կետերում բացատրվում է թունավոր հյութերի, մուտագենների և բնակլիմայական պայմանների ազդեցությամբ:

Վերոհիշյալ խախտումները ավելի հաճախակի են հանդիպում արտադրությունից և ավտոտրանսպորտից աղտոտված շրջաններում:

*Биология*

УДК 616:37-989.873

К.А. ДЖИВАНЯН, К.С. ТЕР-ОГАНЯН

**КЛЕТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ПЕЧЕНИ ПТИЦ**

На основании морфометрического, цитологического и цитохимического исследований и сопоставления полученных результатов с литературными показано, что регенерация печени птиц также, как у всех групп позвоночных животных, осуществляется клеточными механизмами, характерными для органов, не имеющих ярко выраженного камбия. Эти механизмы заключаются в делении дифференцированных гепатоцитов, в гипертрофии их ядер и цитоплазмы, а также в увеличении пloidности (числа двудерных) гепатоцитов. Выявлены отличительные особенности изменений этих параметров в динамике регенерационного процесса в печени птиц по сравнению с млекопитающими и амфибиями.

Способность к регенерации - одно из фундаментальных свойств живых организмов, которое способствует сохранению и восстановлению гомеостаза в течение всего индивидуального развития. Одной из центральных проблем в учении о регенерации является сравнительное изучение клеточных механизмов восстановительного роста в филогенетическом ряду животных. Разработка этой проблемы создает новые возможности для изыскания способов активного опосредованного вмешательства в восстановительные процессы после повреждения органов и дает материал для суждения об эволюционном усовершенствовании механизмов регенерации.

В нашу задачу входило выявление источников восстановления печени после частичной гепатэктомии у птиц и определение степени значимости каждого из них в динамике регенерационного процесса. В данном сообщении обсуждаются результаты проведенных нами морфометрических, цитологических и цитохимических исследований на печени птиц в сопоставлении их с литературными данными экспериментальных работ, выполненных на млекопитающих и амфибиях.

**Материал и методика.** Объектом для наших исследований послужила регенерирующая печень домашних кур в разные сроки после резекции 1/5 ее части. На парaffиновых срезах образцов печени, взятых в течение двух месяцев эксперимента, при помощи ЩИК-реакции окрашивали гликоген, определяли митотический индекс гепатоцитов и количество двудерных клеток, вычисляли площадь сечения ядер и цитоплазмы, определяли соотношение паренхимы и стромы, а также относительный объем внутридольковой ретикулярной стромы. На криостатных срезах методом Гомори выявляли активность кислой и щелочной фосфатаз, методом Нахласа и соавторов - активность дегидрогеназ сукцината (СДГ), лактата (ЛДГ) и  $\alpha$ -глицерофосфата ( $\alpha$ -ГФДГ), методом Гомори с применением  $\alpha$ -нафтилацетата - активность неспецифических эстераз. На замороженных срезах Суданом III и Суданом черным окрашивали липиды. На разных сроках регенерации печени был применен биохимический метод определения содержания сахара в крови подопытных и контрольных птиц.

**Результаты и обсуждение.** Данные, полученные при изучении динамики роста регенерирующей печени [1, 2], показали, что регенерация этого органа у домашних кур характеризуется быстрыми темпами и приводит к полному восстановлению ее массы к концу первого месяца после резекции. Стереологический анализ, проведен-

ный в течение двух месяцев эксперимента, показал, что изменение относительного объема стромы в восстановлении массы печени существенного значения не имеет [2], а первостепенная роль в этом принадлежит регенерации железистой паренхимы, осуществляющейся на разных уровнях ее организации.

В числе клеточных механизмов восстановительного роста железистой паренхимы печени птиц одним из первых следует считать деление дифференцированных гепатоцитов. В этом проявляется общее свойство регенерации печени птиц и млекопитающих [3-5] в отличие от амфибий, у которых пролиферативная активность гепатоцитов при регенерации мало выражена [6]. Митозы более или менее равномерно распределяются по всей паренхиме, но в ранние сроки опыта, особенно в пике активности они чаще встречаются в непосредственно прилежащей к раневой поверхности паренхиме.

Отличительной особенностью динамики активности деления гепатоцитов у птиц по сравнению с млекопитающими является относительно невысокий уровень митотической активности клеток и длительное ее поддержание (см. табл.). Пролиферация клеток приводит к разрастанию секреторных трубок по всему остатку органа и способствует более полному и быстрому по сравнению с амфибиями восстановлению ее массы.

Одной из существенных особенностей регенерации печени птиц является довольно выраженный процесс образования в зоне резекции эпителиальных тяжей и трубок, способных к вторичной дифференцировке и образованию железистых структур. Эти морфогенетические процессы приводят к разрастанию долек в прилежащих к раневой поверхности слоях паренхимы и формированию прослойки железистой ткани в зоне резекции. Новообразованная ткань образуется на месте некротизированных, и заметного отрастания удаленных частей при этом не происходит. Проявление при регенерации печени отмеченного механизма морфогенеза оказывается возможным в связи с относительно простой организацией печени птиц - ее трубчатым строением. Важно отметить, что источником образования эпителиальных тяжей и трубок, как показывают наши наблюдения, являются дифференцированные гепатоциты.

*Изменения митотической активности гепатоцитов в разные сроки после частичной гепатэктомии у 5-6 месячных петушков*

Сроки опыта, дни	Количество птиц	Митотический индекс, %, M ± m	
		в прилежащей к зоне резекции паренхиме	в интактной доле
контроль	9	0,05 ± 0,01	0,04
3	5	1,33 ± 0,15	0,93 ± 0,22
5	5	1,38 ± 0,42	1,03 ± 0,21
10	5	1,00 ± 0,22	0,55 ± 0,19
20	6	1,58 ± 0,14	0,91 ± 0,28
30	6	1,66 ± 0,39	0,62 ± 0,17
60	6	0,66 ± 0,17	0,50 ± 0,04

В наших исследованиях выявлена также важная роль в регенерации печени птиц гипертрофии гепатоцитов и их ядер. Имеется положительная коррелятивная связь между изменениями площади сечения гепатоцитов и массы печени в динамике регенерационного процесса ( $r = 0,85$ ).

Учитывая литературные данные о соответствии в печени млекопитающих размеров ядер гепатоцитов к их пloidности [7-8], а также полученные в наших экспериментах данные об увеличении после резекции печени у взрослых кур числа клеток с тетраплоидными и октаплоидными ядрами [9], можно предположить, что наблюдаемое в течение всего эксперимента статистически достоверное увеличение площади сечения ядер гепатоцитов в регенерирующей печени птиц в определенной степени может быть обусловлено их полиплоидизацией. В гипертрофии ядер известная роль принадлежит также функциональному их набуханию [10, 11]. Между изменениями размеров клеток и гипертрофией ядер в течение двух месяцев после частичной гепатэктомии мы наблюдали сильную коррелятивную связь ( $r = 0,69$ ).

Гипертрофия гепатоцитов и их ядер сопровождается увеличением в течение первого месяца эксперимента количества двуядерных клеток. В этом проявляется еще одно отличие регенерации печени птиц по сравнению с млекопитающими, у которых аналогичный период регенерации печени характеризуется уменьшением числа двуядерных клеток [12, 13]. Мы наблюдали данное явление при изучении регенерации печени кур различных возрастных групп и оцениваем его как компенсаторную реакцию, проявляемую в увеличении плоидности клеток в условиях повышенных потребностей организма.

Проведенные в течение двух месяцев эксперимента цитохимические исследования выявили в регенерирующей печени домашних кур определенные сдвиги метаболизма, имеющие место в соответствии с динамикой изменения пролиферативной активности гепатоцитов, их гипертрофией и увеличением плоидности. При увеличении размеров клеток в их цитоплазме повышается активность СДГ и щелочной фосфатазы, что указывает на интенсификацию синтетических процессов. Изучение динамики изменения активности  $\alpha$ -ГФДГ, количества липидов и гликогена показало, что в период наибольшей пролиферативной активности клеток в регенерирующей печени имеет место использование продуктов гликолиза так же, как и у млекопитающих [14, 15] для синтеза запасных липидов и окислительного фосфорилирования. Стеатоз в регенерирующей печени кур достигает максимума через 5-10 суток после операции. Этому способствует снижение активности неспецифических эстераз в паренхиме печени, наблюдаемое в течение 1-15 суток после резекции. Однако, в зонах с наиболее активными пролиферативными процессами активность неспецифических эстераз сильно повышается. Это способствует реализации в делящихся клетках важных энергетических ресурсов печени, какими являются липиды. Отмеченные изменения метаболизма печени обусловлены не только ее регенераторной реакцией, но и участием в регуляции гликемии в организме.

Таким образом, регенерация печени птиц осуществляется за счет деления дифференцированных клеток, увеличения их размеров и плоидности (числа двуядерных клеток). Несмотря на относительно простую организацию печени птиц, морфологические методы не позволяют выявить камбимальных элементов, способных послужить источником ее регенерации. Последнее и обуславливает действие перечисленных клеточных механизмов регенерации, характерных для органов, не имеющих ярко выраженного камбия у всех групп позвоночных животных [16]. Наши данные морфологических и гистохимических исследований показывают, что эти механизмы обеспечивают достижение к концу первого месяца регенерации морффункциональной полноценности печени, определяемой также на основании нормализации уровня гликемии в организме подопытных птиц.

Кафедра зоологии

Поступила 11.06.1995

#### Л и т е р а т у р а

1. Дживанян К.А., Тер-Оганян К.С. Сравнительно-возрастная характеристика посттравматической регенерации печени у кур. - Бюл. ж. Армении, 1975, в.28, №4, с.45-52.
2. Дживанян К.А. О регенерации печени петушков. - Бюл. ж. Армении, - 1984, в.36, №2, с.128-134.
3. Полящук А.М. Особенности пролиферации гепатоцитов в растущей и регенерирующей печени. - Успехи соврем. биологии, 1983, в.96, №3, с.451-465.
4. Романов Ю.А., Саячник Т.В. Топографическое распределение делящихся гепатоцитов в дольке регенерирующей печени в период максимальной митотической активности. - Бюлл. эксперим. биологии и медицины, 1986, в.102, №11, с.537-538.
5. Оболенская Ю.М., Герасимов Т.Б., Билич К.М., Платонов О.М. Внутриклеточное распределение новообразованной РНК гепатоцитов в первые часы после частичной гепатэктомии. - Цитология и генетика, 1987, в.21, №5, с.376-382.
6. Лиознер Л.Д. Регенерация печени у бесхвостых амфибий. - Бюлл. эксперим. биологии и медицины, 1961, в.52, №8, с.98-101.
7. Бродский В.Я. Трофика клетки. М.: Наука, 1966, с.355.

8. Бродский В.Я. , Урываева И.В. Клеточная полиплоидия, пролиферация и дифференцировка. М.: Наука, 1981, с.259.
9. Тер-Оганян К.С. , Джиганян К.А. Данные по цитофотометрическому исследованию печени кур после частичной гепатэктомии. - Матер. IV зональной межвузовской науч. конферац. по регенерации органов и тканей млекопитающих. (Тез. докл.) Ер. , 1986, с.70-71.
10. Хесин Я.Е. Размеры ядер и функциональное состояние клеток. М.: Медицина, 1967, с.423.
11. Рябинина З.А. Гипертрофия клеток и их ядер в регенерирующей печени крыс различного возраста. - Бюлл. эксперим. биологии и медицины, 1968, в.65, №4, с.111-115.
12. Рябинина З.А. , Бенюш В.А. Полиплоидия и гипертрофия клеток в процессах роста и восстановления. М.: Медицина, 1973, с.227.
13. Беляева И.Д. , Ивлева Т.С. Двудерные клетки печени крыс при репаративной регенерации органа. - Бюлл. эксперим. биологии и медицины, 1979, в.87, №4, с.347-349.
14. Camanas Sanz Alclla. Regeneracion hepatica; aspectos morfologicos del higado durante los primeros dias post hepatectomia parcial. - Rev.esp. enferm. apar.digest., 1981, v.60, №6, p.571-578.
15. Stein Theodore A., Burns Gerard P., Tropp Burton Z., Welse Leslie. Hepatic fat accumulation during liver regeneration. - J.Surg.Res, 1985, v.39, №4, p.338-343.
16. Лиознер Л.Д. Основные закономерности преобразования клеток при регенерации. - Онтогенез, 1981, в.12, №2, с.123-129.

Կ.Ա. ԶԻՎԱՆՅԱՆ, Կ.Ս. ՏԵՐ-ՕՀԱՆՅԱՆ

### ԹՌՉՈՒՆՆԵՐԻ ԼՅԱՐԴԻ ՌԵԳԵՆԵՐԱՑԻԱՅԻ ԲՁՋԱՅԻՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄՆԵՐԸ

Ա. մ փ ո փ ո ւ մ

Բջջարանական, մորֆոմետրիական և բջջաքիմիական թետագոստությունների միջոցով բացահայտված է, որ թոշունների լյարդի ռեգեներացիան իրականանում է բջջային մեխանիզմներով, որոնք բնորոշ են լավ արտահայտված կամքիումից զուրկ օրգանների համար: Այդ մեխանիզմներն են տարրերակված թեպատոցիտների միտոտիկ ակտիվության և բջիջների պլոյիտության (երկորիգ բջիջների թվի) ավելացումը: Աշխատանքում ի հայտ են բերված թոշունների լյարդի վերականգնողական գործընթացում վերը նշված ցուցանիշների փոփոխությունների յուրահատկությունները՝ կաթնասունների և երկկենցաղների համեմատությամբ:

Կ Ե Ա Ս Ա Ր Ա Շ Ո Ւ Թ Ե Պ Ո Ւ Թ

УДК 631.589.633. 88

Ն.Պ. ԲԵԳԼԱՐՅԱՆ, Ա.Ս. ՈՍԿԱՆՅԱՆ, Ա.Մ. ՄԻՆԱՍՅԱՆ

ՀՈՏԱՎԵՏ ՄԱՆՈՒԾԱԿԻ ՎՐԱ (VIOLA ODARATA L.)  
ՏԱՐՔԵՐ ՄԵԹՈԴՆԵՐՈՎ ԲՈՒԽԱԿԱՆ ՀՈՐՄՈՆ ԳԻԲԵՐԵԼԱԹԹՎԻ  
ԱԶԴԻԵՑՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ  $M_1$  ԵՎ  $M_2$  - ՈՒՄ

Սերմերի նախացանքային մշակման մեթոդի օգնությամբ դեկորատիվ բազմաթիվ ծաղկատեսակների վրա արված փորձերով հաստատված է գիբերելաթթվի (Գ. Թ) ոչ միան ֆիզիոլոգիական, այլև գենետիկական ակտիվությունը: Սուացվել են բազմաթիվ ժամանակակից փոխված ձևեր, որոնք մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում դեկորատիվ ծաղկաբուծության սելեկցիայում [1,2]:

Գիբերելինի օգնությամբ հնաբավոր է ոչ միայն արագացնել աճն ու զարգացումը, ընդլայնել դեկորատիվ ծաղկատեսակների բազմազանությունը, այլև լուծել բազմաթիվ տեսական ու պրակտիկ հարցեր [3,4]:

Այս աշխատանքը ըսկիրված է Հոտավետ մանուշակի վրա տարբեր մեթոդներով Գ.Թ-ի ազդեցության համեմատական ուսումնասիրությանը ինչպես բույսերի Գ.Թ-ով մշակման տարում, այնպես էլ մշակված բույսերի առաջին վեգետատիվ սերնդում:

Աշխատանքի մեթոդիկան և հյութը: Հոտավետ մանուշակը (V. odarata L.) պատկանում է Violaceae ընտանիքին, խոտարուս է, սողացող ընձյուղներով. ունի երկու տիպի ծաղիկներ՝ կլեյստոգամ և խազմոգամ: Առաջինները գտնվում են հողին մոտ, փակ են, փոշոտումը կատարվում է ներսում և առաջացնում են պտուղ: Խազմոգամ ծաղիկները մանուշակագույն այն ծաղիկները են, որոնք հիացնում են իրենց տեսքով և բուրուներով:

Փորձը արվել է բույսերի արմատները ջրելու, ամբողջ բույսը ցողելու և բույսերը մինչ սատիլում Գ.Թ-ի լուծույթում 2 ժամ թթվելու մեթոդներով:

Օգտագործել է Գ.Թ-ի այլ դեկորատիվ ծաղկատեսակների համար նախօրոք առանձնացված արյունավետ 0,02% լուծույթը:

Ուսումնասիրությունները տարվել են ջերմոցային պայմաններում. Շշված մեթոդներով բույսերը Գ.Թ-ի ազդեցությանը ենթարկվել են երեք էտապներով 6 ամիս ընդմիջումներով, ըստ որում յուրաքանչյուր էտապում երեք անգամ 7 օրվա ընդմիջումներով, յուրաքանչյուր էտապի մշակումներից մեկ ամիս անց անալիզի է ենթարկվել Գ.Թ-ի հանդեպ բույսերի ցուցաբերած ուսակցիան:

Ուսումնասիրվել են նաև Գ.Թ-ի ազդեցության հետևանքները մշակված բույսերի վեգետատիվ սերնդում, որում փորձի երկու տարբերակները՝ Գ.Թ-ով ջրված և ցողված բույսերը, նույն մեթոդներով ենթարկվել են Գ.Թ-ի կրկնակի ազդեցությանը մեկ էտապով, մեկ ամսվա ընդմիջումներով երեք անգամ:

Ուսումնասիրվել են բույսերի աճման և զարգացման պրոցեսները, բույսերի մորֆոլոգիական առանձնահատկությունները, տերևների վերին և ստորին էակիդերմիսի անստոմիան: Զափել են էակիդերմիսի և հերձանցքների բջջների, հերձանցքների երկասույթումը և լայնությունը, հաշվի է առնել հերձանցքների քանակը: Զափումները և հաշվումները կատարվել են միկրոմետրով (օկ. 15, օր. 40):

Սուացված տվյալների քննարկումը: Բույսերի մշակման տարում ստացված տվյալները վկայում են, որ նրանք գգալի տարբերվում են ստուգիչից: Առաջին աշխ ընկանող շեղումն այն է, որ առաջին էտապում Գ.Թ-ով բույսերի ջրելու և ցողման մեթոդներով մշակումից հետո Հոտավետ մանուշակին հատուկ անցողուն բույսերի փոխարեն զկատվում է ցողունների ձևավորում, իսկ Գ.Թ-ով թթված բույսերը այդ էտապում չեն տարբերվում ստուգիչից: Երկրորդ էտապում կատարած մշակումից հետո նրանց վրա նույնականացվում են ցողունները: Այս էտապում Գ.Թ-ով ցողված բույսերը իրենց ցողունի բարձրությամբ զիջում են մյուս երկու տարբերակների բույսերին:

Երրորդ էտապում կատարած մշակումից հետո, ի տարբերություն ստուգիչի փոված ընձյուղներով անցողուն բույսերի, ցողունի բարձրությունը հասնում է 7-10 սմ:



Նկ. 1: Հոտավետ մանուշակի վրա ԳԹ -ի ազդեցությունը արմատները ջոնելու և բույսները ցողելու մեթոդներով:  
Ա. ստուգիչ. Բ. ԳԹ -ով մշակված:



Նկ. 2: Հոտավետ մանուշակի ԳԹ -ի լուծովթով մինչև սատիլումը թրչված բույսը՝ լավ արտահայտված ուղաճից ցողունով և գնդան մանր տերևներով թփով:

ԳԹ -ի ազդեցության տակ փոխվել է նաև բույսի ձևը: Ի տարբերություն ստուգիչի սողացող, երկար միջիանգուցային տարածություններ ունեցող ընձյուղներով փոված բույսի, մշակված բույսերը (ԳԹ-ով ջրված և ցողված) աչքի են ընկնում լավ արտահայտված ուղաճից, կարճ միջիանգուցային տարածություններով ընձյուղներով. այդ բույսերը նկատելի տարբերվում են իրենց փարթամությամբ (Ակ. 1):

Փորձի մյուս տարբերակի (ԳԹ-ում թրչված) բույսերը տարբերվում են ոչ միայն ստուգիչից, այլ մյուս տարբերակներից. նրանք գնդան և կոմպակտ են, խիտ կողային ճյուղներով և մանր տերևներով (Ակ. 2): Այս առանձնահատկությունները ավելի ուժեղ են արտահայտվել երկրորդ և երրորդ մշակումներից հետո:

ԳԹ -ի դրական ազդեցությունը դրսնորվել է նաև արմատներում: Մշակված բույսերի արմատային համակարգը նկատելի հզոր է: Այդ բույսերը աչքի են ընկնում լավ արտահայտված առանցքային և բազմաթիվ կողային ճյուղներով, արմատներով: ԳԹ - ով մշակված բույսերը, բացառությամբ ԳԹ -ի լուծովթում թրչված բույսերի, առանձնանում են իրենց ինտեսիվ գործող քլորոֆիլային ապարատով՝ մուգ կանչ գունավորմամբ, իսկ թրչված բույսերը եղել են նեղանականակաշվուն: Այդ երկու տարբերակների բույսերը աչքի են ընկել նաև իրենց տերևների չափերով: Նրանք իրենց երկարությամբ ստուգիչին գերազանցել են 1,3 - 2,3 սմ-ով: Տերևների չափերում եղած տարբերությունները դրսնորվել են մինչև վեցետացիայի վերջը: Ավելին, փորձի երրորդ տարբերակը (թրչված բույսերը) նույնպես վերականգնել է տերևների այդ առանձնահատկությունները. նրանք չափերով մեծացել են և մուգ կանչ գունավորում ձեռք բերել:

3 - ոդ էտապում կատարված մշակումից հետո մուգ կանչ գունավորումը պահպանել են միայն ԳԹ - ով ջրված բույսերը: Այստեղ նկատվում է նաև բույսերի զարգացման պրոցեսների խթանում: Սա նկատելի է նաև ԳԹ -ով ջրված և ցողված բույսերի դեպքում: Նրանք ստուգիչից և ԳԹ -ի լուծովթում թրչված բույսերից շուտ են կոկոնակալել և ծաղկել (աղ. 1):

ԳԹ -ով երեք էտապներով մշակված բույսերի համար արձանագրված փաստերից ամենաուշագրավը այն է, որ ի տարբերություն ստուգիչի սակավաթիվ ընձյուղների վրա ձևավորված փորձրաթիվ բույսերի, առանք աչքի են ընկնում

բազմաթիվ ուղղաձիգ ընձյուղների համարյա բոլոր հանգույցներում ձևավորված՝ ինքնուրույն կենացդրծունեության պատրաստ նոր բույսերով: Սա վկայությունն է այն բանի, որ ԳԹ -ի դրական ազդեցությունը դրսնորվել է ոչ միայն աճման և զարգացման պրոցեսներում, այլև բազմացման եղանակում կրկնապատկել են այդ բույսերի բազմացման հնարավորությունները (Ակ. 3):

**Աղյուսակ I**  
**ԳԹ -ի ազդեցությունը Հոտովետ մանուշակի զարգացման պրոցեսների  
վրա վեգետատիվ սերնդում (1991թ.)**

Փորձի ստարերակները	Կոկոնակալում		Մաղկում	
	սկիզբ	զանգվածային	սկիզբ	զանգվածային
ստուգիչ	27. 03	-	4. 04	-
ջրելու մեթոդով մշակված բույսեր	20. 03	24. .3	29. 03	8. 04
ցողելու մեթոդով մշակված բույսեր	15. 03	20. 03	29. 03	-
միմէն սատիրում 2 ժ. ԳԹ -ի լուծույթում թրչված բույսեր	25. 03	2. 04	2. 04	-

Տարբեր մեթոդներով ԳԹ -ի ազդեցությանը ենթարկված բույսերի վերգետատիվ սերնդի և նրա նույն մեթոդներով ԳԹ -ի կրկնակի ազդեցությունը կրած բույսերի համեմատական ուսումնասիրության արդյունքները հաստատում են, որ վերջիններս կրում են իրենց մայրական բույսերի ձեռք բերած առանձնահատկությունները, որոնք վեգետատիվ սերնդում ԳԹ -ի կրկնակի ազդեցության տակ ավելի ուժեղ են արտահայտվել:

Ստացված տվյալները վկայում են, որ ԳԹ -ով մշակված բույսերը  $M_2$  -ում նույնական է, ինչպես և  $M_1$  -ում, տարբերվում են իրենց ձևով՝ նրանք ավելի կոմպակտ են ուղղաձիգ ընձյուղներով և ձևավորված ցողունով, ուժեղ արմատային համակարգով, խոշոր տերևներով: Դա հատկապես լավ է արտահայտված փորձի երկու տարբերակներում ԳԹ -ով ջրված և ցողված բույսերի դեպքում: Ինչ վերաբերում է ԳԹ -ում թրչված բույսերին, նրանք նույնական ուժեղաձիգ ընձյուղներ, ձևավորված ցողուն, բայց ավելի փոքր բույսեր են, համեմատաբար կարճ ցողունով, մասն տերևներով:

Վեգետատիվ սերնդում ԳԹ -ի կրկնակի ազդեցությանը ենթարկված բույսերի ձեռք բերած առանձնահատկությունները ավելի ընդգծված են (Ակ. 4):

Ի տարբերություն  $M_1$  -ի,  $M_2$  -ի (Վեգետատիվ սերնդուն) բոլոր տարբերակների բույսերը ամբողջ վեգետացիայի ընթացքում ստուգիչից տարբերվել են իրենց փարթամությամբ, մուգ կամաչ գունավորմամբ և նորից իրենց բազմացման յուրահատուկ եղանակով՝ ուղղաձիգ ընձյուղների բույսերից դեպի վեր լացող նոր բազմաթիվ բույսերի ձևական պորմամբ: Այս սերնդում նույնական ամենաարդյունավետը բույսերի արմատները շրելու մեթոդն է:

Վեգետատիվ սերնդի բոլոր տարբերակների բույսերի մոտ ստուգիչի համամատությամբ Ակատվում է մաս բույսերի զարգացման պրոցեսների խթանում (աղ. 1):

Ինչպես ցույց են տալիս աղյուսակում բերված տվյալները, վեգետատիվ սերնդի ԳԹ -ով մշակված բույսերը կոկոնակալմամբ զգալի առաջ են անցել ստուգիչից: Այսպես օրինակ, փորձի երկու առավել արդյունավետ՝ ԳԹ -ով ջրված և ցողված տարբերակներում տարբերությունը կազմում է 7 - 12 օր, իսկ ԳԹ -ում թրչված բույսերի համար՝ ընդամենը 2 օր: Փորձարկված բոլոր տարբերակներում սկսել է զանգվածային կոկոնակալում, որով նույնական աշխի են ընկեր նշակած տարբերակները, իսկ ստուգիչը զանգվածային կոկոնակալման չի հասել: ԳԹ -ի ազդեցության տակ խթանվել է մաս ծաղկումը: Փորձարկված բույսերի



Նկ. 3: ԳԹ -ով մշակված Հոտովետ մանուշակի բույսը՝ ուղղաձիգ ընձյուղների համար բազմացման պատրաստ հաճույքում առաջարկված բազմաթիվ ինքնուրույն կենացդրծունեության պատրաստ նոր բույսերով:

կենացդրծունեության պատրաստ նոր բույսերով:

բերված տվյալները, վեգետատիվ սերնդի ԳԹ -ով մշակված բույսերը կոկոնակալմամբ զգալի առաջ են անցել ստուգիչից: Այսպես օրինակ, փորձի երկու առավել արդյունավետ՝ ԳԹ -ով ջրված և ցողված տարբերակներում տարբերությունը կազմում է 7 - 12 օր, իսկ ԳԹ -ում թրչված բույսերի համար՝ ընդամենը 2 օր: Փորձարկված բոլոր տարբերակներում սկսել է զանգվածային կոկոնակալում, որով նույնական աշխի են ընկեր նշակած տարբերակները, իսկ ստուգիչը զանգվածային կոկոնակալման չի հասել: ԳԹ -ի ազդեցության տակ խթանվել է մաս ծաղկումը: Փորձարկված բույսերի

ծաղկումը սկսվել է 2 - 5 օր շուտ, իսկ զանգվածային ծաղկման հասել են միայն ԳԹ - ով ջրված բույսերը:

#### Աղյուսակ 2

ԳԹ -ի ազդեցությունը հոտավետ մամոչակի վեգետատիվ սերմոյի միանվագ մշակված բույսերի տերևների աճատոմիակամ կազմության վրա

Փորձի տարրեակները	Տերևների վերին մակերեսի էպիհերմիս, μ							Տերևների ստորին մակերեսի էպիհերմիս, μ						
	Բնակչությունի նորմանական բարելիքի լայնացումը													
ստուգիչ	4,33	2,42	3,17	2,50	1,61	1,14	1	3,31	2,02	2,51	2,35	1,48	1,22	5
ջրելու մեթոդով մշակված բույսեր	4,99	2,80	3,51	2,62	1,79	1,67	2	4,22	2,67	3,08	2,97	1,77	1,30	8
ցողելու մեթոդով մշակված բույսեր	4,58	2,55	3,12	2,60	1,60	1,25	1	3,81	1,96	3,04	2,60	1,57	1,14	7
մինչև սածիումը 2 ժ. ԳԹ -ի լուծությունում թրչած բույսեր	4,66	2,95	3,30	2,58	1,99	1,38	1	4,16	2,58	3,06	2,97	1,73	1,15	7

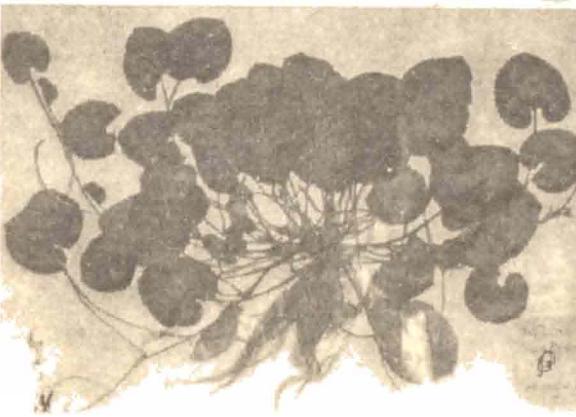
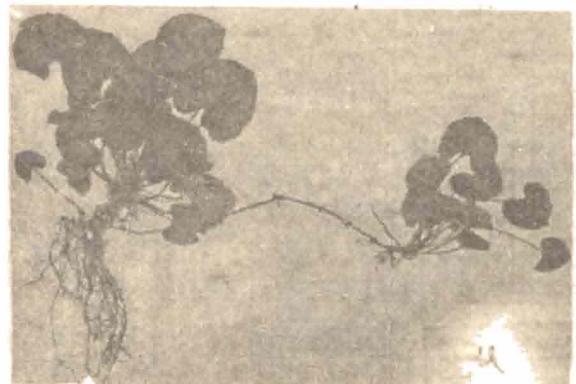
#### Աղյուսակ 3

ԳԹ -ի ազդեցությունը հոտավետ մամոչակի վեգետատիվ սերմոյի կրկնակի մշակված բույսերի տերևների աճատոմիակամ կազմության վրա

Փորձի տարրեակները	Տերևների վերին մակերեսի էպիհերմիս, μ							Տերևների վերին մակերեսի էպիհերմիս, μ						
	Բնակչությունի նորմանական բարելիքի լայնացումը													
ստուգիչ	4,83	2,51	3,22	2,60	1,88	1,18	2	3,84	2,27	2,61	2,32	1,62	1,18	5
ջրելու մեթոդով մշակված բույսեր	5,86	3,06	3,62	2,79	2,23	2,28	5	5,01	3,48	3,26	3,08	2,01	1,41	9
ցողելու մեթոդով մշակված բույսեր	5,11	2,74	3,28	2,71	1,94	1,62	3	4,31	2,43	3,10	2,62	1,69	1,26	7
մինչև սածիումը 2 ժ. ԳԹ -ի լուծությունում թրչած բույսեր	5,71	2,94	3,41	2,62	2,04	1,89	3	4,78	2,77	3,15	2,86	1,91	1,38	8

Հոտավետ մանուշակի ԳԹ -ով մշակված բույսերի տերևների աճատոմիալկան առանձնահատկությունների ուսումնասիրության արդյունքները վկայում են, որ մշակված բույսերի տերևների չափերի փոփոխությունները ուղեկցվել են վերին և ստորին էպիդերմիսի աճատոմիալկան կառուցվածքի փոփոխություններով, արձանագրվել են էպիդերմիսի և հերձանցքների բջիջների, ինչպես նաև հերձանցքների չափերի փոփոխություններ՝ գլխավորապես մեծացում, հերձանցքների քանակի ավելացում:

Այդ փոփոխությունները հատկապես նկատելի են ԳԹ -ով ջրված և ԳԹ -ի լուծով թում թրջված բույսերի համար (աղ. 2): Նշված առանձնահատկությունները ավելի ուժեղ են արտահայտված վեգետատիվ սերնդում, հատկապես կրկնակի մշակումից հետո (աղ. 3):



Նկ. 4: Հոտավետ մանուշակի վրա ԳԹ -ի կրկնակի ազդեցությունը արմատները ջրելու մեթոդով:  
Ա. ստուգիչ, Բ. ԳԹ-ով մշակված:

Ավելու՝ արմատները ջրելու մեթոդը կարող է պրակտիկ ճանապարհով բազմացնել պուրական գործությունների համար:

**Գենետիկայի և բջջարանության ամրիոն**

*Ստացվել է 29.06.1995*

#### ԳՐԱԿԱՆ ՈՒԹՅՈՒՆ

1. Бегларян Н.П. О мутагенной активности гибберелловой кислоты. - Генетика. М., 1970, т.6, №9.
2. Бегларян Н.П. Гиббереллины в селекции декоративного цветоводства. Еր.: - Айастан, 1992.
3. Бегларян Н.П. Перспективы использования гиббереллина в сельском хозяйстве. - Биол. ж. Армении, т. XXXIX, №10, 1986.
4. Бегларян Н.П. Перспективы применения гибберелловой кислоты в улучшении сортовых качеств сельскохозяйственных растений и их диких сородичей в Закавказье. Ер.: Гос. агропромышленный комитет СССР, Арм. сельхоз. институт, 1987.

**ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ГОРМОНА -  
ГИББЕРЕЛЛОВОЙ КИСЛОТЫ (ГК) НА ДУШИСТУЮ  
ФИАЛКУ(VIOLA ODARATA) В М<sub>1</sub> И М<sub>2</sub> РАЗНЫМИ  
МЕТОДАМИ**

**Р е з ю м е**

Представлены результаты действия ГК на душистую фиалку *V. odarata* L. при обработке растений разными методами (поливка корней, опрыскивание растений, замачивание рассады в растворе) как в год обработки растений, так и в первом вегетативном поколении.

Установлено, что ГК обеспечивает не только стимуляцию процессов роста и развития растений, значительные морфологические отклонения, но и проявление оригинального способа размножения - образования многочисленных самостоятельных растений почти во всех узлах, прямостоячих побегов. Приобретенные особенности более выраженно проявляются в первом вегетативном поколении.

Самым эффективным оказался метод поливки корней, который может получить практическое применение при возделывании вегетативно размножающихся декоративных культур.

Геология

УДК 551.242

О.А. САРКИСЯН

К ТЕКТОНИКЕ ЕХЕГНАДЗОРСКОГО СИНКЛИНОРИЯ  
(М. КАВКАЗ)

Рассматривается структурное положение Ехегнадзорского синклиниория, полиниверсальный характер его тектонического развития и особенности внутреннего строения.

Ехегнадзорский синклиниорий является одним из крупных, четко выраженных и сложнопостроенных структурных сооружений мегантиклинория М. Кавказа. Геолого-структурные особенности синклиниория изучены крайне неравномерно. Здесь имеются интересные, нередко стратотипические, фаунистически достаточно охарактеризованные разрезы верхнего мела и палеогена, которые хорошо изучены и расчленены. Вместе с тем тектоника синклиниория исследована относительно слабо, при этом ряд вопросов структурного положения, внутреннего строения и тектонического развития разработан далеко не достаточно или же является предметом оживленной дискуссии. Составление крупномасштабной тектонической карты дало возможность выявить ряд особенностей тектоники синклиниория и тем самым ближе подойти к решению некоторых из указанных спорных вопросов.

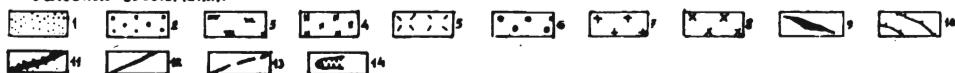
В стратиграфическом разрезе синклиниория признают участие терригенно-карбонатные отложения верхнего палеозоя ( $D_3$ ,  $C_1$ ,  $P$ ), триаса, осадочные, вулканогенно-осадочные и эффиузивные образования верхнего мела, палеогена, неогена и антропогена, при этом различные типы одновозрастных образований нередко связаны между собой сложными фациальными взаимоотношениями. Все доплиоценовые образования довольно интенсивно дислоцированы, слагают многочисленные, преимущественно брахиаксиальные складки как кавказского, так и поперечного к нему направления. Здесь сильно развита и разрывная тектоника.

Следует отметить, что до сих пор не совсем ясно структурное положение Ехегнадзорского синклиниория. Севернее синклиниория расположена Базумско-Зангезурская интенсивно-складчатая зона раннеальпийского ( $I_3$ - $K_1$ ) заложения на гренвильско-байкальском складчатом основании. Это типичная эвгеосинклинально-складчатая зона с развитием мощного офиолитового, гранитоидного и щелочного магманизма. Она является краевым южным членом Северо-Анатолийских эвгеосинклинальных складчатых сооружений. Южнее рассматриваемого синклиниория расположена Приарканская миогеосинклинально-складчатая зона ранне-позднемелового заложения на герцинском платформенном основании. Она прослеживается по северному краю Центрально-Иранского массива (микроплиты), являющегося частью эпобайкальской Перигондванской платформы.

А.А. Габриелян [1] Ехегнадзорский синклиниорий рассматривает в составе Приаркансской зоны. Последняя им делится на три подзоны: подзону краевых массивов и антиклиниориев, Еревано-Ордубадскую синклиниорную подзону (которая и включает в себя Ехегнадзорский синклиниорий) и Урц-Айоцдзорскую антиклиниорную подзону. По мнению Е.Е. Милановского и В.Е. Хaina [2], рассматриваемый синклиниорий непосредственно связывает Севанский синклиниорий с Ордубадским; А.Т. Асланян [3] синклиниорий относит к Ереванской миогеосинклинальной зоне. По О.А. Саркися-



#### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



#### Тектоническая карта Егегнадзорского синклиниория (сост. О.А. Саркисян).

**СТРУКТУРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, ПОДКОМПЛЕКСЫ, ЭТАЖИ.** Герцинский субплатформенный комплекс, деформированный альпийским тектогенезом. 1 - верхнедевон-каменноугольный этаж (терригенно-карбонатная формация); пермоторасовый этаж (карбонатная формация). Альпийский геосинклинальный комплекс ( $I_1$ - $Q_2$ ). Доинверсионный подкомплекс: 2 - нижнесреднеюрский этаж (терригенная формация); 3 - верхнемеловой этаж (терригенно-карбонатная ( $K_2$ - $s$ - $t$ ), терригенная и вулканогенно-осадочная ( $K_2$ - $t_2$ - $K_2$ - $k$ ), карбонатная ( $K_2$ - $st$ - $m$ ) формации); 4 - палеозен-среднеплиоценовый этаж (карбонатно-терригенная флишевая ( $Q_1$ ), карбонатная ( $Q_2^1$ ), терригенно-пирокластическая и вулканогенно-обломочная ( $Q_2^2$ ) формации); ИНВЕРСИОННЫЙ ПОДКОМПЛЕКС: 5 - верхнеплиоцен-олигоценовый этаж (карбонатно-терригенная и вулканогенно-обломочная ( $Q_3^3$ - $Q_3^1$ ), терригенная шлировая ( $Q_3^{1-2}$ ) формации). Альпийский орогенный (молассовый) комплекс ( $Q_3^3$ - $Q$ ): 6 - нижне-среднеплиоценовый (вулканогенно-проливиальная и андезитовая формации) и верхнеплиоцен-четвертичный (флювиогидрально-проливиальные, аллювиальные и наземные андезито-базальтовые образования) этажи. **ИНТРУЗИВНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ:** 7 - верхнеплиоценовая гранодиоритовая формация; 8 - верхнеолигоцен-нижнемиоценовая гранодиоритовая формация. **СКЛАДЧАТЫЕ СТРУКТУРЫ:** 9 - антиклинали, 10 - условные структурные линии. **РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ:** 11 - зоны глубин разломов; 12 - другие разломы; 13 - разломы, выделенные по аэрокосмическим снимкам; 14 - следы палеосейсмодислокации (оползни, рвы, борозды, трещины и др.).

ну [4], синclinорий поformationному составу пород и истории развития больше соответствует Базумско-Занзурской зоне.

Все вышеуказанные тектонические сооружения (Базум-Зангезурский, Ехегнадзорский и Приараксинский) расположены на границе двух крупных литосферных плит: пассивный край Гондваны (Иранская микроплита) - на юге и активный край Евразии (Закавказская микроплита) - на севере. Через указанные сооружения как бы осуществляется переход от пассивного края плиты к активному. По-видимому, таким структурным положением и обусловлено асимметричное (в поперечном разрезе) строение этих структур. Эта асимметричность выражается в размещении структурно-формационных комплексов, степени дислокации пород, развития глыбового и эффузивного магматизма (см. карту).

Разногласия по структурному положению Ехегнадзорского синклиниория неслучайны. Из вышеизложенного следует, что Ехегнадзорский синклиниорий имеет шовный характер, чем и обусловлены его многие структурно-формационные особенности, и, в первую очередь, поперечная асимметричность в размещении формаций и внутренних структурных элементов. Так, в северо-восточной и восточной частях синклиниория, непосредственно примыкающих к Базумско-Зангезурской эвгеосинклинально-складчатой зоне, палеоген представлен мощной толщей вулканогенно-осадочных и вулканогенных пород, известны также небольшие выходы вулканогенно-осадочных пород коньяка. Здесь сосредоточены верхнезоценовые гранитоидные интрузивы и экструзивы. Этот сегмент синклиниория характеризуется также несколько более интенсивной ( $20\text{--}40^\circ$ ) дислокацией слоев. Все это свидетельствует о более интенсивном проявлении здесь контрастных тектонических движений, в том числе и неотектонических, что отражено и в современном высокогорном рельфе.

Юго-западная и западная части синклиниория, примыкающие к Приараксинской относительно слабо-складчатой зоне, отличаются широким развитием нормально-морских осадочных фаций. Интрузивный магматизм здесь почти отсутствует, породы дислоцированы относительно слабо. Более слабое проявление тектонических движений в этом сегменте синклиниория обусловлено и тем, что он с юго-запада граничит с Айоцдзорским антиклиниорием (выступ герцинского фундамента), который в альпийском этапе развития синклиниория представлял собой более или менее консолидированный жесткий блок земной коры. Вулканогенные формации палеогена восточной части синклиниория по латерали к западу постепенно сменяются вулканогенно-осадочными, а затем и нормально-осадочными, что было отмечено многими предыдущими исследователями (А.А. Габриелян, А.Т. Асланян и др.).

Любопытно отметить, что аналогичная картина наблюдается на северо-восточном крыле Ордубадского и южном крыле Севано-Ширакского синклиниориев [4].

Таким образом, на границе эв- и миогеосинклинальных складчатых зон мегантиклиниория М. Кавказа расположены тектонические структуры, через которые осуществляется постепенный переход от одной зоны к другой. Исходя из этих соображений на границе указанных зон можно выделить подзоны переходных тектонических структур, к которым относится и Ехегнадзорский синклиниорий.

История тектонического развития синклиниория характеризуется последовательным накладыванием ряда тектонических этапов и подэтапов, отразившихся в современном разрезе в виде структурных комплексов, этажей и подэтажей, которые отличаются вещественным составом, структурными особенностями и разграничены тектоническими несогласиями и трансгрессивными контактами. Герцинский субплатформенный комплекс представляет собой чехол молодой эпибайкальской платформы, интенсивно переработанный альпийским тектогенезом. Он обнажается по юго-западным и северо-западным краям синклиниория (Айоцдзорский и Аргичинский выступы герцинского комплекса) и делится на два этапа: нижний ( $D_3\text{--}C_1$ , эпиконтинентальная терригенно-карбонатная формация) и верхний ( $P\text{--}T_1$ , эпиконтинентальная карбонатная формация). Отложения перми и триаса дислоцированы по единому плану, связаны между собой постепенными переходами и составляют единую карбонатную формацию. Альпийский геосинклинальный комплекс включает в себя три структурных этажа: верхнемеловой (вулканогенно-осадочная ( $K_2\text{--}K$ ) и карбонатная ( $K_2\text{ st-m}$ ) формации), палеоцен-среднезоценовый (карбонатно-терригенная, осадочно-пирокластическая и вулканогенная формации), и верхнезоценовый (инверсионный)

(терригенно-карбонатная, туфообломочная и эфузивная формации). Альпийский орогенный комплекс охватывает морскую песчано-глинистую шлировую формацию (нижняя моласса) нижнего-среднего олигоцена, андезитовую формацию верхнего олигоцена-нижнего миоцена, вулканогенно-пролювиальную формацию нижнего-среднего плиоцена и андезито-базальтовую формацию верхнего плиоцена-антропогена.

Анализ тектонического и стратиграфического взаимоотношений вышеперечисленных структурных этажей свидетельствует о том, что тектоническое развитие территории синклиниория и смежных районов носило полиниверсионный характер, т.е. общее геосинклинальное поступательное развитие данного региона сопровождалось частными инверсиями, расщеплением и миграцией первоначального прогиба. Что касается "родоначального" ранне-позднемелового геосинклинального прогиба, то он был заложен по краю эпиконтинентальной Перигондванской платформы - на месте современного Вайкского хребта (Вайкский антиклиниорий). В конце позднего мела в результате проявления ларамийских движений имели место частичная инверсия геотектонического режима и миграция прогиба к северу и югу. В палеоцене-раннем эоцене был заложен Ехегнадзорский интрагеосинклинальный прогиб, а Вайкский прогиб вовлекся в поднятие. Дальнейшее развитие Ехегнадзорского прогиба привело к формированию одноименного синклинального сооружения. В примульдовской части синклиниория палеоцен-нижнезоценовые отложения с резким азимутальным и угловым несогласием лежат на размытой поверхности верхнего девона, а в сопряженных с ним антиклинальных сооружениях (Айоцдзорский перевал, Урц-Вайкский антиклиниорий) между палеоценом-нижним эоценом и верхним палеозоем развит почти полный разрез верхнего мела. Эти данные свидетельствуют о том, что в позднемеловое время территория Ехегнадзорского синклиниория представляла собой поднятие (интрагеоантиклиналь), а интрагеосинклинальные прогибы располагались на месте указанных антиклиниориев [5, с. 164].

Следующая инверсия геотектонического режима отмечается на рубеже среднего и позднего эоцена (раннепиренейская или триалетская орофаза). В пределах Ехегнадзорского прогиба эти движения сопровождались возникновением центрального поднятия, расщеплением прогиба, а затем и его полным исчезновением в результате проявления позднепиренейских и савских тектонических движений. Все эти движения более интенсивно проявились в северо-восточной и восточной частях синклиниория.

Крылья Ехегнадзорского синклиниория осложнены складками второго порядка, при этом северо-восточное крыло имеет относительно сложное строение. Наряду с преобладающим северо-западным и широтным простиранием складок, отличительной чертой структуры синклиниория является также наличие складчатых структур северо-восточного (антекавказского) простиравания, при этом последние известны в основном в юго-восточной части синклиниория (антеклиниали в районе с.Азатек, Мартирос), где с ними связаны небольшие тела гранитоидов, интрузивы дацитов и полиметаллическое оруденение.

Из складчатых структур наиболее крупная Аршинская синклиналь, она расположена в мульдовой части синклиниория и протягивается по линии с.Ехегнадзор - Гетап - г. Гндасар. В своей юго-восточной части синклиналь сложена верхнезоценовыми и олигоценовыми отложениями, которые в северо-западной части несогласно перекрываются мио-плиоценовыми и вулканогенно-обломочными образованиями. Южное крыло синклиниали имеет ступенчатое строение.

Севернее Аршинской синклиниали расположена довольно крупная Тексарская антиклиналь близширотного (северо-западного) простиравания, сложенная нижне-среднезоценовыми осадочно-пирокластическими отложениями и вулканитами, перекрывающими верхнезоценовые образования. Мел-палеогеновый складчатый комплекс прорван интрузиями гранитоидов. Далее, к северо-востоку от указанной синклиниали в басс.р.Ехегис, развит ряд сравнительно небольших антиклинальных и синклинальных складок северо-западного простиравания, косо пересекающих р.Ехегис. На северо-западном продолжении этих складок, в районе Айоцдзорского перевала, развито

несколько субпараллельных брахиантиклинальных складок близширотного простирания, разделенных плоскими синклиналями. Антиклинали сложены верхнемеловыми, а синклинали - эоценовыми отложениями.

На юго-западном крыле Ехегнадзорского синклиниория также выделяется несколько брахиантиклинальных складок (Эртическая, Азатекская и др.), разделенных широкими плоскими синклинальными складками. Выше уже упоминалось, что часть этих складок имеет антикавказское простиранье. В восточной части синклиниория пласти эоцена переклинально замыкаются и азимутальным и угловым несогласием, перекрываются более пологозалегающими ( $15\text{--}20^{\circ}$ ) вулканогенными образованиями олигоцена (амулсарская свита). Последние составляют вытянутую в северо-западном направлении пологую брахисинклиналь, в мульдовой части которой, в вершинной части гор. Амульсар, развиты экструзии и дайки андезитового, андезито-дацитового составов.

В пределах Ехегнадзорского синклиниория известен ряд разрывных нарушений, наиболее крупные из которых являются Джермукский и Элгинский разломы. Первый из них прослеживается по линии Джермук - Воротанский перевал - с.Сараван и является частью региональной глубинной Анкавано-Зангезурской зоны разломов, которая служит границей между Приараксинской и Базумско-Зангезурской тектоническими зонами. Разлом отчетливо выражен всеми основными структурами, формационными и геоморфологическими признаками. Он контролирует интрузивный и эфузивный магматизм, эндогенную минерализацию, раздробленность и милонитизацию пород, выходы термоминеральных источников и сейсмодислокаций. Эта разломная зона древнего раннегерцинского заложения. Но в последующем она многократно активизировалась. Последняя активизация отмечается в голоцене, чем и обусловлена ее высокая сейсмоактивность. Вдоль зоны в верховьях рек Терп (приток р.Арпа), в районах с.Сараван, Артаван широко развиты следы сейсмодислокаций, выраженные в виде оползней, воронок, рвов, обвалов, циркообразных опусканий, трещин и др., отраженных в современном рельефе. Многие из этих сейсмодислокаций являются древними средне-позднечетвертичными, но имеются и молодые, довольно свежие следы сейсмодислокаций, образовавшихся в историческое время. Можно полагать, что именно здесь расположен эпицентр сильного (восьмибалльного) землетрясения, которое имело место в историческом прошлом в Восточном Айоцдзоре [5].

Другой региональный разлом прослеживается в западной части синклиниория по р.Элгин. Этот взбросо-сдвиг четко выражен в виде крутых обрывистых склонов. По разлому палеозойские и верхнемеловые отложения взброшены вверх и в виде крутого надвига перекрывают эоценовые отложения. Амплитуда горизонтального смещения разлома, косо пересекающего складчатые структуры района, около 3-4 км. На основании интерпретации космических снимков и дешифрования аэрофотоснимков С.В. Мартиросяном и В.З. Сахатовым [6] установлена зона разломов шириной в 3-4 км на участке широтного отрезка долины реки Арпа. Впоследствии эта зона нами была фиксирована и по морфоструктурным данным. Зона разлома по левобережью реки Арпа отчетливо выражена в рельефе в виде системы ложбин, гребней, уступов, оползней, а также полосой гидротермально измененных вулканогенно-обломочных пород эоцена. Крупное разрывное нарушение близмеридионального направления на нем установлено в центральной части синклиниория несколько восточнее гор. Ехегнадзор.

Территория Ехегнадзорского синклиниория характеризуется дифференцированностью и большой контрастностью новейших и современных тектонических движений. По неотектоническим схемам Е.Е. Милановского [2] и А.А. Габриеляна [5], территория синклиниория входит в состав Веди-Вайкской зоны умеренно-дифференцированных, унаследованных от олигоцена и миоцена и отраженных в рельефе в прямой форме блок-антиклинальных поднятий и грабен-синклинальных относительных опусканий. Новейшие структуры выделяются здесь по положению подошвы многочисленных останцев плиоценовой вохчабердской свиты, а также по залеганию четвертичных галечных покровов. Эта зона А.А. Габриеляном [5] делится на Веди-

Ехегнадзорскую подзону относительного прогибания и Урц-Вайкскую подзону поднятия. Первая из них представлена несколькими унаследованными от палеогена синклинальными долинами, с хорошо выраженным террасами. Наиболее крупной из них является Аршинская синклинальная долина, относительное прогибание которой вырисовывается по отметке подошвы мио-плиоценовой вулканогенной свиты, первоначально целиком заполняющей ее, а в центральной части синклиниория оно проявляется по деформации (до 5°) плиоцен-четвертичных галечных террас (Агавнадзорское наклонное плато). Террасы левобережной части долины р.Арпа наклонены к северу, образуя вместе с Агавнадзорскими террасами отчетливо выраженную вогнутость. В осевой части прогиба, близ районного центра Ехегнадзор, где абсолютная отметка новейших поднятий не превышает 1250-1300м, р.Арпа течет по относительно широкой, открытой террасированной долине, а ниже по течению (за пределами прогиба) пропиливает глубокое и антecedентное ущелье. На востоке и на западе Аршинский относительный прогиб испытывает перегиб, соответствующий Сисианским и Советашенским синклинальным поднятиям. Амплитуда поднятия в них за неотектонический этап составляет около 1800-2000м, новейших поднятий на Вайкском антиклиниорном хребте - 2400м.

Кафедра исторической и региональной геологии

Поступила 24.05.1995

## ЛИТЕРАТУРА

1. Габриелян А.А. Тектоническое районирование Кавказа и сопредельных частей Анатолийско-Иранского сегмента Средиземноморского складчатого пояса.-Изв. АН Арм. ССР, Наука о Земле, 1985, №3.
2. Милановский Е.Е., Ханин В.Е. Геологическое строение Кавказа. Изд-во МГУ, 1963.
3. Асланян А.Т. Региональная геология Армении, Ер., Айрарат, 1958.
4. Саркисян О.А. Геологическое строение и история тектонического развития Севано-Ширакского синклиниория.-Автореферат док.диссерт., Ер., 1973.
5. Габриелян А.А., Саркисян О.А., Симонян Г.П. Сейсмотектоника Арм. ССР, Изд-во ЕГУ, 1981.
6. Мартirosyan C.B., Sakhator V.E. Новые данные о структуре Айоцдзорского района Малого Кавказа.-В кн.: Исследование природной среды космическими средствами. М.: Геология и геоморфология, 1974.

## ՀՀ ՍԱՐԳԱՅԻՆ

### ԵՂԵԳՆԱԶՈՐԻ ՍԻՆԿԼԻՆՈՐԻՈՒՄԻ ՏԵԿՏՈՆԻԿԱՅԻ ԱՌԹԻՎ (Փ. ԿՈՎԿԱՍ)

Ա. Վ Փ Պ Ո Ւ

Եղեգնաձորի սինկլինորիումը տեղաբաշխված է Փոքր կովկասի երկու խոշոր տեկտոնական տարրերի՝ ԷՎ և Միոգեոսի մկինապայման ծայթավոր զոնաների սպինանում: Դրանով էլ պայմանավորված են նրա տեկտոնական կառուցվածքի և զարգացման պատմության մի շարք առանձնահատկությունները՝ թևերի քարարանակառուցվածքային անհամամատությունը, լայնակի հաստությունը հրաբխածին ապարների փոխարինումը հրաբխածին-հստվածքային, այնուհետև նստվածքայիններով, զարգացման շրջուն բնույթը, հյուսիս-արևելյան՝ էվգեոսի մկինալային զոնային հարող թևի համեմատարար բարդ տեկտոնական կառուցվածքը, հրաբխականության առավելությունը և այլն:

Геология

УДК 550. 83:556. 3:556.38

В.П. ВАРДАНЯН, Р.С. МИНАСЯН

## ПАЛЕОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА ОЗ. СЕВАН

На основании обобщения и переинтерпретации данных многолетних геофизических исследований совместно с материалами гидрогеологических работ впервые проведено палеогидрогеологическое районирование территории водосборного бассейна оз. Севан. Получены данные для уточнения величины подземного составляющего водного баланса озера и расчета эксплуатационных запасов подземных вод.

В настоящее время при водно-балансовых расчетах и поисково-разведочных работах на воду принята схема гидрогеологического районирования водосборного бассейна оз. Севан, в основе которой лежат, в частности, результаты комплексных геолого-гидрогеологических исследований, выполненных прежде всего за период 1979-1983 гг. бывшим Армгеолупрлением совместно с ВСЕГИНГЕО.

Согласно этой схеме в пределах бассейна оз. Севан по гидрогеологическим условиям выделены следующие 9 участков (рис. 1): I - Цовагюхский, II - Варсер-Лчашенский, III - Лчашен-Камо, IV - Саруханский, V - Дзорагюх-Геташенский, VI - Мартуни-Арцванистский, VII - Акунк-Карчахпюрский, VIII - Масрикский, IX - участок Северо-восточного побережья. Следует отметить, что проведенные буровые и опытно-фильтрационные работы выполнены, главным образом, в прибрежной полосе озера, где на различных участках вскрыты и опробованы от 1 до 3 водоносных горизонтов. Что же касается водосборной территории выше отметки 2000-2100 м, то здесь основная информация получена по результатам геофизических работ.

Новый подход к интерпретации результатов геофизических исследований [1], обобщение и переинтерпретация многолетних геофизических данных (начиная с 1958 г.) по бассейну оз. Севан (Армгеология, АрмНИИВПиГ) и наконец материалы буровых скважин, вскрывших подлавовые водоупорные породы, позволили дополнить и уточнить наши представления о палеогидрогеологическом строении водосборной территории оз. Севан.

Известно, что в результате крупных излияний лав, в особенности кайнозойского периода в пределах бассейна оз. Севан, относящихся к Гегамским и Варденисским хребтам, под лавовыми покровами и потоками осталась древняя гидрографическая сеть, в том числе речные долины с приуроченными к ним мощными подземными потоками пресных вод. Разработанная нами физико-гидрогеологическая модель (ФГГМ) таких палеодолин включает в себя три комплекса пород - подлавовые водоупорные (это в основном осадочные - глинистые и вулканогенно-осадочные породы - туфопесчаники, порфириты, туфобрекции и т.п.), лавовые, в том числе водоносные (базальты, андезито-базальты и их аналоги) и наконец надлавовые, современные наносные образования. Породы указанных комплексов дифференцируются как по гидрогеологическим (водопроницаемость, коэффициент фильтрации, водоотдача и т.д), так и геофизическим характеристикам (плотность, магнитные, упругие, электрические и другие свойства). В целом анализ петрофизических данных разреза, обобщенных ФГГМ, вулканических сооружений бассейна оз. Севан показывает, что

определенным физическим параметром, наиболее контрастно выделяющим их гидрогеологические особенности, являются электрические свойства пород. Изменение последних зависит от литологического состава, структурно-текстурных и гидродинамических особенностей региона [2,3]. Дифференциация лавовых пород по удельному электросопротивлению ( $\rho$ ) в зависимости от степени их влажности, минерализации подземных вод, а также различие электросопротивлений лавовых ( $\rho > 700-800 \text{ Ом м}$ ) и подлавовых водоупорных образований ( $\rho = 10-30 \text{ Ом м}$  для глин, от 60 до 300  $\text{Ом м}$  для туфопесчаников, туфобрекчий и порфиритов) позволили на основании широкого использования метода сопротивления решить такие важные гидрогеологические задачи, как обнаружение и прослеживание меж- и подлавовых водотоков, установление связи между современными и древними водоразделами, количественная оценка распределения глубинного стока и т.п. В результате выполненных нами исследований практически для всего водосборного бассейна оз. Севан составлена новая сводная карта регионального водоупора (палеорельефа), которая включает в себя около 20 планшетов масштаба 1:50000. Совместный анализ этой карты с данными гидрогеологических работ, ее сопоставление с существующей схемой гидрогеологического районирования позволили составить более обоснованную карту-схему районирования, с учетом палеогидрогеологического строения исследованной территории. На основании учета влияния глубинного строения на формирование и распространение подземных вод проведено новое пространственное разделение площади ранее выделенных 9-ти водосборных участков. Границы отдельных участков при новом районировании проведены по древним, основным погребенным водоразделам, которые являются одним из главных элементов при формировании глубинного стока изученного водосборного бассейна.

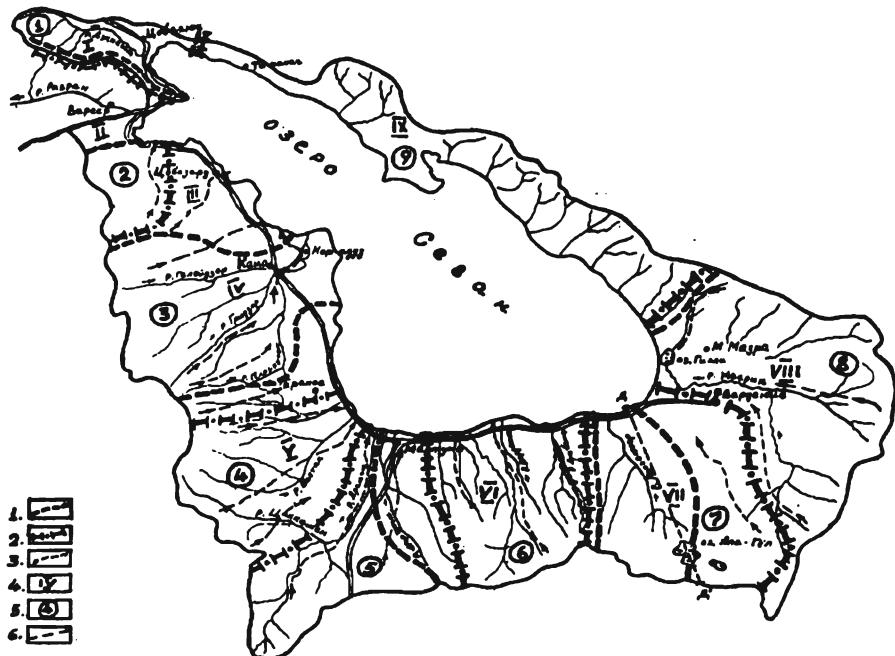


Рис. 1. Карта-схема палеогидрогеологического районирования бассейна оз. Севан. 1. Современный водораздел. 2. Погребенный водораздел. 3. Основные направления движения глубинного стока. 4. Существующие участки районирования. 5. Предложенные участки районирования. 6. Линия геолого-геофизического разреза.

Сопоставление "новых" и "старых" границ районирования показывает, что в отдельных случаях наблюдается их совпадение (Цовагюхский, Мартуни-Арцванистский районы, Северо-восточное побережье), что говорит о близости древних и современных условий формирования водных ресурсов соответствующих участков.

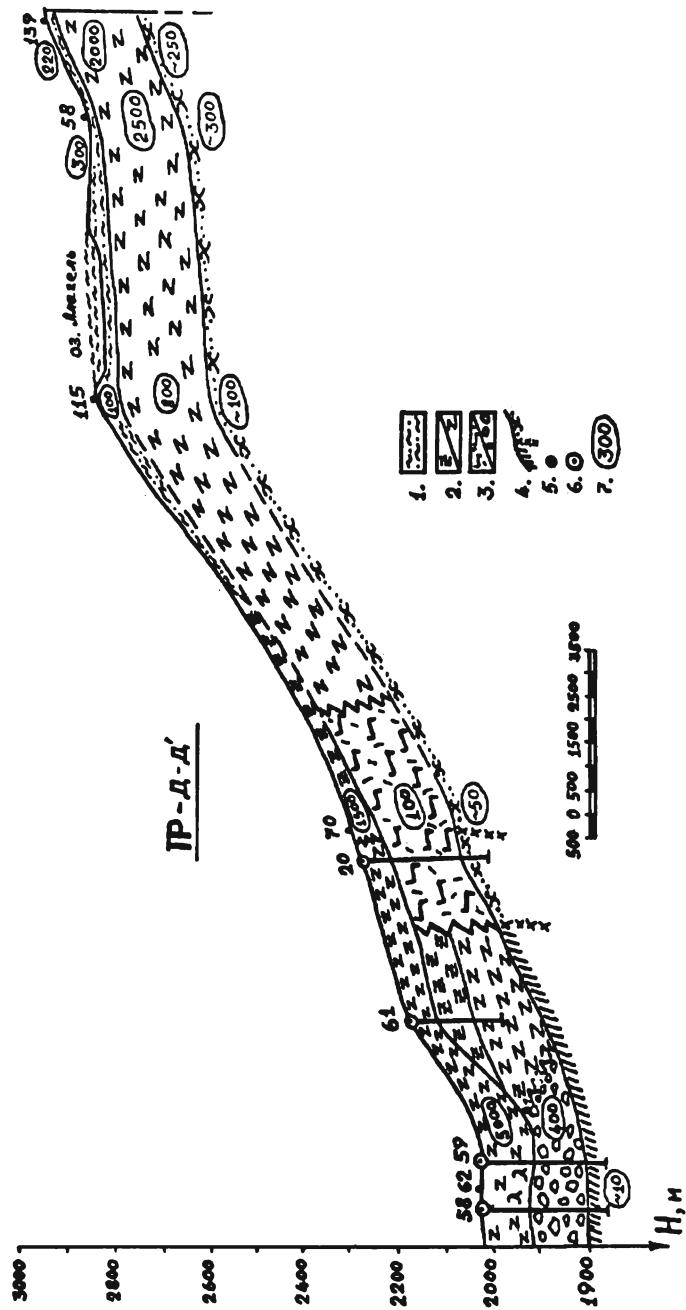


Рис. 2. Характерный геолого-геофизический разрез (по линии Д-Д'). 1. Современные образования. 2. Базальты, андезито-базальты и их аналоги. 3. Водоносные породы: трещиноватые базальты, валунно-гачевые образования. 4. Региональный водоупор: глины, туфопесчаники и их аналоги. 5: Пункты электроразведки (ВЭЗ). 6. Буровые скважины. 7. Удельное сопротивление пород (Ом.м) по данным ВЭЗ.

На карте-схеме показаны также основные направления движения глубинного стока отдельных участков. Для Варденисского нагорья эти направления в основном совпадают с направлениями современных (поверхностных) речных долин. Отличие указанных направлений наблюдается для некоторых участков Гегамского хребта. В частности для Варсер-Лчашенского участка (П) глубинный сток в отличие от поверхностного имеет примерно меридиональное направление - с юга на север и далее

на северо-восток в сторону оз. Севан.

На рис. 2 приведен геолого-геофизический разрез, который по своему литолого-электрическому строению характерен для исследованного региона.<sup>1</sup> Одним из важных обстоятельств этого разреза является тот факт, что практически впервые получены объективные данные о строении регионального водоупора для территории водосборного бассейна оз. Алагел. Согласно полученным данным эта территория полностью относится к водосборному бассейну оз. Севан, что должно быть учтено при водно-балансовых расчетах озера.

Таким образом, новые данные о глубинном гидрогеологическом строении водосборного бассейна оз. Севан позволили провести более обоснованное палеогидро-геологическое районирование территории, что следует учесть при уточнении величины подземного составляющего водного баланса озера, при поисково-разведочных работах на воду и расчетах эксплуатационных запасов подземных вод выделенных участков.

Кафедра геофизических методов поисков и  
разведки месторождений полезных ископаемых

Поступила 16.09.1996

## ЛИТЕРАТУРА

1. Изучение подземных вод вулканических областей геофизическими методами (составитель Минасян Р.С.). М.: Недра, 1989.
2. Заборовский А.И. Электроразведка. М.: Гостоптехиздат, 1963.
3. Хмелевской В.К. Электроразведка. М.: Изд-во МГУ, 1984.

Վ.Պ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Ռ.Ս. ՄԻՆԱՍՅԱՆ

ՍԵՎԱՆԱ ԼԾԻ ԱՎԱՋԱՆԻ ԶՐԱՀԱՎԱՔ ՏԱՐԱԾՔԻ  
ՊԱԼԵՈԶՐԱԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԾՐՁԱՆԱՑՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Բազմամյա երկրաֆիզիկական ուսումնասիրությունների տվյալների վերամշակման և ջրաերկրաբանական աշխատանքների հյութերի ամփոփման հիման վրա առաջին անգամ կատարվել է Սևանա լճի ջրահավաք ավազանի պալեոջրաերկրաբանական շրջանացում: Ստացված են տվյալներ լճի ջրային բալանսի ստորգետնյա բաղադրիչի մեծության ճշտման և ստորերկրյա ջրերի շահագործողական պաշարների գնահատման վերաբերյալ:

Աշխարհագրություն

УДК 551:432

Պ.Գ. ԴԱՎԹՅԱՆ

ՎԱՅՔ - ԶԱՆԳԵԶՈՒՐԻ ՍԵԼԱՎՆԵՐԻ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ

Սելավների դասակարգման հարցը ուսումնասիրությունների ուշադրության կենտրոնում է եղել վաղուց ի վեր: Առաջին փորձը կատարվել է դեռևս անցյալ դարում ֆրանսիացի բնախովզ Սյուրենի կողմից: Հետագայում այս հարցով գրադարձել են շատ հետազոտողներ [1,2]:

Մեր ժամանակներում սելավների ուսումնասիրությունը նկարագրական դասակարգման փուլից անցել է վերլուծական դասակարգման փուլ, որը ներառում է ան հրանց հեմ պայքարի միջոցների մշակման հիմնարարը:

Բնության մեջ են այն ֆիզիկական երևույթները, որոնց գոյացմանը մասնակցում են այնքան շատ գործունենք, ինչպիսին սելավային երևույթն է: Գոյություն ունեցող դասակարգությունները չեն ընդգրկում սելավների առաջացման և շարժման պայմանների բազմազանությունը [3]: Առավել ուշագրավ է Վ.Ն. Խոգանսոնի [4] դասակարգումը, որը հենվում է որակական ցուցանիշների հարաբերական գնահատման վրա:

Հայաստանի Հանրապետության սելավների դասակարգումը կատարվել է Գ.Ն. Խմալաձեի [5] կողմից, որը հիմք է բնույթնել սելավահաճախանության և սելավավտանգավորության աստիճանը: Մ.Վ. Շովյանը [6] ընտրել է սելավների ձևակորմանը մասնակցող 18 գործոն, որոնց ցուցանիշների բալային գումարով փորձել է համալիր ձևով որոշել առանձին սելավային ավազանների սելավաբերության աստիճանը: Առավել հաջող դասակարգում է կատարել Խ.Ե. Նազարյանը [7]: Նա սելավային ավազաններու ու հոսքերը դասակարգել է սելավաբերության, սելավային զանգվածի կազմի ցուցանիշներով և ընդհանրացնելով դուռնք, որոշել է առանձին հոսքերի սելավավտանգավորության ստահճանը: Վերջինս կարուղ որակական հատկանիշ է, որն ընդունելով հիմք կարելի է մշակել սելավների հեմ ձեռնարկելիք պայքարի միջոցառումներ:

Մեր կողմից ստորև կատարվող դասակարգման հիմքով ընկած է Խ.Ե. Նազարյանի [7] առաջարկած դասակարգման սխեման: Օգտագործված են նաև դաշտային անձնական ուսումնասիրությունները, աէրոկոսմիկական նկարների վերծանման միջոցով ստացված տվյալները, հենվել ենք նաև Պ.Ս. Նեպորոժնու [8] առաջարկած որակական տվյալների, Մ.Վ. Շովյանի [6], Գ.Ն. Խմալաձեի [5], Խ.Ե. Նազարյանի [7] ստացած քանակական ցուցանիշների վրա:

I. ՍԵԼԱՎԱԲԵՐՈՒԹՅՈՒՆ

Դասակարգման ժամանակ հաշվի ենք առել Խ.Վ. Բոգոլյուբրովայի [9] առաջարկած այն փաստը, որ ավազանի սելավաբերության ցուցանիշ կարող է ծառայել բերուկների այն քանակությունը, որը ստացվում է սելավագոյացման ակտիվ տարածքի մեջ քառակուսի կիլոմետրից:

Սելավաբերության դասակարգման հիմքում ամենից առաջ ընկած է ավազանի գեղմորֆոլոգիական վիճակը, հետևաբար և սելավաբերության պոտենցիալը: Վայր-ջանգեզուրի տարածքում առանձնացնում ենք երեք դաս:

1. ՈՒժեղ սելավաբեր, որոնց ավազանների սահմաններում առկա են արմատական ապարների զանգվածային ելքեր, հետևաբար, հողմանահարումն ու էրոզիան ունենալու մեջ ենք եռանդ: Արդյունքում առկա է փուլս բեկորային նյութի մեջ քանակություն: Ավազանի առանձին մասերում տարածված են լինում սողանքային, փլվածքային երևույթներ: Հովտի լանջերը լերկացած են, հունը հարուստ է բեկորային նյութով: Ավազանը բնութագրվում է զարգացած, բարդ ջրագրական ցանցով: Մեկ սելավի ժամանակ ակտիվ տարածքի մեջ քառակուսի կիլոմետրից ստացվում է 15-35 հազար խորանարդ մետր սելավային պինդ զանգված: Այսպիսի ավազանների շարքին են դասավում Գեղի ու Ուշի գետերի ձախակողման հետեղատները, Կաղնուտ գետակի,

Բրա վտակների, Կավարտ (Ողջի ավազան), Ծվաճիձոր, Նյուվադի, Մալկ գետակների, հինգան նաև Արփա գետի Գնիշիկ, Ելփիճ, Մալիշկա Վտակների ավազանները:

2. Միջին սելավաբեր են այն ավազանները, որոնք բնութագրվում են արմատական ապարների ելքերով, հողմնահարման եռանդուն պրոցեսներով, ակտիվ սողանքային երևույթներով, մարդածին գործոնի ազդեցությամբ առաջացած թափոններով, դարավանդներում բնկորային նյութի կուտակումներով: Առանձին գետերի վերնագավառում (Այրիգետ, Սիսիան, Գոմուր) պահպանվում են մեծ քանակությամբ մորեններ: Բուսածածկույթը միջին սելավաբեր ավազաններում քիչ է զարգացած, շատ են բուսագործ տեղամասերը: Սելավային հոսքի հագեցվածությունը տեղի է ունենում հիմնականում նշանակած օշակներից ստացված բնկորային նյութից: Մեկ սելավի ժամանակ մեկ քառակուսի կիլոմետր ակտիվ տարածքից ստացվում է 5-15 հազար խորանարդ մետր սելավային այնու զանգված: Նման ավազանների շարքին են դասվում Արփա գետի Եղեգիս վտակի համակարգին պատկանող Հորս, Թառաթումբ, Քարագոլիս և բուն Արփայի համակարգի՝ Աղավնաձոր, Հերթեր, Մող, Վայք վտակների ավազանները, Որոտանի աջակողմյան վտակներ Սիսիան, Այրիգետ, Բնակոր գետակների ավազանները:

3. Թույլ սելավաբեր ավազանները բնութագրվում են հողմնահարման և էրոզիոն պրոցեսների պահիվությամբ: Այս դասի ավազանները տարածվում են հիմնականում Վարդենիսի և Սյունիքի հրաբխային բարձրավանդակներում, որտեղ ապարաշերտեր աչքի են ընկնում մեծ ջրաթափանցելիությամբ, և մակերևության հոսք գրեթե չի գոյանում:

Ծալքաբնկորավոր լեռների ասիմաններում բացառություն է կազմում Ծավ գետի ավազանը, որտեղ անսառածածկույթի պատճառով սելավաբերությունը թույլ է: Այս դասը ըշքի ընկնում նաև թույլ զարգացած ջրագրական ցանցով: Մեկ սելավի ժամանակ մեկ քառակուսի կիլոմետր ակտիվ տարածքից կարող է ստացվել մինչև 5000 խորանարդ մետր սելավային բերով: Այսպիսի պարամետրերով քննարկվող շրջանի տարածքում աչքի են ընկնում Ծավ գետի ավազանը, Որոտանի՝ Սյունիքի բարձրավանդակից սկիզբ առնող ՈՒրուտ, Վաղատուր վտակների ավազանները: Եթե մեկ քառակուսի կիլոմետր բերուկների ծավալը վերածենք նույն մակերեսից ստացվող շերտի բարձրությանը, ապա կատացվի, որ ուժեղ սելավաբերության ժամանակ մեկ քառակուսի կիլոմետր ակտիվ մակերեսից կատացվի 1,5-3,5 սմ, միջինից՝ 0,5-1,0 սմ, թույլի դեպքում՝ 0,5 սմ հզորության շերտ:

## II. ՍԵԼԱՎԱՀԱՌԱԾԻԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ (ՍԵԼԱՎԱՍԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆ)

Սելավականիվությունը այնպիսի որակական ցուցանիշ է, որը պայմանավորված է ավազանի երկրաբանական, գեոմորֆոլոգիական և ջրաօդերևութաբանական պրոցեսներով: Սելավային ավազանը կարող է հագեցած լինել բնկորային նյութով, բայց եթե չկա հետղու բաղադրիչ համապատասխան քանակություն, որը շարժման մեջ դնի կուտակված բնկորային նյութը, ապա գործ կունենածք ոչ թե սելավի, այլ սովորական շրիստով հետ: Այսպիսով կարող ենք սաել, որ սելավային հոսքերի հաճախականությունը կախված է հինգան գետուրֆոլոգիական, այնպես էլ ջրաօդերևութաբանական բարենպաստ պայմաններից: Տեղատարափ անձրևի հետևանքով առաջացած մակերևութային հոսքը շարժման մեջ է դնում սելավային ավազանում նախօրոք կուտակված բնկորային նյութը, վերջինն շարժվում է լանջն ի վար, դեպի սելավային հուն: Այստեղ չդի ծախսի մեծացումը հաճացեցնում է մակարդակի բարձրացման, որն իր հերթին ընդգրկում է հունային ու մերձհունային բնկորային գոյացությունները և ձեւվագործում է սելավային հոսք: Նշանակում է, որ սելավաների ձևավորումը ինտենսիվ պրոցես է, նրա ձևավորմանը, հետևաբար և սելավակտրությանը մասնակցում է գործոնների լայն սպեկտր: Հիմք ընդունելով Մ.Վ. Ծովյանի [6], Գ.Ն. Խմալաձեի [5], Խ.Ե. Նազարյանի [7], Խ.Ս.Հ. ջրաօդերևութաբանական ծառայության գլխավոր վարչության սելավային ավազանները ըստ սելավակտիվության կարող ենք բաժանել երեք ենթադասի:

1. ՈՒժեղ սելավահաճախականության ավազաններ, որոնցում սելավաները կրկնվում են երեք տարին մեկ անգամ: Այսպիսի ավազանների թվին են պատկանում Աղավնաձոր, Սալիգետ, Քարագոլիս, Մալիշկա, Մեղրի, Մալք, Ծվանձներ, Նյուվադի, Մողալան, Գեղի գետակների ու գետերի ավազանները:

2. Միջին հաճախականության ավազաններ, որոնցում սելավային երևույթը հնարավոր է՝ 3-10 տարին մեկ անգամ: Այսպիսի ավազանների շարքին են դասվում Արփա գետի՝ Ելփիճ, Գնիշիկ, Ալայազ, Հերթեր, Ազատեկ, Գյաձոր, Գոմուր վտակները. Որոտան, Գորիսգետ, Խնածախ, Քարաշեն, Բնակոր, Սիսիան, Այրիգետ, Չաղաթ, Գիրաթաղ, Կավարտ, Վաշգան, Գեղանուշ, Ողջի գետերի ու գետակների ավազանները:

3. Թույլ հաճախականության ավազաններ, որոնցում սելավաները դիտվում են ոչ պա

կաս, քան 10 տարին մեկ անգամ: Այսպիսի ավազանների շարքին են դասվում Ողջի Վերին Բելս, Անդրքին Բելս, Խոտանան, Արփայի Զեյթա Վտակների ավազանները:

### III. ՍԵԼԱՎԱՑԻՆ ԶԱՆԳՎԱԾԻ ՊԻՒՐ ՖԱԶԻ ՀԱՅՃ ՀԱԳԵՑՎԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Սելավային զանգվածի կոչտ նյութով հագեցվածության աստիճանը և զանգվածի ֆրակցիոն կազմը իրենց քանակական բնութագրին ներով հնարավորություն են տալիս մշակելու համապատասխան հակասելավային միջոցառումներ:

Սելավային զանգվածը պինդ և հեղուկ քաղաքարերությամբ կարող է գտնվել երեք վիճակներում՝ կապակցված (լամինար), չկապակցված (տուրբոլենտ) և անցումային [10]: Կապակցված հոսքերը աչքի են ընկանում մանրահատկային մասնիկների մեջ քանակությամբ: Այսպիսի հոսքերը թողնում են թանձր «կոնգլոմերատի» տպավորություն, և հոսքում գերակշռություն է լամինար շարժումը: Բացակայում է բեկորային նյութի բնական տեսակապորումը: Այսպիսի հոսքերի ծավալային կշիռը հասնում է 2,3 տ/մ<sup>3</sup>-ի, որոնք օժտված են լինում հարվածի հզոր ուժով: Չկապակցված սելավային հոսքերը պարունակում են զգայի քանակության բերումներ, բնական տեսակապորումը պահպանվում է: Այս հոսքերի ծավալային կշիռը չի գերազանցում 1,6-1,62 տ/մ<sup>3</sup>-ը: Մրանը ևս ունեն մեծ ուժ, սակայն նախորդից պակաս:

Ինչ վերաբերում է անցումային տիպին, ապա սրանց ծավալային կշիռը գերազանցում է 1,62 տ/մ<sup>3</sup> ցուցանիշը և զգայի կերպով զիշում է 2,3 տ/մ<sup>3</sup> մեծությունը [11]: Ստացվում է, որ չկապակցված հոսքերի պարունակած սահմանային կոշտ կենցեննորացիան 1,62 տ/մ<sup>3</sup> է: Ինչպես նշում է Գ.Ի. Տեր-Ստեփանյանը, [10] 1,62-1,7 տ/մ<sup>3</sup> ծավալային կշիռը հոսքերի համեմատում են շատ հազվաբեր, որը թույլ է տալիս շատ հետազոտողների առանց տատանվելու սելավային հոսքերը դասել նշանակած երկու կապակցված և չկապակցված հոսքերի շարքին:

Հաշվի առնելով այս հանգամանքը, որ ջոային և սելավային հոսքերի միջև մոտավոր սահմանը կարելի է համարել 50-100 կգ/մ<sup>3</sup> կոշտ նյութի պարունակությունը [12] և հիմք ընդունելով Մ.Վ. Շովյանի [6] ու Խ.Ե. Նազարյանի [7] դասակարգումները, քննարկող շրջանի սելավային հոսքերը ըստ պինդ ֆազի հագեցվածության աստիճանի կարող ենք բաժանել 4 խմբի:

1. Թույլ հագեցված հոսքերում բերուկների պարունակությունը  $\rho=100-320$  կգ/մ<sup>3</sup>, սելավային զանգվածի խտությունը  $\gamma=1,1-1,3$  տ/մ<sup>3</sup>: Այսպիսի հագեցվածություն ունեն Ելիհին, Աղավնաձոր, Եղեգիս, Վաշագան, Կավարտ, Գորիսգետ, Ն.-Բելս, Վ.Բելս սելավային հոսքերը:

2. Միջին հագեցված հոսքերում  $\rho=320-640$  կգ/մ<sup>3</sup>,  $\gamma=1,3-1,5$  տ/մ<sup>3</sup>: Այսպիսի հագեցվածություն ունեն Գնիշիկ, Գրավ, Գլաձոր, Եղեգիս, Սալիգետ, Մեղրի, Ագարակ, Ծվաճիձոր, Գեղի, Նյուվայի, Չաղաթ, Չամբ սելավային հոսքերը:

3. Ուժեղ հագեցված հոսքերում  $\rho=640-1000$  կգ/մ<sup>3</sup>,  $\gamma=1,5-1,7$  տ/մ<sup>3</sup>: Այսպիսի հագեցվածություն ունեն Գնիշիկ, Գրավ, Գլաձոր, Եղեգիս, Սալիգետ, Մեղրի, Ագարակ, Ծվաճիձոր, Գեղի, Նյուվայի, Չաղաթ, Չամբ սելավային հոսքերը:

4. Առավել ուժեղ հագեցված հոսքերում  $\rho=1000$  կգ/մ<sup>3</sup>,  $\gamma=1,7-2,2$  տ/մ<sup>3</sup>: Աս արդեն համարվում է կապակցված հոսք: Այսպիսի հագեցվածություն ունեցող հոսքը ընթացքուն շրջանի տարածքում շատ քիչ են համեմատում, այդպիսին են միայն Կավարտ և Ծիրանաձոր (Արքսի վտակ) սելավային հոսքերը:

### IV. ՍԵԼԱՎԱՑԻՆ ԶԱՆԳՎԱԾԻ ԿԱԶՄԸ

Սելավային հոսքերը իրենց ավազանից դուրս են բերում մեծ քանակությամբ քար, խիճ, ավագ, տիղմ, մանրահող, կոճճ, ծառեր և այլն: Բնեկորային նյութի ծավալը մի քանի ժամկան ընթացքուն կարող է հասնել տասնյակ հազարավոր խորանարդ մետրի: Ըստ բերուկների զանգվածային կազմի և չափերի առանձնահատկությունների Վայր-Զանգեզուրի տարածքի սելավային հոսքերը կարելի է բաժանել հնեւկալ տիպերի (տես աղյուսակ):

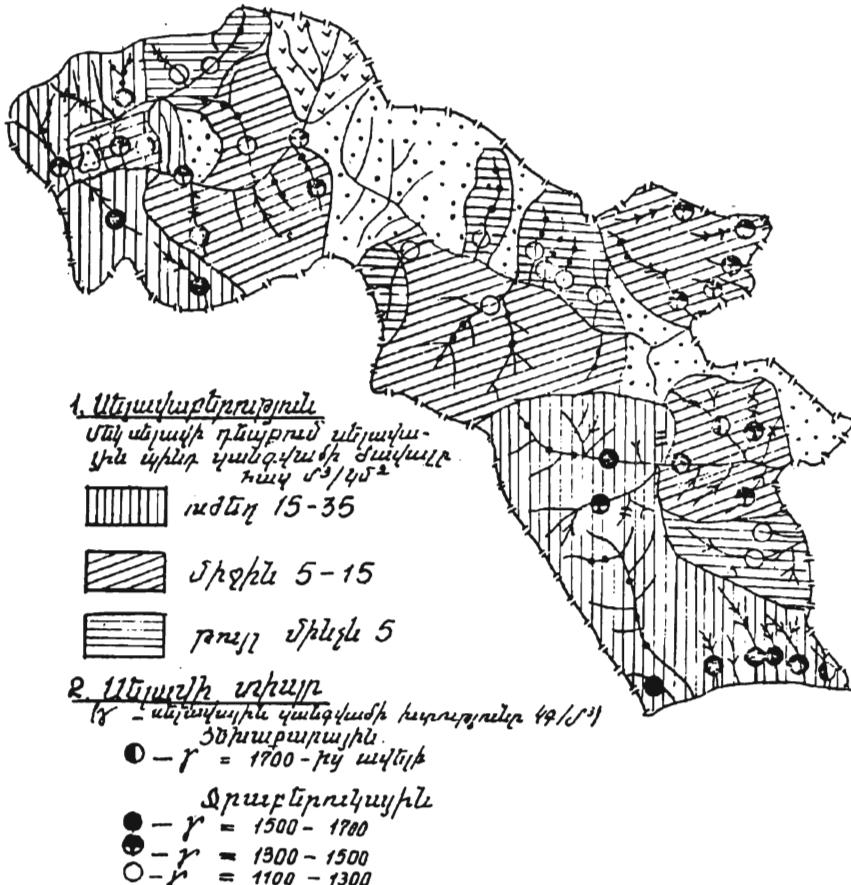
#### Վայր-Զանգեզուրի շրջանի սելավային հոսքերի դասակարումը ըստ զանգվածի կազմի

Սելավային զանգվածի որակական բնութագրը	Տոկոսային պարունակությունը			
	Խոշոր բերուկներ, գլաձարեր, 250մմ և մեծ	Գլաձարեր, 100- 250մմ	Խիճ, տիղմ և հող, 1,0-0,1մմ	Մանրահող, 0,1մմ և փոքր
Հրաբարային ցեխաքարային ցրախնային ցեխախնային	40 10-ից մեծ 15 5-15	40 60 30-35 10-30	15 40-ից փոքր 40-45 50-ից մեծ	5 10-ից մեծ 10-15 30-ից փոքր

1. Ջրաքարային սելավային հոսքեր Գոմուր, Արտավան, Հերիներ, Մալիշկա, Գլաձոր, Ա-

լայազ, Ելփիճն, Աղավնաձոր, Մեղրի, Գեղի, Այրիգետ, Սիսիան, Շաղաթ, Գորիսգետ, Ծամբ:

2. Ցեխաքարային սելավներն անցնում են անտառածածկ տարածքով, լվանում են մանրահողը, հուներից կախված նյութը: Այսպիսի սելավներից են Ողջի Վտակներ Անտառաշտը, Զորառատը, Վահանավանքը, Ն. Բենը, Վ. Բենը:



Կնիսաքարային

Գրաքարային

Գրաքարախճափին

Կերպանձափին

Նկ. 1:

3. Զրախճային սելավների շարքին են դասվում Վայք, Գնիշիկ և Արփայի ձախափնյա հատվածի մի շարք վտակներ՝ Նամազլու, Եղեգիկ ստորին հոսանք, Սալի գետ, Քարազլու, Մալկ, Նյուվայի, Ծվաճիձոր, Գորիսգետի ստորին հոսանք, Քարտեն, Մավ, Սիսիան գետի ստորին հոսանք, Խոտանան, Արծվանիկ, Վաշագան և այլն:

4. Ցեխախճային սելավների շարքին են դասվում Ազարակաձոր, Հորս, Գեղանուշ, Արծվանիկ, Կաղնուտ գետակների, Նորաշենինի մի քանի աջափնյա վտակների ավագաները (Ակ. 1):

#### IV. ՍԵԼԱՎԱՎՏԱՆԴԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆ

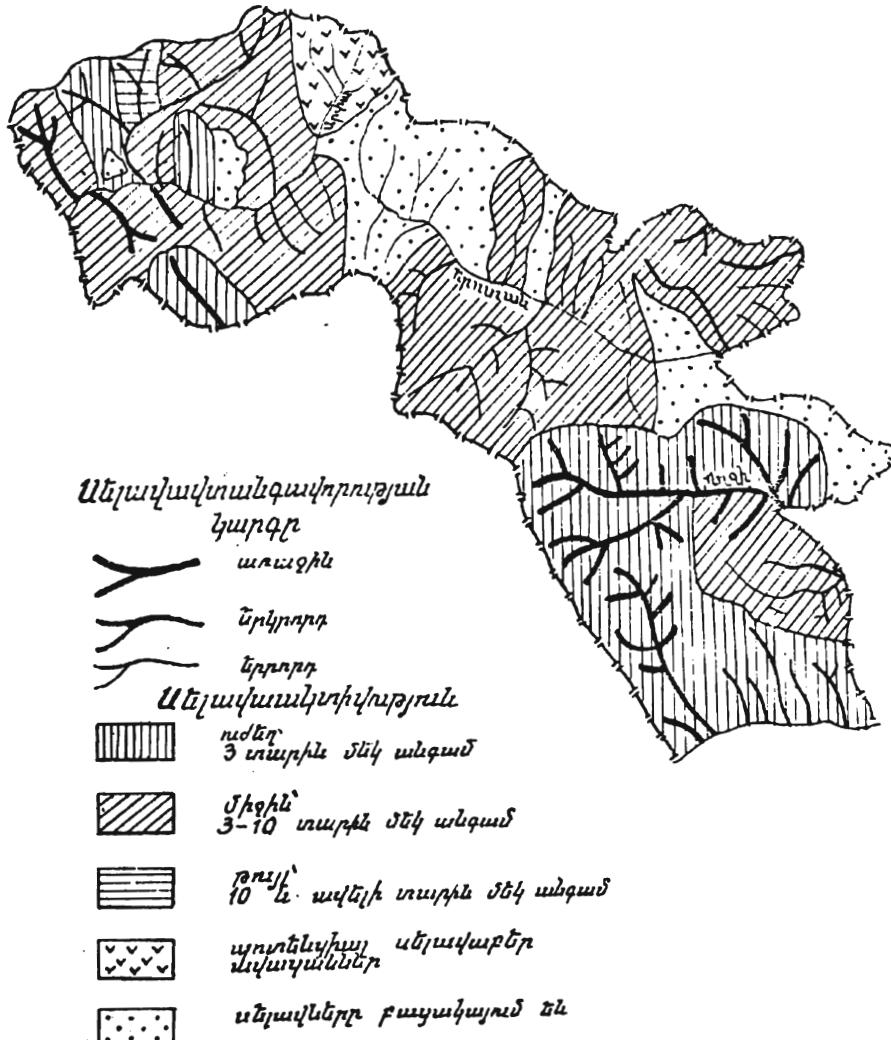
Ընդհանրացնելով վերևում կուտակված դասակարգումները, հաշվի առնելով նշված պարամետրերը, քննարկվող շրջանի սելավային հոսքերը կարող ենք ըստ սելավավտանգավորության բաժանել երեք կատեգորիայի:

1. Ուժեղ սելավավտանգ հոսքեր, որոնք աչքի են ընկնում մեծ մասշտաբի սելա-

Վարերությամբ ու սելավահաճախականությամբ և մեծ վտանգ են Շերկայացնում ժողովողական տնտեսության ճյուղերի համար: Սրանց շարքին կարելի է դասել՝ Ելփին, Գնիշիկ, Մալիշկա, Մեղրիգետ, Ողջի ավազանում՝ Գեղի, Արծվանիկ, Վաչագան, Կավարտ սելավային հոսքերը:

**2.Միջին սելավավտանգ հոսքեր,** որոնք նույնական վտանգավոր են և սպառնում են ժողովողական տնտեսության առանձին ճյուղերին: Այսպիսիններն են՝ Մալի, Ծվաճանոր, Նյուվաղի, Գորիսգետ, Խնածախ, Քարաշեն, Բայանդոլ, Նորաշենիկ, Գեղանուշ, Գիրաթաղ, Եղեգիս սելավային հոսքերը:

**3.Թուլլ սելավավտանգ հոսքեր,** որոնցից են Շավ, Այրիգետ, Սիսիան, Չամբ, Հերիեր, Ազատեն, Գոմոլ, Աղավնաձոր, Նսմազլու և այլ սելավային ավազաններ (Ակ. 2):



Ակ. 2:

Այսպիսով, հիմք ընդունելով Վերոհիշյալ ճյութը, կարող ենք ասել, որ այս դասականությունը լիովին հնարավորություն է տալիս, թե նվելով համապատասխան պարամետրերի վրա, մշակել յուրաքանչյուր սելավային հոսքի վնասազերծման կամ կանխալու համար անհրաժեշտ միջոցառումներ, որոնք կբացառեն անցանկալի և անկանխատեսելի երևույթների ձևավորումը:

Ֆիզիկական աշխարհագրության ամբիոն

Ստացվել է 11.05.1995

1. Богданович К.И. Два пересечения Главного Кавказского хребта.- Тр. геологического комитета, 1902, т.19, №1.
2. Леонтьев Л.Н. Причины селевой активности Закатало-Нухинского участка большого Кавказа.- Тр. АЧНИГ, 1947 №1.
3. Флешман С.М. О классификации селевых потоков.- Метеорология и гидрология, 1948, №6, с.51-60.
4. Иогансон В.Е. Типизация селевых бассейнов для практических целей.- В кн.: Борьба с эрозией почв. Ташкент, 1960, с.141-145.
5. Хмаладзе Г.Н. Селеносные районы Армении.- Материалы пятого всесоюзного совещания по изучению селевых потоков и мер борьбы с ними. Изд-во АН Азер.ССР, Баку, 1962.
6. Цояян М.В. Селевые явления на территории Арм. ССР. Борьба с горной эрозией почв и селевыми потоками в СССР, Ташкент, 1962.
7. Назарян Х.Е. Классификация и картирование селей территории Арм. ССР.- Мат. VI съезда географического общества СССР. Сб.: Региональная география, Л.: 1975; Селевые явления и их классификация среднего течения реки Вохчи.- Изд-во АН Арм.ССР. География, 1978.
8. Непорожний П.С. Защита гидроэлектростанций от селевых потоков. М: Госэнергоиздат, 1947, 1948.
9. Боголюбова И.В. Селевые потоки и их распространение на территории СССР. Л.: Гидрометиздат, 1952.
10. Тер-Степанян Г.И. О критерии перехода несвязанных селевых потоков в связанные сели. Ер.: 1968.
11. Великанов М.К. Динамика русловых потоков. М.: Гостехрестиздат, 1955, ч. 2.
12. Соколовский Д.К. О статистических и физических методах определения расчетных поводков. Ер.: 1968.

П.Г. ДАВТЯН

## КЛАССИФИКАЦИЯ СЕЛЕВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ВАЙК-ЗАНГЕЗУРСКОГО РАЙОНА

### Р е з у м и е

В статье классифицированы селевые потоки и их водосборные бассейны на территории Вайк-Зангезурского района, исходя из критериев селеносности, селеактивности, насыщенности потоков твердыми материалами, фракционного состава селевой массы, степени селеопасности. Классификация дает возможность организовать противоселевые мероприятия.

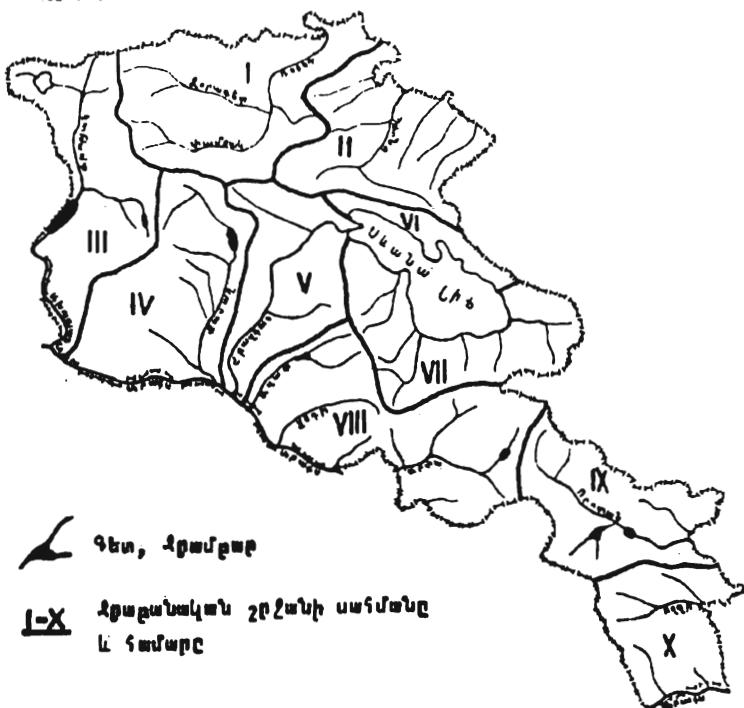
*Աշխարհագրություն*

УДК 551.493

**Թ.Գ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ**

**ՀՀ ԳԵՏԵՐԻ ՆՎԱԶԱԳՈՒՅՑ ՀՈՍՔԻ ԿԱԽՈՒՄԸ ՁՐՀԱՎԱՔ  
ԱՎԱԶԱՆԻ ՄԻՋԻՆ ԲԱՐՁՐՈՒԹՅՈՒՆԻՑ**

Լեռնային գետերի համար ջրհավաք ավազանի միջին բարձրությունը նվազագույն հոսքի ձևավորման ամենակարևոր գործոնն է: Այս փաստը պայմանավորված է նրանով, որ կլիմայական այն բոլոր գործոնները (տեղումները, ջերմաստիճանը և այլն), որոնք ազդում են հոսքի ձևավորման վրա, տեղանքի բարձրության հետ միաժամանակ ենթարկվում են փոփոխության: Ընդհանուր առմամբ գետերի հոսքի մոդուլը, որպես կանոն, ըստ բարձրության աճում է, որը պայմանավորված է տեղումների աճով և գոլորշիացման նվազմամբ: Սակայն ոչ բոլոր դեպքերում է այս օրինաչափությունը պահպանվում, այն կարող է խախտվել կախված տեղանքի ջրաերկրաբանական պահանջներից և այլ գործոններից:

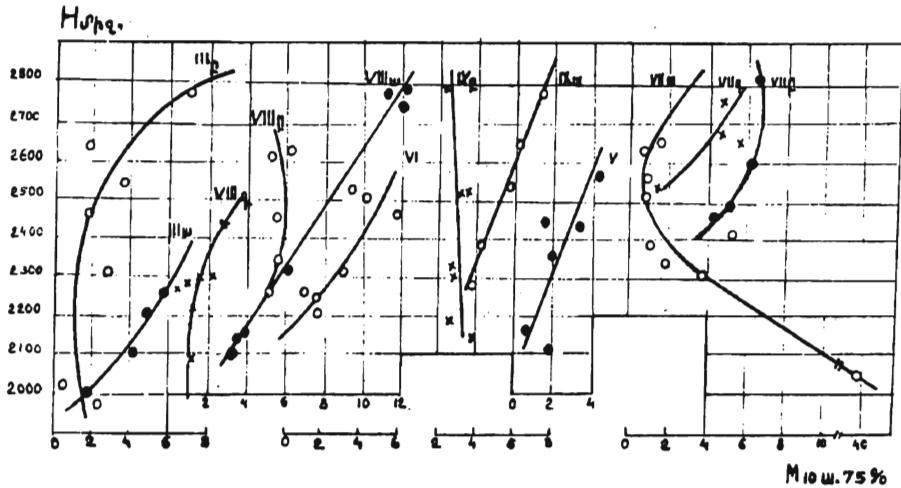


Նկ. 1: Հայաստանի տարածքի ջրաբանական շրջանները, որոնց համար կառուցվել են հաշվարկային կապեր: I - Դեբեղի ավազան (Iա - Ձորագետ - Դեբեղ, Iթ - Փամբակ), II - Աղստև և Կուրի փողք Վտակներ Ա/IIա - Աղստև և Կուրի փողք Վտակներ, III - Գետիկի ավազան, IIIթ - Ախուրյամի ավազան (IIIա - բուժ Ախուրյամ, IIIթ - Ախուրյամի Վտակներ), IV - Քասաղ-Մեծամորի ավազան (IVա - Քասաղի ավազան, IVթ - Խորությամ, IVթ - Ախուրյամի Վտակներ), V - Հրազդակի ավազան, VI - Սևամի ավազանի հյուսնա-արևելյան գետեր, VII - Մեծամորի ավազան, VIIթ - Հրազդակի ավազան, VIIթ - Մմացած գետեր), VIII - Արփա-Ազատ-Վեդի ավազան (VIIIա - Բուժ Արփա, Ազատ, VIIIթ - Ինգիս, Եղեգիս, Սահման, VIIIթ - Արփայի մնացած Վտակներ, Վեդի), IX - Որոտանի ավազան (IXա - Բուժ Որոտան, IXթ - Արոտանի Վտակներ), X - Ողջ Մեղրի ավազան:

Ելակով վերոբիշյալից, կառուցել ենք նվազագույն հոսքի մոդուլի և ջրհավաք ավազանի միջին բարձրության կախման գրաֆիկները, որոնց հիման վրա Հայաստանի ամբողջ տարածքը բաժանվել է տասը ջրաբանական շրջանների (Ակ. 1): Դրա համար բացի նշված կապերից օգտագործվել է նաև Հայաստանի ջրաբանական շրջանացումը, որը կատարվել է Բ.Պ. Մնացականյանի կողմից [1]: Բոլոր տասը շրջանների համար կառուցվել է ամառ-աշնանային 10-օրյա 75 տոկոսանոց ապահովածության նվազագույն հոսքի մոդուլի ( $M_{10, \text{w}, 75\%}$ ) կախումը ջրհավաք ավազանի միջին բարձրությունից ( $H_{\text{shz}}$ ) (Ակ. 2,3):

$$M_{10, \text{w}, 75\%} = f(H_{\text{shz}}) \quad (1)$$

Տեղանքի բարձրությունից նվազագույն հոսքի կախվածության հարցը դիտարկվել է տարբեր հեղինակների կողմից (Փոքր կովկասի հյուսիսային լանջերի գետերի համար՝ Ռ.Կ. Կլիգեի [2], Կովկասի առանձին շրջանների և Վրաստանի համար՝ Լ.Ա. Վլադիմիրովի [3], Մեծ և Փոքր կովկասների հյուսիսային լանջերի համար՝ Վ.Դ. Բիկովի, Վ.Մ. Եվստիգնեսի, Վ.Ա. Ժուկի [4], Ա.Ա. Վլադիմիրովի [5] կողմից, Հայաստանում նմանատիպ կապեր կառուցվել են՝ Գ.Ն. Խմալաձեի կողմից մի քանի գետերի համար և Ռ.Գ. Զաղորոժնայայի կողմից՝ Արաքսի ավազանի երկու ջրաբանական շրջանների համար [2-7]), սակայն, ոչ բոլորն են համար սիևներուն հետևողությունների, իսկ առանձին դեպքերում ստացվել են հակադիր արդյունքներ: Դա հիմնականում պայմանավորված է ջրաբանական շրջանների առանձնացման համար ոչ ճիշտ չափանիշների կիրառմամբ: Մեր աշխատանքում նման բնույթի սխալներից խուսափելու համար նվազագույն հոսքի մոդուլի և տեղանքի բարձրության կապին զուգահեռ դիտարկվել է նաև միջին տարեկան հոսքի մոդուլի կապը տեղանքի բարձրության հետ, որը որոշակի դեր է խաղացել ջրաբանական շրջանների սահմանների ճշգրտման գործում: Լրացուցիչ չափանիշը է հանդիսացել նաև գետերի միջին տարեկան ստորերկրյա հոսքի փոփոխման օրինաչափությունը ըստ բարձրության [8], ինչպես նաև մի շարք այլ գործոններ, որոնք տեղական բնույթը ունեն:

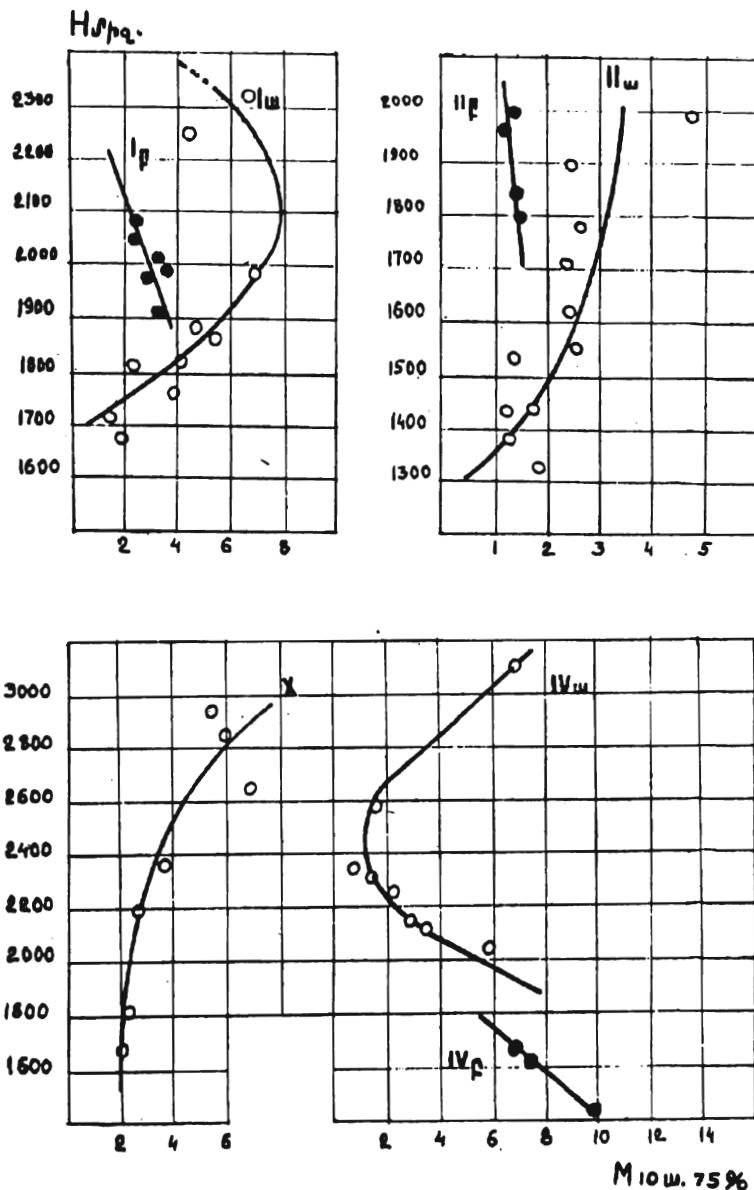


Նկ. 2: Ամառ-աշնանային 10-օրյա 75 տոկոսանոց ապահովածության նվազագույն հոսքի մոդուլի կախումը ջրաբանական ավազանի միջին բարձրությունից (III, V-IX ջրաբանական շրջանները ըստ Ակ. 1-ի):

Կապերի կառուցման ժամանակ մենք խուսափել ենք ջրաբանական շրջանները չափելու մասնատելուց, որը կմեծացներ տեղական գործոնների դերը, իսկ ընդհանուր օրինաչափությունները կմնային ստվերում: Հանգամանորեմ վերլուծելով այդ կապերը ըստ առանձին ջրաբանական շրջանների՝ կարող ենք ասել հետևյալը. հանրապետության 10 ջրաբանական շրջանների համար կառուցված (1) կախումներից միայն չորսն ունեն ուղիղ գծի տեսք (V, VI, VII<sub>a</sub> և IX<sub>a</sub>), իսկ մնացածը կորագիծ են: Այստեղ հարկ է աշել գրաֆիկների շուրջը կետերի ընդհանուր դասավորվածության մասին: Կետերի միջին շեղումը չի գերազանցու 5-8 տոկոս սահմանը: Միայն մի քանի կորերի մոտ է, որ այն համեմատաբար բարձր է և կազմում է 12-16 տոկոս: Առանձին դեպքերում շեղումը հասնում է մինչև 40-50 տոկոս (VII<sub>a</sub>):

Հայաստանի գետերի համար նվազագույն հոսքի մոդուլի կախվածությունը տեղանքի բարձրությունից ունի ընդհանուր առմամբ աճի տեղենեց, բացառությամբ մի քանի ջրային ավազանների, որտեղ այլ կապերն ունեն նաև նվազման տեղենեց (I, III, IV, VII<sub>a</sub>, VIII<sub>a</sub>): Հատ այլ էլ նվազագույն հոսքի մոդուլի գորադիենտը կարող է

լինել ինչպես դրական, այնպես էլ բացասական (I, II<sub>ρ</sub>, IV, VII<sub>ա</sub>, VIII<sub>ρ</sub>), բացի դա, այն ըստ բարձրության կարող է և աճել, և նվազել:



Նկ. 3: Ամառ-աշնամային 10օրյա 75 տոկոսանոց ապահովածության նվազագույն հոսքի մոդուլի կախությունը շրաբնավաք ավագանի միջին բարձրությունից (I; II; IV) և X չշրաբնական շրջանները ըստ մակ. 1-ի:

Դրական արժեքի գրադիենտները ըստ բարձրության փոփոխվում են 0-ից մինչև 2,0 լ/վ. Կմ՝ լուրաքանչյուր 100 մ-ի համար: Նվազագույն հոսքի գրադիենտի համեմատարար մեծ արժեքները ունեն Ախուրյանի Վտակները (2600-2800 մ բարձրություններում այն հավասար է 2,0 լ/վ. Կմ՝ լուրաքանչյուր 100 մ-ի համար), Սևանի ավագանի Բարձր-արևմտյան մասի VII<sub>գ</sub> ենթաշրջանի գետերը (2600-2800 մ-ում՝ 1,7 լ/վ. Կմ՝ կմ<sup>2</sup>), բուն Արփայի ավագանը (2600 - 2800 մ-ում՝ 1,7 լ/վ. Կմ՝ կմ<sup>2</sup>) և այլն: Ինչպես երևում է ասվածից նվազագույն հոսքի մոդուլի գրադիենտի ամենամեծ արժեքները դիտվում են 2600-2800 մ բարձրություններում, որը պայմանավորված է նշված բարձրություններում մթնոլորտային տեղումների աճով:

Բացասական գրադիենտները ըստ բարձրության տատանվում են 0-ից մինչև -2,6 լ/վ. Կմ՝ լուրաքանչյուր 100 մ-ի վրա: Համեմատարար մեծ է VII<sub>ա</sub> ենթաշրջանի (2200-2400 մ-ում՝ -2,6), Քասաղի (2000-2200 մ-ում՝ -2,0) և Մեծամորի (1400-1600 մ-ում՝ -1,8)

հոսքի գրադիենտները: Բերված տվյալները ցուց են տպիս, որ նվազագույն հոսքի բացասական գրադիենտի համեմատաբար մեծ արժեքների տարածման սահմաններն ըստ բարձրության ավելի մեծ են (1400-2400 մ), քան դրականին: Այս փաստը բացատրվում է նրանով, որ նշված գետային ավազաններին սնող ստորերկրյա հզոր աղբյուրները, կախված տարածքի երկրաբանական և ջրաերկրաբանական կառուցվածքից, դուրս են գալիս ավազանների տարրեր բարձրությունների վրա, ըստ այդ էլ բացասական մեծ գրադիենտները նույնապես դիտվում են տարրեր բարձրությունների վրա:

Հոսքի մոդուլի աճկումը և, մասնավորապես, բացասական գրադիենտները բնորոշ են հատկապես հրաբխային զանգվածներից սնվող գետերին: Նշված գետերի ջրհավաք ավազանները գրեթե ամբողջությամբ գտնվում են 3000 մ-ից բարձր մերձգագաթային սարավանդներում, որտեղ մթնոլորտային տեղումների տարեկան ջանակը 800-900 մմ է, սակայն տեղումների հիմնական մասը (մոտ 80%) կլանվում է սարավանդներում մեծ տարածում գտնող ջարացրունների մեջ, որոնք և հանդիսանում են հրաբխային բարձրավանդակները և չոր լավածածկի ստորերկրյա հոսքի հիմնական սնուցման աղբյուրները:

Ամփոփելով Վերը շարադրվածը, պետք է նշել, որ չնայած ՀՀ տարածքի երկրաբանական բարդ կառուցվածքի, նվազագույն հոսքի մոդուլի և ջրահավաք ավազանի միջև եղած կապը առկա է գրեթե բոլոր ջրաբանական շրջաններում: Այդ կապերի մեծ մասը կիրառելի է չուտումնասիրված կետերի նվազագույն հոսքի մոդուլի որոշման համար:

Ֆիզիկական աշխարհագրության ամրիոն

Ստացվել է 11.05.1995

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Атлас сельского хозяйства Арм. ССР. М. - Ер., 1984, с.52-55.
2. Клигэ Р.К. Минимальный сток рек Северного Кавказа.-Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М., 1964, 16с.
3. Владимиров Л.А. О вертикальной зональности минимального стока.-Метеорология и гидрология, 1951, №9.
4. Быков В.Д. и др. Анализ региональных зависимостей минимального стока горных рек от физико-географических факторов (на примере Кавказа).- В кн.: Расчеты речного стока (методы пространственного обобщения). Изд-во МГУ, 1984, с.119-147.
5. Владимиров А.М. Минимальный сток рек СССР. Л.: Гидрометиздат, 1970, 214с.
6. Хмаладзе Г.Н. Закономерности изменения минимального стока горных рек Армении и методика его расчета.- Тр. ЗакНИГМИ, 1965, вып. 18(24), с.94-107.
7. Задорожная Р.Г. Формирование и расчет минимального стока рек бассейна Аракса.-Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Киев, 1973, 28с.
8. Мусаелян С.Т. Водные ресурсы Арм. ССР. Еր. 1989, 206с.

Տ.Г.ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

### ЗАВИСИМОСТЬ МОДУЛЯ МИНИМАЛЬНОГО СТОКА ОТ СРЕДНЕЙ ВЫСОТЫ ВОДОСБОРА РЕК АРМЕНИИ

#### Резюме

На основании анализа материалов гидрологических постов в статье рассматривается зависимость модуля минимального стока от средней высоты водосбора. Вопрос о характере влияния высоты водосбора на величину минимального стока разработан еще далеко недостаточно. Имеющиеся рекомендации носят локальный характер и не могут вскрывать всех закономерностей этой связи.

На территории Армении выделено нами десять гидрологических районов. Для каждого из этих районов в отдельности построена связь между минимальным модулем стока и водосборным бассейном. Анализируя эти связи, можно увидеть, что модуль минимального стока в основном возрастает с высотой водосбора. Но имеются отдельные случаи, где связь носит обратный характер, который обусловлен весьма сложным гидрогеологическим строением территории.

В.Г. МЕЛКОНЯН

## КВАЗИТОЖДЕСТВА И УСЛОВНЫЕ СВЕРХТОЖДЕСТВА БУЛЕВЫХ АЛГЕБР

Условным сверхтождеством называется формула 2-ой ступени вида

$$\forall X_1, \dots, X_m \forall x_1, \dots, x_n (u_1 = v_1 \& \dots \& u_s = v_s \rightarrow u_{s+1} = v_{s+1}), \quad (1)$$

где  $u_1, v_1, \dots, u_{s+1}, v_{s+1}$  - некоторые теоремы от предметных переменных  $x_1, \dots, x_n$  и от функциональных переменных  $X_1, \dots, X_m$  ([1]). Мощность множества  $\{X_1, \dots, X_m\}$  называется рангом условного сверхтождества (1).

Формула (1) называется условным Т-сверхтождеством, если  $\{|X_1|, \dots, |X_m|\} \subseteq T$ , где  $|X|$ - арность  $X$ , а  $T \subseteq N$ .

Пусть  $A = (Q; \Sigma)$  - некоторая Т-алгебра в смысле [2]. Будем говорить, что в  $A$  выполняется условное Т-сверхтождество (1), если всякий раз, когда каждая функциональная переменная  $X_1, \dots, X_m$  заменяется любой операцией, соответствующей арности из  $\Sigma$ , получаем квазитождество, истинное в  $A$ .

Условные сверхтождества в многообразии дистрибутивных решеток исследуются в [3].

В настоящем сообщении исследуются условные сверхтождества, имеющие место в многообразии  $B$  булевых алгебр. Через  $hq_i$  обозначим множество тех условных сверхтождеств, истинных в  $B$ , ранг которых  $\leq 2$ . Одним из основных результатов работы является базис, найденный для  $hq_i$ .

Если  $\alpha$  является квазитождеством, то назовем ретрактом  $\alpha$  и обозначим через  $ret(\alpha)$  тривиальное квазитождество, которое получается от  $\alpha$  заменой знака  $(\cdot)$  знаком  $(+)$ .

Квазитождество  $\alpha$ , имеющее место в  $B$ , назовем  $B$ -регулярным, если в  $B$  имеет место также и  $ret(\alpha)$ .

Через  $gqi$  обозначим множество всех  $B$ -регулярных квазитождеств.

Если  $\alpha$  - квазитождество, то трансформацией  $\alpha$  называется условное сверхтождество  $H(\alpha)$ , которое получается от  $\alpha$  заменой  $\rightarrow \rightarrow X_1$  и  $\rightarrow \rightarrow X_2$ , где  $X_1$  и  $X_2$  - бинарные функциональные переменные. Если  $\chi = \{\alpha_k, k \in K\}$  - некоторое семейство квазитождеств, то обозначим  $H(\chi) = \{H(\alpha_k), k \in K\}$ . Легко заметить, что  $H(gqi) = hqi$ .

**Утверждение 1.** Если семейство квазитождеств  $\chi = \{\alpha_k, k \in K\}$  является базисом для  $gqi$ , то  $H(\chi)$  будет базисом для  $hqi$ .

**Утверждение 2.** Квазимногообразие, порожденное  $gqi$ , совпадает с многообразием, порожденным  $B$ -регулярными тождествами.

С помощью утверждений 1 и 2 доказывается основной результат.

**Теорема.** Для многообразия булевых алгебр  $B$  множества сверхтождеств и условных сверхтождеств ранга 2 эквивалентны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мовсисян Ю.М. Сверхтождества и сверхмногообразия в алгебрах, изд. ЕГУ, 1990.
2. Мовсисян Ю.М. Введение в теорию алгебр со сверхтождествами, изд. ЕГУ, 1986.
3. Мелконян В.Г. Квазитождества и условные сверхтождества дистрибутивных решеток.- Докл. Наци. Ак. Наук Армении, 1993, т.94, №4, с.195-199.

Վ.Գ.ՄԵԼՔՈՆՅԱՆ

ԲՈՒԼԹԱՆ ՀԱՆՐԱՀԱԾԻՎՆԵՐԻ ՔՎԱԶԻՆՈՒԹՅՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ  
ԵՎ ՊԱՅՄԱՆԱԿԱՆ ԳԵՐՆՈՒԹՅՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հաղորդման մեջ բնութագրվում են Բուլյան հանրահաշիվների բազմաձևության պայմանական գերնույնությունները:

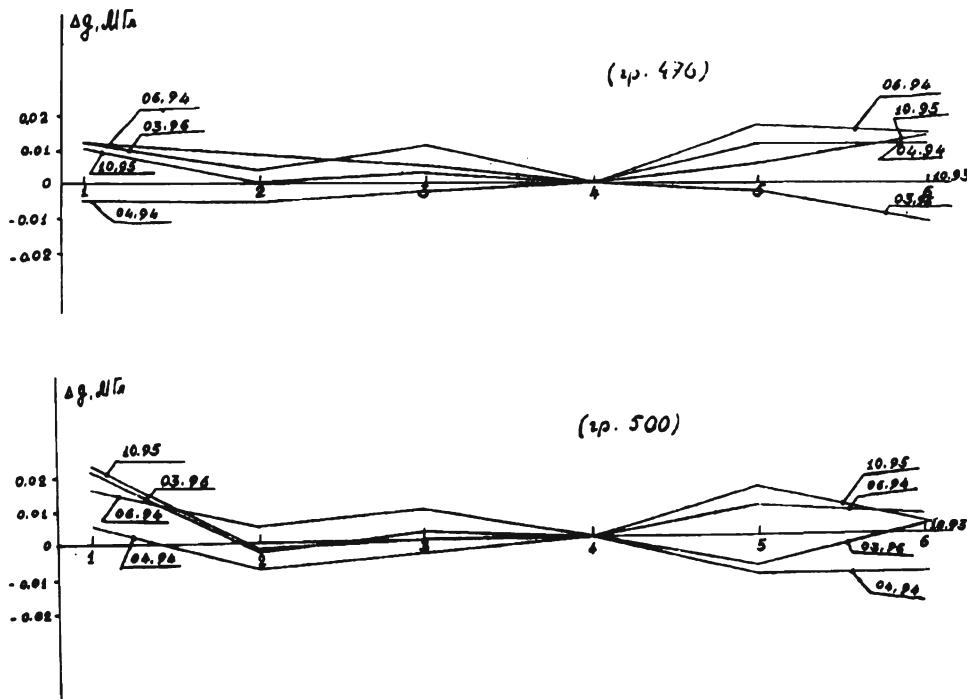
УДК 550.312.

М.А. ГРИГОРЯН, А.С. САРДАРЯН, Ф.А. АСАТРЯН, А.Р. СУКИАСЯН,  
В.П. ВАРДАНЯН, Г.Г. ИЛИКЧЯН

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ АПЕРИОДИЧЕСКИХ ВАРИАЦИЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В АРМАВИРСКОМ РАЙОНЕ

В статье приведены результаты четырехлетних изучений апериодических вариаций силы тяжести на территории Армянской АЭС, интерпретация которых показывает, что территория АЭС в сейсмологическом отношении стабильна на период исследований. Рекомендуется проводить подобные исследования в период эксплуатации АЭС.

Современные внутренние и мантийные процессы проявляются в быстрых и медленных движениях земной коры и поверхности, в изменениях во времени и в пространстве естественных физических полей земли. Познание этих процессов имеет большое значение для понимания природы образования и характера протекания геологического развития земной коры и верхней мантии. Интенсивность в зависимости от процессов в разных областях земной коры и в разные периоды времени существенно различна [1-3]:



Изменение силы тяжести по отношению к данным, приведенным в октябре 1993 г.

Современные движения земной коры обусловливают изменения физических полей соответствующих горных пород, а также земной поверхности. В последние годы для изучения современного тектонического движения применяются геофизические,

геодезические и геологические методы. Исходя из этого, мы поставили перед собой задачу изучить вышеуказанные вариации силы тяжести в Армавирском районе и выявить современные сейсмоактивные зоны. Учитывая тот факт, что в Армавирском районе находятся наиболее важные промышленные объекты республики, в том числе АЭС, мы считаем, что заблаговременное выявление сейсмоактивных зон этого района комплексными геолого-геофизическими, биологическими и другими методами имеет актуальное значение.

Настоящая работа посвящена результатам изучения апериодических вариаций силы тяжести в районе АЭС.

Профиль режимных гравиметрических наблюдений был выбран в крест существующих разломов. Измерения проведены в 7 точках высокоточными гравиметрами, причем наблюдения, начиная с октября 1993 по июнь 1994 гг., проводились двумя гравиметрами типа ГНУ-КС №476 и №500 и одним ГАК-Д, а с октября 1995 по 1996 гг. включительно - типа ГНУ-КС №476 и №500. Указанные приборы характеризуются высокой чувствительностью и точностью отсчета - около  $0,008\pm 0,03$  мГал, стабильностью параметров, линейным сползанием нуль-пункта в 2-3 часовых рейсах и т.д. Необходимо отметить, что введение поправок за температуру на показание гравиметра является одной из основных проблем гравиметрической съемки. Температурные кривые, прилагаемые к паспорту каждого гравиметра, как правило, отличаются от действительных, а температурный коэффициент - величина не постоянная. Исходя из этих соображений, гравиметры типа ГНУ-КС неоднократно подвергались тщательным температурным испытаниям в разное время, а наблюдения с гравиметром старались вести на постоянном по величине и знаку градиенте температуры.

Во время полевых работ по возможности учитывались влияния микросейсмических колебаний; однако практически полностью их ликвидировать невозможно, так как они возникают по разным причинам (движение транспорта, работа промышленных предприятий, землетрясение, сильный ветер и др.). Чтобы по возможности избежать влияния микросейсмических колебаний, точки наблюдения (ДПГ) были выбраны в местах с незначительными микросейсмическими колебаниями. Точки наблюдения находились в разных геодинамических условиях, однако в местах удобных для подъезда автотранспорта. Из 7 имеющихся пунктов 3 находятся в районе АЭС в сторону города Мечамор (точки 1,2,3), а 4 - в сторону села Уджан (4,5,6,7). Как нейтральная и в сейсмоактивном отношении стабильная зона выбрана точка 4, находящаяся вблизи АЭС. Среднеквадратичная ошибка отдельного измерения одного приращения силы тяжести составляет  $\epsilon = \pm 0,015 \pm 0,020$  мГал. Однако следует отметить, что в точках наблюдения 5,6,7 выявляются некоторые изменения силы тяжести, лежащие чуть выше среднеквадратичной ошибки. Эти изменения могут быть связаны с эксплуатацией близлежащего карьера, находящегося выше данных точек наблюдения. Обозначая гравитационный эффект карьера через  $\Delta g_k$ , можем отметить, что  $\Delta g_k$  всегда уменьшается, уменьшая влияние на точки 5,6,7. В течение эксплуатации масса карьера уменьшается, что приводит к уменьшению  $\Delta g_k$  и к увеличению  $\Delta g_6$ ,  $\Delta g_5$  и  $\Delta g_4$ . Этот эффект необходимо учесть в дальнейших режимных гравиметрических наблюдениях.

Нами представлена кривая значений разности приращения силы тяжести между наблюдениями, проведенными в 1993, 1994, 1995 и 1996 гг. относительно пункта 4 (см. рис.).

Анализ исследований вариаций силы тяжести с 1993 по 1995 гг. в районе АЭС свидетельствует об отсутствии современных движений земной коры и, соответственно, о сейсмостойкости района в вышеуказанном периоде времени. Так как современные движения земной коры являются беспрерывными процессами, то для их изучения необходимы периодические режимные наблюдения для безопасной эксплуатации АЭС в будущем.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Люстик Е.Н., Магницкий В.А. Современные движения земной коры. Изд-во АН Эст.ССР, 1965, в.2.
2. Артюшков Е.В. Физика Земли, Изв. АН СССР, 1970, №5.
3. Артюшков Е.В. Вестник АН СССР, 1973, №3.

Մ.Ա.ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ա.Ս.ՍԱՐԴԱՐՅԱՆ, Ֆ.Ա.ԱՍԱՏՐՅԱՆ, Ա.Ռ.ՍՈՒՔԻԱՆՅԱՆ,  
Վ.Պ.ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ, Գ.Գ.ԻԼԻԿՅԱՆ

### ԱՐՄԱՎԻՐԻ ԾՐՋԱՆՈՒՄ ԾԱՆՐՈՒԹՅԱՆ ՈՒԺԻ ԱՊԵՐԻՈԴԻԿ ՎԱՐԻԱՑԻԱՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆՔՆԵՐԸ

#### Ա մ փ ռ փ ո ւ մ

Հոդվածում բերված են ծանրության ուժի ապերիոդիկ վարիացիաների չորսամյա ուսումնասիրության արդյունքները Հայաստանի ատոմակայանի տարածքում, որոնց մեկնաբանումը ցուց է տալիս, որ ատոմակայանի տարածքը սեյսմոգիական առումով կայուն է եղել ուսումնասիրության ժամանակաշրջագրում: Հանձնարարվում է անցկացնել նման ուսումնասիրություններ ատոմակայանի շահագործման ժամանակ:

УДК 550. 83:556. 3:556. 38

В.П. ВАРДАНИН

**ПРИМЕНЕНИЕ ДВУМЕРНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ГЛУБИННОГО  
СТОКА БАССЕЙНА ОЗ. СЕВАН**

Рассмотрены результаты двумерного математического моделирования в связи с выделением и прослеживанием погребенных долин. Эффективность разработанных критерий проверена в ходе переинтерпретации материалов электроразведки для водосборного бассейна оз. Севан. Рекомендовано их более широкое внедрение при исследованиях распределения глубинного стока вулканических областей.

Одна из главных задач исследования глубинного стока отдельных регионов сводится к картированию рельефа региональных водоупорных пород. При составлении карт и разрезов кровли водоупорных отложений для водосборного бассейна оз. Севан использованы данные отдельных буровых скважин (особенно для прибрежной его полосы) и многочисленные кривые электроразведки (Армгеология, АрмНИИВПиГ), наблюденные в пределах водосборной территории озера (области формирования стока и разгрузки подземных вод). Учитывая то обстоятельство, что основными сосредоточенными путями движения глубинного (подземного) стока территории считаются погребенные палеодолины, то их выделение и прослеживание представляет особый интерес. К настоящему времени по результатам геофизических и гидрогеологических работ для большинства вулканических областей республики составлены сводные карты и разрезы региональных водоупорных пород [1]. Во многих случаях они явились основой при заложении буровых скважин на воду в целях водоснабжения и орошения. В то же время при детализационных работах (масштабы 1:10000 и крупнее), при определении мест заложения разведочно-исследовательских скважин, а также в случаях разрезов, слабо дифференцируемых по гидрогеологико-геофизическим параметрам, требуются сравнительно высокие точности интерпретации полевых данных [2].

Известно, что в зависимости от размеров неоднородностей исследуемых разрезов, а также особенностей методики полевых работ (при зондированиях, в частности, это величина питающей линии АВ) один и тот же объект можно рассматривать как одномерную, двумерную или трехмерную структуру. В течение последних лет на кафедре геофизики геологического факультета МГУ была разработана программа двумерного моделирования для решения прямой задачи электроразведки постоянным током над произвольной двумерной средой [3]. Нами эта программа использована при расчете эталонных кривых электроразведки для характерных геоэлектрических моделей палеодолин вулканических областей. В качестве примера на рис. 1-3 приведены параметры геоэлектрического разреза и сопротивления соответствующих кривых электроразведки при отсутствии и наличии палеоструктур типа "долина".

**Модель I** - характерна для палеогидрогеологических структур, геоэлектрический разрез которых представлен общим мощным потоком покровных лав (возможно, и суммой потоков разнотипных лав) и подлавовым региональным водоупором (глина). Характеристики рассматриваемого геоэлектрического разреза следующие:

а) при отсутствии палеодолины разрез является 2-слойным со следующими параметрами:  $\mu_1 = \rho_2/\rho_1 = 1/300$  ( $\rho_1 = 3000$  и  $\rho_2 = 10$  Ом.м),  $h_1 = 100$  м; б) при наличии палеодолины в разрезе покровный слой  $\rho_1 = 3000$  Ом.м,  $h_1 = 100$  м; водоносные породы  $\rho_1' = 300$  Ом.м; размеры палеорусла соответственно: глубина  $h_2'$  50, 100, 200 м, т.е.

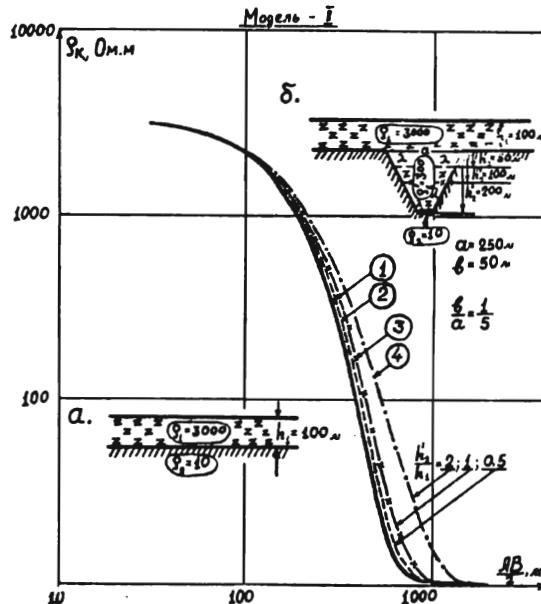


Рис. 1. Параметры геоэлектрического разреза и типичные кривые электроздонирования для модели I.

$h_2/h_1 = 0,5$ ; 1; 2; ширина по верху  $a = 250$  м и по дну  $b = 50$  м, т.е.  $b/a = 1/5$ . На рис. 1 приведены соответствующие кривые зондирования: для двухслойного разреза (1) и двумерного моделирования (2,3,4.). Анализ полученных результатов показывает,

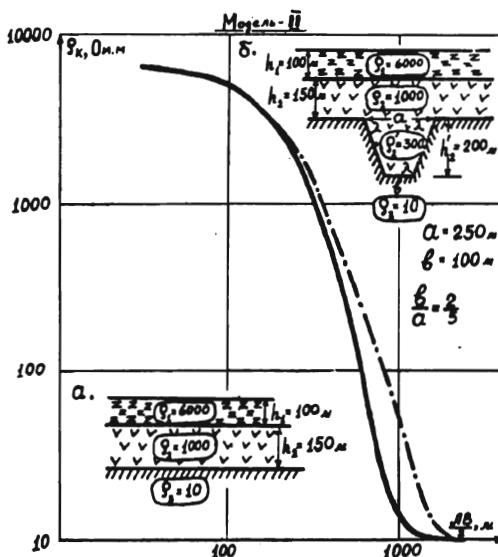


Рис. 2. Параметры геоэлектрического разреза и типичные кривые электроздонирования для модели II.

что до разносов  $AB/2 = 500$  м кривые зондирования практически совпадают; их расхождение, связанное с влиянием "палеодолины", наблюдается в диапазоне разносов 500-1500 м, и оно тем больше, чем больше параметр  $h_2'/h_1$ .

**Модель II** - характеризует 3-слойный геоэлектрический разрез типа Q( $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$ ) с параметрами:  $\mu_1 = 1/60$  и  $\mu_2 = 1/10$ ,  $v_2 = h_2/h_1 = 1,5$ ; соответственно  $\rho_1 = 6000$ ,  $\rho_2 = 1000$  и  $\rho_3 = 10 \text{ Ом.м}$ ;  $h_1 = 100$  и  $h_2 = 150 \text{ м}$ . Характеристики палеодолины следующие:  $h_2' = 200 \text{ м}$ ,  $a = 250 \text{ м}$  и  $b = 100 \text{ м}$ , т.е.  $b/a = 2/5$ .

По результатам моделирования влияние "палеодолины", т.е. расхождение кривых зондирования наблюдается в диапазоне разносов AB/2 = 500-1500 м.

**Модель III** - является наиболее сложной, 4-слойной моделью, геоэлектрический разрез которой относится к типу KQ( $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3 > \rho_4$ ). Параметры разреза и модели приведены на рис. 3. Как видно из рисунка, расхождение в значениях  $\rho_k$  кривых зондирования наблюдается при сравнительно больших разносах AB/2 - 750-3000 м.

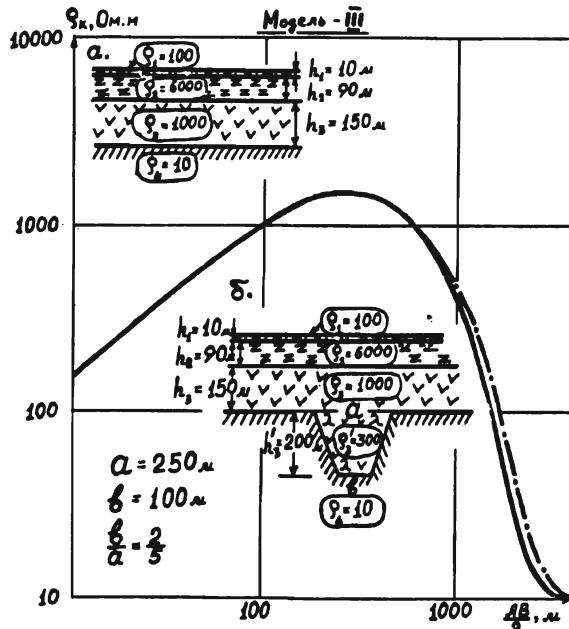


Рис. 3. Параметры геоэл. ектрического разреза и типичные кривые электроздондирования для модели III.

В целом анализ расчетных кривых  $\rho_k$  2-мерного математического моделирования позволил установить определенные критерии для выделения по графикам электроздондирования структур, связанных с погребенными долинами. Использование этих критерий в ходе переинтерпретации данных электроздондирования позволило на отдельных участках водосборного бассейна оз. Севан выделить и проследить погребенные долины, что практически было невозможно при одномерной интерпретации тех же полевых кривых.

Кафедра геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

Поступило 16.09.1996

#### ЛИТЕРАТУРА

- Изучение подземных вод вулканических областей геофизическими методами (составитель Минасян Р.С.). М.: Недра, 1989.
- Хмелевской В.К. Электроразведка. М.: Изд-во МГУ, 1984.
- Электрическое зондирование геологической среды. М.: Изд-во МГУ, 1992.

**ԵՐԿԱՓ ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ  
ՍԵՎԱՆԱ ԼԺԻ ԶՐԱՀԱՎԱՔ ԱՎԱԶԱՆԻ ԽՈՐՔԱՅԻՆ ՀՈՍՔԻ  
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԱՐ**

**Ա. մ փ ո փ ո ւ մ**

Առաջարկվում է երկչափ մաթեմատիկական մոդելավորման կիրառումը էլեկտրագոնդավորման տվյալների մշակման համար ստորգետնյա հնահուների հայտնաբերման նպատակով։ Մշակված մեթոդիկան օգտագործված է Սևանա լճի ջրահավաք ավազանի տարածքի էլեկտրագոնդավորման նյութերի վերամշակման ժամանակ։ Մտացված են տվյալներ հնահուների հայտնաբերման և նրանց տարածքային տեղաբաշխման վերաբերյալ։

ՌԱԴԻԿԱ ՄԱՐՏԻՐՈՍԻ ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ  
(ծննդյան 60 - ամյակի առթիվ)



Լրացավ ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների ոռկոտոր, պրոֆեսոր, Երևանի պետական համալսարանի ուսկոտոր, ՀՀ ԳԱԱ ուղիղոփիզիկայի և էլեկտրոօմիկայի ինստիտուտի տնօրեն Ռադիկ Մարտիրոսյանը ծննդյան 60-ամյակը:

Ռ.Մ. Մարտիրոսյանը ծնվել է 1936թ. մայիսի 1-ին ԼՂ Մարտակետի շրջանի Մատաղիս գյուղում: 1953թ. ավարտելով միջնակարգ դպրոցը, մեկնում է Երևան և ընդունվում ԵՊՀ -ի ֆիզիկամաթեմատիկական ֆակուլտետը: 1958թ. ստանալով աստղաֆիզիկոսի որակավորում Ռ. Մարտիրոսյանը սկսում է գիտական գործունեությունը ՀԳԱ Բյուրականի աստղադիտարանում, այնուհետև Հայաստանի ԳԱ ուղիղոփիզիկայի և էլեկտրոօմիկայի ինստիտուտում:

1961թ. նա ընդունվում է ԽՍՀՄ ԳԱ Պ.Լեբեդիկի անվան ֆիզիկայի ինստիտուտի ասպիրանտուրան, որտեղ Նորելյան մրցանակի դափնեկիր, ակադեմիկոս Ա. Դրիժորովի ղեկավարությամբ ձեռնադրությամբ անդամական գիտական լայնաշերտ երկու գործունակություններում նշանակալի դեր է խաղացուցչի աստեղծմանը:

60-ական թվականներին Ռ. Մարտիրոսյանը ջանքերով ուղիղոփիզիկայի և էլեկտրոօմիկայի ինստիտուտում կազմակերպվում են քվանտային ուժեղացուցիչների և ցածր շերմաստիճանների ֆիզիկայի լաբորատորիաներ: Այնուհետև գիտական նոր արատուններ միջմուտքային ալիքները տիրույթում քվանտային ուժեղացման ֆիզիկայի հիմունքների մշակման և քվանտային ուժեղացուցիչների համար նոր գործունեյթերի առաջարկման ողբուում, արդյունքում՝ 1980թ. նա պաշտպանում է դոկտորական ատենախոսություն: Այս ուսումնամիջությունների մի մասը նետագայում արժանացակ Ուկրաինայի Հանրապետության պետական մրցանակի: Ռ. Մարտիրոսյանի հետագա հետազոտությունները շարունակվում են տիեզերական կապի բնագավառում, բերելով նոր արժեքավոր լուծում՝ ուղիղոփիզության գայլուն ընդունիչ համակարգեր, որոնք իրենց կիրառությունն են գտնում տիեզերական կարևոր ծրագրերում: Այս աշխատանքների համար նա 1987թ. արժանանում է Գագարինի անվան հուշամեդալի, իսկ 1988թ. գիտության և տեխնիկայի ասպարեզում Հայաստանի պետմրցանակի: Նույն 80-ական թվականներին սկսվում են հետազոտություններ՝ կապված Երկրի սակերնույթի ուղիղոճառագայթման ընդունման և մշակման, մթնոլորտի ֆիզիկական երևույթների քանակական գնահատման հետ: Ստեղծվում են ուղիղոփիզիկական նոր մեթոդներ ու սարքեր: «Խնտերկումուս» և «Պրիրոդա» միջազգային գիտական ծրագրերը սահմաններում ստեղծվում են ընդունիչ համալիրներ, որոնք տեղակայվում են քոչող կայանների և արքանյակների վրա՝ Երևանի բնական պաշտրմերը ուսումնասիրելու համար: Ավելի ուշ Ռ. Մարտիրոսյանը ծննդյան է լինում բարձրշերմաստիճանային գերհաղորդիչ նոր գործունեյթերի հետ առաջին անգամ դիտկությունների ուսումնամիջմանը: Նա իր գործընկերների հետ առաջին անգամ դիտարկում է գերբարձր հաճախությունների տիրույթի սեփական ուղիղոճառագայթումը բարձրշերմաստիճանային գերհաղորդիչ-

Աերում: Այդ ճառագայթման բնութագրերի ուսումնասիրության համար ստեղծվում են չափիչ համակարգեր, որոնք հետագայում կիրապվում են Ծապոնիայի, Հարավային Կորեայի, Գերմանիայի, Հունաստանի տարբեր գիտական կենտրոններում:

Ու. Մարտիրոսյանը 1980թ.-ից ՀՀԱԱ ուղղութիզիկայի և էլեկտրոնիկայի հաստիությ տնօրենն է: Այդ տարիների նրա աշխատանքները լայն ճանաչում են գտել ԱՊՀ և այլ արտասահմանյան երկրներում, որոնցից շատերի գիտական կենտրոնների հետ կնքված են գիտական համաձայնագրեր:

Ռ. Մարտիրոսյանը շուրջ 160 գիտական աշխատանքների հեղինակ է, որոնք տպագրվել են Ասիսկին Միութենական և միջազգային գիտական ամսագրերում: Քվանտային ուժեղացման ֆիզիկական հիմունքների վերաբերյալ նրա մենագրությունը հրատարակվել է Ընեդրիայում՝ Զալմերս համալսարանի կողմից: Մաղիոֆիզիկայի բնագավառում Ռ. Մարտիրոսյանը համաշխարհային ճանաչում ունեցող գիտնական է, միջազգային «Խնտերկումու» գիտական միության, Ռուսաստանի դաշնության գիտությունների ազգային ակադեմիայի «Մարդուաստղագիտություն» և «Ֆիզիկական էլեկտրոնիկա» գիտական խորհուրդների անդամ, ՀՀ ԳԱԱ -ի «Տեխնիկական գիտություններ» ամսագրի գլխավոր խմբագիր: Իր ծանրակշիռ գիտական վաստակի համար նա 1986թ.-ին ընտրվել է ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ, իսկ 1990-ին՝ իսկական անդամ:

Բեղմնավոր է նաև Ռ. Մարտիրոսյանի մանկավարժական գործունեությունը՝ 1965թ.-ից մինչև օրս նա դասավանդում է Երևանի պետական համալսարանում, 1983-ին նրա նախաձեռնությամբ ուսինութիզիկայի ֆակուլտետում կազմակերպվում է գերբարձր հաճախությունների ուղղութիզիկայի ամբիոնը, որը վարել է հիմնադրման օրվանց միջն 1988թ.:

1993թ. Ռ.Մ. Մարտիրոսյանը ստանձնում է Երևանի պետական համալսարանի ունկուրի պաշտոնը՝ մի ծանր շրջան, կապված բազմաբնույթ բարեփոխումների հետ: Մշակվել և 1996թ. կառավարության կողմից հաստատվել է համալսարանի օրենսդրությունը՝ ապահովելով ԵՊՀ -ի ինքնավարությունը: 1995թ. սեպտեմբերից իրականացվում է ԵՊՀ -ի բազմաստիճան կրթական համակարգի անցման ծրագիրը՝ միջազգային չափանիշների կրթական որակի ապահովման և համալսարանի դիպլոմի միջազգային պաշտոնական ճանաչման նպատակով: Ընդունվել են կապերը արտասահմանան մի շարք առաջատար համալսարանների հետ: Նշանակալից են նաև ունկուրի շաճքերն ու ծեղբերումները Լեռնային Ղարաբաղի պետական համալսարանի նյութառեկնիկական հիմքի հարացման և կրթության ու կառավարման պատշաճ մակարդակի ձևավորման գործում:

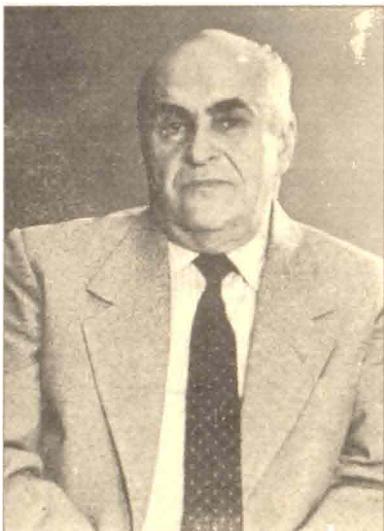
Ռ. Մարտիրոսյանը նաև Հայաստանի բուհերի ունկուրների խորհրդի նախագահն է և մեծ ջանքեր է գործադրում հանրապետության բարձրագույն կրթության զարգացման հիմնադրույթների մշակման համար:

Գիտական, կազմակերպչական, մանկավարժական և հասարակական ակտիվ ու նպատակալար գործունեության համար Ռ. Մարտիրոսյանը արժանացել է շքանըշանների ու մեդալների:

Ռ. Մարտիրոսյանը իր 60-ամյակը դիմավորում է գիտական և կազմակերպական մտահղացումների ծաղկման շրջանում, որոնց իրականացմանը նվիրվում է անմնացորդ:

Այս ճանապարհին ցանկանում ենք հոբելյարին քաջառողջություն և նորանոր նվաճումներ՝ ի բարօրություն հայրենի գիտության և մայր համալսարանի:

ԷԴՎԱՐԴ ՎԱՐԴԱՆԻ ՉՈՒԲԱՐՅԱՆ  
(ծննդյան 60-ամյակի առթիվ)



1996թ. մայիսի 5-ին լրացավ ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս Փիղիկամարենմատիկական գիտությունների դոկտոր, պրոֆեսոր, Երևանի պետական համալսարանի բնագիտական ֆակուլտետների ուսումնական աշխատանքների գծով պրոռեկտոր Էդվարդ Վարդանի Չուբարյանի ծննդյան 60-ամյակը:

Ծնվել է 1936թ. մայիսի 5-ին մտավորականների ընտանիքում: Գիտական հետաքրքրությունները ծևավորվել են դեռևս Երևանի պետական համալսարանի Փիղիկամարենմատիկական ֆակուլտետում ուսանելու տարիներին: Հիշյալ շրջանում նրա հրապարակած աշխատանքները նվիրված էին այդ ժամանակվա համար չափազանց հրատապ թարգմաներում գույգության պահանձման հարցին: Համալսարանը պարտելուց հետո՝ 1958-1961թթ. ուսումը շարունակել է ասպիրանտուրայում ԵՊՀ-ի տեսական Փիղիկայի ամբիոնում: 1961-1965թթ. աշխատել է ՀՍՍՀ ԳԱ Կենտրոնական գիտահետազոտական Փիղիկատեխնիկական լաբորատորիայում:

1965թ.-ից տեղափոխվել է համալսարան: Աշխատել է սկզբում որպես տեսական Փիղիկայի ամբիոնի ամբիոնի ղափախուս, ապա ղողցենու, 1975թ.-ոց՝ պրոֆեսոր, իսկ 1985թ. մինչև այսօր նույն ամբիոնի վարիչն է:

60-ական թվականների սկզբին ակադեմիկոսներ Վ. Համբարձումյանի և Գ. Սահակյանի համատեղ ջանքերով ստեղծվեցին այլասերված նյութի թերմոդինամիկական տեսությունը և գերիսխտ աստղային կոնֆիգուրացիաների (սպիտակ թզուկներ և նեյտրոնային աստղեր) Փիղիկան. որոնք փաստորեն, տեսական աստղաֆիղիկայի մեջ նոր ուղղության՝ գերիսխտ երկնային մարմինների տեսության հիմքը հանդիսացան: Հետագա տարիներին այդ ուղղությունն ինտենսիվ զարգացվեց ԵՊՀ-ի տեսական Փիղիկայի ամբիոնի աշխատակիցների կողմից, աշխատանքներ, որոնք կատարվեցին ՀՍՍՀ ԳԱ Բյուրականի աստղաֆիղիկական աստղադիտարանի տեսական բաժանմունքի հետ սերտ համագործակցությամբ: Այդ ենթատիկայի մշակման գործում ծանրակշիռ ներդրում ունի պրոֆ. Էդ. Չուբարյանը:

Նա հետազոտել է այլասերված նյութի ֆազային վիճակները խտության և նթամիջուկային տիրություն, մշակել է սար Ա-պլազմայում միջուկային ուսակցիաների տեսությունը, ուսումնասիրն գերիսխտ երկնային մարմինների շերմաստիճանների ազդեցությունը այդ ուսակցիաների արագության վրա:

Էդ. Չուբարյանը ակադեմիկոս Գ. Սահակյանի հետ միասին ցույց է տվել, որ Էլեկտրոնամիջուկային պլազմայի ամենանկայուն վիճակում Ա զանգվածային թիվը, ատոմային միջուկների Z լիցքը և A/Z հարաբերությունը կախված են նյութի խտությունից և գտել է համապատասխան կախվածությունները, կատարել է մի շարք կարևոր ճշտումներ սպիտակ թզուկների նյութի վիճակի հավասարման մեջ:

Ակադեմիկոս Ռ. Սերյակյանի հետ միասին մշակել է պտտվող գերիսխտ երկնային մարմինների տեսությունը՝ գրավիտացիայի ուսութիվիստիկ տեսության շրջանակներում: Գտնվել է նյութի առանցքաթամաշափ բաշխման համար լինչտելի հավասարումների բավականին ճշգրիտ վակուումային լուծումը: Սա մաթեմատիկական տեսակետից բարդ պրոբլեմ է և շատ կարևոր նշանակություն ունի կոսմոգոնիայի՝ հատկանի առվարձնական համար: Մշակված տեսության հիման վրա հաշվվել

Են պտտվող սպիտակ թզուկմերի և Անյտրոնային աստղերի զանգվածը, շառավիղը, իներցիայի մոմենտը և քվադրուալի մոմենտը: Այդ աշխատանքների արդյունքները մասամբ արտացոլում են գտել Jean-Louis Tassoul «Theory of Rotating Stars» և Գ. Սահակյանի «Այլասերված գազային զանգվածների հավասարակշիռ կոնֆիգուրացիաները» ու «Նեյտրոնային աստղերի ֆիզիկա» մենագրություններում: Նշված աշխատանքների կարևորությունը դժվար է գերազանահատել, եթե նկատի ունենածը, որ պոկապարները պտտվող Անյտրոնային աստղեր են:

Ունամմիկական հայտանիշի միջոցով Էդ. Չուբարյանի կողմից հետազոտվել է պտտվող սպիտակ թզուկմերի և Անյտրոնային աստղերի կայունությունը փոքր պուստացիաների նկատմամբ, գտնվել է պոլսացիաների հաճախությունները և որոշվել է կենտրոնական խտությունների այն տիրույթը, որոնց համապատասխանում են պտտվող կայուն կոնֆիգուրացիաները:

«Առանցքարամաշափ գրավիտացիոն դաշտերը Էյնշտեյնի ձգողականության տեսության մեջ» աշխատանքների ցիկլի համար Էդ. Չուբարյանը (Դ. Սեղրակյանի և Վ. Պապյանի հետ միասին) արժանացել է Հայաստանի լենինյան կոմերիտմիության դափնիների պատվավոր կոչմանը:

Գերիշտ երկնային մարմինների տեսությանը նվիրված Վերոնիշյալ աշխատանքների հիմնա վրա Էդ. Չուբարյանը 1972թ. պաշտպանում է դոկտորական ատենախությունը:

Ակադեմիսու Վ. Համբարձումյանի կոսմոգոնիական սկզբունքը, որը հիմնված է դիտողական տվյալների վրա, ինչպես նաև մի շարք կարևոր դատողություններ թույլ են տալիս եզրակացնել, որ չափազանց ուժեղ գրավիտացիոն դաշտերի դեպքում Էյնշտեյնի ձգողականության տեսությունը Վերանայման կարիք ունի: Վերջինս խթան հանդիսացավ, որ տեսական ֆիզիկայի ամբողնի աշխատակիցները գրավիտացիայի տեսության նոր տարրերակներ մշակեն: Այդ առնվազյամբ հասուն ուշադրության նման արժանի պրոֆ. Էդ. Չուբարյանի երկմետրիկապմի շրջանակներում գրավիտացիայի ուղարկված տեսության զարգացման ուղղությամբ ներդրված չանձները: Նա կատար է գտել կորացած մետրիկայի ու հայրե տարրածության «հենքային» մատրիկայի միջև, առաջարկել դրանց միարժեք ընտրության չափանիշը: Ձգողականության երկմետրիկական տեսության շրջանակներում մշակել է ստատիկ սֆերիկ-համաչափ գերիշտ կոնֆիգուրացիաների մոդելներ, հաշվել է դրանց զանգվածը, շառավիղները և ենթքին կառուցվածքը, ցույց է տվել, որ այդպիսի կոնֆիգուրացիաների զանգվածը կարող է մի կարգով մեծ լինել, քան Էյնշտեյնի տեսության մեջ: Գրավիտացիայի տեսության այդ տարրերակով մշակվել է պտտվող գերիշտ աստղերի տեսությունը: Մատերիայի առանցքարամաշափ բաշխման համար երկմետրիկական տեսության հավասարումների Էդ. Չուբարյանի գոտա վակուումային լուծումը միակ առաջիշտիկ լուծումն է երկմետրիկական տեսության մեջ:

Էդ. Չուբարյանը հիմնական է 100-ից ավելի գիտական աշխատանքների, որոնք գեկուցել են ասխիկին միութենական և միջազգային կոնֆերանսներում, միմազդիումներում, հրատարակել են հետինակալվոր գիտական հանդեսներում և լայն ճանաչում են գտել ինչպես նախնին միության, այնպես էլ արտասահմանան գիտական շրջաններում: Նա Գ. Սահակյանի հետ միասին հեղինակ է «Բվանտուային մեխանիկա» դասագրքի, որը հրատարակվել է հայերեն և ուստեղին:

1991 թվականից, Զավանակվելով Երևանի պետական համալսարանի բնագիտական ֆակուլտետների ուսումնական աշխատանքների գծով պրոռեկտոր, Էդ. Չուբարյանը մեծ ուշադրություն է դարձնում ուսումնական գործընթացի կազմակերպմանը, եռանդրուն ձևով մասնակցում է համալսարանական ուսուցման ռեֆորմի իրականացմանը: Նա գործուն շանքեր է ներդրել նաև դպրոցական կրթության ասպարեզում, բազմից մասնակցել է դպրոցական օլիմպիադաների կազմակերպմանը ու անցկացմանը, հեղինակ է «Ֆիզիկայի խնդիրների ծողովածու որոն ընդունվողների համար» ձեռնարկի: Այդ ամենն համար արժանացել է Խ. Արքովյանի անվան մերակի:

Բեղուն գիտամանելավագրժական աշխատանքների հետ մեկտեղ Էդ. Չուբարյանը ակտիվ մասնակի գրադարան է համարական գործունեությամբ: Նա ՀՀ ԳԱԱ ֆիզիկայի պրոբլեմային խորհրդի, դոկտորական դիսերտացիաների պաշտպանության երկու մասնագիտացված խորհրդությանի կողմանը մասնակի գործունեությունը է գիտական տեղեկագրի: «Մաթեմատիկան և ֆիզիկան դպրոցում» ամսագրերի խմբագրական խորհրդների, ինչպես նաև ԵՊՀ-ի ֆիզիկայի ֆակուլտետի, ԵՊՀ-ի բուհերի դասախոսների որակավորման բարձրացման ֆակուլտետի, ՀՀ ԳԱԱ ֆիզիկայի կիրառական պրոբլեմների հմտափությունը:

Էղվարդ Վարդանի Չուբարյանը իր ստուդագործական ուժերի ժաղկման շրջանում է: Ցանկանանք նրան քաջառողջություն և գիտական նոր սխրանքներ:

# СОДЕРЖАНИЕ

## МАТЕМАТИКА

А.И. Петросян - Весовые интегральные представления функций в полидиске .....	3
М.С. Габриелян, В.Р. Барсегян, Т.А. Симонян - Об уклонении стохастической линейной системы при <i>и</i> целевых множествах .....	10
Н.Х. Месропян - О лебеговости структурного типа условно регулярных процессов и обновляющего процесса в схеме "сигнал" + "шум" .....	17

## МЕХАНИКА

Ю.Дж. Юсиф - Решение задачи оптимальной стабилизации цилиндрической оболочки на упругом основании .....	22
К.Л.Агаян, Д.Р.Торосян - Контактные задачи для упругой пластины, усиленной стрингерами, пересекающимися в одной точке .....	27

## ФИЗИКА

А.А Геворгян, А.М. Седракян - Об особенностях усиления поворота плоскости поляризации и стабилизации азимута поляризации света в анизотропных средах при наличии поглощения и дисперсии .....	36
А.А. Арзуманян, Г.С. Карапетян - Моделирование Фурье-преобразователя электрической энергии солнечной батареи .....	42

## ХИМИЯ

Л.Е. Погосян, С.Н. Авакян, М.Х. Минасянц - Синтез и исследования комплексных соединений Co(II), Cu(II), Zn (II), Cd(II) и Fe(III) с 1,4-бис(дифенилфосфино)бутеном-2 .....	47
М.Л. Ерицян, Н.П. Ерицян, Ф.О. Карапетян - Полимеризация 1,3-диалил-5-(2-гидрокси-3-феноксипропил)изоцианурата .....	52
Д.Р. Андреасян, Р.Т. Мкртчян, Ж.Х. Григорян, С.К. Григорян - Способ получения фторида натрия высокой степени чистоты .....	56

## БИОЛОГИЯ

А.А. Степанова - Ультраструктурные особенности морфогенеза базидий и спор Bjerkandera adusta (Willd. ex Fr.) Karst. (Polyporaceae) .....	59
С.Г. Напагюлян, М.Г. Таслахчян, Н.Дж. Киракосян, Р.Г. Адамян - Локуловакомицеты Республики Армения .....	64
Е.Г. Симонян, Э.М. Джигарджян - Оценка информативности различных морфогенетических и цитологических параметров у двух сортов винограда .....	68
К.А. Джиганян, К.С. Тер-Оганян - Клеточные механизмы регенерации печени птиц .....	75
Н.П. Бегларян, А.С. Восканян, А.М. Минасян - Изучение действия растительного гормона - гибберелловой кислоты (ГК) на душистую фиалку( <i>Viola odorata</i> ) в M <sub>1</sub> и M <sub>2</sub> разными методами .....	79

## ГЕОЛОГИЯ

О.А. Саркисян - К тектонике Ехегнадзорского синклиниория (М. Кавказ) .....	85
--	----

## ГЕОГРАФИЯ

П.Г. Давтян - Классификация селевых явлений на территории Вайк-Зангезурского района .....	95
Т.Г. Варданян - Зависимость модуля минимального стока от средней высоты водосбора рек Армении: .....	101

## СООБЩЕНИЯ

В.Г. Мелконян - Квазитождества и условные сверхтождества булевых алгебр .....	105
М.А. Григорян, А.С. Сардарян, Ф.А. Асатрян, А.Р. Сукиасян, В.П. Варданян, Г.Г. Иликчян - Результаты изучения апериодических вариаций силы тяжести в Армавирском районе .....	107
В.П. Варданян - Применение двумерного математического моделирования при исследовании глубинного стока бассейна оз. Севан .....	110
Радик Мартиросович Мартиросян ( к 60-летию со дня рождения) .....	114
Эдвард Варданович Чубарян ( к 60-летию со дня рождения) .....	116

## CONTENTS

### MATHEMATICS

A.I. Petrossian - Weighted integral representations of functions in polydisk .....	3
M.S. Gabrielian, V.R. Barseghian, T.A. Simonian - On the deviation of stochastic linear systems in the case of m aim sets .....	10
N.Ch. Mesropian - On a lebegue structural type of conditional regular processes and repairing process in "Signal" + "noise" scheme .....	17

### MECHANICS

Yu.G. Yusif - The solution of the problem of optimal stabilisation of a cylindrical shell on elastic foundation .....	22
K.L. Aghayan, D.R. Torossian - Contact problems for elastic infinite plate, reinforced by stringers intersecting in a single point .....	27

### PHYSICS

A.H. Gevorkian, A.M. Sedrakian - The peculiarities of the polarization plain rotation amplification and of the stabilization of polarization azimuth in anisotropic mediums in the presence of absorption and dispersion .....	36
A.A. Arzoumanian, H.S. Karayan - The simulation of Fourier - transformer of electric energy of solar battery .....	42

### CHEMISTRY

L.E. Pogossian, S.N. Avagian, M.Kh. Minasyan - Synthesis and study of coordination compounds of Co (II), Cu (II), Zn (II), Cd (II) and Fe (III) with 1,4 - bis (diphenylphosphino) butene - 2 .....	47
---	----

<b>M.L. Eritzian, N.P. Eritzian, F.H. Karapetian - Polymerization of 1,3 - diallyl - 5 - (2 - hidroxy - 3 - phenoxypropyl) isocyanurate .....</b>	<b>52</b>
<b>G.R. Andreassian, R.T. Mkrtchian, Zh.Kh. Grigorian, S.K. Grigorian - A method to receipt sodium fluoride of high purity' .....</b>	<b>56</b>
 <b>BIOLOGY</b>	
<b>A.A. Stepanova - Ultrastructural peculiarities of the basidium and spore morphogenesis in Bjerkandera adusta (Willd.ex.Fr.)Karst.(Polyporaceae) .....</b>	<b>59</b>
<b>S. G. Nanagulian, M.G. Taslakhchian, N.J. Kirakossian, R.G. Adamian - The loculoascomycetes of Armenia .....</b>	<b>64</b>
<b>E.H. Simonian, E.M. Djigardjian - The evolution of the informativeness of different morphogenetic and cytogenetic parameters of two sorts of grapes .....</b>	<b>68</b>
<b>K.A. Jivanian, K.S. Ter-Ohanian - Cellular mechanism of birds' liver regeneration .....</b>	<b>75</b>
<b>N.P. Beglarian, A.S. Voskanian, A. M. Minassian - Study of the influence of the plant hormone gibberellic acid on <i>Viola odarata</i> L. in M<sub>1</sub> and M<sub>2</sub> using different methods .....</b>	<b>79</b>
 <b>GEOLOGY</b>	
<b>H.H. Sarkissian - About Yeghegnadzore's synclinorium tectonics (M. Caucasus) .....</b>	<b>85</b>
<b>V.P. Vardanian, R.S. Minassian - Palcohydrogeological division of Sevan lake's water collection basin area into districts .....</b>	<b>91</b>
 <b>GEOGRAPHY</b>	
<b>P.G. Davtian - The classification of mudflows of Vayk - Zanguezour district .....</b>	<b>95</b>
<b>T.G. Vardanian - The dependence of the minimal waterflow from the average altitude of water collection basin of Armenia's rivers .....</b>	<b>101</b>
 <b>COMMUNICATIONS</b>	
<b>V.G. Melconian - Quasiidentities and conditional hyperidentities of Boolean algebras .....</b>	<b>105</b>
<b>M.A. Grigorian, A.S. Sardarian, F.A. Assatrian, A.R. Soukiasian, V.P. Vardanian, G.G. Ilikchian - The results of the study of the gravity aperiodic variations in Armavir region .....</b>	<b>107</b>
<b>V.P. Vardanian - The application of two dimensional mathematical modelling in the study of Sevan lake's basin abyssal runoff .....</b>	<b>110</b>
<b>Radik Martirossian (for the 60<sup>th</sup> anniversary of his birthday) .....</b>	<b>114</b>
<b>Edward Chubarian (for the 60<sup>th</sup> anniversary of his birthday) .....</b>	<b>116</b>

## ԿԱՆՈՆՆԵՐ ՀԵՂԻՆԱԿԱՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ

1. «Գիտական տեղեկագիր» ամսագրում հրատարակվում են Երևանի պատական ռամարանում կատարված օրիգինալ հոդվածներ, հաղորդումներ ու համակեներ տեսական ու էքսպերիմենտալ բնույթի՝ մաթեմատիկայի, մեխանիկայի, ֆիզիկայի, ուսուցչության և ֆիզ. էշխարհագրության բնագավառներց:

2. Ընդունվում են նաև ԵՊՀ-ի մասնակցությամբ Հայաստանի Հանրապետությունում կայացած կոնֆերանսների, գիտաժողովների և գիտական դպրոցների մասին նյութեր:

3. Բնագրերը ներկայացվում են երկու օրինակով, մերենագրված երկու ինուերվալը մեկ, հայերեն կամ ուստերեն լեզվով, ուստերեն կամ հայերեն ամփոփումներով: Ս.Ձ.-ից (վերևի ճախ անկյունում), թեղինակի անվանաւորերից ու ազգանունից և հոդվածի վերագրից հետո թերքում է կարծ անուացիա: Հոդվածի ծավալը աղյուսակներով չպետք է գերազանցի 10 էջ, հաղորդմանը՝ 4, օամակինը՝ 2:

4. Հոդվածի հետ առանձին էջով ներկայացվում է թեղինակի ազգանունը, հոդվածի վերնագիրը և ամփոփումը անգլերեն լեզվով, արձանագրության քաղվածքը այն ամքիոնից, որտեղ կատարվել և քննարկվել է աշխատանքը, և հանձնաժողովի ակտը:

5. Թովքատրովում է 5-ից՝ աշ ավելի նկար երկու օրինակից (նստակ լուսանկար կամ գծագրեր՝ արված սև տուշով առանձին սպիտակ բջիջի վրա): Յուրաքանչյուր նկարի նակարակ կողմից վրա գրվում է կարգային համարը, հոդվածի վերնագիրը և թեղինակների ազգանունները: Տերսուի լուսանցքներում նշվում են նկարների և աղյուսակների տեղերը: Նկարների բացատրությունները անհրաժեշտ են ներկայացնել առանձին էջի վրա ըստ հերթականության:

6. Միևնույն հյութը աղյուսակի և նկարի ձևով ներկայացնել չի թույլատրվում:

7. Բանաձմեռը գրվում են պարզ և ազատ սև տուշով կամ թանաքով: Անհրաժեշտ է մն մատիտով նշել իրար նմանվող մնջատառերը և փոքրատառերը. (Տ, Ց, Վ, Ռ) ինդեքսները և ցուցիչները (Ա.Ց.Բ.Ց.): Կարմիր մատիտով ընդգծել հունական տառերը:

8. Բերվող գրականության մասին նոդվածում նշվում է մայն կարգային համարը քառակուսի փակացներում ([1], [2-5]) ըստ հանդիպման թերթականության: Հոդվածի վերջում նոյն հաշորդականությամբ բերվում է գրականության ցուցակը. Կարգային համարը, թեղինակների ազգանուններն ու անվանատառերը, գրքի կամ հոդվածի վերնագիրը: Պարբերական հրատարակությունների համար այնուհետև հաջորդում է ամսագրի ընդունված կրածառ անվանումը առանց չակերտների, թվականը, հատորի ու թողարկման համարները, հերթական համարը և էջը: Զիրատարակված աշխատանքի վերաբերյալ (բացի դիսերտացիայից) գրականության մեջ նշել չի թույլատրվում: Արտասահմանյան գրականությունը տերսում նշվում է հոդվածի լեզվով, իսկ գրականության մեջ՝ օրիգինալով (մեքենագրված կամ գրված սև թանաքով պարզ և ազատ):

9. Հոդվածի տերսուի վերջում ճախ կողմում նշվում է այն ամքիոնը կամ լաբորատորիան, որտեղ կատարվել է աշխատանքը:

10. Հոդվածը ստորագրվում է բոլոր թեղինակների կողմից:

11. Խմբագրությունը թեղինակին տախս է առաջին սրբագրությունը, որտեղ ուղղման նմարական մաս միայն տպագրության սխալները: